

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

DESARROLLO DE GUÍAS DE LABORATORIO PARA ESTUDIANTES UTILIZANDO
MAQUETAS NEUMÁTICAS CONTROLADAS CON UN PLC SIEMENS S7-1200

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero de Ejecución en CONTROL E
INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumno:

Ignacio Andrés Vivanco Pereira

Profesor Guía:

Mag. Loreto Marín Carcey



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Desarrollo de guías de laboratorio para estudiantes utilizando maquetas neumáticas controladas con un PLC SIEMENS S7-1200.

Nombre del candidato(a): ignacio vivanco pereira

Carrera / Grado: Ingeniería de ejecución en control e instrumentación industrial.

Campus: Viña del Mar ; **Departamento:** Electrotecnia e informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Loreto Marín Carcey, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 27/08/2025

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 27/08/2025

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

KEYWORDS: PLC, Maqueta electroneumática, TIA PORTAL.

El presente trabajo de título aborda la investigación, desarrollo y aplicación de sistemas de control automatizado mediante PLC, específicamente utilizando el modelo Siemens S7-1200, en conjunto con 3 maquetas electroneumáticas. Se comienza con una revisión conceptual de la automatización industrial, el funcionamiento de sistemas neumáticos y electroneumáticos, y la descripción detallada de los componentes que integran las maquetas didácticas N°1 (SMC PNEUMATE-200), N°2 (SMC MAP-201) y N°3 (SMC MAP-202), incluyendo sensores, actuadores y controladores.

A partir de este concepto, se plantea como objetivo general la elaboración de guías de laboratorio orientadas a la enseñanza práctica de sistemas de control electroneumáticos. Estas guías consideran tanto la operación manual como automática, integrando sensores de proximidad inductivo, detectores magnéticos, presostatos electrónicos y electroválvulas, todo conectado al PLC mediante la utilización de borneras dobles rotuladas para una identificación y cableado eficiente.

En el desarrollo práctico se implementan 4 guías de laboratorio: la guía N°1 orientada a la introducción a los sistemas neumáticos, la guía N°2 orientada a los sistemas electroneumáticos, y las guías N°3 y N°4 para aplicaciones avanzadas que simulan procesos industriales reales: un alimentador de piezas con detección y expulsión de piezas defectuosas, y un manipulador de dos ejes con sistema de sujeción por vacío. Estas dos últimas son controladas mediante un PLC SIEMENS S7-1200, cuya programación se desarrolla en el software TIA Portal V18. Para ello, se utilizan instrucciones de control como temporizadores con retardo a la conexión (TON), manejo de señales digitales, condiciones lógicas, y accionamiento de actuadores mediante de salidas de tipo relé. Finalmente, se abordan las conexiones físicas y eléctricas entre el PLC y los distintos componentes de las maquetas, detallando el uso de salidas para cilindros de simple y doble efecto, la configuración de entradas digitales, y la correcta alimentación de las maquetas y componentes con fuentes de 220 [V] AC y 24 [V] DC. El resultado es un conjunto de experiencias prácticas que fortalecen el aprendizaje técnico de estudiantes en el ámbito del control industrial automatizado.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INVESTIGACIÓN DE CONTROL CON PLC Y MAQUETAS ELECTRONEUMÁTICAS	2
1.INVESTIGACIÓN DE CONTROL CON PLC Y MAQUETAS ELECTRONEUMÁTICAS	3
1.1.PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.1.Solución del problema.....	4
1.1.2.Concepto de automatización	4
1.1.3.Electroneumática	4
1.2.MAQUETAS ELECTRONEUMÁTICAS Y COMPONENTES	5
1.2.1.PLC SIEMENS S7-1200	5
1.2.2.Maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200	7
1.2.3.Maqueta N°2 SMC MAP-201	25
1.2.4.Maqueta N°3 SMC MAP-202	31
1.2.5.Componentes que comparten las maquetas N°2 MAP-201 y N°3 MAP-202	34
1.3.OBJETIVOS DEL TRABAJO	39
1.3.1.Objetivo general.....	39
1.3.2.Objetivos específicos.....	39
CAPÍTULO 2: CREACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO UTILIZANDO MAQUETAS ELECTRONEUMÁTICAS	40
2.CREACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO UTILIZANDO MAQUETAS ELECTRONEUMÁTICAS	41
2.1.OBJETIVOS Y ELEMENTOS PARA EL DESARROLLO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO	41
2.1.1.Estructura de las guías de laboratorio	41
2.1.2.Presión.....	42
2.1.3.Cable de conexión Ethernet RJ45.....	43
2.1.4.Mangueras de poliuretano.....	43
2.2.CREACIÓN Y DESARROLLO DE GUÍAS DE LABORATORIO	44
2.2.1.Guía N°1 Introducción a los sistemas neumáticos	45
2.2.2.Guía N°2 Introducción a los sistemas electroneumáticos.....	47
2.2.3.Guía N°3 Alimentador de piezas con detector y expulsor de pieza incorrecta.....	51
2.2.4.Guía N°4 Manipulador de dos ejes con sujeción por vacío.....	53
CAPÍTULO 3: DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO	55
3.DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO	56
3.1.COMUNICACIÓN Y PROGRAMACIÓN EN SOFTWARE TIA PORTAL V18	56
3.1.1.PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY.....	56
3.1.2.Protocolo de comunicación PROFINET.....	56
3.1.3.Comunicación y programación de PLC SIEMENS S7-1214C	57
3.1.4.Variables (Tags) para el desarrollo de la programación de control	62
3.2.PROGRAMACIÓN DE CONTROL PARA GUÍAS DE LABORATORIO N°3 Y N°4	65
3.2.1.Programación de control Guía de laboratorio N°3	65
3.2.2.Programación de control Guía de laboratorio N°4	69
3.3.CONEXIÓN DEL PLC SIEMENS S7-1200	73
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	80
ANEXOS A- GUÍAS DE LABORATORIO	80

ANEXOS B- PROGRAMACIÓN DE CONTROL GUÍAS DE LABORATORIO N°3 Y N°4 96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. PLC SIEMENS S7-1200	5
Figura 1-2. PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY.....	6
Figura 1-3. Maqueta Electroneumática N°1 SMC PNEUMATE-200.....	7
Figura 1-4. Filtro-regulador con manómetro, Maqueta N°1.....	8
Figura 1-5. Distribuidor de aire con válvula manual, Maqueta N°1.....	8
Figura 1-6. Manómetro, Maqueta N°1.....	9
Figura 1-7. Válvula manual 3/2 por pulsador, Maqueta N°1.	10
Figura 1-8. Válvula manual 3/2 por selector, Maqueta N°1.....	10
Figura 1-9. Válvula neumática “OR”, Maqueta N°1.	11
Figura 1-10. Válvula neumática “AND”, Maqueta N°1.....	12
Figura 1-11. Válvula neumática 5/2 monoestable, Maqueta N°1.....	13
Figura 1-12. Diagrama P/Q de la Válvula neumática 5/2 monoestable, Maqueta N°1.	14
Figura 1-13. Diagrama de presión de pilotaje de Válvula neumática 5/2 monoestable, Maqueta N°1.	14
Figura 1-14. Válvula neumática 5/2 biestable, Maqueta N°1.	15
Figura 1-15. Diagrama P/Q de la Válvula neumática 5/2 biestable, Maqueta N°1.....	16
Figura 1-16. Diagrama de presión de pilotaje de la Válvula neumática 5/2 biestable, Maqueta N°1.	16
Figura 1-17. Cilindro de simple efecto, Maqueta N°1.	17
Figura 1-18. Cilindro de doble efecto, Maqueta N°1.	17
Figura 1-19. Regulador de caudal, Maqueta N°1.	18
Figura 1-20. Funcionamiento del Regulador de caudal, Maqueta N°1.	19
Figura 1-21. Electroválvula 5/2 monoestable, Maqueta N°1.....	20
Figura 1-22. Diagrama P/Q de la Electroválvula 5/2 monoestable, Maqueta N°1.....	20
Figura 1-23. Circuito interno (24 [V] DC sin polaridad bipolar) de la Electroválvula, Maqueta N°1.	21
Figura 1-24. Electroválvula 5/2 biestable, Maqueta N°1.	21
Figura 1-25. Diagrama P/Q de la Electroválvula 5/2 biestable, Maqueta N°1.	22
Figura 1-26. Circuito interno (24 [V] DC sin polaridad bipolar) de la Electroválvula, Maqueta N°1.	22
Figura 1-27. Pulsadores con doble contacto NA/NC, Maqueta N°1.....	23
Figura 1-28. Interruptor de palanca con doble contacto NA/NC, Maqueta N°1.....	23
Figura 1-29. Luces piloto, Maqueta N°1.....	24
Figura 1-30. Contactor de 24 [Vcc], Maqueta N°1.	24
Figura 1-31. Compresor de aire.....	25
Figura 1-32. Maqueta Electroneumática N°2 SMC MAP-201.....	26
Figura 1-33. Cilindro de doble efecto, Maqueta N°2.	26
Figura 1-34. Cilindro A de doble efecto (CD85N16-100-B), Maqueta N°2.....	27
Figura 1-35. Cilindro B de doble efecto (MDUB25-200DMZ), Maqueta N°2.	27
Figura 1-36. Cilindro C de doble efecto (CD85N15-50-A), Maqueta N°2.....	28
Figura 1-37. Cilindro de simple efecto, Maqueta N°2.....	28
Figura 1-38. Microcilindro D de simple efecto (CJPB10-15H6), Maqueta N°2.....	28
Figura 1-39. Detector magnético de tipo Reed (D-A73CL), Maqueta N°2.	29
Figura 1-40. Detector magnético de tipo Reed (D-A93L), Maqueta N°2.....	29

Figura 1-41. Sensor de proximidad inductivo (LJ12A3-4-Z/BX), Maqueta N°2.	30
Figura 1-42. Base, Maqueta N°2.....	30
Figura 1-43. Maqueta Electroneumática N°3 SMC MAP-202.....	31
Figura 1-44. Cilindro A de vástago paralelo (CXSM15-100), Maqueta N°3.....	32
Figura 1-45. Cilindro B de vástago paralelo (CXSM10-50), Maqueta N°3.	32
Figura 1-46. Ventosas, Maqueta N°3.	32
Figura 1-47. Tapas, Maqueta N°3.....	33
Figura 1-48. Eyector de vacío en línea (ZU05SA), Maqueta N°3.	33
Figura 1-49. Detector magnético de tipo Reed (D-Z73L), Maqueta N°3.....	34
Figura 1-50. Presóstato electrónico (PS1100-R06L-Q), Maqueta N°3.....	34
Figura 1-51. Válvula de paso y purga.	35
Figura 1-52. Bloque de Electroválvulas (SS5Y31-Q1Z076).	35
Figura 1-53. Botoneras START y STOP.....	36
Figura 1-54. Palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN.....	36
Figura 1-55. Seta de emergencia.....	36
Figura 1-56. Reguladores de caudal unidireccional.	37
Figura 1-57. Bornera doble.....	37
Figura 1-58. Fuente de alimentación Omron S8VK-G06024.	38
Figura 1-59. Caja de averías SMC TROUB-200.....	38
Figura 2-1. Cable de conexión Ethernet RJ45.....	43
Figura 2-2. Mangueras de poliuretano.....	44
Figura 2-3. Maqueta Electroneumática N°1 SMC PNEUMATE-200 Guía N°1.	45
Figura 2-4. Diagrama espacio-tiempo de secuencia de trabajo Guía N°1.....	46
Figura 2-5. Circuito neumático Guía N°1.....	47
Figura 2-6. Maqueta Electroneumática N°1 SMC PNEUMATE-200 Guía N°2.	47
Figura 2-7. Diagrama espacio-tiempo de secuencia de trabajo Guía N°2.....	49
Figura 2-8. Circuito electroneumático Guía N°2.	50
Figura 2-9. Circuito eléctrico de control Guía N°2.....	50
Figura 2-10. Maqueta Electroneumática N°2 SMC MAP-201 Guía N°3.	51
Figura 2-11. Maqueta Electroneumática N°3 SMC MAP-202 Guía N°4.	53
Figura 3-1. Añadir nuevo dispositivo en TIA PORTAL V18.....	57
Figura 3-2. Número de artículo PLC SIEMENS S7-1214C AC/DC/RLY.....	58
Figura 3-3. Unspecified CPU 1200.....	58
Figura 3-4. Detección de hardware del PLC mediante cable ETHERNET.....	59
Figura 3-5. Propiedades PLC SIEMENS S7-1214C.	59
Figura 3-6. Ethernet Addresses PLC SIEMENS S7-1214C.....	60
Figura 3-7. Protection & Security PLC SIEMENS S7-1214C.....	60
Figura 3-8. Conexión al PLC mediante protocolo de comunicación PROFINET.....	61
Figura 3-9. Carga del programa al PLC.	61
Figura 3-10. Maqueta N°2 MAP-201, ubicación de actuadores neumáticos.	66
Figura 3-11. Diagrama de flujo puesta en marcha lógica de control Guía N°3.	66
Figura 3-12. Diagrama de Flujo Secuencia de funcionamiento en Modo Automático Guía N°3.	67
Figura 3-13. Diagrama de Flujo Secuencia de funcionamiento en Modo Manual Guía N°3.....	68
Figura 3-14. Maqueta N°3 MAP-202, ubicación de actuadores neumáticos.	69

Figura 3-15. Diagrama de flujo puesta en marcha lógica de control Guía N°4.	70
Figura 3-16. Diagrama de Flujo Secuencia de funcionamiento en Modo Automático Guía N°4.	71
Figura 3-17. Diagrama de Flujo Secuencia de funcionamiento en Modo Manual Guía N°4.....	72
Figura 3-18. Esquema eléctrico bornera doble, Maquetas Electroneumáticas N°2 y N°3.....	73
Figura 3-19. Conexiones y rotulado de conductores en bornera doble, maqueta N°2.	76
Figura 3-20. Comunicación, entradas, salidas y alimentación del PLC SIEMENS S7-1200.	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Ficha técnica Filtro-regulador con manómetro Maqueta N°1. 8

Tabla 1-2. Ficha técnica Manómetro, Maqueta N°1. 9

Tabla 1-3. Ficha técnica Válvula manual 3/2 por pulsador, Maqueta N°1. 10

Tabla 1-4. Ficha técnica Válvula manual 3/2 por selector, Maqueta N°1. 11

Tabla 1-5. Ficha técnica Válvula neumática “OR”, Maqueta N°1. 11

Tabla 1-6. Ficha técnica Válvula neumática “AND”, Maqueta N°1. 12

Tabla 1-7. Ficha técnica Válvula neumática 5/2 monoestable, Maqueta N°1. 13

Tabla 1-8. Ficha técnica Válvula neumática 5/2 biestable, Maqueta N°1. 15

Tabla 1-9. Ficha técnica Cilindro de simple efecto, Maqueta N°1. 17

Tabla 1-10. Ficha técnica Cilindro de doble efecto, Maqueta N°1. 18

Tabla 1-11. Ficha técnica Regulador de caudal. Maqueta N°1. 19

Tabla 1-12. Ficha técnica Electroválvula 5/2 monoestable, Maqueta N°1. 21

Tabla 1-13. Ficha técnica Electroválvula 5/2 biestable, Maqueta N°1. 23

Tabla 1-14. Ficha técnica Compresor de aire. 25

Tabla 3-1. PLC Tags programación de control guía N°3. 63

Tabla 3-2. PLC Tags programación de control guía N°4. 64

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

A. SIGLAS:

AC: Corriente Alterna.

DC o CC: Corriente Continua.

HMI: Interfaz Hombre-Máquina.

ISO: International Organization for Standardization.

NC-NO: Normal Close- Normal Open (Normalmente abierto, Normalmente cerrado).

PLC: Programmable Logic Controller.

RDA: Resultados de aprendizaje.

RLY: Relay- Relé.

PE: Tierra de protección.

TIA PORTAL: Totally Integrated Automation Portal.

TON: On-Delay Timer.

B. SIMBOLOGÍAS:

[atm]: Atmosfera.

Q: Caudal.

[c/sg]: Ciclos por segundo.

[A]: Corriente en Amper.

Ø: Diámetro.

[Hz]: Frecuencia en Hertz.

[gr]: Gramos.

[G]: Gravedad.

%I: Inputs- Entradas digitales.

[Kg]: Kilogramo.

[NI/Min]: Litros normales por minuto.

[l/min]: Litros por minuto.

%M: Markers- Marcas virtuales o memorias.

[mm]: Milímetros.

[mm²]: Milímetros cuadrados.

[mm/s]: Milímetros por segundo.

[msg]: Milisegundos.

[Min]: Minutos.

%Q: Outputs- Salidas digitales o de tipo relé.

[HP]: Potencia en caballos de fuerza.

[W]: Potencia en Watts.

[bar]: Presión en Bares.

[psi]: Presión en libras por pulgada cuadrada.

[MPa]: Presión en Megapascal.

[“]: Pulgadas.

[RPM]: Revoluciones por minuto.

[S]: Segundos.

[°C]: Temperatura en grados Celsius.

[V]: Voltaje.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la carrera de Ingeniería de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial, impartida en la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar, una de las asignaturas fundamentales es Electro-Hidroneumática. Esta asignatura entrega conocimientos esenciales sobre el funcionamiento de sistemas hidráulicos y neumáticos, y su control mediante señales eléctricas, enfocándose especialmente en aplicaciones dentro del ámbito de la automatización industrial. A pesar de que la asignatura cubre contenidos importantes y utiliza herramientas como FESTO FLUIDSIM y VirtualMack TCP para simular circuitos y sistemas de control neumáticos, la metodología actual se centra en experiencias simuladas, lo que genera una importante limitación en el proceso de aprendizaje, debido a la falta de experiencias prácticas con equipos reales.

El presente proyecto de título surge como respuesta a esta problemática, con el propósito de complementar el aprendizaje de los estudiantes con la implementación de guías de laboratorio que utilicen maquetas electroneumáticas reales, controladas por un PLC Siemens S7-1200 y programadas mediante el software TIA Portal V18. Este proyecto busca que los estudiantes puedan manipular físicamente componentes como cilindros, válvulas, sensores y electroválvulas, comprendiendo así de forma más profunda el comportamiento real de los sistemas automatizados, enfrentando también condiciones como el tiempo de respuesta, la fricción, fugas de aire y posibles fallas técnicas.

El desarrollo del proyecto de título se organiza en tres capítulos. En el Capítulo 1 se abordan los fundamentos teóricos de la automatización, la tecnología electroneumática y una descripción detallada de las maquetas utilizadas (PNEUMATE-200, MAP-201 y MAP-202) y sus componentes. Además, se presentan los objetivos; general y específicos del trabajo. El Capítulo 2 está dedicado a la creación de cuatro guías de laboratorio progresivas: una introductoria a los sistemas neumáticos, otra a los sistemas electroneumáticos, y las dos últimas siendo las más avanzadas que simulan procesos industriales reales, como un alimentador con expulsión de piezas incorrectas y un manipulador de dos ejes con sujeción por vacío. Finalmente, el Capítulo 3 detalla la programación, comunicación y conexión del PLC Siemens S7-1200, así como la lógica de control empleada para cada una de las guías, incorporando herramientas del software TIA Portal como temporizadores, contactos NC-NO, comandos SET-RESET y el uso de variables (tags).

Este proyecto de título tiene como objetivo general proporcionar a los estudiantes una experiencia práctica integral que complemente sus conocimientos teóricos, promoviendo el aprendizaje significativo mediante la interacción directa con sistemas neumáticos y electroneumáticos reales, y desarrollando habilidades aplicadas fundamentales para su futuro desempeño profesional en el ámbito laboral.

CAPÍTULO 1: INVESTIGACIÓN DE CONTROL CON PLC Y MAQUETAS ELECTRONEUMÁTICAS

1. INVESTIGACIÓN DE CONTROL CON PLC Y MAQUETAS ELECTRONEUMÁTICAS

Este capítulo presenta la investigación enfocada en el control con PLC y el uso de maquetas electroneumáticas para apoyar el aprendizaje práctico de los estudiantes. Se expone el problema de la falta de experiencias prácticas en la enseñanza y la necesidad de guías para interactuar con equipos reales. Se abordan conceptos básicos de automatización y electroneumática, junto a la presentación de las maquetas SMC PNEUMATE-200, MAP-201 y MAP-202, y del PLC Siemens S7-1200 utilizado para su control. Finalmente, se definen el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto de título.

1.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

En la carrera de Ingeniería de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar, se imparte la asignatura de Electro-Hidroneumática que enseña el funcionamiento y control de sistemas hidráulicos y neumáticos mediante el uso de electricidad. En la asignatura los estudiantes aprenden a diseñar, simular y analizar circuitos que combinan fluidos a presión con componentes eléctricos, enfocándose en la automatización industrial.

En la asignatura de Electro-Hidroneumática el enfoque principal son las experiencias simuladas, en donde se utilizan software para realizar diseños y pruebas de circuitos hidráulicos y neumáticos para entender el funcionamiento de los circuitos, esto facilita la enseñanza teórica eliminando riesgos y costos asociados al uso de equipos físicos en los laboratorios que se pueden producir por malas conexiones o uso inadecuado de los elementos y equipos.

Los softwares de simulación que se utilizan son: FESTO FLUIDSIM y VirtualMack TCP. El software FESTO FLUIDSIM se utiliza para realizar diseños, pruebas y análisis de circuitos hidráulicos, neumáticos y eléctricos de forma virtual. El software VirtualMack TCP es una herramienta de simulación enfocada en la comunicación de PLCs mediante el protocolo TCP/IP, utilizada para entrenar y probar configuraciones de automatización industrial sin necesidad de hardware físico y se utiliza con el software TIA PORTAL, donde se realiza el diseño y la programación de PLC y se conecta con el software VirtualMack TCP para realizar las simulaciones.

La principal desventaja de no utilizar elementos físicos en la asignatura de Electro-hidroneumática es la falta de experiencia práctica real. Los estudiantes no tienen la oportunidad de manipular componentes como válvulas, cilindros o sistemas hidráulicos y neumáticos reales, lo que puede limitar la comprensión de las propiedades físicas (como fricción, fugas o tiempo de respuesta). Además, no se enfrentan a situaciones reales de mantenimiento o problemas técnicos

que podrían surgir en el uso de equipos físicos, esenciales para el desarrollo de habilidades prácticas.

1.1.1. Solución del problema

Para abordar la falta de experiencias prácticas en la asignatura de Electro-Hidroneumática, se propone el desarrollo de 4 guías de laboratorio utilizando 3 maquetas Electroneumáticas ubicadas en el Edificio “M” de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del Mar, las maquetas serán controladas por PLC. Se utiliza un PLC SIEMENS S7-1200 para controlar las maquetas Electroneumáticas. Esta solución permite a los estudiantes interactuar con elementos neumáticos y electroneumáticos de manera segura y controlada. Los beneficios para los estudiantes son los siguientes:

- **Aprendizaje práctico:** Integración de teoría y práctica para una mejor comprensión del funcionamiento de los elementos físicos.
- **Desarrollo de habilidades técnicas:** Mejora en el manejo de componentes y sistemas.
- **Resolución de problemas:** Experiencia en diagnóstico y solución de fallas.
- **Flexibilidad y seguridad:** Práctica segura sin costos ni riesgos para los estudiantes y los componentes.

1.1.2. Concepto de automatización

La automatización industrial se define como la utilización de tecnologías que permiten controlar y operar procesos de manera automática, sin intervención humana directa. Esto incluye maquinaria, sistemas de transporte, y procesos de producción. El objetivo es aumentar la eficiencia, reducir errores, y mejorar la seguridad en entornos industriales. Los sistemas electroneumáticos juegan un papel importante al combinar la energía eléctrica y el aire comprimido para activar actuadores como cilindros, mientras que los PLCs son el cerebro que controla estos sistemas.

1.1.3. Electroneumática

La electroneumática combina electricidad y aire comprimido para mover y controlar actuadores, como cilindros y válvulas en sistemas industriales. La electroneumática funciona utilizando válvulas electromagnéticas que, al recibir una señal eléctrica, permiten el paso de aire comprimido para activar los actuadores. Estos sistemas son ampliamente utilizados en automatización porque permiten movimientos rápidos, precisos y eficientes. La integración de

componentes eléctricos y neumáticos facilita el control remoto y la automatización de procesos, siendo un puente entre la mecánica y los sistemas de control programables.

1.2. MAQUETAS ELECTRONEUMÁTICAS Y COMPONENTES

Para realizar las 4 guías de laboratorio se utilizan 3 maquetas electroneumáticas donde en las guías N°1 y N°2 se utiliza la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200, y para las guías N°3 y N°4 se utilizan la maqueta N°2 SMC MAP-201 y la maqueta N°3 SMC MAP-202 controladas por un PLC SIEMENS S7-1200, las maquetas son de la empresa SMC, que es una empresa especializada en la fabricación de componentes y sistema de automatización, principalmente en tecnología neumática e hidráulica. Sus productos incluyen cilindros, válvulas, actuadores y otros dispositivos utilizados en diversas aplicaciones industriales. Hay 3 modelos de maquetas Electroneumáticas, las cuales cuentan con el mismo principio de funcionamiento, pero cuentan con distintos componentes y elementos que permite que tengan variadas aplicaciones y funcionamientos.

1.2.1. PLC SIEMENS S7-1200

El PLC SIEMENS S7-1200 es un controlador lógico programable compacto diseñado para aplicaciones de automatización industrial. Ofrece una amplia gama de módulos de entrada y salida, y es altamente escalable, lo que permite adaptarlo a diferentes necesidades de control. Su programación se realiza mediante el software TIA Portal, que facilita la integración y el desarrollo de proyectos. Además, el PLC SIEMENS S7-1200 incluye funcionalidades avanzadas como conectividad a la nube y protocolos de comunicación, lo que lo convierte en una opción versátil para la automatización moderna.

En la figura 1-1 se presenta la imagen de un PLC Siemens S7-1200:



Fuente: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AG40-0XB0>

Figura 1-1. PLC SIEMENS S7-1200

Para el desarrollo de las guías de laboratorio se utiliza el PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY para controlar las maquetas Electroneumáticas.

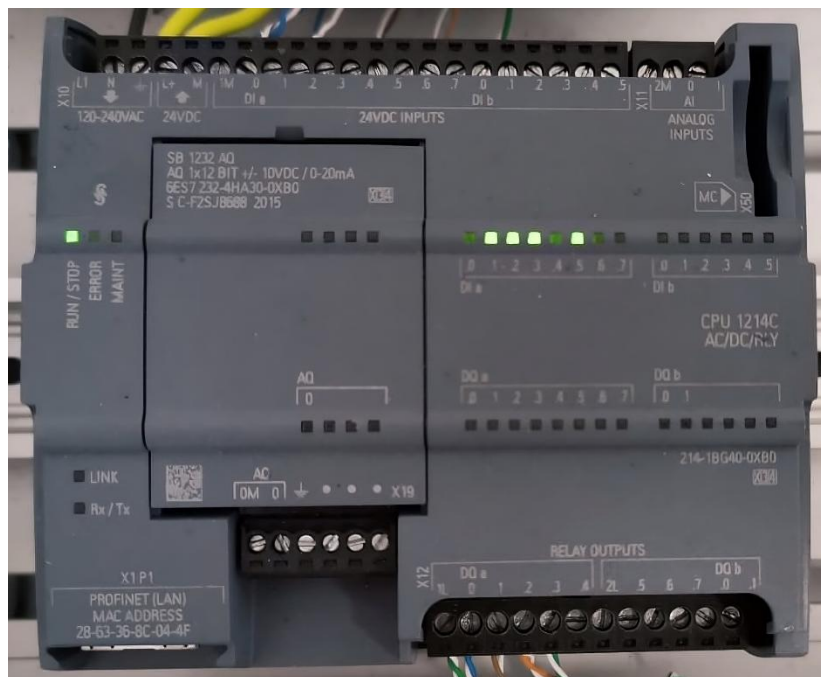
En el PLC SIEMENS S7-1214C AC/DC/RLY las siglas tienen el siguiente significado:

- C: Indica que es un modelo compacto.
- AC: Alimentación en corriente alterna de 120 a 240 [V] AC.
- DC: Entradas digitales de 24 [V] DC.
- RLY: Salidas de tipo relé, capaces de conmutar cargas de corriente alterna (AC) o continua (DC).

El PLC SIEMENS S7 1214C está diseñado para aplicaciones de automatización industrial. El PLC SIEMENS S7-1214C dispone de 14 entradas digitales, 10 salidas de tipo relé y 2 entradas analógicas integradas, además de utilizar protocolo de comunicación PROFINET.

Las salidas de tipo relé en el PLC Siemens S7-1214C funcionan como interruptores mecánicos internos que permiten conmutar cargas de diferentes voltajes y tipos de corriente (AC o DC). Estas salidas pueden manejar dispositivos de mayor potencia sin requerir componentes adicionales, pero presentan un tiempo de conmutación más lento en comparación con las salidas de tipo transistor. Son ideales para controlar actuadores como contactores, lámparas o electroválvulas.

En la figura 1-2 se presenta una imagen del PLC Siemens S7-1214C utilizado para el desarrollo de las guías de laboratorio N°3 y N°4:



Fuente: Laboratorio Edificio M.

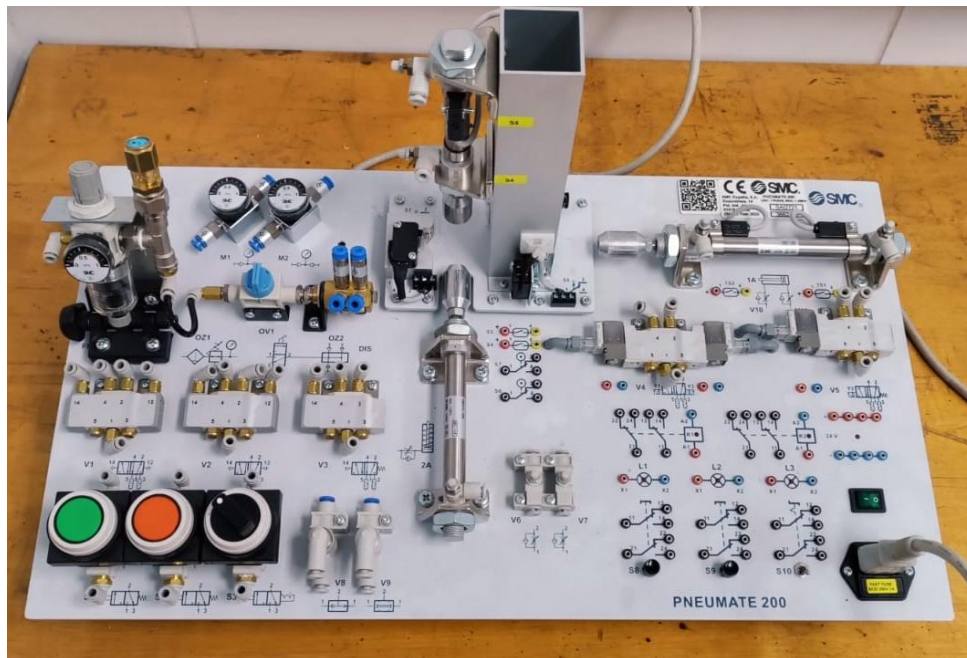
Figura 1-2. PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY.

1.2.2. Maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200

La maqueta N°1 PNEUMATE-200 es un equipo didáctico que consta de un panel con componentes neumáticos y electroneumáticos, el panel está serigrafiado con los símbolos normalizados de cada uno de los componentes para su identificación. Los componentes neumáticos y electroneumáticos disponen de conexiones rápidas para agilizar la realización de las prácticas con la maqueta.

- En la maqueta electroneumática la presión máxima es de 0,4 [MPa] o 58 [psi].
- El voltaje de alimentación de la maqueta electroneumática debe ser de 100/240 [V] AC con una frecuencia de 60/50 [HZ].

En la figura 1-3 se presenta una imagen de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: https://s3-us-west-2.amazonaws.com/smciketec/PNEUMATE-200/OpcionC_PNEUMATE-200.jpg.

Figura 1-3. Maqueta Electroneumática N°1 SMC PNEUMATE-200.

Para el desarrollo de las guías de laboratorio todos los elementos operan a una presión de 4 [bar] o 0,4 [MPa] y una temperatura ambiente de 20 [°C], garantizando un accionamiento seguro y confiable durante el desarrollo de las guías de laboratorio.

La maqueta electroneumática cuenta con los siguientes componentes neumáticos y electroneumáticos:

a. **Filtro-regulador con manómetro:** Unidad de Mantenimiento con conexión instantánea de $\varnothing 4$ [mm] con enchufe antirretorno (El aire no pasa hasta que se le conecta el tubo correspondiente). A la salida de la Unidad de Mantenimiento, el aire se encuentra con la presión adecuada y regulada.

En la figura 1-4 se presenta una imagen del filtro-regulador con manómetro de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-4. Filtro-regulador con manómetro, Maqueta N°1.

En la tabla 1-1 se presenta la ficha técnica del filtro-regulador con manómetro de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

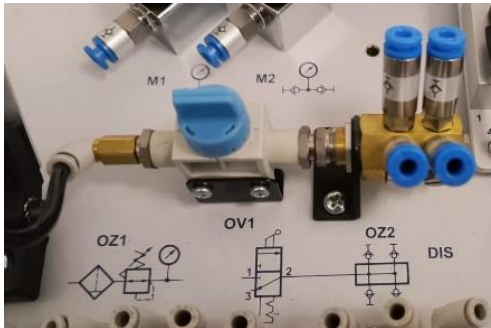
Tabla 1-1. Ficha técnica Filtro-regulador con manómetro Maqueta N°1.

Máxima presión de alimentación	15 bar
Máxima presión de trabajo	10 bar
Campo de regulación	0 – 10 bar
Caudal máximo	150 NI/min
Temperatura de trabajo	5-60 °C
Cartucho filtrante	5 micras
Material del vaso	Policarbonato
Peso	0,09 Kg

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

b. **Distribuidor de aire con válvula manual:** Distribuidor neumático con válvula manual 3/2 para la apertura y cierre del paso de aire y con 4 conexiones instantáneas de Ø 4 [mm] con enchufe antirretorno (El aire no pasa hasta que se le conecta la manguera de poliuretano).

En la figura 1-5 se presenta una imagen del distribuidor de aire con válvula manual de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-5. Distribuidor de aire con válvula manual, Maqueta N°1.

c. **Manómetro:** Manómetro de 10 bar con conexiones instantáneas de Ø4 [mm] con enchufe antirretorno (El aire no pasa hasta que se le conecta el tubo correspondiente).

En la figura 1-6 se presenta una imagen del manómetro de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-6. Manómetro, Maqueta N°1.

En la tabla 1-2 se presenta la ficha técnica del manómetro de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

Tabla 1-2. Ficha técnica Manómetro, Maqueta N°1.

Material del tubo	Poliuretano o poliamida nylon
Fluido	Aire comprimido
Presión máxima de trabajo	10 bar
Presión máxima de prueba	15 bar
Rango de trabajo	0 – 10 bar
Temperatura de trabajo	0 – 60 °C

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200

d. **Válvula neumática manual 3/2 por pulsador:** Interruptor momentáneo que solo activa un circuito mientras se mantiene presionado. Al soltar el pulsador, el circuito se desactiva automáticamente. Se utiliza comúnmente para controlar dispositivos que necesitan una señal de activación temporal, como en arranques o paradas de sistemas eléctricos o en maquetas de automatización. La maqueta electroneumática posee 2 pulsadores los cuales son el pulsador START de color verde que se utiliza para la puesta en marcha del circuito y el pulsador STOP de color rojo que se utiliza para detener el funcionamiento del circuito. Cuenta con conexiones instantáneas de Ø4 [mm].

En la figura 1-7 se presenta una imagen de la válvula neumática manual 3/2 por pulsador de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

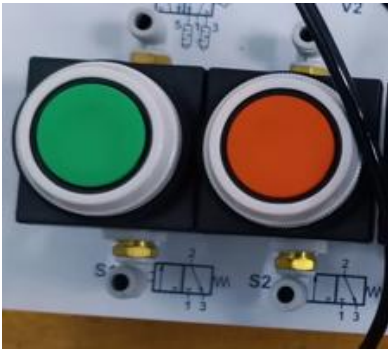


Figura 1-7. Válvula manual 3/2 por pulsador, Maqueta N°1.

En la tabla 1-3 se presenta la ficha técnica de la válvula neumática manual 3/2 por pulsador de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

Tabla 1-3. Ficha técnica Válvula manual 3/2 por pulsador, Maqueta N°1.

Función	Válvula de asiento, accionamiento directo, NC (Normalmente Cerrada)
Número de vías	3
Recorrido del accionamiento	5,4 mm
Conexión	Salidas laterales roscadas G 1/8"
Fluido	Aire comprimido, filtrado, con o sin lubricación
Temperatura de trabajo	5 – 60 °C
Presión de funcionamiento	0 – 9,9 bar
Sección de paso efectivo (factor CV)	2,5 mm² (0,14)
Peso	95 gr. (válvula básica)

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200

e. **Válvula manual 3/2 por selector:** Dispositivo que tiene tres puertos y dos posiciones, permitiendo controlar el flujo de aire en un sistema neumático. Se activa manualmente mediante un selector, permitiendo al operador elegir entre dos salidas Cuenta con conexiones instantáneas de Ø4 [mm].

En la figura 1-8 se presenta una imagen de la válvula manual 3/2 por selector de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-8. Válvula manual 3/2 por selector, Maqueta N°1.

En la tabla 1-4 se presenta la ficha técnica de la válvula manual 3/2 por selector de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

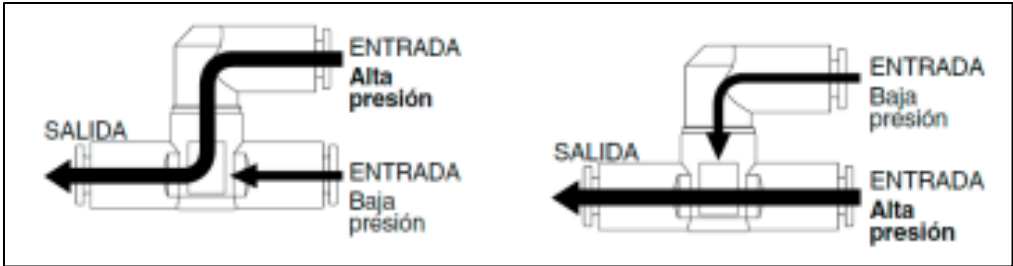
Tabla 1-4. Ficha técnica Válvula manual 3/2 por selector, Maqueta N°1.

Función	Válvula de asiento, accionamiento directo, NC (Normalmente Cerrada)
Número de vías	3
Recorrido del accionamiento	90°
Conexión	Salidas laterales roscadas G 1/8"
Fluido	Aire comprimido, filtrado, con o sin lubricación
Temperatura de trabajo	5 – 60 °C
Presión de funcionamiento	0 – 9,9 bar
Sección de paso efectivo (factor CV)	2,5 mm² (0,14)
Peso	95 gr. (válvula básica)

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

f. **Válvula neumática “OR”**: Dispositivo que permite el paso de aire comprimido si al menos una de las dos señales de entrada está activa. Cuenta con conexiones instantáneas de Ø4 [mm]. Las válvulas lógicas son necesarias para garantizar las funciones complementarias, condiciones de seguridad, modos de funcionamiento, etc.

En la figura 1-9 se presenta una imagen de la válvula neumática “OR” de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-9. Válvula neumática “OR”, Maqueta N°1.

En la tabla 1-5 se presenta la ficha técnica de la válvula neumática “OR” de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

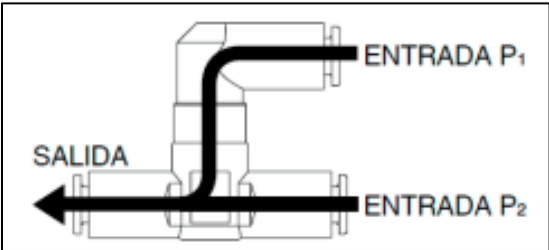
Tabla 1-5. Ficha técnica Válvula neumática “OR”, Maqueta N°1.

Presión de prueba	15 bar
Presión máxima de trabajo	10 bar
Presión mínima de trabajo	0,5 bar
Temperatura ambiente y de fluido	-5 – 60 °C
Material tubo aplicable	Nylon, nylon flexible, poliuretano

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

g. **Válvula neumática “AND”:** Dispositivo que permite el paso de aire comprimido solo cuando recibe señales simultáneas desde dos entradas. Cuenta con conexiones instantáneas de Ø4 [mm]. Las válvulas lógicas son necesarias para garantizar las funciones complementarias, condiciones de seguridad, modos de funcionamiento, etc.

En la figura 1-10 se presenta una imagen de la válvula neumática “AND” de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-10. Válvula neumática “AND”, Maqueta N°1.

En la tabla 1-6 se presenta la ficha técnica de la válvula neumática “AND” de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

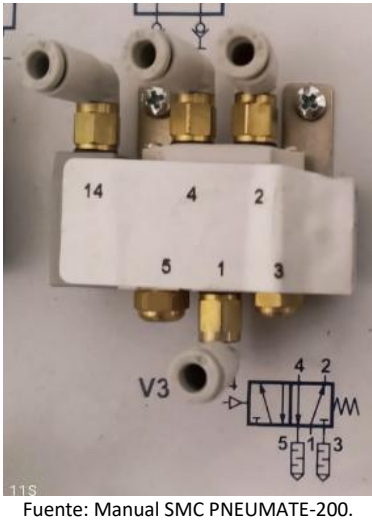
Tabla 1-6. Ficha técnica Válvula neumática “AND”, Maqueta N°1.

Presión de prueba	15 bar
Presión máxima de trabajo	10 bar
Presión mínima de trabajo	0,5 bar
Temperatura ambiente y de fluido	-5 – 60 °C
Material tubo aplicable	Nylon, nylon flexible, poliuretano

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

h. **Válvula neumática 5/2 monoestable:** Controla el flujo de aire en sistemas neumáticos con cinco puertos y dos posiciones, pero regresa automáticamente a su posición inicial cuando se interrumpe la señal de control. Cuenta con conexiones instantáneas de Ø4 [mm].

En la figura 1-11 se presenta una imagen de la válvula neumática manual 5/2 monoestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-11. Válvula neumática 5/2 monoestable, Maqueta N°1.

En la tabla 1-7 se presenta la ficha técnica de la válvula neumática 5/2 monoestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

Tabla 1-7. Ficha técnica Válvula neumática 5/2 monoestable, Maqueta N°1.

Conexión	M5
Caudal NI/min (CV)	197 (0,2)
Peso	45 gr.
Fluido	Aire comprimido, filtrado, con o sin lubricación
Temperatura de trabajo	Máx. 50 °C
Presión de trabajo	1.5 – 7 bar
Presión de pilotaje	Mín. 0,4 x P1
Lubricación	Si se utiliza aceite, se recomienda ISO VG32
Posición de trabajo	Cualquiera
Impacto/ Resistencia/ Vibración	30G/ 5G/ 8,3 – 2000Hz

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

El siguiente diagrama muestra la relación entre la presión de trabajo y el caudal para una sección equivalente de 3,6 [mm²]. Para la válvula neumática 5/2 monoestable que trabaja a 4 [bar] o 0,4 [MPa], esta sección permite un caudal aproximado de 400 [NI/min], lo que garantiza un flujo adecuado para accionar los cilindros y mantener un funcionamiento correcto en el desarrollo de las guías de laboratorio.

En la figura 1-12 se presenta el diagrama P/Q de la válvula neumática 5/2 monoestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

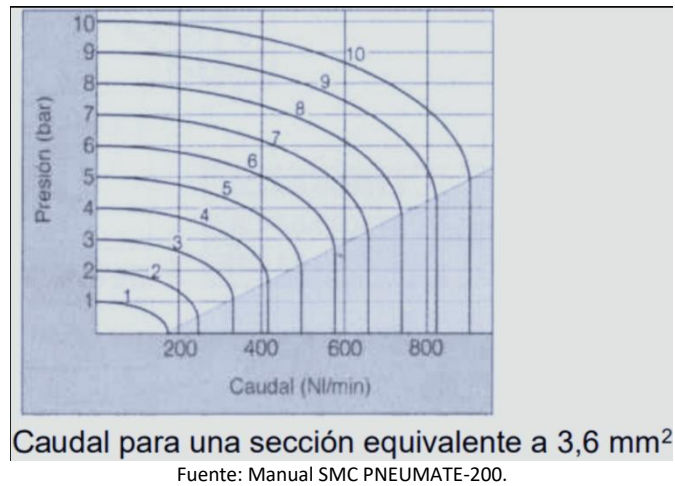


Figura 1-12. Diagrama P/Q de la Válvula neumática 5/2 monoestable, Maqueta N°1.

El siguiente diagrama muestra la relación entre la presión de trabajo y la presión de pilotaje requerida para el funcionamiento adecuado de una válvula neumática 5/2 monoestable. En este tipo de válvulas, el accionamiento se realiza mediante una señal de presión (pilotaje), que debe ser igual o superior a la presión de trabajo para garantizar la correcta conmutación de la válvula. En el caso específico de una presión de alimentación de 0,4 [MPa], se requiere una presión de pilotaje mínima de 0,4 [MPa]. Operar fuera de los rangos establecidos puede provocar fallos en la conmutación de la válvula, afectando el rendimiento del componente.

En la figura 1-13 se presenta el diagrama de presión de pilotaje de la válvula neumática 5/2 monoestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

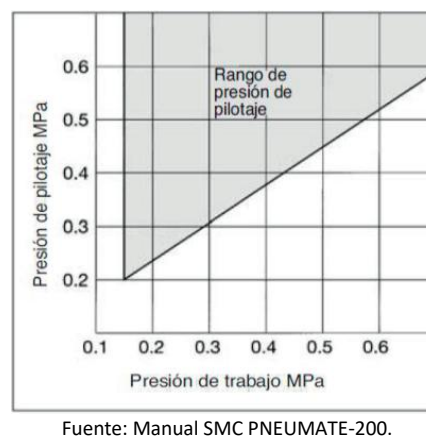
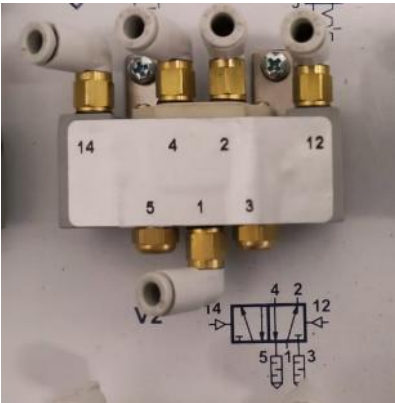


Figura 1-13. Diagrama de presión de pilotaje de Válvula neumática 5/2 monoestable, Maqueta N°1.

i. **Válvula neumática 5/2 biestable:** Controla el flujo de aire en sistemas neumáticos con cinco puertos y dos posiciones. Mantiene su última posición incluso sin energía, cambiando solo al recibir una nueva señal. Cuenta con conexiones instantáneas de $\varnothing 4$ [mm].

En la figura 1-14 se presenta una imagen de la válvula neumática 5/2 biestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-14. Válvula neumática 5/2 biestable, Maqueta N°1.

En la tabla 1-8 se presenta la ficha técnica de la válvula neumática 5/2 biestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

Tabla 1-8. Ficha técnica Válvula neumática 5/2 biestable, Maqueta N°1.

Conexión	M5
Caudal NI/min (CV)	197 (0,2)
Peso	60 gr.
Fluido	Aire comprimido, filtrado, con o sin lubricación
Temperatura de trabajo	Máx. 50 °C
Presión de trabajo	1 – 7 bar
Presión de pilotaje	1 – 7 bar
Lubricación	Si se utiliza aceite, se recomienda ISO VG32
Posición de trabajo	Cualquiera
Impacto/ Resistencia/ Vibración	30 G/ 5G/ 8,3 – 2000 Hz

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

El siguiente diagrama muestra la relación entre la presión de trabajo y el caudal para una válvula con una sección equivalente de 3,6 [mm²]. En una válvula neumática 5/2 biestable, este caudal es esencial para garantizar el correcto accionamiento del actuador en ambos sentidos. Con una presión de trabajo de 4 [bar] o 0,4 [MPa], se observa que el caudal disponible es de aproximadamente 400 [NI/min], lo que garantiza un flujo adecuado para accionar los cilindros y mantener un funcionamiento correcto en el desarrollo de las guías de laboratorio.

En la figura 1-15 se presenta el diagrama P/Q de la válvula neumática 5/2 biestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

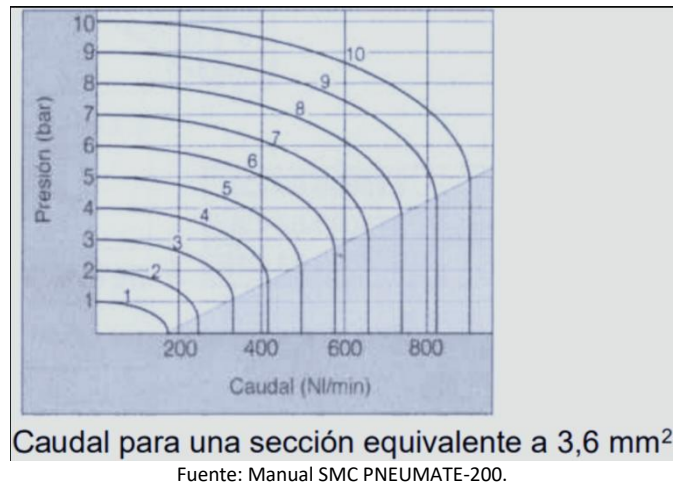
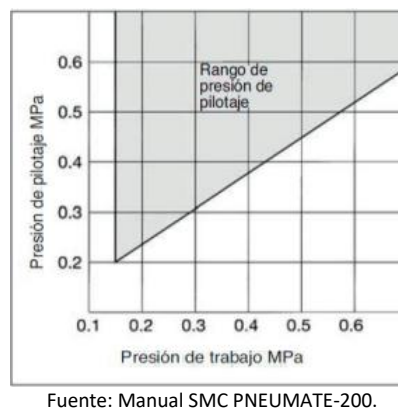


Figura 1-15. Diagrama P/Q de la Válvula neumática 5/2 biestable, Maqueta N°1.

El siguiente diagrama muestra el rango de presión de pilotaje necesario para el funcionamiento adecuado de una válvula neumática 5/2 biestable en función de la presión de trabajo. Este tipo de válvula requiere dos señales de pilotaje independientes para conmutar entre sus dos posiciones estables. Como se observa, para una presión de trabajo de 0,4 [MPa], la presión de pilotaje debe ser al menos de 0,4[MPa] para asegurar una respuesta adecuada. Mantener la presión de pilotaje dentro del área sombreada garantiza un accionamiento seguro y evita fallos en la conmutación de la válvula.

En la figura 1-16 se presenta el diagrama de presión de pilotaje de la válvula neumática 5/2 biestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-16. Diagrama de presión de pilotaje de la Válvula neumática 5/2 biestable, Maqueta N°1.

j. **Cilindro de simple efecto:** Actuador neumático que realiza movimiento en una sola dirección mediante aire comprimido. Solo tiene una entrada de aire que impulsa el pistón hacia un extremo, y la retracción ocurre cuando el aire es liberado. Cilindro neumático de simple efecto con racor de conexión instantánea de $\varnothing 4$ [mm].

En la figura 1-17 se presenta una imagen del cilindro de simple efecto de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-17. Cilindro de simple efecto, Maqueta N°1.

En la tabla 1-9 se presenta la ficha técnica del cilindro de simple efecto de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

Tabla 1-9. Ficha técnica Cilindro de simple efecto, Maqueta N°1.

Diámetro del vástago (mm)	42
Rosca del vástago	M6 x 1
Conexiones	M5
Funcionamiento	Simple efecto, vástago simple
Fluido	Aire comprimido
Presión de prueba	15 bar
Máxima presión de trabajo	10 bar
Mínima presión de trabajo	0.8 bar
Temperatura de trabajo	-20 – 80 °C
Amortiguación	Amortiguación elástica, amortiguación neumática
Lubricación	No es necesaria, si se utiliza aceite se recomienda ISO VG32
Velocidad del émbolo	50 – 1500 mm/s
Energía cinética admisible (J)	0,19

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

k. **Cilindro de doble efecto:** Actuador neumático que utiliza aire comprimido para mover un pistón en ambas direcciones: hacia adelante y hacia atrás mediante 2 entradas de aire. Cuenta con racores de conexión instantánea de Ø4 [mm] y dos detectores magnéticos.

En la figura 1-18 se presenta una imagen del cilindro de doble efecto de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-18. Cilindro de doble efecto, Maqueta N°1.

En la tabla 1-10 se presenta la ficha técnica del cilindro de doble efecto de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

Tabla 1-10. Ficha técnica Cilindro de doble efecto, Maqueta N°1.

Diámetro del vástago (mm)	42
Rosca del vástago	M6 x 1
Conexiones	M5
Funcionamiento	Doble efecto, vástago simple
Fluido	Aire comprimido
Presión de prueba	15 bar
Máxima presión de trabajo	10 bar
Mínima presión de trabajo	0.8 bar
Temperatura de trabajo	-20 – 80 °C
Amortiguación	Amortiguación elástica, amortiguación neumática
Lubricación	No es necesaria, si se utiliza aceite se recomienda ISO VG32
Velocidad del émbolo	50 – 1500 mm/s
Energía cinética admisible (J)	0,19

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

I. **Regulador de caudal:** Dispositivo que controla la cantidad de aire o que pasa a través de un sistema neumático. Permite ajustar y mantener un flujo constante, lo que ayuda a regular la velocidad de los actuadores, como cilindros o motores, asegurando un control preciso del movimiento o la presión en el sistema. Cuenta con conexión instantánea de Ø4 [mm].

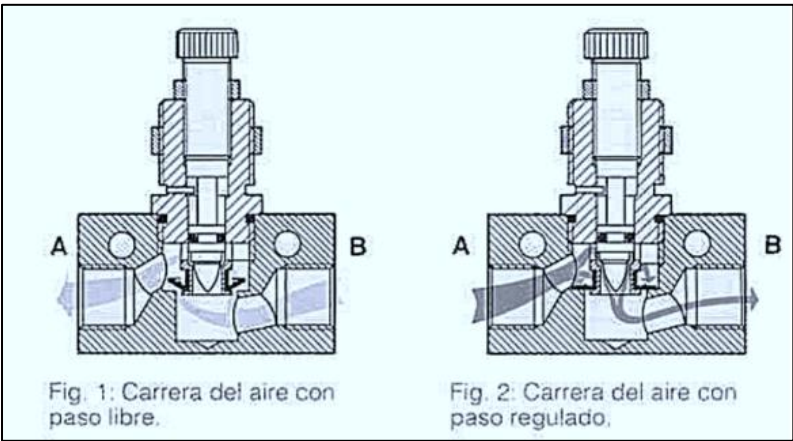
En la figura 1-19 se presenta una imagen del regulador de caudal de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-19. Regulador de caudal, Maqueta N°1.

En la figura 1-20 se presenta una imagen del funcionamiento del regulador de caudal de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-20. Funcionamiento del Regulador de caudal, Maqueta N°1.

En la tabla 1-11 se presenta la ficha técnica del regulador de caudal de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

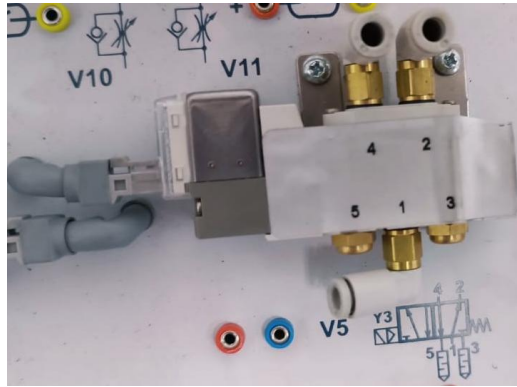
Tabla 1-11. Ficha técnica Regulador de caudal. Maqueta N°1.

Presión de prueba	15 bar
Máxima presión de trabajo	10 bar
Mínima presión de trabajo	0,5 bar
Fluido	Aire comprimido, filtrado con o sin lubricación
Temperatura de trabajo	0 – 60 °C
Número máximo de vueltas de ajuste	8 vueltas
Posición de montaje	Cualquiera
Caudal (salida libre atmósfera)	340 NI/min
Sección efectiva (salida libre atmósfera)	5,2 mm²
Caudal (instalación bajo presión)	250 NI/min
Sección efectiva (instalación bajo presión)	3,8 mm²
Presión de trabajo	5 bar

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

m. **Electroválvula 5/2 monoestable:** Controla el flujo de aire en sistemas neumáticos con cinco puertos y dos posiciones, pero regresa automáticamente a su posición inicial cuando se interrumpe la señal de control. Cuenta con conexiones instantáneas de Ø4 [mm] y voltaje de pilotaje de 24 [V] DC.

En la figura 1-21 se presenta una imagen de la electroválvula 5/2 monoestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

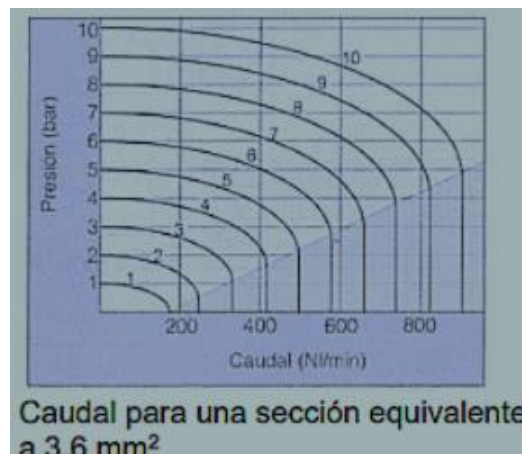


Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-21. Electroválvula 5/2 monoestable, Maqueta N°1.

El siguiente diagrama muestra la relación entre la presión de operación y el caudal para una sección equivalente de $3,6 \text{ [mm}^2\text{]}$. Para la electroválvula neumática 5/2 monoestable que trabaja a 4 [bar] o $0,4 \text{ [MPa]}$, esta sección permite un caudal aproximado de 400 [Nl/min] , lo que garantiza un flujo adecuado para accionar los cilindros y mantener un funcionamiento confiable en el sistema.

En la tabla 1-22 se presenta el diagrama P/Q de la electroválvula 5/2 monoestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-22. Diagrama P/Q de la Electroválvula 5/2 monoestable, Maqueta N°1.

La electroválvula neumática 5/2 monoestable posee un circuito interno alimentado con 24 [V] DC sin polaridad. Incluye un LED indicador en paralelo con la bobina, el cual permite indicar cuando la electroválvula está energizada. Tiene integrado un conjunto de diodos y un varistor o diodo Zener que funcionan como protección contra picos de voltaje generados por la bobina al des energizarse, protegiendo así el circuito interno. La resistencia en serie con el LED limita la corriente, evitando daños en el indicador luminoso.

En la figura 1-23 se presenta el circuito interno de la electroválvula 5/2 monoestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

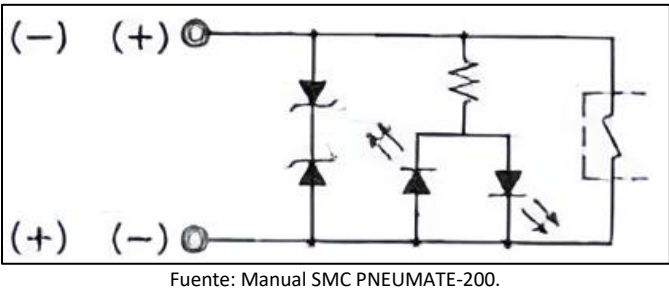


Figura 1-23. Circuito interno (24 [V] DC sin polaridad bipolar) de la Electroválvula, Maqueta N°1.

En la tabla 1-12 se presenta la ficha técnica de la electroválvula 5/2 monoestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

Tabla 1-12. Ficha técnica Electroválvula 5/2 monoestable, Maqueta N°1.

Fluido	Aire comprimido, filtrado, 5μ
Lubricación	No necesaria (Si se utiliza, usar aceite ISO VG32)
Presión de trabajo	1,5 – 7,1 bar
Temperatura de trabajo	-10 – 50 °C
Tiempo de respuesta	12 msg o menos
Máxima frecuencia	10 c/sg
Accionamiento	Por pilotaje interno (servoasistida)
Accionamiento manual	Mediante pulsador
Posición de montaje	Cualquiera
Resistencia contra impactos/ Vibraciones	150/30 (8,3 ~ 2000 Hz)
Grado de protección	Protección antipolvo (IP50)

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

n. **Electroválvula 5/2 biestable:** Controla el flujo de aire en sistemas neumáticos con cinco vías y dos posiciones. Mantiene su última posición incluso sin energía, cambiando solo al recibir una nueva señal. Cuenta con conexiones instantáneas de Ø4 [mm] y Voltaje de pilotaje de 24 [V] DC.

En la figura 1-24 se presenta una imagen de la electroválvula 5/2 biestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

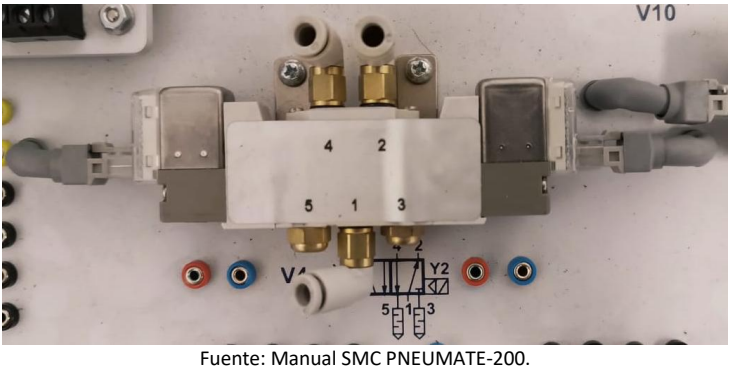


Figura 1-24. Electroválvula 5/2 biestable, Maqueta N°1.

El siguiente diagrama muestra la relación entre la presión de trabajo y el caudal para una válvula con una sección equivalente de 3,6 [mm²]. En una electroválvula neumática 5/2 biestable, este caudal es esencial para garantizar el correcto accionamiento del actuador en ambos sentidos. Con una presión de trabajo de 4 [bar] o 0,4 [MPa], se observa que el caudal disponible es de aproximadamente 400 [NI/min], lo que garantiza un flujo adecuado para accionar los cilindros y mantener un funcionamiento correcto en el desarrollo de las guías de laboratorio.

En la figura 1-25 se presenta el diagrama P/Q de la electroválvula 5/2 biestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

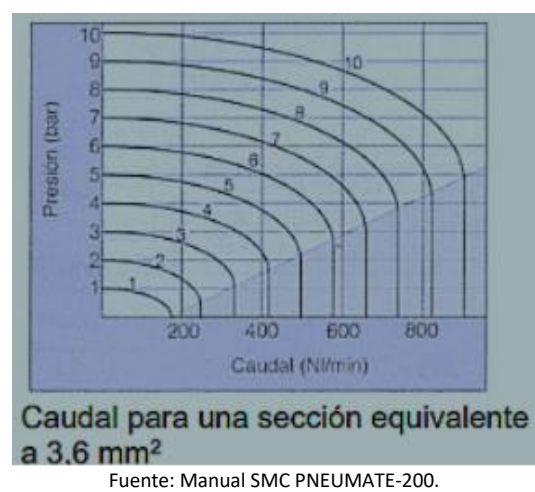


Figura 1-25. Diagrama P/Q de la Electroválvula 5/2 biestable, Maqueta N°1.

La electroválvula neumática 5/2 biestable posee un circuito interno alimentado con 24 [V] DC sin polaridad. Incluye un LED indicador en paralelo con la bobina, el cual permite indicar cuando la electroválvula está energizada. Tiene integrado un conjunto de diodos y un varistor o diodo Zener que funcionan como protección contra picos de voltaje generados por la bobina al des energizarse, protegiendo así el circuito interno. La resistencia en serie con el LED limita la corriente, evitando daños en el indicador luminoso.

En la figura 1-26 se presenta el circuito interno de la electroválvula 5/2 biestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

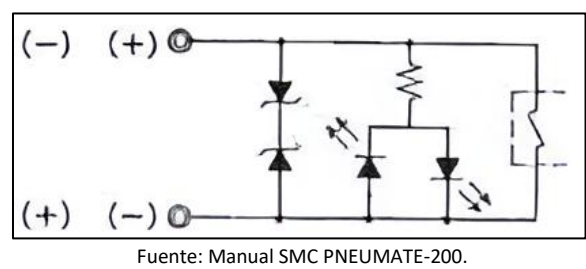


Figura 1-26. Circuito interno (24 [V] DC sin polaridad bipolar) de la Electroválvula, Maqueta N°1.

En la tabla 1-13 se presenta la ficha técnica de la electroválvula 5/2 biestable de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

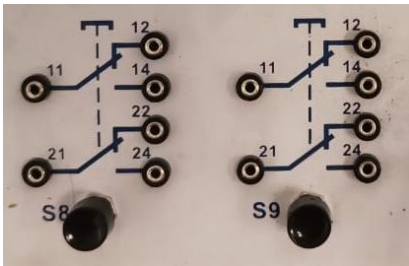
Tabla 1-13. Ficha técnica Electroválvula 5/2 biestable, Maqueta N°1.

Fluido	Aire comprimido, filtrado, 5μ
Lubricación	No necesaria (Si se utiliza, usar aceite ISO VG32)
Presión de trabajo	1,5 – 7,1 bar
Temperatura de trabajo	-10 – 50 °C
Tiempo de respuesta	12 msg o menos
Máxima frecuencia	10 c/sg
Accionamiento	Por pilotaje interno (servoasistida)
Accionamiento manual	Mediante pulsador
Posición de montaje	Cualquiera
Resistencia contra impactos/ Vibraciones	150/30 (8,3 ~ 2000 Hz)
Grado de protección	Protección antipolvo (IP50)

Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

o. **Pulsadores con doble contacto NA/NC:** Permiten conmutar los contactos asociados que se ven serigrafiados en el entrenador. Voltaje de trabajo 24 [V] DC.

En la figura 1-27 se presenta una imagen de los pulsadores con doble contacto NA/NC de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

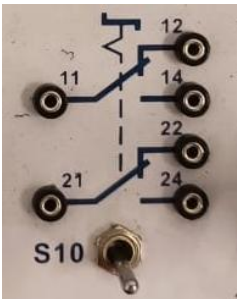


Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-27. Pulsadores con doble contacto NA/NC, Maqueta N°1.

p. **Interruptor de palanca con doble contacto NA/NC:** Permite conmutar los contactos asociados que se ven serigrafiados en el entrenador. Voltaje de trabajo 24 [V] DC.

En la figura 1-28 se presenta una imagen del interruptor de palanca con doble contacto NA/NC de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

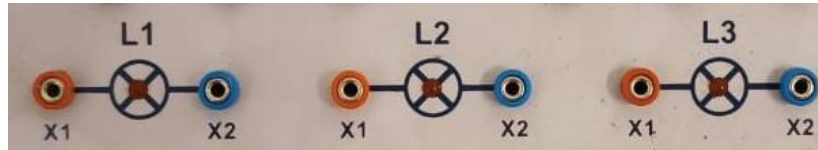


Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-28. Interruptor de palanca con doble contacto NA/NC, Maqueta N°1.

q. **Luces piloto:** Indicadores luminosos utilizados para mostrar el estado de un circuito o sistema. Estas luces son comunes en paneles de control, proporcionando señales visuales sobre operaciones como encendido, apagado o fallos del sistema. Voltaje de alimentación 24 [V] DC.

En la figura 1-29 se presenta una imagen de las luces piloto de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:

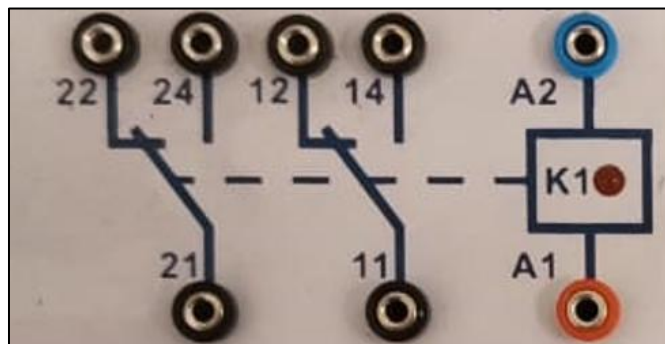


Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-29. Luces piloto, Maqueta N°1.

r. **Contactor de 24 [V] DC:** Dispositivo electromecánico diseñado para el control de cargas eléctricas mediante un circuito de control con un voltaje de alimentación de 24 [V] DC. Su funcionamiento se basa en la excitación de una bobina que, al ser energizada, genera un campo magnético capaz de accionar un sistema de contactos principales (para cargas de potencia) y contactos auxiliares (para señales de control). Es mayormente utilizado en sistemas de automatización industrial para la conmutación segura de motores, actuadores y otros equipos eléctricos.

En la figura 1-30 se presenta una imagen del contactor de 24 [V] DC de la maqueta N°1 SMC PNEUMATE-200:



Fuente: Manual SMC PNEUMATE-200.

Figura 1-30. Contactor de 24 [V] DC, Maqueta N°1.

s. **Fuente de alimentación de 24 [V] DC:** Fuente interna de la maqueta que suministra corriente continua de 24 [V] DC, necesaria para alimentar los componentes eléctricos de la maqueta. Esta fuente garantiza un suministro estable y seguro de energía para el correcto funcionamiento de los sistemas de control y automatización de la maqueta.

t. **Compresor de aire:** Dispositivo que aumenta la presión de un gas como el aire reduciendo su volumen para generar aire comprimido, elemento necesario para el funcionamiento de los

actuadores y válvulas neumáticas. En las maquetas electroneumáticas, el compresor proporciona una fuente de presión de aire estable que permite simular el funcionamiento real de los sistemas neumáticos controlados por electricidad, como cilindros y otros dispositivos automatizados. Es fundamental para demostrar la conversión de energía neumática en trabajo mecánico dentro de un entorno de enseñanza o práctica.

En la figura 1-31 se presenta una imagen de un compresor de aire a utilizar en el desarrollo de las guías de laboratorio:



Fuente: <https://www.egasold.cl/producto/compresor-de-aire-huracan-3100-pro-220v/>.

Figura 1-31. Compresor de aire.

En la tabla 1-14 se presenta la ficha técnica del compresor de aire:

Tabla 1-14. Ficha técnica Compresor de aire.

Modelo	Huracán 3100
Fluido	Aire comprimido, filtrado, 5μ
Potencia	3 HP
Capacidad del estanque	100 litros
Tipo de motor	Eléctrico
Presión máxima	8 bar
Tensión de trabajo	Monofásica 220 [V] AC
Cilindros	2
Tipo de compresor	Pistón lubricado
Velocidad de motor	1500 RPM
Caudal	322 l/min

Fuente: Elaboración propia en base a datos de compresor de aire.

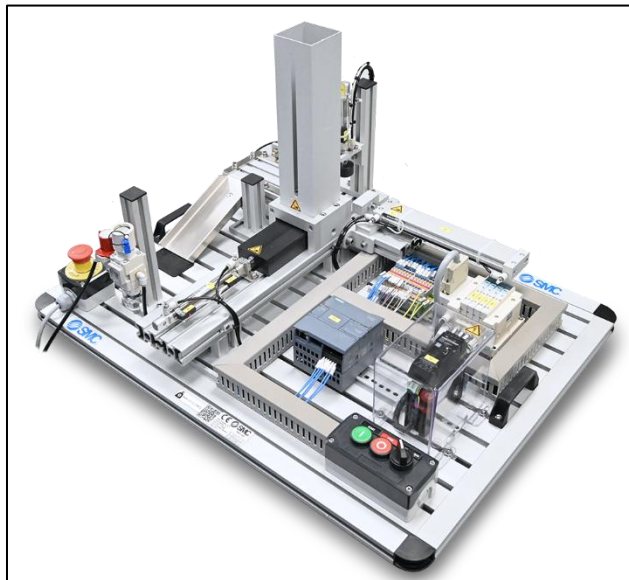
1.2.3. Maqueta N°2 SMC MAP-201

La maqueta N°2 MAP-201 es un alimentador de piezas con detector y expulsor de pieza incorrecta, se trata de una maqueta electroneumática didáctica que consiste en un alimentador que almacena piezas por gravedad. Las piezas son almacenadas una encima de otra, de forma que al alimentar situado en la parte inferior los restantes caen por su propio peso. La operación de extraer la base se realiza mediante un cilindro neumático, que impulsa un empujador de forma

adecuada al perfil de la base a la zona de verificación de la pieza, así comprobando su verdadera posición, si no es así la rechaza mediante un cilindro expulsor.

- En la maqueta electroneumática la presión máxima es de 0.6 [MPa] o 87 [psi].
- El voltaje de alimentación de la maqueta electroneumática debe ser de 100/240 [V] AC con una frecuencia de 60/50 [HZ].

En la figura 1-32 se presenta una imagen de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-201:



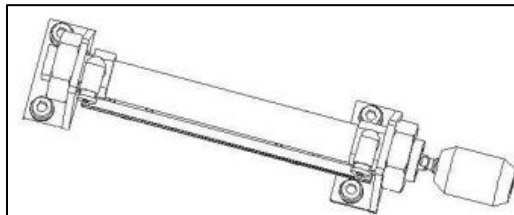
Fuente: MAP 201 ALIMENTADOR DE PIEZAS CON DETECTOR Y EXPULSOR DE PIEZA INCORRECTA.

Figura 1-32. Maqueta Electroneumática N°2 SMC MAP-201.

La maqueta electroneumática cuenta con los siguientes componentes neumáticos y electroneumáticos:

1. **Cilindro de doble efecto:** Actuador neumático que utiliza aire comprimido para mover un pistón en ambas direcciones: hacia adelante y hacia atrás mediante 2 entradas de aire.

En la figura 1-33 se presenta una imagen de un cilindro de doble efecto:



Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-33. Cilindro de doble efecto, Maqueta N°2.

La maqueta cuenta con 2 cilindros de doble efecto que corresponden a los cilindros A, B y C que están serigrafiados en la maqueta:

- Cilindro A: Modelo CD85N16-100-B es un cilindro neumático compacto de doble efecto de la serie CD85N de SMC. Tiene un diámetro de pistón de 16 [mm], una carrera de 100 [mm] y está diseñado para aplicaciones que requieren un tamaño reducido y un rendimiento confiable en espacios limitados. El cilindro cuenta con 2 detectores magnéticos de tipo reed para detectar el accionamiento y la posición del cilindro.

En la figura 1-34 se presenta una imagen del cilindro A de doble efecto (CD85N16-100-B) de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-201:



Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-34. Cilindro A de doble efecto (CD85N16-100-B), Maqueta N°2.

- Cilindro B: Modelo MDUB25-200DMZ es un cilindro neumático compacto de doble efecto de la serie MDUB de SMC, con un diámetro de 25 [mm] y una carrera de 200 [mm], diseñado para aplicaciones que requieren ajuste de amortiguación y un diseño compacto. Cuenta con 2 detectores magnéticos de tipo Reed para detectar la posición del cilindro neumático.

En la figura 1-35 se presenta una imagen del cilindro B de doble efecto (MDUB25-200DMZ) de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-201:



Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-35. Cilindro B de doble efecto (MDUB25-200DMZ), Maqueta N°2.

- Cilindro C: Modelo CD85N12-50-A es un cilindro neumático compacto de doble efecto de la serie CD85N de SMC. Tiene un diámetro de pistón de 12 [mm], una carrera de 50 [mm] y está diseñado para aplicaciones en las que se requiere un tamaño compacto y un rendimiento eficiente en espacios reducidos. El cilindro cuenta con 1 detector magnético de tipo reed para detectar la posición del cilindro neumático.

En la figura 1-36 se presenta una imagen del cilindro C de doble efecto (CD85N15-50-A) de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-201:

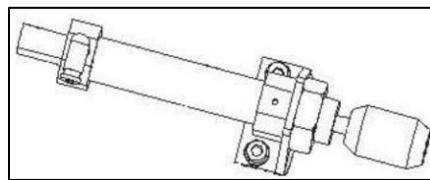


Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-36. Cilindro C de doble efecto (CD85N15-50-A), Maqueta N°2.

2. **Cilindro de simple efecto:** Actuador neumático que realiza movimiento en una sola dirección mediante aire comprimido. Solo tiene una entrada de aire que impulsa el pistón hacia un extremo, y la retracción ocurre cuando el aire es liberado.

En la figura 1-37 se presenta una imagen de un cilindro de simple efecto:



Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-37. Cilindro de simple efecto, Maqueta N°2.

La maqueta cuenta con un cilindro neumático de simple efecto que corresponde al cilindro D.

- Cilindro D: Modelo CJPB10-15H6 es un microcilindro neumático de la serie CJPB de SMC, diseñado específicamente para aplicaciones en las que se requieren cilindros de tamaño muy compacto y de alta precisión, ideales para espacios reducidos o para movimientos pequeños y rápidos. No cuenta con detector magnético.

En la figura 1-38 se presenta una imagen del microcilindro D de simple efecto (CJPB10-15H6) de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-201:



Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-38. Microcilindro D de simple efecto (CJPB10-15H6), Maqueta N°2.

3. **Detectores magnéticos de tipo REED:** Sensores que detectan la presencia de un campo magnético. Funcionan mediante un par de contactos metálicos (láminas de Reed) que se abren o cierran cuando un imán se acerca al sensor. Son ampliamente utilizados en aplicaciones como la detección de la posición de un pistón en un cilindro neumático, ya que su respuesta es rápida, precisa y sin contacto físico. La maqueta posee 2 modelos de detectores magnéticos los cuales son:

- D-A73CL: Detector magnético tipo Reed de la serie D-A73 de SMC, utilizado para detectar la posición de pistones en cilindros neumáticos. Funciona detectando el campo magnético del pistón, proporcionando una señal precisa sin contacto físico. Es compacto, confiable y de bajo mantenimiento.

En la figura 1-39 se presenta una imagen del detector magnético de tipo Reed (D-A73CL) de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-201:



Fuente: <https://automationdistribution.com/d-a73/>.

Figura 1-39. Detector magnético de tipo Reed (D-A73CL), Maqueta N°2.

- D-A93L: Detector magnético tipo Reed de la serie D-A93 de SMC, diseñado para detectar la posición de pistones en cilindros neumáticos. Utiliza un campo magnético para activar el sensor, proporcionando una señal precisa sin contacto físico. Es compacto y fiable para aplicaciones neumáticas.

En la figura 1-40 se presenta una imagen del detector magnético de tipo Reed (D-A93L) de la Maqueta Electroneumática N°2 SMC MAP-201:



Fuente: <https://cl.rs-online.com/product/smc-corporation/3c-d-a93l/73038528/>.

Figura 1-40. Detector magnético de tipo Reed (D-A93L), Maqueta N°2.

4. **Sensor de proximidad inductivo:** Modelo LJ12A3-4-Z/BX es un sensor de proximidad inductivo con salida NPN y contacto normalmente abierto (NO) de 4 [mm] de diámetro $\varnothing$ con 2 cables de alimentación de color café para el terminal positivo (+) y de color azul para el terminal negativo (-) de la fuente de voltaje de 24 [V] DC, y 1 cable de color negro correspondiente a la señal de salida del sensor, su voltaje de alimentación es de 6 – 36 [V] DC. Al ser un sensor inductivo esto significa que cuando el sensor detecta un objeto metálico dentro de su rango de detección de 4 [mm] envía una señal baja hacia la entrada digital del PLC SIEMENS S7-1214C, que interpreta como una señal de activación. Este tipo de sensor es común en aplicaciones industriales para la detección precisa de objetos metálicos. Al ser un sensor inductivo solo detecta objetos metálicos.

En la figura 1-41 se presenta una imagen del sensor de proximidad inductivo de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-201:



Fuente: <https://www.cimech3d.cl/producto/sensor-inductivo-lj12a3-4-z-bx-deteccion-4mm/>.

Figura 1-41. Sensor de proximidad inductivo (LJ12A3-4-Z/BX), Maqueta N°2.

5. **Base:** Es la materia prima o la pieza que se utiliza para el funcionamiento de la maqueta, esta pieza es almacenada una sobre otra de forma que al alimentar el situado en la parte inferior los restantes caen por su propio peso. La extracción de la base se realiza mediante un cilindro neumático, que impulsa un empujador de forma adecuada al perfil de la base a la zona de verificación de la pieza, así comprobando su verdadera posición, si no es así la rechaza mediante un cilindro expulsor.

En la figura 1-42 se presenta una imagen de la base que es la materia prima de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-201:



Fuente: Manual SMC MAP-201.

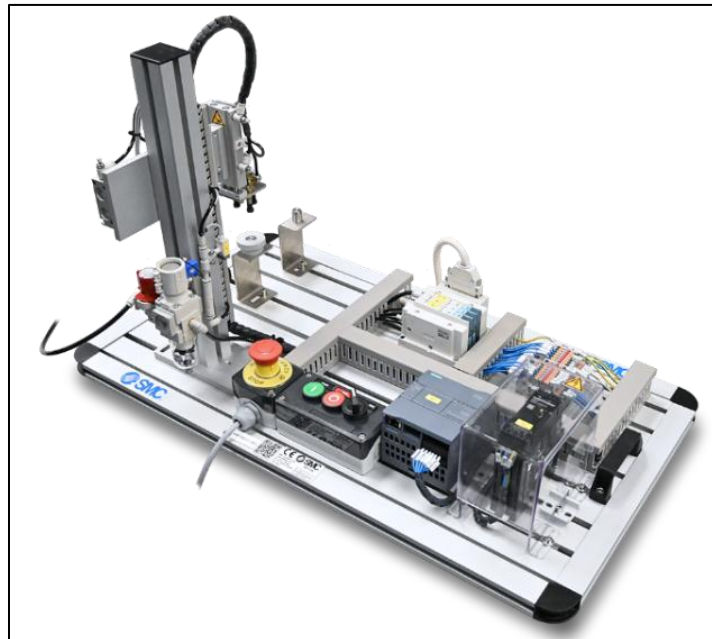
Figura 1-42. Base, Maqueta N°2.

1.2.4. Maqueta N°3 SMC MAP-202

La maqueta N°3 MAP-202 MANIPULADOR DE DOS EJES CON SUJECCIÓN POR VACÍO se trata de un equipo didáctico que consiste en un manipulador cartesiano de dos ejes que desplaza una pieza (rodamiento) desde una posición a otra, sujetando la misma por medio de un conjunto de tres ventosas de vacío.

- En la maqueta electroneumática la presión máxima es de 0.6 [MPa] o 87 [psi].
- El voltaje de alimentación de la maqueta electroneumática debe ser de 100/240 [V] AC con una frecuencia de 60/50 [HZ].

En la figura 1-43 se presenta una imagen de la maqueta electroneumática N°3 SMC MAP-202:



Fuente: MAP-202 MANIPULADOR DE DOS EJES CON SUJECCIÓN POR VACÍO.

Figura 1-43. Maqueta Electroneumática N°3 SMC MAP-202.

La maqueta cuenta con los siguientes componentes neumáticos y electroneumáticos:

a. **Cilindro de vástago paralelo:** Actuadores neumáticos con un diseño donde el vástago es paralelo al cuerpo del cilindro. La maqueta posee 2 cilindros de vástago paralelo los cuales son:

- Cilindro A (CXSM15-100): El CXSM15-100 es un cilindro neumático de doble efecto, de guía doble de la serie CXSM de SMC, con un diámetro de 15 [mm] y una carrera de 100 [mm]. Está diseñado para aplicaciones que requieren movimientos lineales precisos y una alta resistencia a la torsión, gracias a sus guías paralelas integradas.

En la figura 1-44 se presenta una imagen del cilindro A de vástago paralelo (CXSM15-100) de la maqueta electroneumática N°3 SMC MAP-202:



Fuente: <https://partsearch.io/smc/cxsm15-100/>.

Figura 1-44. Cilindro A de vástago paralelo (CXSM15-100), Maqueta N°3.

- Cilindro B (CXSM10-50): El CXSM10-50 es un cilindro neumático de simple efecto, de guía doble de la serie CXSM de SMC, con un diámetro de 10 [mm] y una carrera de 50 [mm]. Diseñado para movimientos lineales precisos, ofrece alta resistencia a la torsión gracias a sus vástagos paralelos, ideal para aplicaciones que requieren estabilidad y precisión.

En la figura 1-45 se presenta una imagen del cilindro B de vástago paralelo (CXSM10-50) de la maqueta electroneumática N°3 SMC MAP-202:



Fuente: <https://rodavigo.net/es/p/cilindro-de-vastago-paralelo-casquillo-de-deslizamiento-serie-cxs-ref-smc-cxsm10-50/161CXSM1050>.

Figura 1-45. Cilindro B de vástago paralelo (CXSM10-50), Maqueta N°3.

b. **Ventosas**: Dispositivos neumáticos que utilizan vacío para agarrar y manipular objetos sin contacto mecánico. Su diseño varía según la forma y el material, adaptándose a diferentes superficies y cargas.

En la figura 1-46 se presenta una imagen de las ventosas de la maqueta electroneumática N°3 SMC MAP-202:



Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/inoxidable-nitrilo-neumática-aspiradora-Ventosas/dp/B0BVKPSDLD>.

Figura 1-46. Ventosas, Maqueta N°3.

c. **Tapas:** Materia prima que se utiliza para el funcionamiento de la maqueta Electroneumática, las tapas se desplazan desde una posición a otra sujetadas por medio de un conjunto de tres ventosas de vacío.

En la figura 1-47 se presenta una imagen de las tapas que son la materia prima de la maqueta electroneumática N°3 SMC MAP-202:



Fuente: Manual SMC MAP-202.

Figura 1-47. Tapas, Maqueta N°3.

d. **Eyector de vacío en línea (ZU05SA):** El ZU05SA es una unidad generadora de vacío de la serie ZU de SMC, diseñada para aplicaciones que requieren una generación de vacío eficiente en un tamaño compacto. Utiliza el principio de Venturi para crear vacío, lo que la hace ideal para sistemas de manipulación de piezas mediante succión. Es ligera, fácil de instalar y ofrece un rendimiento confiable en espacios reducidos.

En la figura 1-48 se presenta una imagen del eyector de vacío en línea de la maqueta electroneumática N°3 SMC MAP-202:

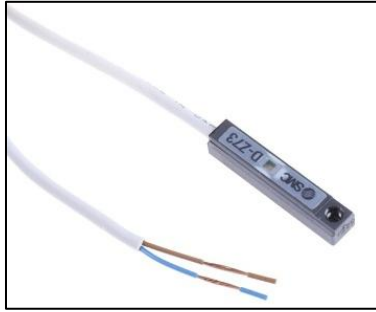


Fuente: <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/156>.

Figura 1-48. Eyector de vacío en línea (ZU05SA), Maqueta N°3.

e. **Detector magnético de tipo Reed (D-Z73L):** El D-Z73L es un detector magnético tipo reed de la serie D-Z73 de SMC, diseñado para detectar la posición de pistones en cilindros neumáticos. Funciona activándose con el campo magnético del pistón, ofreciendo una detección precisa sin contacto. Es compacto, confiable y adecuado para aplicaciones donde se requiere una detección eficiente.

En la figura 1-44 se presenta una imagen del detector magnético de tipo Reed (D-Z73L) de la maqueta electroneumática N°3 SMC MAP-202:



Fuente: <https://cl.rsdelivers.com/product/smc/d-z73l/interruptor-neumatico-smc-d-z73l-laminas/3500755>.

Figura 1-49. Detector magnético de tipo Reed (D-Z73L), Maqueta N°3.

f. **Presóstato electrónico PS1100-R06L-Q:** El PS1100-R06L-Q es un presóstato electrónico de la serie PS1000 de SMC, diseñado para medir y controlar la presión en sistemas neumáticos. Proporciona lecturas precisas y permite el ajuste de umbrales para activar señales de control cuando se alcanzan presiones específicas. Es compacto y fácil de instalar, ideal para aplicaciones industriales que requieren monitoreo continuo de la presión.

En la figura 1-50 se presenta una imagen del presóstato electrónico de la maqueta electroneumática N°3 SMC MAP-202:



Fuente: <https://cl.rsdelivers.com/product/smc/ps1100-r06l-q/6mm-plug-in-pressure-sensor-01to04mpa/2462438>.

Figura 1-50. Presóstato electrónico (PS1100-R06L-Q), Maqueta N°3.

1.2.5. Componentes que comparten las maquetas N°2 MAP-201 y N°3 MAP-202

Las maquetas Electroneumáticas N°2 y N°3 comparten elementos comunes los cuales son:

a. **Válvula de paso y purga:** Dispositivo que permite controlar el flujo de aire o fluido en un sistema neumático o hidráulico. La función de paso permite que el fluido circule a través de la válvula, mientras que la función de purga libera el aire o fluido acumulado, vaciando el sistema de presión residual. Estas válvulas son esenciales para garantizar la seguridad y el mantenimiento de sistemas, permitiendo purgar el aire antes de realizar ajustes o desactivar un circuito.

En la figura 1-51 se presenta una imagen de la válvula de paso y purga de las maquetas electroneumáticas N°2 SMC MAP-201 y N°3 SMC MAP-202:

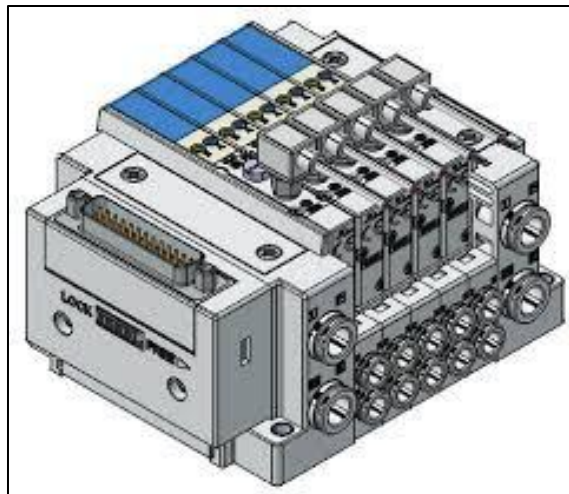


Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-51. Válvula de paso y purga.

b. **Bloque de Electroválvulas:** El SS5Y31-Q1Z076 es un bloque de electroválvulas de la serie SY de SMC, diseñado para montar varias válvulas neumáticas en un sistema compacto. Facilita la distribución del aire comprimido y la gestión de señales de control, permitiendo el montaje y la conexión de válvulas de forma ordenada y eficiente en aplicaciones neumáticas. El bloque de electroválvulas utiliza un voltaje de trabajo de 24 [V] DC.

En la figura 1-52 se presenta una imagen del bloque de electroválvulas de las maquetas electroneumáticas N°2 SMC MAP-201 y N°3 SMC MAP-202:

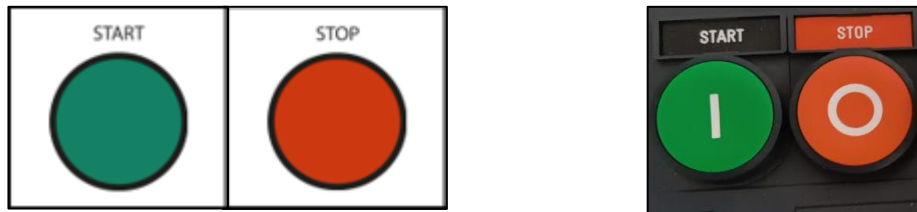


Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-52. Bloque de Electroválvulas (SS5Y31-Q1Z076).

c. **Pulsadores START y STOP:** Dispositivos de control que permiten iniciar y detener el funcionamiento de una máquina o sistema. El botón START activa el circuito o el proceso, mientras que el botón STOP lo interrumpe de inmediato. El pulsador START corresponde a un contacto abierto, mientras que el pulsador STOP corresponde a un contacto cerrado.

En la figura 1-53 se presenta una imagen de las botoneras START y STOP de las maquetas electroneumáticas N°2 SMC MAP-201 y N°3 SMC MAP-202:



FUENTE: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-53. Botoneras START y STOP.

d. **Palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN:** Palanca que alterna entre dos modos: Automático y Manual. En modo automático, el sistema opera sin intervención; en modo manual, el operador controla directamente el equipo. Este selector ofrece flexibilidad en el manejo de sistemas según las necesidades.

En la figura 1-54 se presenta una imagen de la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN de las maquetas electroneumáticas N°2 SMC MAP-201 y N°3 SMC MAP-202:



Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-54. Palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN.

e. **Seta de emergencia:** Botón grande y rojo que permite realizar paradas de emergencia en el manipulador, si se pulsa se interrumpe la alimentación eléctrica.

En la figura 1-55 se presenta una imagen de seta de emergencia de las maquetas electroneumáticas N°2 SMC MAP-201 y N°3 SMC MAP-202:



Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 1-55. Seta de emergencia.

f. **Reguladores de caudal unidireccional:** Los reguladores de caudal unidireccional controlan el flujo de aire en una sola dirección en sistemas neumáticos, ajustando la velocidad de un actuador en un solo sentido mientras permiten el flujo libre en el otro.

En la figura 1-56 se presenta una imagen de los reguladores de caudal de las maquetas electroneumáticas N°2 SMC MAP-201 y N°3 SMC MAP-202:

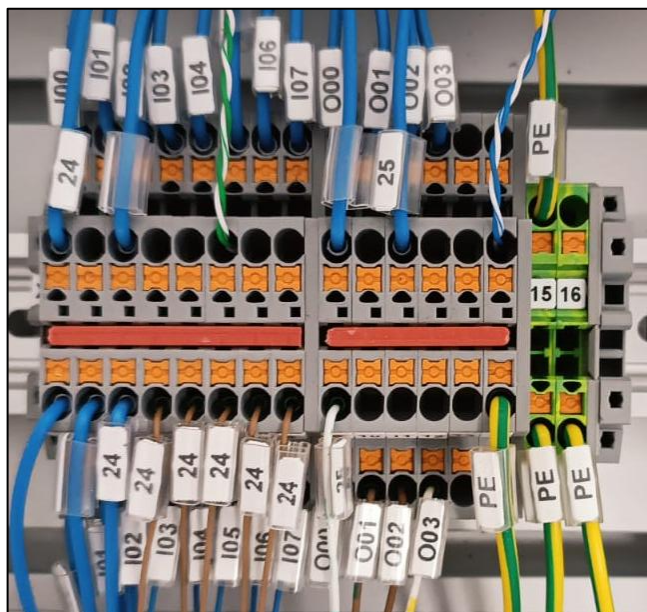


Fuente: <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/216>.

Figura 1-56. Reguladores de caudal unidireccional.

g. **Bornera doble:** Componente utilizado en sistemas eléctricos y de automatización para realizar conexiones seguras y organizadas de cables en un mismo punto de conexión dentro de un panel de control. Se caracteriza por tener dos niveles de conexión, lo que permite ahorrar espacio en rieles DIN y facilita la distribución de señales o potenciales eléctricos. Se usa comúnmente en aplicaciones donde se requiere mayor densidad de cableado, como en cuadros eléctricos y sistemas de control industrial.

En la figura 1-57 se presenta una imagen de la bornera doble de las maquetas electroneumáticas N°2 SMC MAP-201 y N°3 SMC MAP-202:



Fuente: Laboratorio Edificio M maqueta N°2, MAP-201.

Figura 1-57. Bornera doble.

h. **Fuente de alimentación Omron (S8VK-G06024):** Fuente de alimentación conmutada de la serie S8VK-G, posee un voltaje de salida de 24 [V] DC, potencia de salida de 60 [W], corriente de salida de 2.5 [A], voltaje de entrada de 100-240 [V] AC, posee protección contra sobretensión, sobre corriente y altas temperaturas. Es ideal para aplicaciones en automatización industrial donde se requiere una fuente de alimentación estable y duradera. Fuente de alimentación utilizada para alimentar las maquetas Electroneumáticas N°2 (MAP-201) y N°3 (MAP-202).

En la figura 1-58 se presenta una imagen de la fuente de alimentación Omron de las Maquetas Electroneumáticas N°2 SMC MAP-201 y N°3 SMC MAP-202:

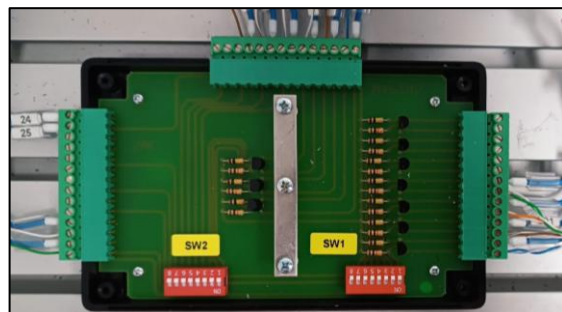


Fuente: <https://industrial.omron.es/es/products/S8VK-G06024>.

Figura 1-58. Fuente de alimentación Omron S8VK-G06024.

i. **Caja de averías SMC TROUB-200:** Sistema de simulación de averías desarrollado por SMC, diseñado para generar hasta 16 averías distintas que los estudiantes deben diagnosticar y resolver. Las averías se generan mediante dip switches que interrumpen la señal de voltaje entre el PLC SIEMENS S7-1200 y los actuadores neumáticos. Este sistema se integra en equipos de formación industrial, como las maquetas electroneumáticas de la serie MAP-200, proporcionando una experiencia práctica en la identificación y solución de fallos en entornos controlados. Al permitir la simulación de diversas averías, el SMC TROUB-200 facilita el desarrollo de habilidades de diagnóstico y mantenimiento en sistemas automatizados.

En la figura 1-59 se presenta una imagen de la caja de averías SMC TROUB-200 de las Maquetas Electroneumáticas N°2 S MC MAP-201 y N°3 SMC MAP-202:



Fuente: Laboratorio Edificio M maqueta N°2, MAP-201.

Figura 1-59. Caja de averías SMC TROUB-200.

1.3. **OBJETIVOS DEL TRABAJO**

Para el correcto desarrollo de las guías de laboratorio, se define el objetivo general y los objetivos específicos.

1.3.1. **Objetivo general**

Desarrollar guías de laboratorio utilizando maquetas electroneumáticas controladas por un PLC SIEMENS S7-1200.

1.3.2. **Objetivos específicos**

1. Investigar el control con PLC en maquetas electroneumáticas.
2. Crear guías de laboratorio utilizando maquetas electroneumáticas controladas por un PLC SIEMENS S7-1200.
3. Realizar pruebas de control de maquetas electroneumáticas mediante PLC SIEMENS S7-1200.
4. Desarrollar la programación para el control de maquetas electroneumáticas mediante PLC SIEMENS S7-1200.

CAPÍTULO 2: CREACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO UTILIZANDO MAQUETAS
ELECTRONEUMÁTICAS

2. CREACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO UTILIZANDO MAQUETAS ELECTRONEUMÁTICAS

La creación de guías de laboratorio permite fomentar el desarrollo de habilidades prácticas en los estudiantes sumado a una mayor comprensión y asimilación de los conocimientos teóricos al ser aplicados en el desarrollo y resolución de las 4 guías de laboratorio.

2.1. OBJETIVOS Y ELEMENTOS PARA EL DESARROLLO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

Las guías de laboratorio tienen la finalidad de proporcionar a los estudiantes un aprendizaje significativo, integrando teoría y práctica para desarrollar habilidades y conocimientos en conexiones, programación y control de sistemas electroneumáticos, para ello se plantean los siguientes objetivos:

- Identificar y explicar la función de los componentes principales de una maqueta electroneumática.
- Conectar circuitos neumáticos y electroneumáticos simples y complejos.
- Programar secuencias de control en PLC para automatizar procesos específicos.
- Aplicar medidas de seguridad al manipular sistemas neumáticos y componentes eléctricos.
- Analizar y comprender el funcionamiento de sistemas electroneumáticos y solucionar problemas o fallas en el control de las maquetas.

2.1.1. Estructura de las guías de laboratorio

Las 4 guías de laboratorio poseen la siguiente estructura para el correcto desarrollo de las experiencias:

- Nombre de la experiencia de laboratorio a realizar: Indica el título específico del laboratorio.
- RDA: Describe los propósitos principales que los estudiantes deben alcanzar al completar el laboratorio.
- Maqueta a utilizar en el desarrollo de la guía de laboratorio: Especifica la maqueta electroneumática que se empleará.

- Equipos y accesorios a utilizar: Enumera los dispositivos, herramientas y accesorios necesarios para el desarrollo del laboratorio.
- Procedimiento de laboratorio: Detalla los pasos a seguir durante el laboratorio.
- Reconocimiento de la maqueta electroneumática: Instrucciones para identificar y comprender los componentes de la maqueta.
- Medidas de Seguridad: Incluye las precauciones y normas de seguridad que se deben seguir.
- Elementos para la conexión, alimentación y seguridad de la maqueta electroneumática: Lista y explica los elementos necesarios para la conexión y manipulación segura de la maqueta.
- Secuencia de trabajo: Describe la secuencia de trabajo (programación y conexión de la maqueta) que los estudiantes deben realizar para completar el laboratorio.

2.1.2. Presión

La presión neumática es la fuerza que ejerce el aire comprimido sobre una superficie. Se genera mediante un compresor y es fundamental para el funcionamiento de los sistemas neumáticos, ya que permite accionar cilindros, válvulas y otros componentes. La presión se mide comúnmente en diversas unidades, como bares [bar], libras por pulgada cuadrada [psi], Megapascal [MPa] y atmósfera [atm]. La equivalencia entre estas unidades es:

- $1 \text{ [bar]} = 14.5 \text{ [psi]} = 0.1 \text{ [MPa]} = 0.987 \text{ [atm]}.$

En aplicaciones industriales, es habitual trabajar con presiones que varían entre 4 y 8 bares [bar] (aproximadamente entre 0.4 y 0.8 [MPa]), dependiendo de los requerimientos del sistema. La selección y control adecuados de la presión neumática son esenciales para garantizar el correcto funcionamiento y seguridad de los equipos.

En la maqueta N°1 la presión mínima es de 0.3 [MPa] y la presión máxima es de 0.4 [MPa], en libras por pulgada cuadrada es de 43.5 a 58 [psi], en bares es de 3 a 4 [bar] y en atmósfera es de 3 a 4 [atm].

En la maqueta N°2 y N°3 la presión mínima es de 0.4 [MPa] y la presión máxima es de 0.6 [MPa], en libras por pulgada cuadrada es de 58 a 87 [psi], en bares es de 4 a 6 [bar] y en atmósfera es de 4 a 6 [atm].

2.1.3. Cable de conexión Ethernet RJ45

La conexión y programación del PLC SIEMENS S7-1214C se lleva a cabo utilizando el software TIA PORTAL. Para establecer la comunicación entre el PLC y el computador mediante protocolo de comunicación PROFINET se emplea un cable de red Ethernet RJ45, el cual permite una transmisión rápida y estable de datos. Esta conexión facilita la configuración, monitoreo y programación del sistema automatizado, asegurando una interacción eficiente entre el hardware y el software. Para el desarrollo de las guías de laboratorio se utiliza un cable de red de tipo industrial con una aislación de PVC de color verde para mayor resistencia a tensiones mecánicas y torceduras, junto con conectores RJ45 completamente sellados que evitan la entrada del polvo y humedad a los terminales o pines de conexión.

En la figura 2-1 se presenta una imagen del cable de conexión Ethernet RJ45 utilizado para la comunicación del PLC SIEMENS S7-1200 con el computador:



Fuente: <https://cl.rsdelivers.com/product/harting/09457711151/cable-ethernet-cat5-u/ftp-harting-de-color-verde-long-10m-funda-de-pvc/6236154>.

Figura 2-1. Cable de conexión Ethernet RJ45.

2.1.4. Mangueras de poliuretano

Las mangueras de poliuretano se utilizan comúnmente en sistemas neumáticos por su flexibilidad, durabilidad y resistencia a la abrasión. Estas mangueras permiten el paso del aire comprimido hacia los diferentes componentes neumáticos, como cilindros y válvulas. Las de Ø4 [mm] se emplean para aplicaciones que requieren menor caudal o conexiones más precisas, mientras que las de Ø6 [mm] se utilizan para transportar mayores volúmenes de aire. Su estructura permite soportar presiones de trabajo habituales en sistemas industriales sin deformarse ni perder su capacidad de sellado.

En la figura 2-2 se presenta una imagen de las mangueras de poliuretano:



Fuente: Laboratorio Edificio M.

Figura 2-2. Mangueras de poliuretano.

2.2. CREACIÓN Y DESARROLLO DE GUÍAS DE LABORATORIO

Para la creación y desarrollo de las guías de laboratorio se utilizan tres maquetas electroneumáticas diseñadas para ofrecer experiencias prácticas a los estudiantes en el manejo de sistemas neumáticos y electroneumáticos.

Las guías N°1 y N°2 se desarrollan utilizando la maqueta N°1, una maqueta didáctica equipada con elementos neumáticos y electroneumáticos. La guía N°1 se enfoca en el uso exclusivo de elementos neumáticos, permitiendo a los estudiantes familiarizarse con el funcionamiento de cilindros neumáticos, válvulas y el control manual del aire comprimido. Por su parte, la guía N°2 introduce en el uso de elementos electroneumáticos, combinando señales eléctricas con actuadores neumáticos para automatizar procesos básicos.

La guía N°3 utiliza la maqueta N°2, que es un alimentador de piezas con detector y expulsor de piezas incorrectas, controlado mediante un PLC SIEMENS S7-1214C. Esta guía permite a los estudiantes integrar sensores, actuadores y programación de PLC para realizar tareas de clasificación automatizada.

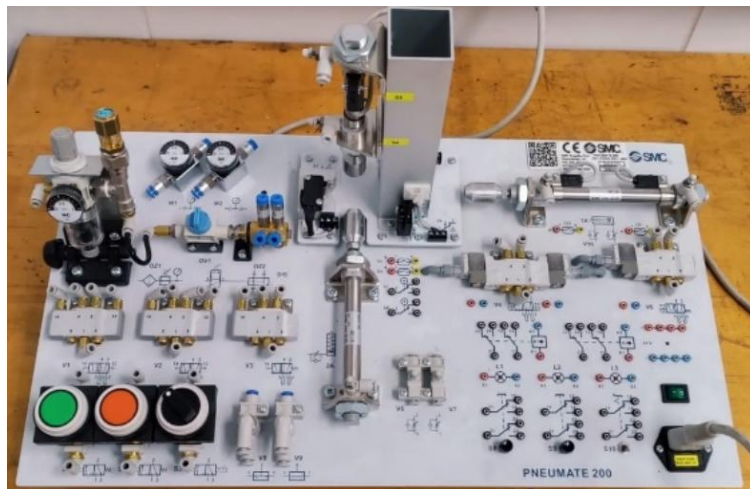
La guía N°4 se desarrolla con la maqueta N°3, un manipulador de dos ejes con sujeción por vacío, también controlado por un PLC SIEMENS S7-1214C. Esta guía ofrece una experiencia más avanzada, donde los estudiantes programan movimientos de posicionamiento y sujeción automática, aplicando conocimientos de control neumático y lógica de programación.

2.2.1. Guía N°1 Introducción a los sistemas neumáticos

La primera guía de laboratorio se realiza utilizando la maqueta N°1 que es una maqueta didáctica que cuenta con componentes neumáticos y electroneumáticos, para el desarrollo de la guía de laboratorio N°1 solo se utilizan los componentes neumáticos de la maqueta electroneumática para realizar circuitos y secuencias.

La guía de laboratorio tiene como objetivo introducir a los estudiantes a los sistemas neumáticos permitiendo la familiarización y comprensión del funcionamiento de componentes neumáticos.

En la figura 2-3 se presenta una imagen de la maqueta electroneumática N°1 SMC PNEUMATE-200 para el desarrollo de la Guía N°1:



Fuente: https://s3-us-west-2.amazonaws.com/smciketk/PNEUMATE-200/OpcionC_PNEUMATE-200.jpg.

Figura 2-3. Maqueta Electroneumática N°1 SMC PNEUMATE-200 Guía N°1.

Equipos y accesorios para utilizar en el desarrollo de la guía N°1:

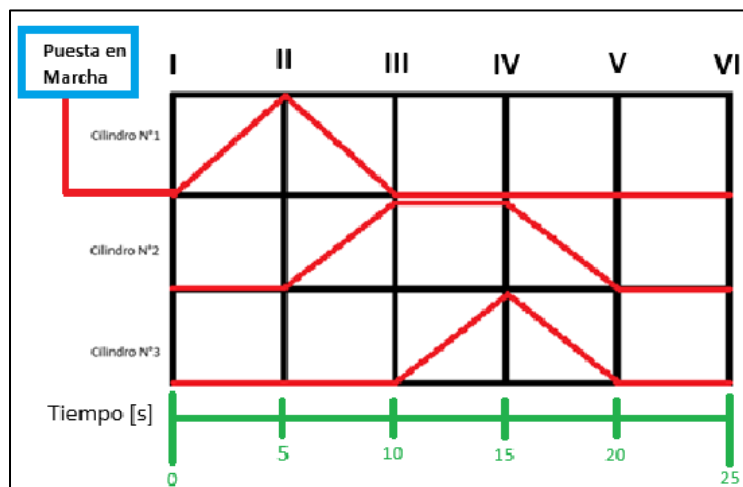
- Compresor de aire.
- Cilindro neumático de simple efecto.
- Dos cilindros neumáticos de doble efecto.
- Manómetro.
- Dos válvulas manuales 3/2 con pulsador.
- Válvula manual 3/2 con palanca selectora.
- Válvula neumática 5/2 monoestable.
- Dos válvulas neumáticas 5/2 biestables.
- Mangueras y conectores.

Para el desarrollo de la guía se deben considerar las siguientes medidas de seguridad:

- Verificar que las mangueras, válvulas y cilindros estén bien conectadas y sin fugas.

- Verificar que no haya conexiones sueltas.
- No exceder la presión de trabajo de la maqueta la que corresponde a 0.3-0.4 [MPa].
- Mantener las manos alejadas de los cilindros mientras están en movimiento.
- Despresurizar la maqueta apagando el compresor y liberando la presión del sistema antes de realizar cualquier cambio en el circuito.

Para el desarrollo de la guía se realizó una secuencia de trabajo utilizando un diagrama espacio-tiempo de los cilindros de la maqueta, las líneas rojas representan el accionamiento o activación de los cilindros neumáticos con el objetivo de orientar a los estudiantes al momento de realizar la guía, como se muestra en la figura 2-4 que corresponde a la secuencia de trabajo:



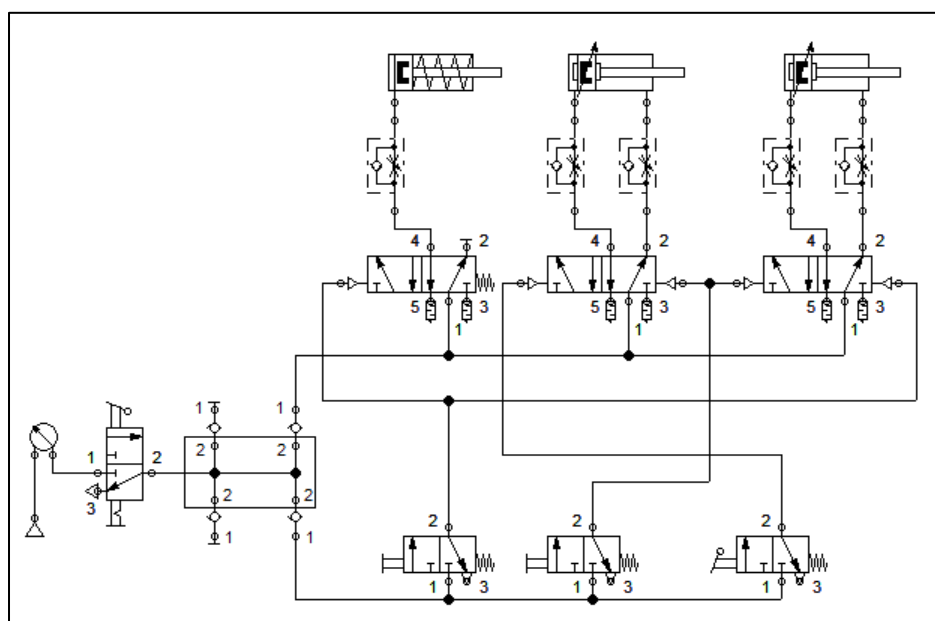
Fuente: Creación propia.

Figura 2-4. Diagrama espacio-tiempo de secuencia de trabajo Guía N°1.

- La puesta en marcha representa cuando se presiona el pulsador “START” en el tiempo 0 [s] iniciando la secuencia de trabajo.
- Los cilindros se accionarán utilizando los pulsadores y la palanca selectora neumática.
- El cilindro N°1 corresponde al cilindro de doble efecto “1A” que tiene la función de desplazar las piezas del depósito.
- El cilindro N°2 corresponde al cilindro de doble efecto “3A” ubicado paralelo al depósito y que tiene la función de estampar la pieza cuando este en posición.
- El cilindro N°3 corresponde al cilindro de simple efecto “2A” que tiene la función de expulsar la pieza ya estampada.

Para la Guía de laboratorio N°1 se diseña un circuito en el software FESTO FLUIDSIM utilizando componentes neumáticos de la maqueta para que los estudiantes realicen conexiones físicas para que puedan comprender su funcionamiento y comportamiento.

En la figura 2-5 se presenta un circuito neumático a modo de ejemplo para la realización de la secuencia de trabajo:



Fuente: Creación propia en software FESTO FLUIDSIM.

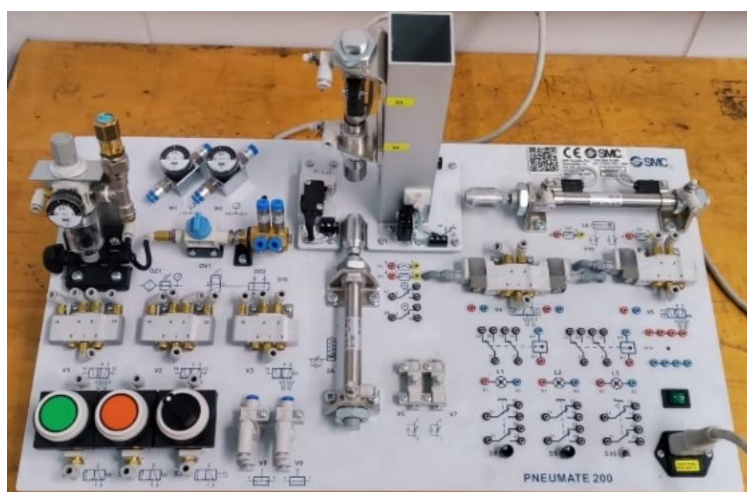
Figura 2-5. Circuito neumático Guía N°1.

2.2.2. Guía N°2 Introducción a los sistemas electroneumáticos

La guía de laboratorio N°2 se desarrolla utilizando la maqueta N°1, que es una maqueta didáctica equipada con componentes tanto neumáticos como electroneumáticos. En esta guía, se utilizan exclusivamente los elementos electroneumáticos de la maqueta, permitiendo a los estudiantes trabajar con la integración de señales eléctricas y neumáticas para la automatización de procesos.

El objetivo principal de esta guía es introducir a los estudiantes a los sistemas electroneumáticos, brindándoles la oportunidad de familiarizarse con el funcionamiento y accionamiento de componentes electroneumáticos, como válvulas, sensores y actuadores, y cómo interactúan para ejecutar secuencias en un sistema controlado.

En la figura 2-6 se presenta una imagen de la maqueta electroneumática N°1 SMC PNEUMATE-200 para el desarrollo de la Guía N°2:



Fuente: https://s3-us-west-2.amazonaws.com/smciketec/PNEUMATE-200/OpcionC_PNEUMATE-200.jpg

Figura 2-6. Maqueta Electroneumática N°1 SMC PNEUMATE-200 Guía N°2.

Equipos y accesorios para utilizar en el desarrollo de la guía N°2:

- Compresor de aire.
- Cilindro neumático de simple efecto.
- Dos cilindros neumáticos de doble efecto.
- Manómetro.
- Electroválvula neumática 5/2 monoestable de 24 [V] DC.
- Electroválvula neumática 5/2 biestable de 24 [V] DC.
- Contactores de 24 [V] DC.
- Pulsadores eléctricos de 24 [V] DC.
- Finales de carrera de 24 [V] DC.
- Luz piloto de 24 [V] DC.
- Cables de conexión eléctricos.
- Mangueras y conectores.

Para el desarrollo de la guía N°2 al igual que con la guía N°1 se deben considerar las siguientes medidas de seguridad:

- Verificar que las mangueras, válvulas y cilindros estén bien conectadas y sin fugas.
- Verificar que no existan conexiones sueltas.
- No exceder la presión de trabajo de la maqueta que corresponde a 0.3-0.4 [MPa].
- Mantener las manos alejadas de los cilindros mientras están en movimiento.
- Despresurizar la maqueta apagando el compresor y liberando la presión del sistema antes de realizar cualquier cambio en el circuito.

Para el desarrollo de la guía N°2, se utiliza una secuencia de trabajo similar a la de la guía N°1, utilizando un diagrama espacio-tiempo de los cilindros de la maqueta. Además, se incorporan finales de carrera y contactores de 24 [V] DC para garantizar la correcta activación y desactivación de los componentes del sistema, proporcionando una mayor precisión en la secuenciación de las operaciones. El objetivo de esta guía es orientar a los estudiantes en la ejecución de un circuito electroneumático básico, permitiéndoles experimentar con la integración de elementos eléctricos y neumáticos. La utilización de estos componentes asegura un aprendizaje práctico sobre el control de los cilindros y cómo interactúan dentro de un sistema automatizado, la figura 2-7 corresponde a la secuencia de trabajo para el desarrollo de la guía N°2:

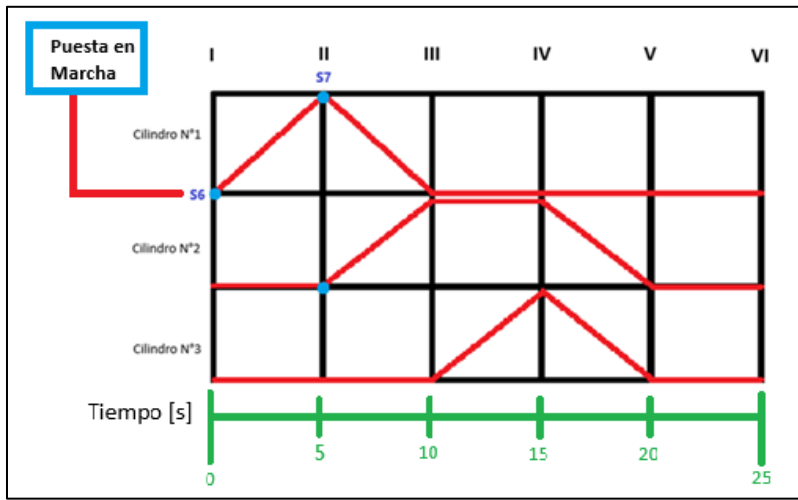
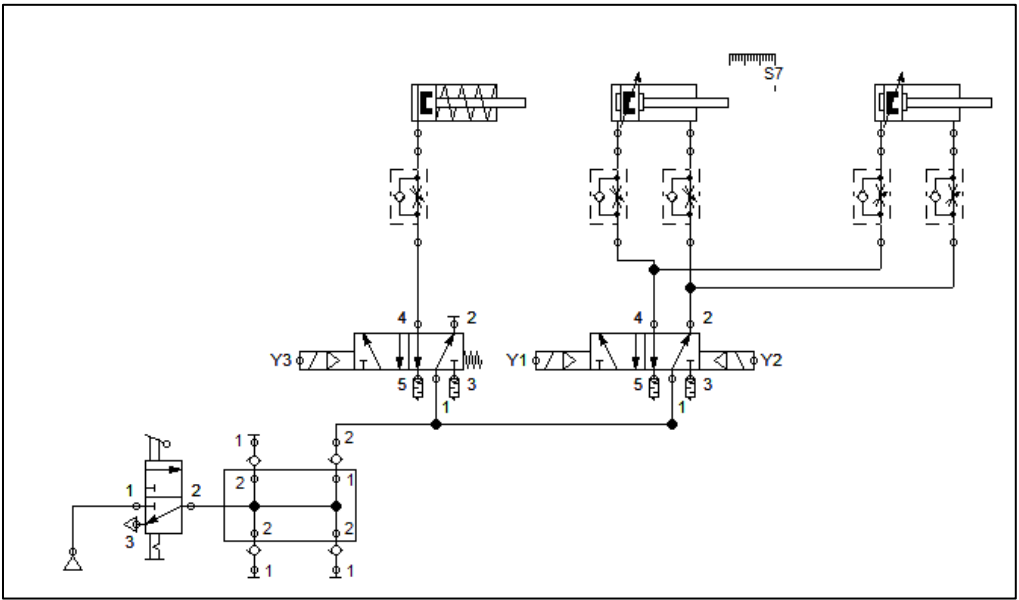


Figura 2-7. Diagrama espacio-tiempo de secuencia de trabajo Guía N°2.

- La puesta en marcha representa cuando se presiona el pulsador “START” en el tiempo 0 [s] iniciando la secuencia de trabajo.
- Las líneas rojas representan el accionamiento o activación de los cilindros.
- S6 y S7 corresponden a finales de carrera ubicados en la maqueta electroneumática cuya finalidad es detectar y determinar la presencia y posición de las piezas.
- Los cilindros se accionarán utilizando pulsadores eléctricos y los contactores K1 y K2.
- El cilindro N°1 corresponde a un cilindro de doble efecto que tiene la función de desplazar las piezas del depósito.
- El cilindro N°2 corresponde a un cilindro de doble efecto ubicado paralelo al depósito y que tiene la función de estampar la pieza cuando este en posición.
- El cilindro N°3 corresponde a un cilindro de simple efecto que tiene la función de expulsar la pieza ya estampada.

Para la Guía de laboratorio N°2 se diseña un circuito en el software FESTO FLUIDSIM utilizando componentes electroneumáticos de la maqueta. Los estudiantes realizarán conexiones físicas de los elementos neumáticos y eléctricos, integrando señales de control y actuadores para realizar una secuencia de trabajo. Esta actividad permite a los estudiantes comprender el funcionamiento y comportamiento de los sistemas electroneumáticos, así como la interacción entre válvulas, cilindros, finales de carrera y contactores de 24 [V] DC.

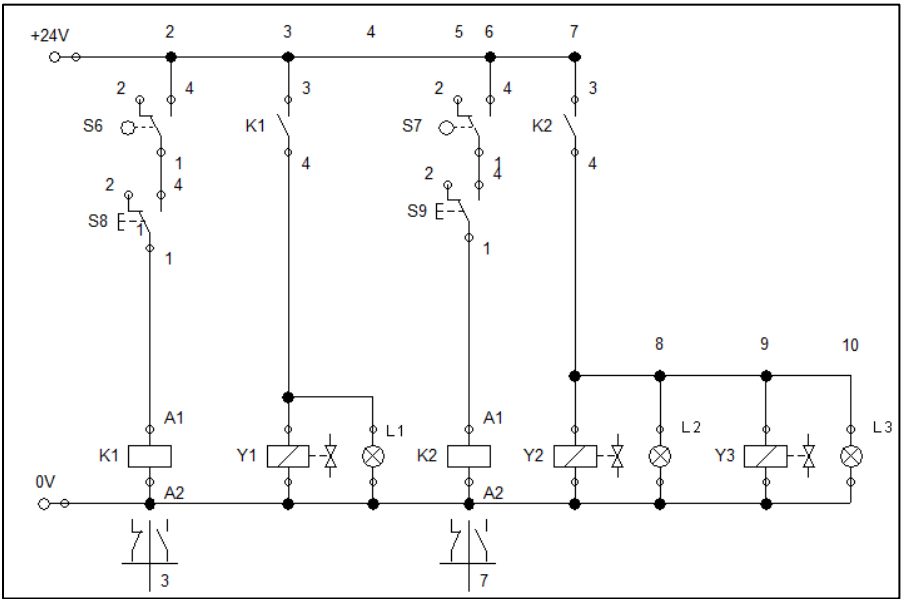
En la figura 2-8 se presenta un circuito electropneumático a modo de ejemplo para la realización de la secuencia de trabajo:



Fuente: Creación propia en software FESTO FLUIDSIM.

Figura 2-8. Circuito electropneumático Guía N°2.

En la figura 2-9 se presenta un circuito eléctrico a modo de ejemplo para la realización de la secuencia de trabajo:



Fuente: Creación propia en software FESTO FLUIDSIM.

Figura 2-9. Circuito eléctrico de control Guía N°2.

- S6 y S7 corresponden a finales de carrera ubicados en la maqueta Electropneumática.
- S8 y S9 corresponden a pulsadores con doble contacto NA/NC.
- K1 y K2 corresponden a contactores ubicados en la maqueta electropneumática.
- Y1, Y2 e Y3 corresponden a los pilotajes de las válvulas electropneumáticas.
- L1, L2 y L3 corresponden a las luces piloto ubicadas en la maqueta electropneumáticas que indican la activación de cada cilindro.

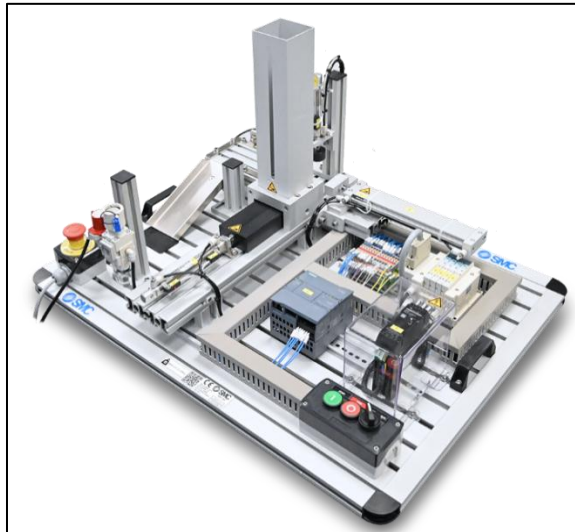
2.2.3. Guía N°3 Alimentador de piezas con detector y expulsor de pieza incorrecta

La guía de laboratorio N°3 se desarrolla utilizando la maqueta N°2, que es un alimentador de piezas equipado con un detector y un expulsor de piezas incorrectas, controlado por un PLC SIEMENS S7-1200.

En esta guía, los estudiantes trabajarán con la integración de sensores, actuadores neumáticos y señales de control para automatizar el proceso de selección y expulsión de piezas defectuosas.

El objetivo principal es introducir a los estudiantes a los sistemas electroneumáticos automatizados, permitiéndoles comprender cómo interactúan los elementos como cilindros, válvulas, detectores y el PLC para ejecutar secuencias lógicas y controladas en tiempo real. Esta experiencia práctica fomenta el desarrollo de habilidades en la programación de PLC y el diagnóstico de sistemas automatizados.

En la figura 2-10 se presenta una imagen de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-201 para el desarrollo de la Guía N°3:



Fuente: MAP-201 ALIMENTADOR DE PIEZAS CON DETECTOR Y EXPULSOR DE PIEZA INCORRECTA.

Figura 2-10. Maqueta Electroneumática N°2 SMC MAP-201 Guía N°3.

Equipos y accesorios para utilizar en el desarrollo de la guía N°3:

- PLC SIEMENS S7-1200.
- Cable de comunicación ETHERNET.
- Software TIA PORTAL.
- Compresor de aire.
- Pulsadores “START” y “STOP”.
- Palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN.
- Sensor de proximidad inductivo LJ12A3-4-Z/BX.
- Seta de emergencia.

- Cables de conexión eléctricos.
- Mangueras y conectores.

Para el desarrollo de la guía se deben considerar las siguientes medidas de seguridad:

- Verificar que las mangueras, válvulas y cilindros estén bien conectadas y sin fugas.
- Verificar que no haya conexiones sueltas.
- No exceder la presión de trabajo de la maqueta que corresponde a 0.4-0.6 [MPa].
- Mantener las manos alejadas de los cilindros mientras están en movimiento.
- Despresurizar la maqueta apagando el compresor y liberando la presión del sistema antes de realizar cualquier cambio en el circuito.
- Realizar conexiones o modificaciones eléctricas con la fuente de voltaje apagada.
- Verificar la correcta conexión de los elementos antes de energizar.

Procedimiento de trabajo:

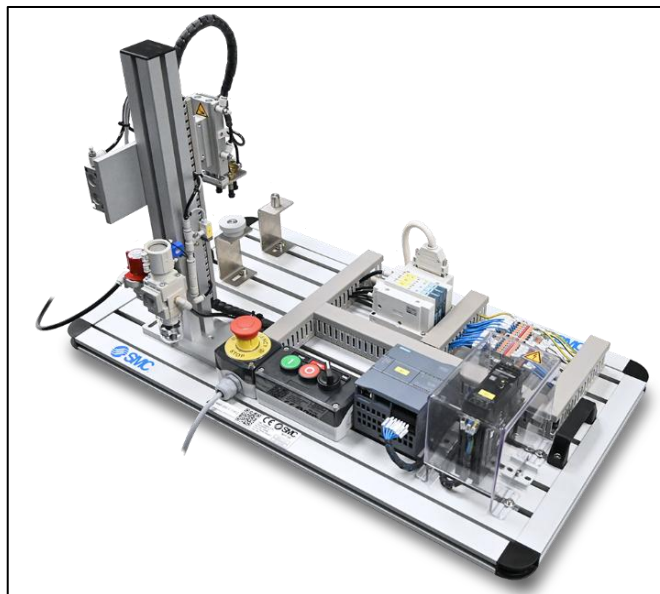
- 1) Se debe realizar la programación del PLC en el software TIA PORTAL para controlar la maqueta electroneumática, en modo manual o automático utilizando la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN.
- 2) En modo manual se debe presionar el pulsador "START" para dar el inicio al programa, el programa debe realizar una secuencia por pieza para luego presionar nuevamente el pulsador "START" y dar inicio al programa.
- 3) En modo automático se debe presionar el pulsador "START" para iniciar la secuencia la cual no se detendrá hasta que el depósito quede vacío.
- 4) Se presiona el pulsador "START" en el panel de control.
- 5) La maqueta mediante un sensor LJ12A3-4-Z/BX verifica la presencia de la pieza en el depósito para iniciar el proceso.
- 6) El cilindro neumático acciona el alimentador, empujando una pieza desde el depósito hacia la zona de inspección.
- 7) La pieza pasa por una detección mediante un cilindro neumático de doble efecto que evalúa si la pieza es correcta o incorrecta al medir el desplazamiento del vástago del cilindro.
- 8) Se envía una señal al PLC para indicar si la pieza es correcta o incorrecta.
- 9) Si la pieza es correcta, el programa la deja avanzar hacia la salida del alimentador.
- 10) Si la pieza es incorrecta, un cilindro traslada la pieza hasta la salida del alimentador, se detiene el programa, los cilindros y válvulas vuelven a su posición inicial para cambiar la pieza defectuosa y ejecutar el programa nuevamente.
- 11) El programa repite el proceso con la siguiente pieza hasta que se presione el pulsador "STOP" y se detenga el proceso o si el depósito de piezas queda vacío.

2.2.4. Guía N°4 Manipulador de dos ejes con sujeción por vacío

La guía de laboratorio N°4 se desarrolla utilizando la maqueta N°3, que es un manipulador de dos ejes con sujeción por vacío controlado por un PLC SIEMENS S7-1200. En esta guía, los estudiantes trabajarán con la integración de actuadores neumáticos, sensores y sistemas de vacío para automatizar el movimiento de los ejes y la sujeción de objetos.

El objetivo principal es introducir a los estudiantes a los sistemas electroneumáticos avanzados, permitiéndoles comprender cómo los cilindros, válvulas y el PLC interactúan para ejecutar secuencias de manipulación precisas. Esta experiencia práctica favorece el desarrollo de habilidades en programación de PLC y control de sistemas automatizados, brindando una comprensión profunda de la automatización en procesos industriales.

En la figura 2-11 se presenta una imagen de la maqueta electroneumática N°2 SMC MAP-202 para el desarrollo de la Guía N°3:



Fuente: MAP-202 MANIPULADOR DE DOS EJES CON SUJECIÓN POR VACÍO.

Figura 2-11. Maqueta Electroneumática N°3 SMC MAP-202 Guía N°4.

Equipos y accesorios para utilizar en el desarrollo de la guía N°4:

- PLC SIEMENS S7-1200.
- Cable de comunicación ETHERNET.
- Software TIA PORTAL.
- Compresor de aire.
- Pulsadores “START” y “STOP”.
- Palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN.
- Presóstato electrónico PS1100-R06L-Q.
- Seta de emergencia.
- Cables de conexión eléctricos.

- Mangueras y conectores.

Para el desarrollo de la guía se deben considerar las siguientes medidas de seguridad:

- Verificar que las mangueras, válvulas y cilindros estén bien conectadas y sin fugas.
- Verificar que no existan conexiones sueltas.
- No exceder la presión de trabajo de la maqueta que corresponde a 0.4-0.6 [MPa].
- Mantener las manos alejadas de los cilindros mientras están en movimiento.
- Despresurizar la maqueta apagando el compresor y liberando la presión del sistema antes de realizar cualquier cambio en el circuito.
- Realizar conexiones o modificaciones eléctricas con la fuente de voltaje apagada.
- Verificar la correcta conexión de los elementos antes de energizar.

Procedimiento de trabajo:

- 1) Se debe realizar la programación en el software TIA PORTAL para controlar la maqueta electroneumática de forma manual o automática a través de la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN.
- 2) En modo manual se debe presionar el pulsador "START" para dar el inicio al programa, el programa debe realizar una secuencia por pieza para luego presionar nuevamente el pulsador "START" y dar inicio nuevamente.
- 3) En modo automático se debe presionar el pulsador "START" para iniciar la secuencia la cual no se detendrá hasta que se presione el pulsador "STOP" y se detenga el programa.
- 4) Se presiona el pulsador "START" en el panel de control.
- 5) El manipulador con las ventosas se desplaza de forma vertical hasta la posición donde se encuentra el objeto a recoger.
- 6) Una vez en posición, el sistema activa la ventosa de vacío para sujetar el objeto.
- 7) Mediante un sensor PS1100-R06L-Q se verifica si se ha sujetado el objeto.
- 8) El manipulador se desplaza hacia arriba, levantando el objeto.
- 9) El manipulador se mueve en el eje horizontal hasta llegar a la posición de descarga.
- 10) El manipulador se desplaza hacia abajo hasta la posición de destino.
- 11) Se desactiva el sistema de vacío, liberando el objeto en la posición de destino.
- 12) El manipulador regresa a su posición inicial para estar listo para el siguiente ciclo.
- 13) El programa repite el proceso con la siguiente pieza hasta que se presione el pulsador "STOP" y se detenga el proceso, o si ya no hay más piezas para desplazar el programa se detiene.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

3. DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

Se presenta la comunicación y la programación de la lógica de control implementadas en el software TIA Portal para el control de las maquetas electroneumáticas SMC MAP-201 y MAP-202. Se detalla la conexión del PLC Siemens S7-1200 y su comunicación a través del protocolo PROFINET, junto con la definición de las variables utilizadas en la programación. Asimismo, se incluyen diagramas de flujo que ilustran la lógica de control implementada para la Guía N°3 y la Guía N°4, y se describe la conexión física de los actuadores, sensores y válvulas al PLC, garantizando una conexión adecuada para el desarrollo de las guías de laboratorio.

3.1. COMUNICACIÓN Y PROGRAMACIÓN EN SOFTWARE TIA PORTAL V18

La programación de la lógica de control de las maquetas electroneumáticas se realiza utilizando controladores lógicos programables (PLCs) Siemens S7-1214C, para ejecutar la lógica de funcionamiento de las guías de laboratorio. Empleando el software TIA Portal se diseñan las secuencias de control integrando sensores, actuadores y válvulas de las maquetas electroneumáticas de manera eficiente. Esta programación permite controlar las maquetas y realizar procesos solicitados, facilitando el aprendizaje práctico de los estudiantes en la automatización y el control de sistemas.

3.1.1. PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY

Para el desarrollo de las guías de laboratorio se utiliza el PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY, este modelo cuenta con alimentación de corriente alterna (AC), entradas digitales de corriente continua (DC), y salidas de tipo relé (RLY), lo que lo hace compatible con una amplia variedad de dispositivos externos.

3.1.2. Protocolo de comunicación PROFINET

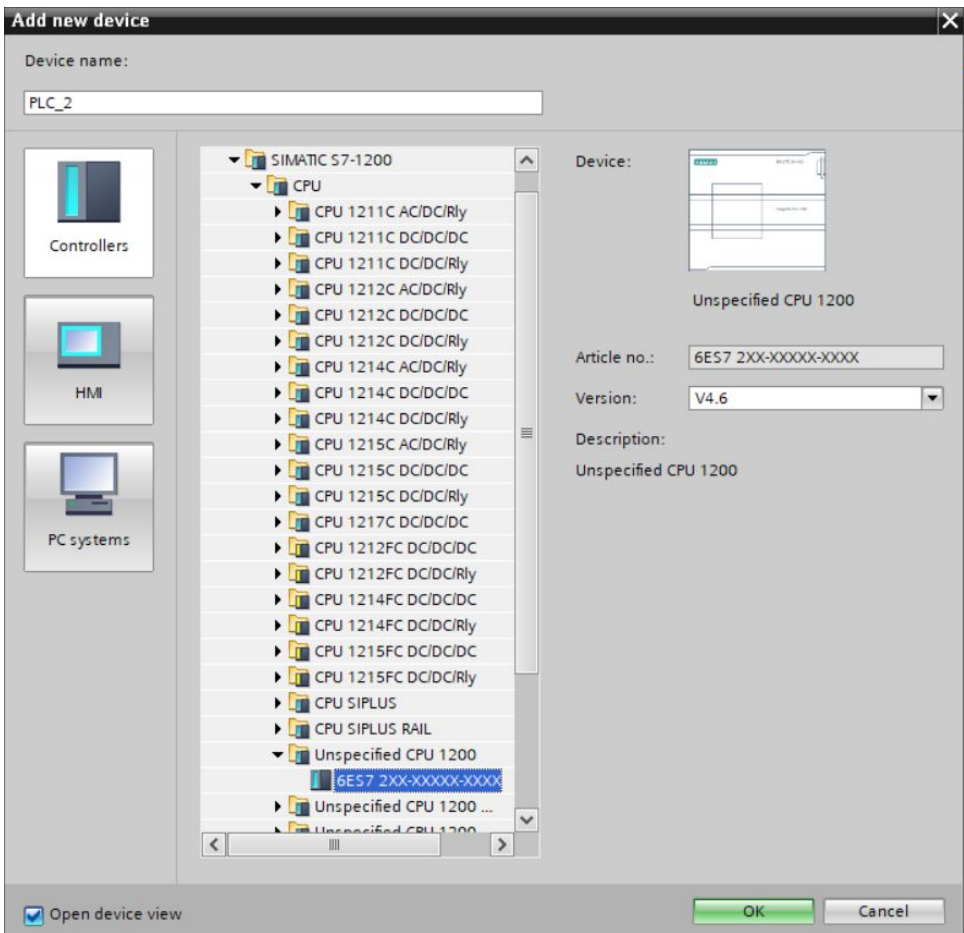
PROFINET es un protocolo de comunicación industrial basado en Ethernet, desarrollado por Profibus & Profinet International (PI), utiliza la tecnología Ethernet para conectar y controlar dispositivos en entornos de automatización. Ofrece alta velocidad y precisión en la transferencia de datos entre dispositivos como PLCs, sensores, actuadores y sistemas SCADA. PROFINET permite una integración eficiente, flexible y escalable, soportando configuraciones en tiempo real y diagnóstico avanzado para optimizar el rendimiento y la seguridad de las redes industriales.

3.1.3. Comunicación y programación de PLC SIEMENS S7-1214C

El desarrollo de la programación del PLC SIEMENS S7-1214C se realiza en el software TIA PORTAL versión 18, mediante los siguientes pasos:

a. Creación del Proyecto: Se inicia un nuevo proyecto en TIA Portal, donde se define el hardware del sistema, seleccionando el modelo de PLC (Siemens S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY) utilizando el código de producto y la versión del Firmware se identifica el PLC físico, otra opción es reconocer o identificar el PLC físico usando la opción de “Unspecified CPU 1200” utilizando el código de producto y la versión del Firmware más avanzada.

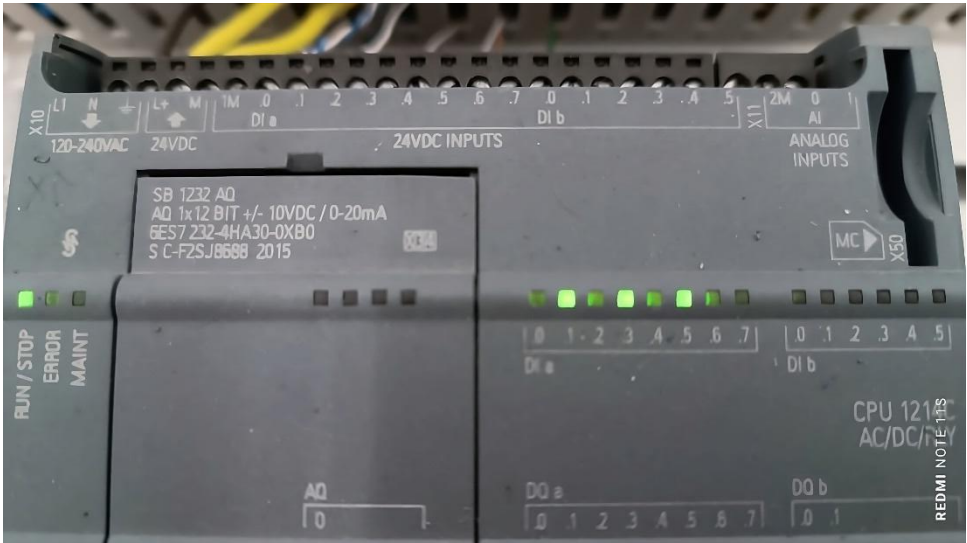
En la figura 3-1 se presenta una imagen de como añadir un nuevo dispositivo en el software TIA PORTAL V18:



Fuente: Software TIA PORTAL V18.

Figura 3-1. Añadir nuevo dispositivo en TIA PORTAL V18.

En la figura 3-2 se presenta una imagen del código de producto asignado al PLC SIEMENS S7-1214C AC/DC/RLY:

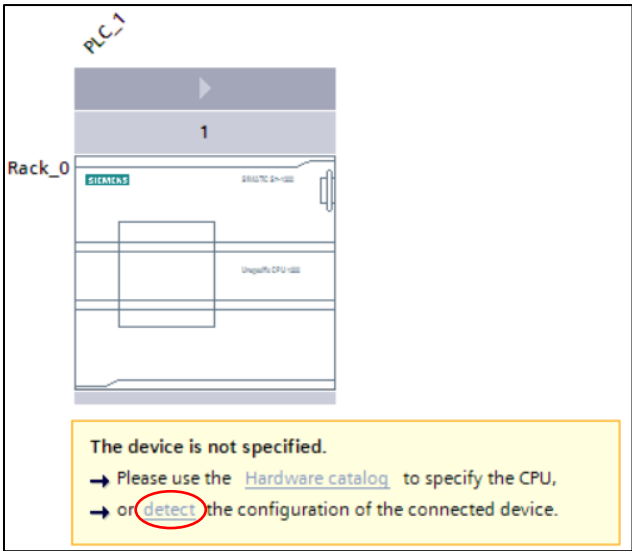


Fuente: Creación propia.

Figura 3-2. Número de artículo PLC SIEMENS S7-1214C AC/DC/RLY.

Una vez añadido el PLC sin definir, mediante la opción “detect” y con el PLC físico conectado al software TIA PORTAL mediante cable de comunicación ETHERNET, es posible detectar el Hardware y reconocer el PLC específico a utilizar.

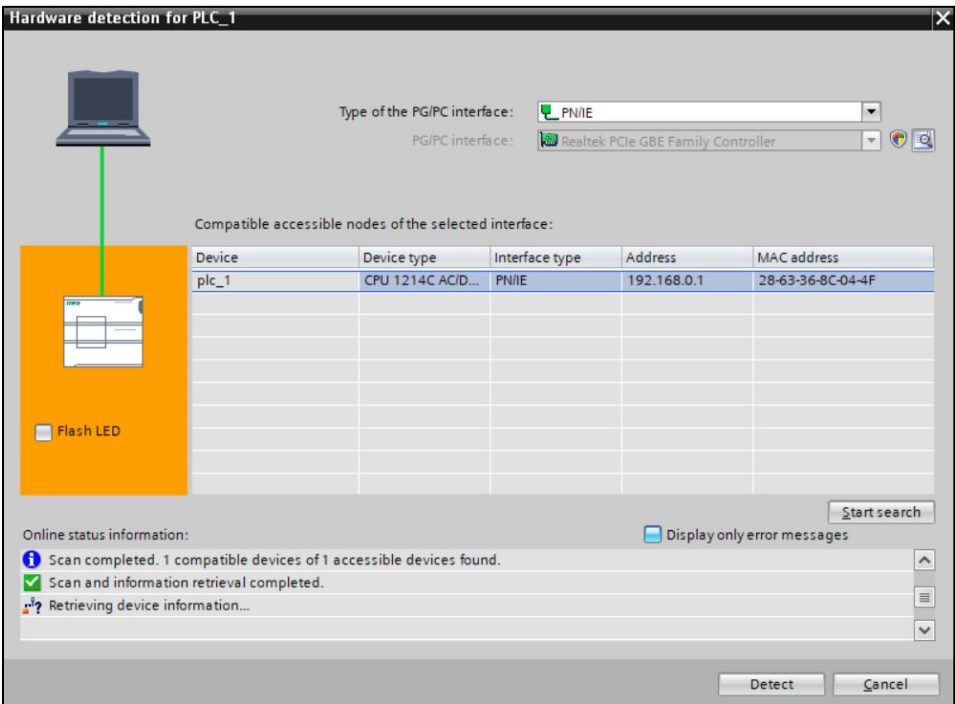
En la figura 3-3 se presenta una imagen de como detectar un PLC SIEMENS S7-1200 sin especificar:



Fuente: Software TIA PORTAL V18.

Figura 3-3. Unspecified CPU 1200.

En la figura 3-4 se presenta una imagen de la detección de hardware del PLC mediante cable Ethernet:



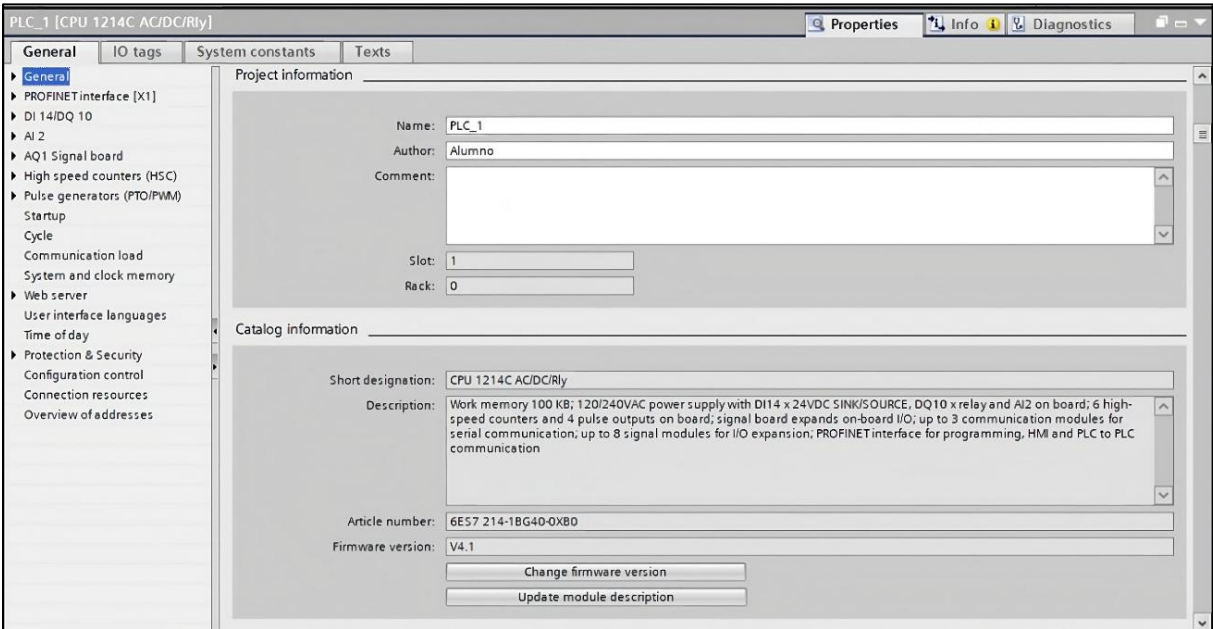
Fuente: Software TIA PORTAL V18.

Figura 3-4. Detección de hardware del PLC mediante cable ETHERNET.

Una vez detectado el hardware del PLC SIEMENES S7-1200 se proceden a realizar las configuraciones pertinentes y el desarrollo de la programación para el desarrollo de las guías de laboratorio.

b. Se configuran los módulos de entrada/salida, interfaces de comunicación, dirección IP, protección y seguridad.

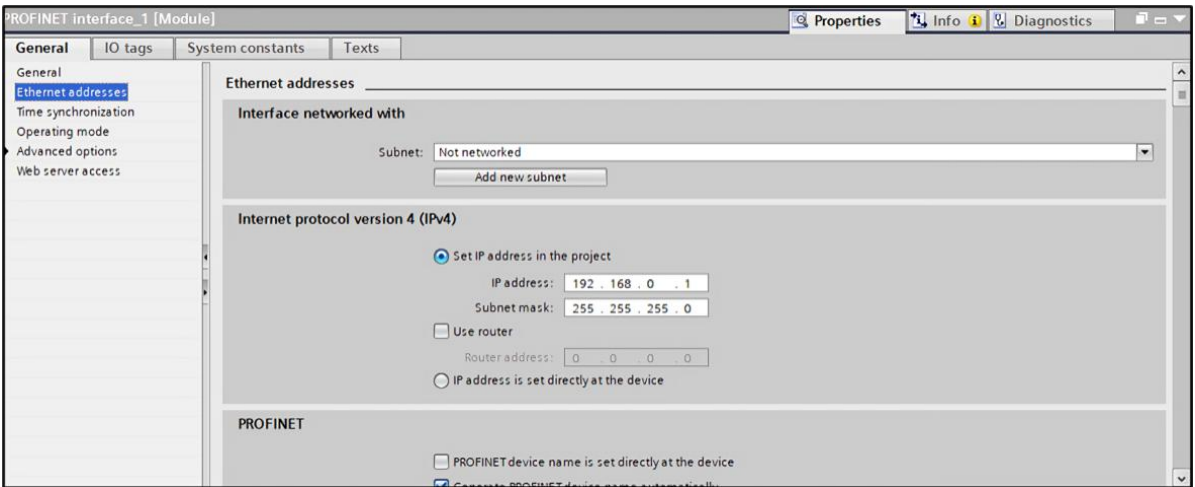
En la figura 3-5 se presenta una imagen de las propiedades del PLC SIEMENS S7-1214C AC/DC/RLY:



Fuente: Software TIA PORTAL V18.

Figura 3-5. Propiedades PLC SIEMENS S7-1214C.

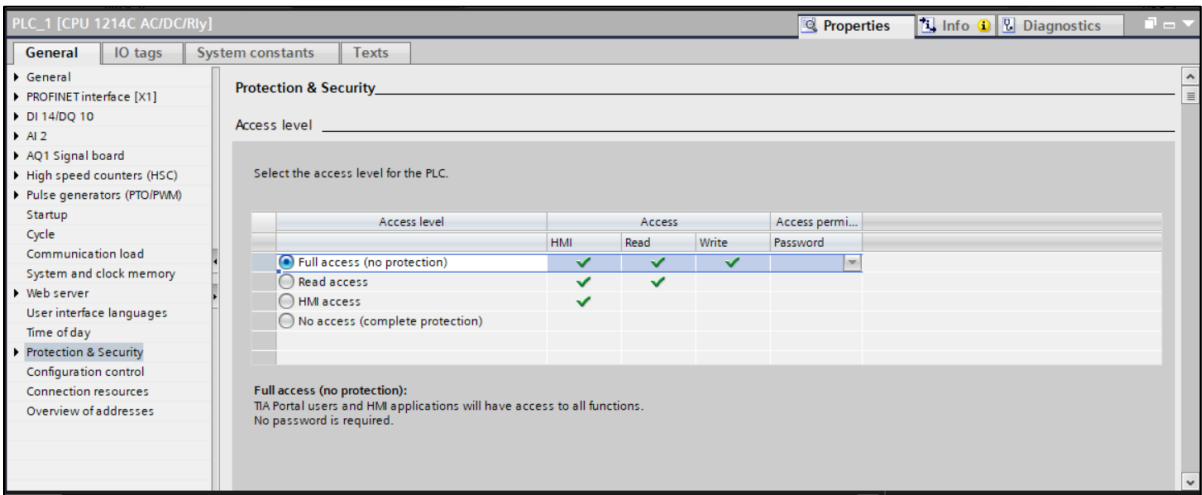
Como se aprecia en la figura 3-6, en el apartado de Ethernet addresses, el Internet protocol version 4 (IPv4) es la versión de Internet Protocol utilizada para asignar las direcciones IP al PLC y otros dispositivos en una red Ethernet. IPv4 es compatible con la mayoría de los dispositivos industriales y utiliza un esquema de direcciones de 32 bits, representadas en el formato decimal. La dirección IP del PLC es 192.168.0.1 con una máscara de subred 255.255.255.0.



Fuente: Software TIA PORTAL V18.

Figura 3-6. Ethernet Addresses PLC SIEMENS S7-1214C.

Como se aprecia en la figura 3-7, en el apartado de Protection & Security, en el nivel de acceso se selecciona la opción de full access (sin protección) para tener acceso completo a todas las funciones del dispositivo, tanto desde el entorno de programación como desde dispositivos de comunicación conectados.



Fuente: Software TIA PORTAL V18.

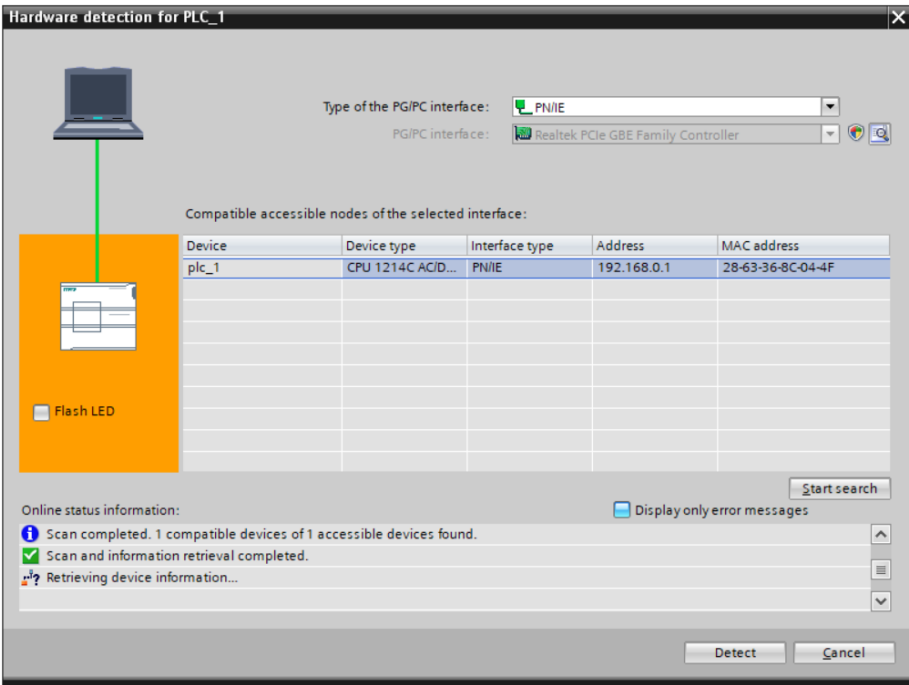
Figura 3-7. Protection & Security PLC SIEMENS S7-1214C.

c. Se desarrolla la lógica de control en el bloque Main, el bloque Main es el programa principal donde se ejecuta la lógica base del sistema. Es un bloque de tipo OB1 (Organizational Block) y actúa como el punto de entrada del ciclo de ejecución del PLC. El bloque Main se ejecuta

continuamente en un bucle, procesando las instrucciones una y otra vez mientras el PLC está en modo RUN.

d. **Compilación y Verificación:** Antes de cargar el programa, se realiza una compilación en el software para verificar el correcto diseño de la programación de control y detectar posibles errores.

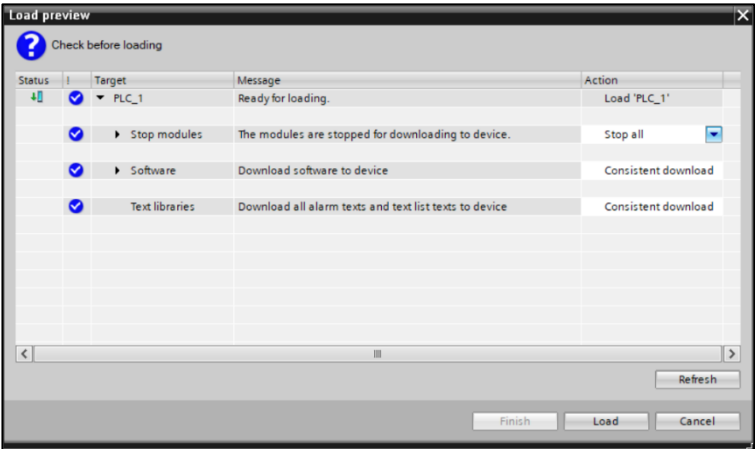
e. **Conexión al PLC:** Se conecta el PLC al computador mediante un cable Ethernet, asegurando la comunicación mediante protocolo de comunicación PROFINET. Se realiza la detección automática del dispositivo y su asignación dentro del proyecto como se logra apreciar en la figura 3-8.



Fuente: Software TIA PORTAL V18.

Figura 3-8. Conexión al PLC mediante protocolo de comunicación PROFINET.

f. **Carga del Programa:** Una vez verificado, el programa se compila y se carga directamente al PLC. El PLC almacena el programa en su memoria interna y comienza a ejecutarlo de forma cíclica como se logra apreciar en la figura 3-9.



Fuente: Software TIA PORTAL V18.

Figura 3-9. Carga del programa al PLC.

g. Supervisión y Ajustes: Con el programa cargado, TIA Portal permite monitorear las variables en tiempo real y realizar ajustes o depuraciones sin detener el programa. Este flujo asegura un proceso ordenado, eficiente y confiable para implementar sistemas de control automatizados.

3.1.4. Variables (Tags) para el desarrollo de la programación de control

En TIA Portal, las variables son elementos fundamentales para la programación de PLCs, estos son llamados Tags representando señales físicas o internas que se utilizan en la lógica de control. Para el desarrollo de la programación de las guías de laboratorio se utilizan los siguientes tipos de Tags:

- **Entradas Digitales:** Señales binarias o booleanas provenientes de sensores o dispositivos externos que solo pueden tener dos estados: 0 (apagado) o 1 (encendido). Por ejemplo, pulsadores o interruptores. En el software TIA PORTAL las entradas digitales se definen como “%I”.
- **Marcas o Memorias Virtuales:** Variables internas del PLC que no están asociadas a hardware físico. Se utilizan para almacenar datos temporales, realizar cálculos o transferir información entre diferentes partes del programa. En el software TIA PORTAL las memorias virtuales se definen como “%M”.
- **Salidas de Tipo Relé:** Son salidas digitales que controlan dispositivos como relés, contactores o interruptores. Estos dispositivos permiten controlar circuitos de mayor potencia con señales de bajo voltaje del PLC. Las salidas de tipo relé tienen dos estados posibles: abierto o cerrado, y se utilizan comúnmente para activar o desactivar maquinaria o equipos externos. En el software TIA PORTAL las salidas se definen como “%Q”.

Las variables se gestionan a través de direcciones que siguen un formato específico, generalmente estructurado en bloques de 8 bits, lo que equivale a 1 byte. Este es un estándar de procesamiento de datos en sistemas digitales, debido a que la mayoría de los sistemas informáticos y electrónicos está basada en bloques de 8 bits.

Las variables de un PLC SIEMENS S7-1200 comienzan desde las direcciones 0.0 hasta 0.7 en cada byte, porque cada byte puede almacenar 8 señales digitales, cada una representada por un bit, el número 0 antes del punto en las direcciones de las variables de un PLC SIEMENS S7-1200 generalmente indica el primer bloque de entradas, salidas o memorias virtuales, por lo que el primer bloque comienza en 0 y termina en 7.

La programación de control para la guía de laboratorio N°3 se elabora en el software TIA PORTAL V18 y se utilizan las siguientes variables o PLC Tags de la tabla 3-1:

Tabla 3-1. PLC Tags programación de control guía N°3.

PLC Tags			
Nombre	Tipo de dato	Dirección	Tipo de variables
Sensor magnético	Bool	%I0.0	Entrada digital
Start	Bool	%I0.1	Entrada digital
a0	Bool	%I0.2	Entrada digital
a1	Bool	%I0.3	Entrada digital
Stop	Bool	%I0.4	Entrada digital
b1	Bool	%I0.5	Entrada digital
c1	Bool	%I0.6	Entrada digital
AUTO/MAN	Bool	%I0.7	Entrada digital
Cilindro A	Bool	%Q0.0	Salida de tipo relé
Cilindro B	Bool	%Q0.1	Salida de tipo relé
Cilindro C	Bool	%Q0.2	Salida de tipo relé
Cilindro D	Bool	%Q0.3	Salida de tipo relé
AUTO	Bool	%M10.0	Memoria virtual
MANUAL	Bool	%M10.1	Memoria virtual
Salida de A (MANUAL)	Bool	%M20.0	Memoria virtual
Salida de C (MANUAL)	Bool	%M20.1	Memoria virtual
Memoria 1	Bool	%M20.2	Memoria virtual
Memoria 2	Bool	%M20.3	Memoria virtual
Salida de B (MANUAL)	Bool	%M20.4	Memoria virtual
Salida de D (MANUAL)	Bool	%M20.5	Memoria virtual
Memoria 3	Bool	%M20.6	Memoria virtual
Memoria 4	Bool	%M20.7	Memoria virtual
Pieza incorrecta	Bool	%M21.4	Memoria virtual
Pieza incorrecta 2	Bool	%M21.5	Memoria virtual
Pieza incorrecta cilindro B (MANUAL)	Bool	%M30.0	Memoria virtual
Pieza incorrecta cilindro B (AUTO)	Bool	%M30.2	Memoria virtual
Salida A (AUTO)	Bool	%M40.0	Memoria virtual
Salida B (AUTO)	Bool	%M40.1	Memoria virtual
Salida C (AUTO)	Bool	%M40.2	Memoria virtual
Salida D (AUTO)	Bool	%M40.3	Memoria virtual

Fuente: Creación Propia

La programación de control para la guía de laboratorio N°4 se elabora en el software TIA PORTAL V18 y se utilizan las siguientes variables o PLC Tags de la tabla 3-2:

Tabla 3-2. PLC Tags programación de control guía N°4.

PLC Tags			
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Tipo de variable
Start	Bool	%I0.0	Entrada digital
Stop	Bool	%I0.1	Entrada digital
Switch AUTO/MAN	Bool	%I0.2	Entrada digital
a0	Bool	%I0.3	Entrada digital
a1	Bool	%I0.4	Entrada digital
b0	Bool	%I0.5	Entrada digital
b1	Bool	%I0.6	Entrada digital
Interruptor de Presión (V)	Bool	%I0.7	Entrada digital
Cilindro A+	Bool	%Q0.0	Salida de tipo relé
Cilindro A-	Bool	%Q0.1	Salida de tipo relé
Cilindro B	Bool	%Q0.2	Salida de tipo relé
Succión por vacío	Bool	%Q0.3	Salida de tipo relé
AUTO	Bool	%M20.0	Memoria virtual
MANUAL	Bool	%M20.1	Memoria virtual
Salida cilindro B (MANUAL)	Bool	%M20.2	Memoria virtual
Válvula de vacío (MANUAL)	Bool	%M20.3	Memoria virtual
Salida cilindro A+ (MANUAL)	Bool	%M20.4	Memoria virtual
Salida cilindro A- (MANUAL)	Bool	%M20.5	Memoria virtual
Salida cilindro B (AUTO)	Bool	%M30.0	Memoria virtual
Salida cilindro A+ (AUTO)	Bool	%M30.1	Memoria virtual
Salida cilindro A- (AUTO)	Bool	%M30.2	Memoria virtual
Válvula de vacío (AUTO)	Bool	%M30.3	Memoria virtual
Memoria 1	Bool	%M40.0	Memoria virtual
Memoria 2	Bool	%M40.1	Memoria virtual
Memoria 3	Bool	%M40.2	Memoria virtual
Memoria 4	Bool	%M40.3	Memoria virtual
Memoria 5	Bool	%M40.4	Memoria virtual
Memoria 6	Bool	%M40.5	Memoria virtual
Memoria 7	Bool	%M40.6	Memoria virtual
Memoria 8	Bool	%M40.7	Memoria virtual
Memoria 9	Bool	%M41.0	Memoria virtual
Memoria 10	Bool	%M41.1	Memoria virtual
Memoria 11	Bool	%M41.2	Memoria virtual

Memoria 12	Bool	%M41.3	Memoria virtual
Memoria 13	Bool	%M41.4	Memoria virtual
Memoria 14	Bool	%M41.5	Memoria virtual
Memoria 15	Bool	%M41.6	Memoria virtual
Memoria 16	Bool	%M41.7	Memoria virtual
Memoria 17	Bool	%M42.0	Memoria virtual

Fuente: Creación propia en software TIA PORTAL V18.

3.2. **PROGRAMACIÓN DE CONTROL PARA GUÍAS DE LABORATORIO N°3 Y N°4**

El desarrollo de la programación para el control de maquetas electroneumáticas se lleva a cabo utilizando el software TIA Portal, que permite configurar y programar un PLC Siemens S7-1200. Este proceso forma parte de la elaboración de las guías de laboratorio N°3 y N°4 orientadas a la enseñanza práctica del control automático, permitiendo a los estudiantes comprender e implementar secuencias de control en sistemas electroneumáticos reales.

3.2.1. **Programación de control Guía de laboratorio N°3**

La programación de control de la guía N°3 se implementa en la maqueta electroneumática N°2 MAP-201 que es un alimentador de piezas con detector y expulsor de pieza incorrecta, que será controlada por un PLC SIEMENS S7-1200, la secuencia de funcionamiento se estructura mediante un diagrama de flujo que describe el proceso de forma lógica y ordenada.

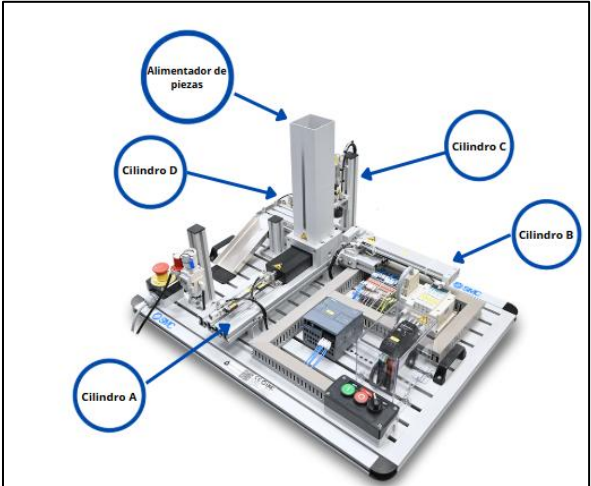
La secuencia de funcionamiento cuenta con 2 modos de trabajo los cuales son: modo Automático (AUTO) y modo Manual (MAN), los cuales se seleccionan a través de la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN, en modo automático el programa se ejecutará de forma continua hasta que sea presionado el pulsador “STOP” o cuando el alimentador quede sin piezas en su interior, en modo manual el programa se ejecutará de forma única cada vez que sea presionado el pulsador “START”. Cuando es presionado el pulsador “STOP” en cualquiera de los 2 modos de trabajo el programa se detiene y los actuadores neumáticos vuelven a sus posiciones iniciales.

Los cilindros A, B y C cuentan con detectores magnéticos que permiten conocer su estado. El detector “a0” indica que el cilindro se encuentra en su posición inicial (vástago retraído), mientras que “a1”, “b1” y “c1” confirman que los cilindros se encuentran en su posición final (vástago extendido). El cilindro D es un microcilindro que no cuenta con detectores magnéticos.

Se utilizan temporizadores con retardo a la conexión (TON) para la correcta activación de los cilindros neumáticos, evitando colisiones físicas entre ellos. Los temporizadores se utilizan con un intervalo de tiempo de 2 a 3 [s] para cada activación de los cilindros neumáticos lo que permite

que un cilindro complete su recorrido antes de que otro se active. Cuando se detecta una pieza incorrecta o cuando no hay piezas disponibles en el alimentador se activan temporizadores con retardo a la conexión para activar la secuencia correspondiente.

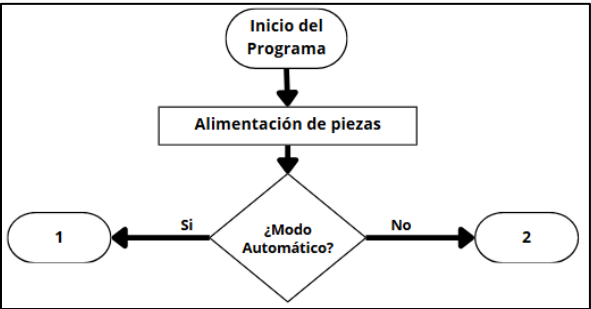
Los cilindros neumáticos de la maqueta electroneumática N°2 están distribuidos como se puede apreciar en la figura 3-10:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-10. Maqueta N°2 MAP-201, ubicación de actuadores neumáticos.

La puesta en marcha y la secuencia de funcionamiento de la programación de control se desarrolla de la siguiente manera como se aprecia en la figura 3-11:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-11. Diagrama de flujo puesta en marcha lógica de control Guía N°3.

En el diagrama de flujo de la figura 3-11, el bloque de inicio “1” corresponde al diagrama de flujo del modo automático que se desarrolla en la figura 3-12 y el bloque de inicio “2” corresponde al diagrama de flujo del modo manual que se desarrolla en la figura 3-13.

• **Modo Automático:**

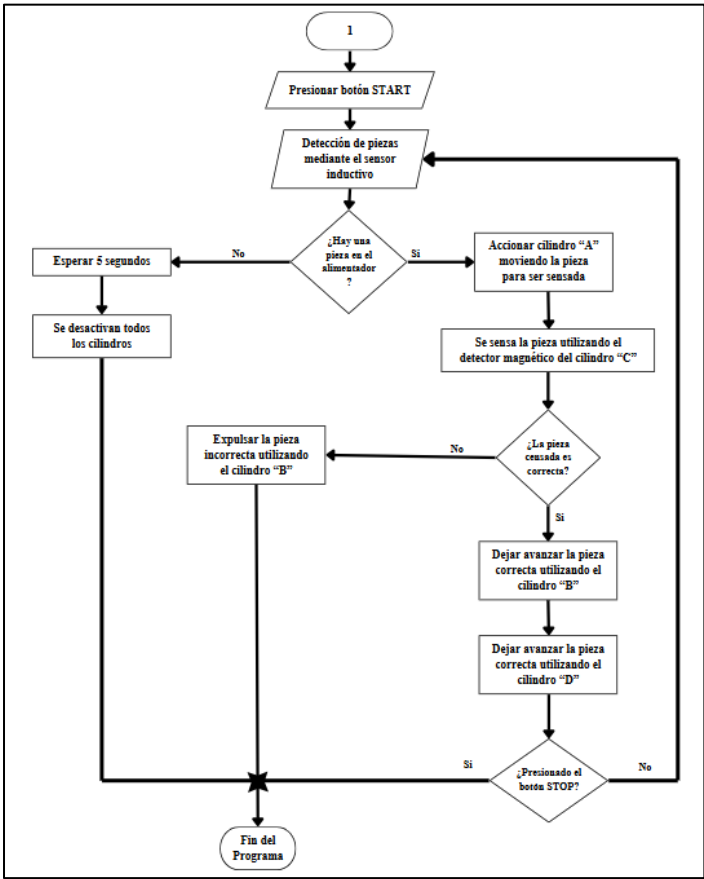
- 1°. Mediante la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN se selecciona el modo Automático y se presiona el pulsador “START” iniciando la secuencia de funcionamiento.
- 2°. Para iniciar la secuencia de funcionamiento el cilindro A debe estar en su posición inicial, si esta condición no se cumple, el programa no se ejecuta, adicionalmente el sensor de proximidad inductivo detecta la presencia de piezas en el alimentador, si hay una pieza presente,

se activa el cilindro A para desplazar la pieza a la zona de censado. En caso de no detectarse piezas en el alimentador, el programa se detiene y los actuadores neumáticos retornan automáticamente a sus posiciones iniciales.

3°. La pieza llega a la zona de censado a través del cilindro A y se activa el cilindro C para verificar la pieza, el censado de la pieza se realiza a través del detector magnético “c1”, que se activa cuando el vástago del cilindro C se extiende completamente cuando la pieza es correcta. Si la pieza es correcta se activa el cilindro B desplazando la pieza hasta quedar en posición para que se active el cilindro D, tras lo cual se acciona el cilindro D expulsando la pieza correcta y todos los actuadores neumáticos retornan a su posición inicial. Si no se activa “c1” la pieza censada es incorrecta, mediante un temporizador con retardo a la conexión (TON), después de unos segundos se activa el cilindro B desplazando la pieza incorrecta y se detiene el programa devolviendo todos los actuadores neumáticos a su posición inicial.

4°. La secuencia de funcionamiento continúa repitiendo los pasos anteriores hasta que no queden piezas en el alimentador o hasta que se presione el pulsador “STOP”.

En la figura 3-12 se presenta un diagrama de flujo con la secuencia de funcionamiento de la lógica de control para el desarrollo de la guía N°3 en modo automático:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-12. Diagrama de Flujo Secuencia de funcionamiento en Modo Automático Guía N°3.

• **Modo Manual:**

1°. Mediante la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN se selecciona el modo Manual y se presiona el pulsador “START” iniciando la secuencia de funcionamiento.

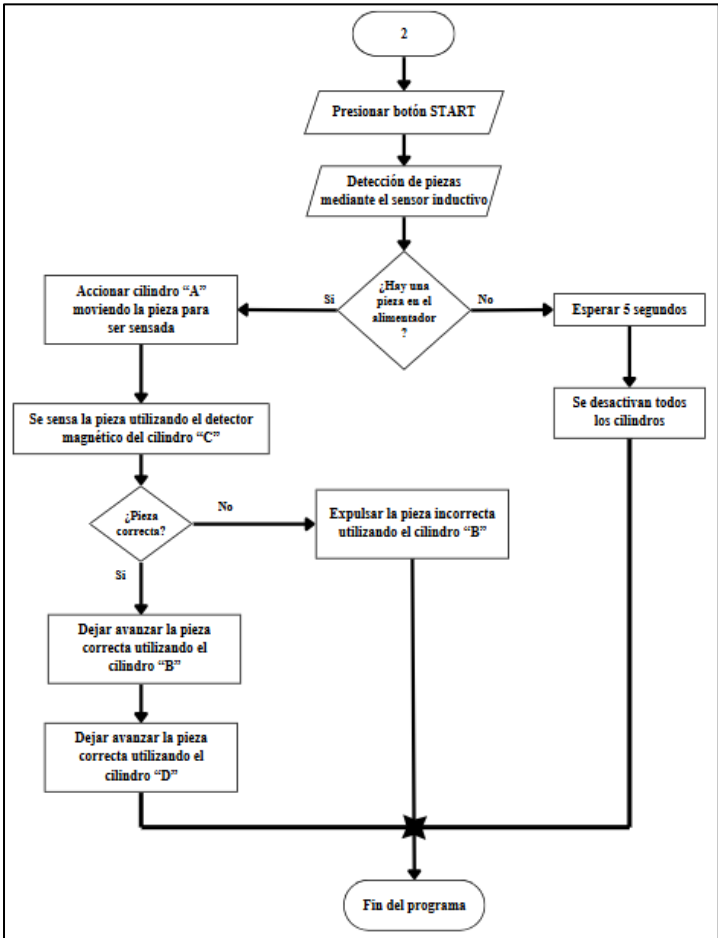
2°. Para iniciar la secuencia de funcionamiento el cilindro A debe estar en su posición inicial, lo cual se verifica mediante el detector magnético “a0”, si esta condición no se cumple, el

programa no se ejecuta, adicionalmente el sensor de proximidad inductivo detecta la presencia de piezas en el alimentador, si hay una pieza presente, se activa el cilindro A para desplazar la pieza a la zona de censado, al ser activado el cilindro A se confirma que el cilindro se ha extendido por completo a través del detector magnético “a1”. En caso de no detectarse piezas en el alimentador, el programa se detiene y los actuadores neumáticos retornan automáticamente a sus posiciones iniciales.

3°. La pieza llega a la zona de censado a través del cilindro A y se activa el cilindro C para verificar la pieza, el censado de la pieza se realiza a través del detector magnético “c1”, que se activa cuando el vástago del cilindro C se extiende completamente cuando la pieza es correcta. Si la pieza es correcta se activa el cilindro B desplazando la pieza hasta quedar en posición para que se active el cilindro D, tras lo cual se acciona el cilindro D expulsando la pieza correcta y finalizando el programa con todos los actuadores neumáticos retornando a su posición inicial. Si no se activa “c1” la pieza censada es incorrecta, mediante un temporizador con retardo a la conexión TON, después de unos segundos se activa el cilindro B desplazando la pieza incorrecta y se detiene el programa devolviendo todos los actuadores neumáticos a su posición inicial.

4°. La secuencia de funcionamiento finaliza cuando se activa el cilindro D o cuando se presione el pulsador “STOP”, se debe presionar el pulsador “START” para dar inicio nuevamente al programa.

En la figura 3-13 se presenta un diagrama de flujo con la secuencia de funcionamiento de la lógica de control para el desarrollo de la guía N°3 en modo manual:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-13. Diagrama de Flujo Secuencia de funcionamiento en Modo Manual Guía N°3.

3.2.2. Programación de control Guía de laboratorio N°4

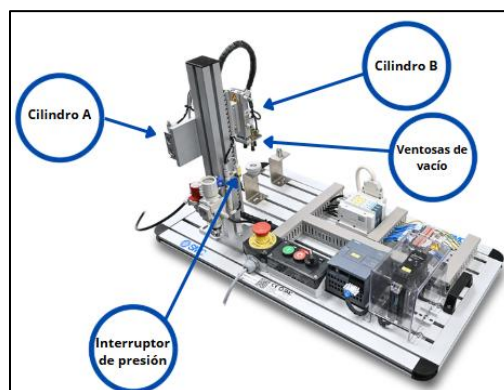
La programación de control de la guía N°4 se implementa en la Maqueta Electroneumática N°3 MAP-202 manipulador de dos ejes con sujeción por vacío, que será controlada por un PLC SIEMENS S7-1200, la secuencia de funcionamiento se estructura mediante un diagrama de flujo que describe el proceso de forma lógica y ordenada.

La secuencia de funcionamiento cuenta con 2 modos de trabajo los cuales son: modo Automático (AUTO) y modo Manual (MAN), los cuales se seleccionan a través de la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN, en modo automático al ser presionado el pulsador “START” el programa se ejecutará de forma continua hasta que sea presionado el pulsador “STOP”, en modo manual al ser presionado el pulsador “START” el programa se ejecutará de forma única en 2 etapas, en la primera el manipulador toma la pieza y la deja en su posición final, luego se debe presionar por segunda vez el pulsador “START” y el manipulador recoge la pieza para dejarla en su posición inicial finalizando el programa. Cuando es presionado el pulsador “STOP” en cualquiera de los 2 modos de trabajo el programa finaliza y los actuadores neumáticos vuelven a sus posiciones iniciales.

Los cilindros A y B cuentan con detectores magnéticos que permiten conocer su estado. Los detectores “a0” y “b0” indican que los cilindros se encuentran en su posición inicial (vástago retraído), mientras que “a1” y “b1” confirman que los cilindros se encuentran en su posición final (vástago extendido).

Se utilizan temporizadores con retardo a la conexión (TON) para la correcta activación de los cilindros neumáticos y la manipulación de la pieza. Los temporizadores se utilizan con un intervalo de tiempo de 2 a 3 [s] para cada activación de los cilindros neumáticos lo que permite que cada cilindro complete su recorrido. Cuando no se ha recogido la pieza se activan temporizadores con retardo a la conexión para activar la secuencia correspondiente, se verifica que el objeto ha sido recogido mediante el presostato electrónico (interruptor de presión) el cual indica mediante su señal de salida si se ha generado el vacío suficiente para recoger la pieza. Si el presostato no se activa, el programa interpreta que la pieza no fue recogida.

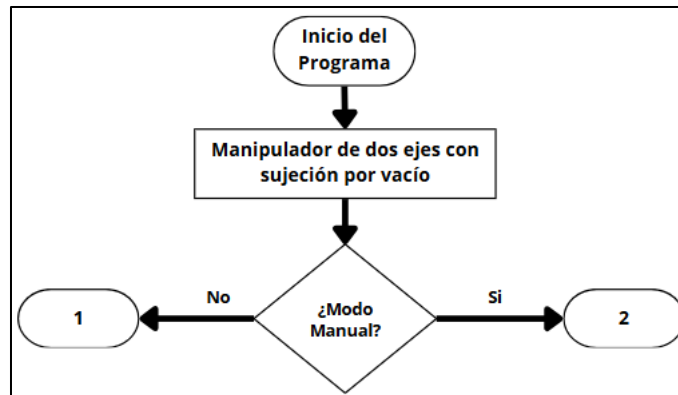
Los cilindros neumáticos de la Maqueta Electroneumática N°2 están distribuidos como se puede apreciar en la figura 3-14:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-14. Maqueta N°3 MAP-202, ubicación de actuadores neumáticos.

La puesta en marcha y la secuencia de funcionamiento de la programación de control se desarrolla de la siguiente manera como se aprecia en la figura 3-15:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-15. Diagrama de flujo puesta en marcha lógica de control Guía N°4.

En el diagrama de flujo de la figura 3-15, el bloque de inicio “1” corresponde al diagrama de flujo del modo automático que se desarrolla en la figura 3-16 y el bloque de inicio “2” corresponde al diagrama de flujo del modo manual que se desarrolla en la figura 3-17.

- **Modo Automático:**

1°. Mediante la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN se selecciona el modo Automático y se presiona el pulsador “START” iniciando la secuencia de control.

2°. Se activa el cilindro B para quedar en posición de recoger el objeto.

3°. Se activa el eyector de vacío y se verifica el estado del interruptor de presión, si este se activa indica que el objeto ha sido recogido correctamente. En caso contrario si el interruptor de presión no se activa significa que no se ha recogido el objeto, por lo que mediante un temporizador con retardo a la conexión (TON) luego de unos segundos se desactivan los actuadores neumáticos y finaliza el programa.

4°. Se recoge el objeto mediante succión por vacío y se desactiva el cilindro B elevando el objeto para su posterior desplazamiento.

5°. Se activa el cilindro A desplazando horizontalmente el objeto para su posterior desplazamiento a la posición final deseada.

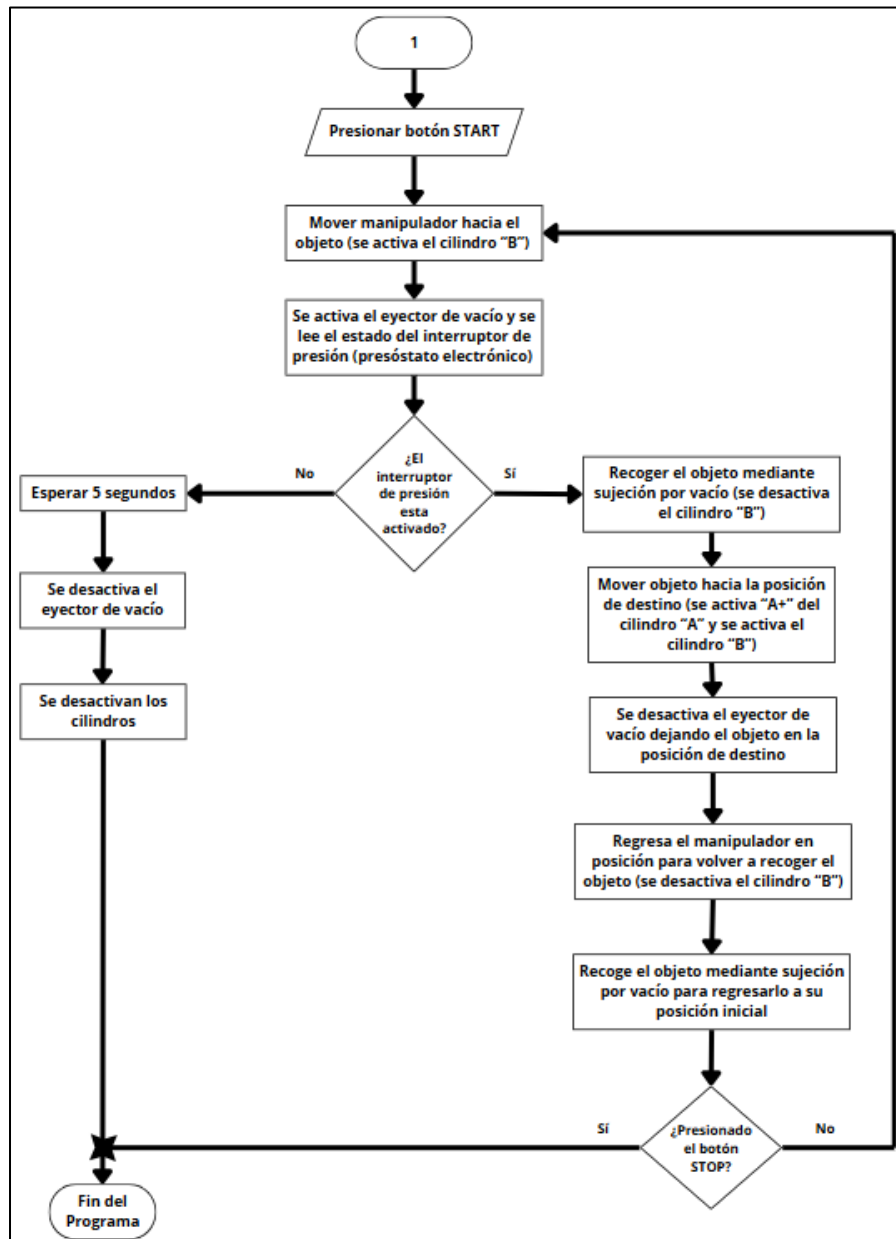
6°. Se activa el cilindro B depositando el objeto en la posición final deseada, cuando el objeto está en la posición final se desactivan el cilindro B y la sujeción por vacío.

7°. El cilindro B queda en posición para descender y recoger nuevamente el objeto.

8°. Se activan el cilindro B y luego la sujeción por vacío recogiendo el objeto y desplazándolo a la posición inicial.

9°. La secuencia de funcionamiento continúa repitiendo los pasos anteriores hasta que se presione el pulsador “STOP” finalizando el programa de control y devolviendo los actuadores neumáticos a su posición inicial.

En la figura 3-16 se presenta un diagrama de flujo con la secuencia de funcionamiento de la lógica de control para el desarrollo de la guía N°4 en modo automático:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-16. Diagrama de Flujo Secuencia de funcionamiento en Modo Automático Guía N°4.

- **Modo Manual:**

1°. Mediante la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN se selecciona el modo Manual y se presiona el pulsador "START" iniciando la secuencia de control.

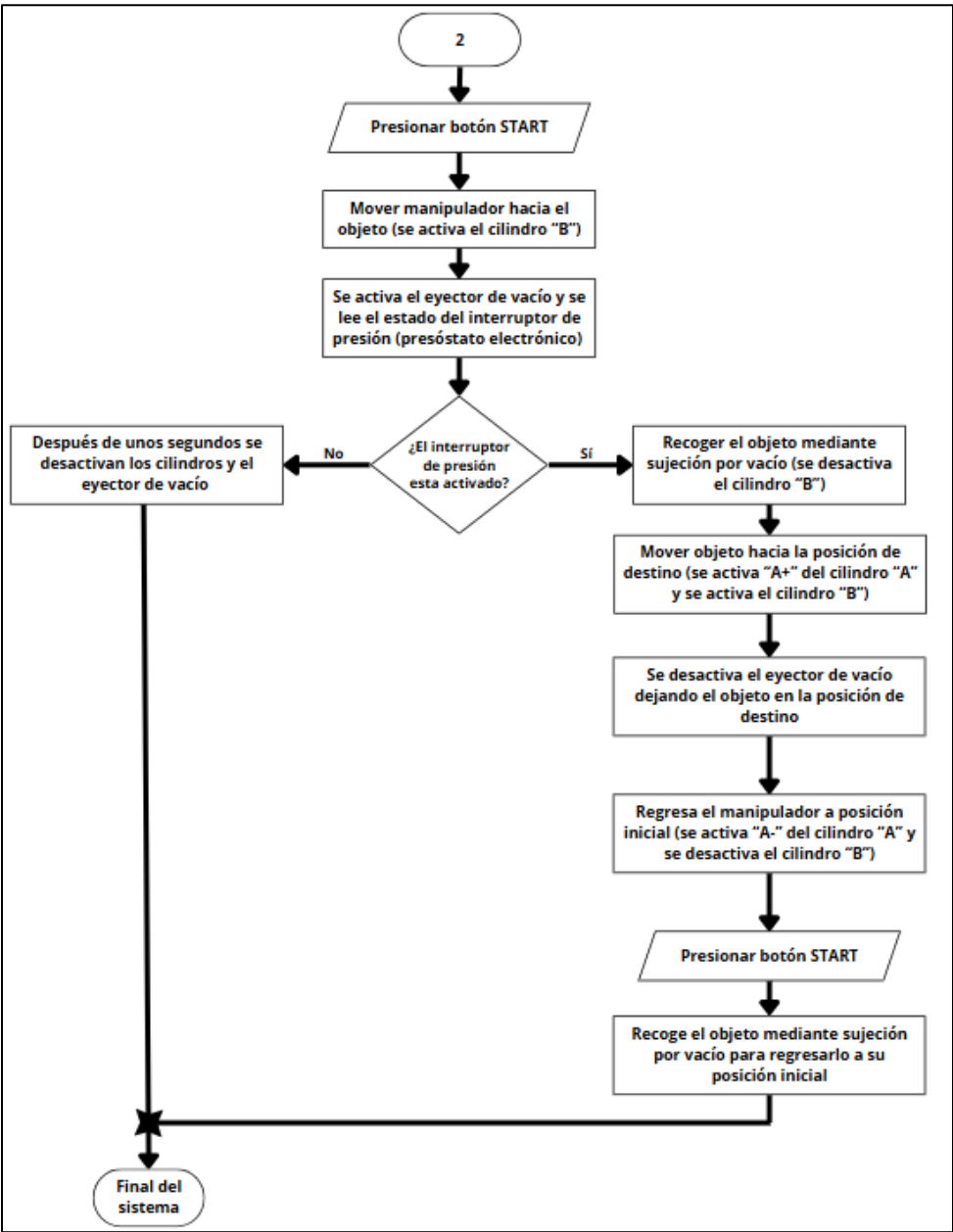
2°. Se activa el cilindro B para quedar en posición de recoger el objeto.

3°. Se activa el eyector de vacío y se verifica el estado del interruptor de presión, si este se activa indica que el objeto ha sido recogido correctamente. En caso contrario si el interruptor de presión no se activa significa que no se ha recogido el objeto, por lo que mediante un temporizador con retardo a la conexión (TON) luego de unos segundos se desactivan los actuadores neumáticos y finaliza el programa.

4°. Se recoge el objeto mediante sujeción por vacío y se desactiva el cilindro B elevando el objeto para su posterior desplazamiento horizontal.

- 5°. Se activa el cilindro A desplazando horizontalmente el objeto para su posterior desplazamiento a la posición final deseada.
- 6°. Se activa el cilindro B depositando el objeto en la posición final deseada, cuando el objeto está en la posición final se desactivan el cilindro B y la sujeción por vacío, los actuadores neumáticos vuelven a sus posiciones iniciales.
- 7°. Se presiona el pulsador “START” activando el cilindro A para recoger la pieza que se encuentra en su posición inicial.
- 8°. Se activan el cilindro B y la sujeción por vacío recogiendo el objeto y devolviéndolo a su posición inicial.
- 9°. La secuencia de funcionamiento finaliza cuando la pieza es dejada en su posición inicial o cuando se presione el pulsador “STOP”, finaliza el programa de control devolviendo los actuadores neumáticos a su posición inicial.

En la figura 3-17 se presenta un diagrama de flujo con la secuencia de funcionamiento de la lógica de control para el desarrollo de la guía N°4 en modo manual:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-17. Diagrama de Flujo Secuencia de funcionamiento en Modo Manual Guía N°4.

3.3. CONEXIÓN DEL PLC SIEMENS S7-1200

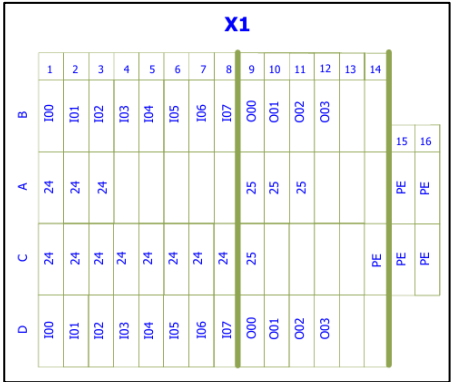
El PLC SIEMENS S7-1200 opera con una alimentación de 220 [V] en corriente alterna (AC), la cual se suministra mediante la conexión de las líneas de fase (L) y neutro (N) al módulo de alimentación del controlador.

La comunicación PROFINET entre el PLC SIEMENS S7-1200 y el software TIA Portal se establece mediante un cable de comunicación Ethernet, el cual permite la transferencia de datos para la programación y monitoreo del controlador desde el entorno de desarrollo en el computador.

Para la conexión entre los componentes electroneumáticos y sensores de las maquetas N°2 (MAP-201) y N°3 (MAP-202) con el PLC SIEMENS S7-1200, se utiliza una bornera doble en cada maqueta que permiten una interconexión ordenada, segura y fácilmente identificable, para ello cada conductor se encuentra rotulado para su identificación y correcta conexión. En las entradas digitales del PLC se conectan los dispositivos encargados de transmitir señales de estado, tales como los detectores magnéticos de los cilindros, el sensor de proximidad inductivo, el presostato electrónico (interruptor de presión), los pulsadores “START” y “STOP”, y la palanca selectora de dos posiciones (AUTO-MAN). Esta conexión garantiza una lectura precisa por parte del PLC, permitiendo ejecutar el programa de control de manera confiable y eficiente.

En las salidas de tipo relé del PLC SIEMENS S7-1200 se conectan las electroválvulas encargadas de accionar los actuadores neumáticos. En la maqueta N°2 (MAP-201) se utilizan cilindros de doble y simple efecto identificados como A, B, C y D, los cuales requieren únicamente una señal de activación eléctrica para su accionamiento, retornando automáticamente a su posición inicial mediante un resorte de retroceso o retorno de muelle. Por otro lado, en la maqueta N°3 (MAP-202) se emplea un cilindro de simple efecto (B), con retorno automático, y un cilindro de doble efecto (A), el cual necesita dos señales independientes de control: una para extender el vástago y otra para retraerlo. Este tipo de cilindro no posee retorno automático, por lo que se requiere el uso de dos salidas del PLC para su correcta operación.

En la figura 3-18 se presenta un esquema eléctrico de la bornera doble para la conexión de los componentes y actuadores de las maquetas N°2 y N°3 con el PLC SIEMENS S7-1200:



Fuente: Manual SMC MAP-201.

Figura 3-18. Esquema eléctrico bornera doble, Maquetas Electroneumáticas N°2 y N°3.

En la Maqueta Electroneumática N°2 (MAP-201), los componentes electroneumáticos y de control que se conectan a través de una bornera doble al PLC SIEMENS S7-1200 son las siguientes:

- I00: Corresponde al pulsador “START” que se conecta a la entrada digital %I0.1 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I01: Corresponde al pulsador “STOP” que se conecta a la entrada digital %I0.4 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I02: Corresponde a la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN que se conecta a la entrada digital %I0.7 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I03: Corresponde al detector magnético “a0” que se conecta a la entrada digital %I0.2 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I04: Corresponde al detector magnético “a1” que se conecta a la entrada digital %I0.3 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I05: Corresponde al detector magnético “b1” que se conecta a la entrada digital %I0.5 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I06: Corresponde al detector magnético “c1” que se conecta a la entrada digital %I0.6 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I07: Corresponde al sensor de proximidad inductivo que se conecta a la entrada digital %I0.0 del PLC SIEMENS S7-1200. El sensor de proximidad inductivo se alimenta de 24 [V] DC a través de los terminales 24 y 25 de la bornera doble.
- O00: Corresponde a la señal de activación del cilindro A que se conecta a la salida de tipo relé %Q0.0 del PLC SIEMENS S7-1200.
- O01: Corresponde a la señal de activación del cilindro B que se conecta a la salida de tipo relé %Q0.1 del PLC SIEMENS S7-1200.
- O02: Corresponde a la señal de activación cilindro del C que se conecta a la salida de tipo relé %Q0.2 del PLC SIEMENS S7-1200.
- O03: Corresponde a la señal de activación del cilindro D que se conecta a la salida de tipo relé %Q0.3 del PLC SIEMENS S7-1200.
- 24: Corresponde al terminal positivo de alimentación de 24 [V] DC.
- 25: Corresponde al terminal negativo de alimentación de 24 [V] DC.
- PE: Corresponde al terminal de tierra de protección para evitar que se energicen las estructuras y carcasas metálicas de los elementos de la maqueta electroneumática.

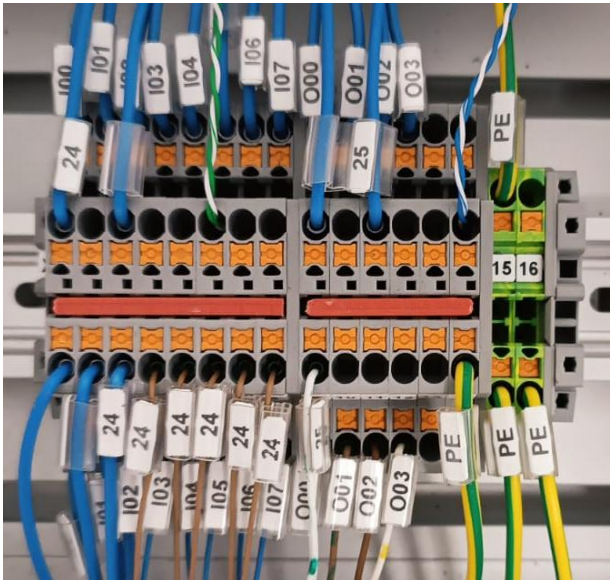
En la Maqueta Electroneumática N°3 (MAP-202), los componentes electroneumáticos y de control que se conectan a través de una bornera doble al PLC SIEMENS S7-1200 son las siguientes:

- I00: Corresponde al pulsador “START” que se conecta a la entrada digital %I0.0 del PLC SIEMENS S7-1200.

- I01: Corresponde al pulsador “STOP” que se conecta a la entrada digital %I0.1 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I02: Corresponde a la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN que se conecta a la entrada digital %I0.2 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I03: Corresponde al detector magnético “a0” que se conecta a la entrada digital %I0.3 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I04: Corresponde al detector magnético “a1” que se conecta a la entrada digital %I0.4 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I05: Corresponde al detector magnético “b0” que se conecta a la entrada digital %I0.5 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I06: Corresponde al detector magnético “b1” que se conecta a la entrada digital %I0.6 del PLC SIEMENS S7-1200.
- I07: Corresponde al presostato electrónico que se conecta a la entrada digital %I0.7 del PLC SIEMENS S7-1200.
- O00: Corresponde a la señal de activación “A+” del cilindro A que se conecta a la salida de tipo relé %Q0.0 del PLC SIEMENS S7-1200.
- O01: Corresponde a la señal de activación “A-” del cilindro A que se conecta a la salida de tipo relé %Q0.1 del PLC SIEMENS S7-1200.
- O02: Corresponde a la señal de activación del cilindro B que se conecta a la salida de tipo relé %Q0.2 del PLC SIEMENS S7-1200.
- O03: Corresponde a la señal de activación del eyector de vacío que se conecta a la salida de tipo relé %Q0.3 del PLC SIEMENS S7-1200.
- 24: Corresponde al terminal positivo de alimentación de 24 [V] DC.
- 25: Corresponde al terminal negativo de alimentación de 24 [V] DC.
- PE: Corresponde al terminal de tierra de protección para evitar que se energicen las estructuras y carcasas metálicas de los elementos de la maqueta electroneumática.

En las Maquetas Electroneumáticas N°2 y N°3, los actuadores neumáticos, sensores, detectores y electroválvulas operan con un voltaje de alimentación de 24 [V] DC, proporcionado por la fuente de alimentación Omron. Este voltaje se distribuye a través de la bornera doble, utilizando los terminales 24 y 25, para alimentar de forma ordenada todos los componentes electroneumáticos de ambas maquetas, así como las salidas de tipo relé del PLC SIEMENS S7-1200, asegurando conexiones correctas y seguras.

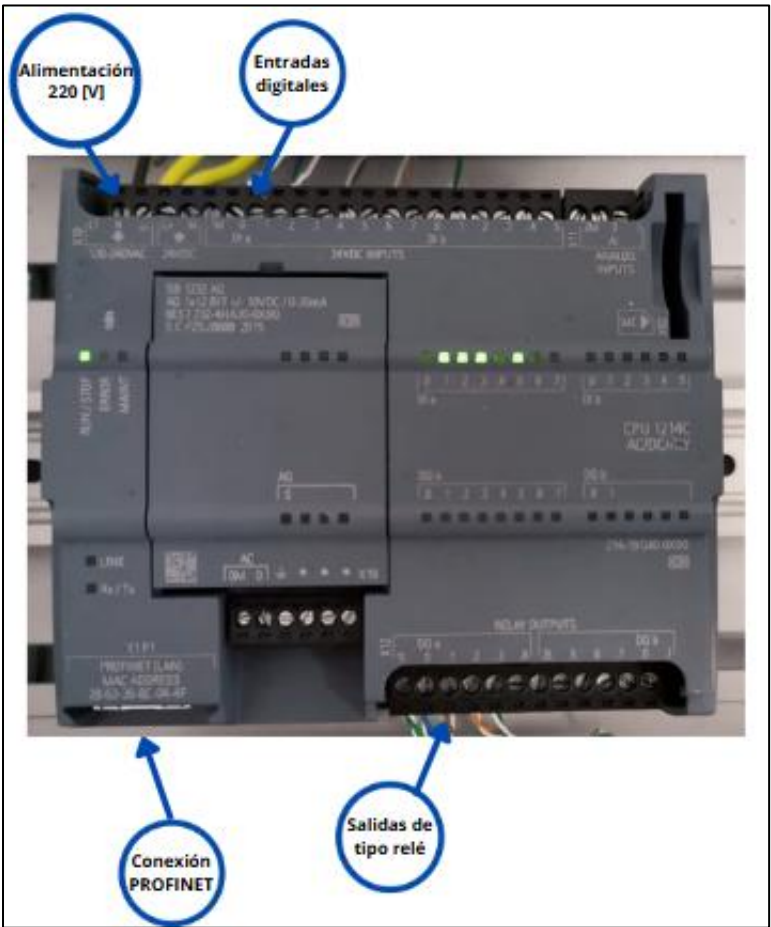
En la figura 3-19 se presenta una imagen de la bornera doble con las conexiones y los conductores rotulados que se conectan al PLC SIEMENS S7-1200:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-19. Conexiones y rotulado de conductores en bornera doble, maqueta N°2.

En la figura 3-20 se presenta una imagen de los puertos y terminales de conexión del PLC SIEMENS 1214C AC/DC/RLY:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-20. Comunicación, entradas, salidas y alimentación del PLC SIEMENS S7-1200.

CONCLUSIÓN

El desarrollo de guías de laboratorio para estudiantes utilizando maquetas neumáticas controladas con un PLC SIEMENS S7-1200 de este proyecto de titulación permitió abordar una problemática relevante dentro del aprendizaje y proceso formativo de los estudiantes en la asignatura de Electro-Hidroneumática de la carrera de Ingeniería de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María. Si bien el uso de software como FESTO FLUIDSIM y VirtualMack TCP ofrece un aprendizaje adecuado, la falta de experiencias prácticas con equipos reales genera una limitación importante en el aprendizaje de los estudiantes, como lo son las correctas identificación, manipulación y conexión de los componentes neumáticos y electroneumáticos.

A través de la investigación y del diseño de guías de laboratorio, se logró integrar el uso de maquetas electroneumáticas reales con el controlador lógico programable PLC SIEMENS S7-1200, lo que permitió el desarrollo de guías de laboratorio para la realización de experiencias prácticas cercanas a contextos reales de automatización industrial. Estas guías no solo abordan conocimientos técnicos, como la conexión de sensores y electroválvulas al PLC, la programación mediante TIA Portal V18, y el uso de temporizadores y señales digitales, sino que también promueven habilidades prácticas como el análisis de fallas, la interpretación de señales de control y la toma de decisiones en la ejecución de procesos automáticos.

En este proyecto de titulación se promueve el fortalecimiento de la formación técnica de los estudiantes al proporcionar una herramienta didáctica que complementa lo aprendido en simuladores con experiencias prácticas significativas, mejorando así su preparación para enfrentar desafíos reales en la industria de la automatización y el control.

BIBLIOGRAFÍA

SIEMENS. Módulo CPU 1214C AC/DC/Rly-6ES7214-1AG40-0XB0 [en línea]. 2024 (consulta en septiembre del 2024) Recuperado de:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AG40-0XB0>

SMC. Imagen técnica de maqueta PNEUMATE-200 [en línea]. 2024 (consulta en septiembre del 2024). Recuperado de:

https://s3-us-west-2.amazonaws.com/smciketec/PNEUMATE-200/OpcionC_PNEUMATE-200.jpg

EGASOLD. Compresor de aire Huracán 3100 PRO 220V [en línea]. 2024 (consulta en septiembre del 2024). Recuperado de:

<https://www.egasold.cl/producto/compresor-de-aire-huracan-3100-pro-220v/>

AUTOMATION DISTRIBUTION. Válvula neumática 3/2 por pulsador D-A73L [en línea]. 2024 (consulta en octubre del 2024). Recuperado de:

<https://automationdistribution.com/d-a73l/>

SMC CORPORATION. Válvula neumática 3/2 D-A93L [en línea]. 2024 (consulta en octubre del 2024). Recuperado de:

<https://cl.rs-online.com/product/smc-corporation/3c-d-a93l/73038528/>

CIMECH 3D. Sensor inductivo LJ12A3-4-Z/BX [en línea]. 2024 (consulta en diciembre del 2024). Recuperado de:

<https://www.cimech3d.cl/producto/sensor-inductivo-lj12a3-4-z-bx-deteccion-4mm/>

SMC Corporation. Sensor inductivo CXSM15-100 [en línea]. 2024 (consulta en diciembre del 2024). Recuperado de:

<https://partsearch.io/smc/cxsm15-100/>

SMC Corporation. Cilindro de vástago paralelo con casquillo de deslizamiento, serie CXS, ref. CXSM10-50 [en línea]. 2024 (consulta en diciembre del 2024). Recuperado de:

<https://rodavigo.net/es/p/cilindro-de-vastago-paralelo-casquillo-de-deslizamiento-serie-cxs-ref-smc-cxsm10-50/161CXSM1050>

FOC. Ventosa neumática de vacío de acero inoxidable y caucho de nitrilo (NBR) [en línea]. 2024 (consulta en diciembre del 2024). Recuperado de:

<https://www.amazon.com/-/es/inoxidable-nitrilo-neum%C3%A1tica-aspiradora-Ventosas/dp/B0BVKPSDLD>

SMC Corporation. MAP-202 - Manipulador de dos ejes con sujeción por vacío [en línea]. 2024 (consulta en septiembre del 2024). Recuperado de:

<https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/156>

SMC Corporation. Interruptor neumático D-Z73L [en línea]. 2025 (consulta en enero del 2025). Recuperado de:

<https://cl.rsdelivers.com/product/smc/d-z73l/interruptor-neumatico-smc-d-z73l-laminas/3500755>

SMC Corporation. Sensor de presión PS1100-R06L-Q [en línea]. 2025 (consulta en enero del 2025). Recuperado de:

<https://cl.rsdelivers.com/product/smc/ps1100-r06l-q/6mm-plug-in-pressure-sensor-01to04mpa/2462438>

SMC Corporation. PNEUTRAINER-200 – Neumática – Electroneumática [en línea]. 2024 (consulta en septiembre del 2024). Recuperado de:

<https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/216>

OMRON Corporation. Fuente de alimentación S8VK-G06024 – 60 W, 24 VDC, 2.5 A, montaje en carril DIN [en línea]. 2025 (consulta en enero del 2025). Recuperado de:

<https://industrial.omron.es/es/products/S8VK-G06024>

Harting. Cable Ethernet Cat5e U/FTP, color verde, longitud 10 m, funda de PVC [en línea]. 2024 (consulta en diciembre del 2024). Recuperado de:

<https://cl.rsdelivers.com/product/harting/09457711151/cable-ethernet-cat5-u/ftp-harting-de-color-verde-long-10m-funda-de-pvc/6236154>

ANEXOS

ANEXOS A- GUÍAS DE LABORATORIO

Laboratorio N°1

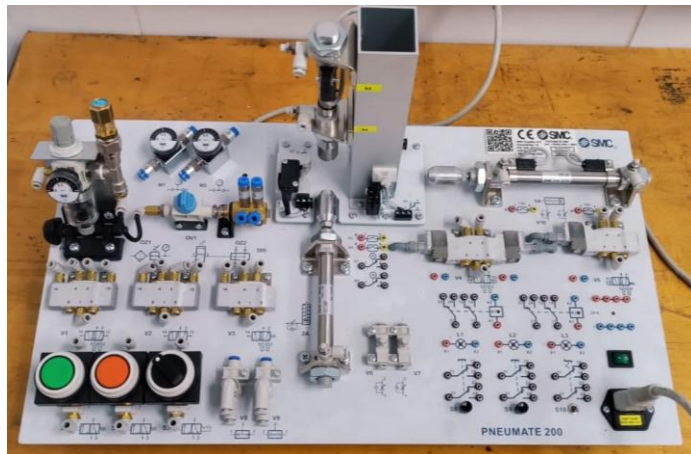
Introducción a los Sistemas Neumáticos

Objetivos:

- Familiarizar a los estudiantes con los componentes básicos neumáticos.
- Comprender el funcionamiento de sistemas neumáticos.
- Realizar conexiones básicas y observar el comportamiento de los elementos neumáticos.

Maqueta:

Para el desarrollo de la guía de laboratorio se utiliza la maqueta neumática N°1:



Equipos y accesorios a utilizar:

- Compresor de aire.
- Cilindro neumático de simple efecto.
- Cilindro de doble efecto.
- Manómetro.
- Válvula manual 3/2 con pulsador.
- Válvula manual 3/2 con pulsador.
- Válvula manual 3/2 con palanca selectora.
- Válvula neumática 5/2 monoestable.
- Válvula neumática 5/2 biestable.
- Válvula neumática 5/2 biestable.
- Mangueras y conectores.

Procedimiento de Laboratorio:

- 1. Reconocimiento de la maqueta neumática.**
 - Identificación de componentes neumáticos en la maqueta.
 - Localizar partes principales en la maqueta neumática y comprender su función.
- 2. Medidas de Seguridad.**
 - Verificar que las mangueras, válvulas y cilindros estén bien conectadas y sin fugas.
 - Verificar que no haya conexiones sueltas.

- No exceder la presión de trabajo de la maqueta la cuál corresponde a 0.3-0.4 [MPa].
- Mantener las manos alejadas de los cilindros mientras están en movimiento.
- Despresurizar la maqueta apagando el compresor y liberando la presión del sistema antes de realizar cualquier cambio en el circuito.

3. Elementos para la conexión y alimentación de la maqueta neumática.

- Para realizar la conexión de los elementos neumáticos se utilizan mangueras de poliuretano de 4 [mm] de diámetro Ø.



- El compresor de aire en la maqueta neumática es el encargado de generar y suministrar aire comprimido al sistema que permite el funcionamiento y movimiento de las válvulas y actuadores neumáticos.



- El filtro regulador con manómetro limpia el aire comprimido, ajusta su presión al nivel adecuado y permite verificarla visualmente.



- Conectores neumáticos "T" dividen o combinan el flujo de aire comprimido, permitiendo conectar tres mangueras en un circuito.

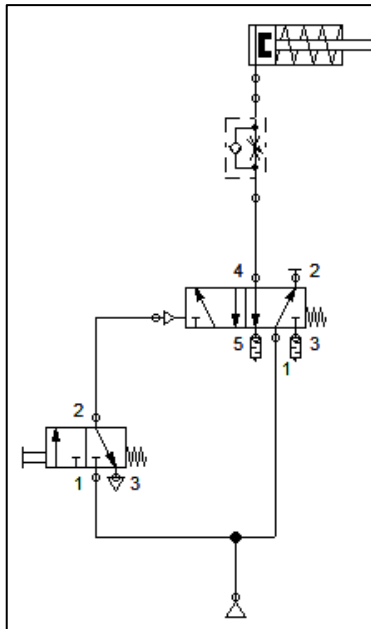


- Los tapones se utilizan para cerrar de forma segura las salidas no utilizadas de las válvulas, evitando fugas de aire comprimido y asegurando el correcto funcionamiento del sistema.



4. Montaje de circuito neumático básico.

- Circuito de alimentación y salida de aire a un cilindro de simple efecto.
- Componentes: Pulsador neumático, válvula neumática 5/2 monoestable y cilindro de simple efecto.
- Circuito a realizar:



5. Montaje de circuito Alimentador de piezas y estampado de 3 cilindros.

- Circuito alimentador de piezas y estampado.
- Componentes: Pulsador neumático Verde, pulsador neumático rojo, palanca selectora neumática, válvula neumática 5/2 monoestable, 2 válvulas neumáticas 5/2 biestables, cilindro de simple efecto y 2 cilindros de doble efecto.
- El objetivo es mover piezas que se encuentran en un depósito y emular el funcionamiento de una estampadora utilizando los cilindros neumáticos para el avance de las piezas.
- Las válvulas neumáticas serán accionadas mediante los 2 pulsadores y la palanca selectora neumática.

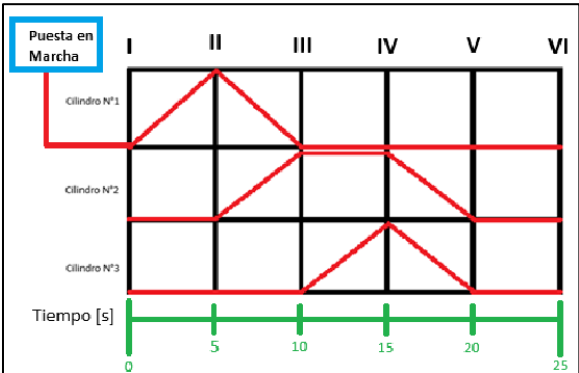


- Piezas, elemento a utilizar para el circuito:



6. Secuencia de trabajo.

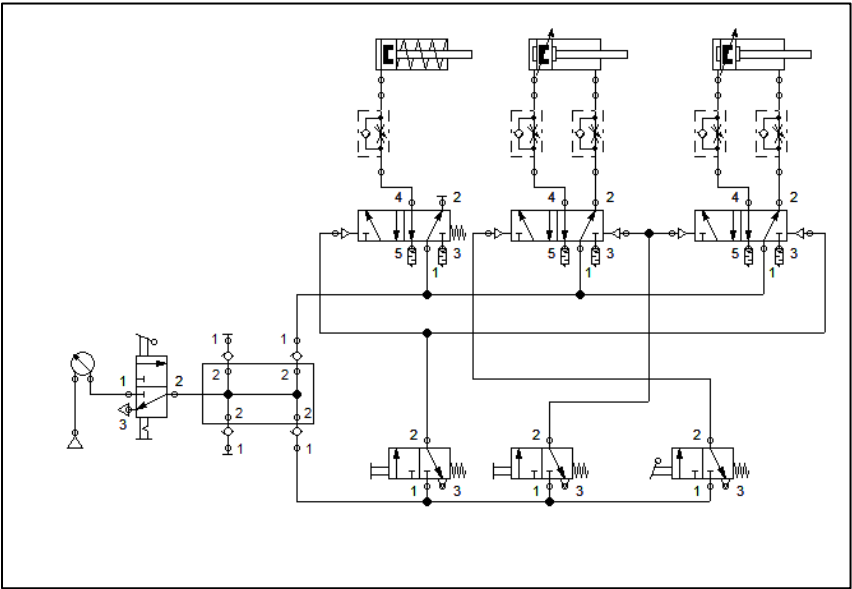
- Para el desarrollo de esta guía se pide que los estudiantes realicen un circuito utilizando los elementos neumáticos presentes en la maqueta, en donde realicen la siguiente secuencia:



- Los cilindros se accionarán utilizando los pulsadores y la palanca selectora neumática.
- El cilindro N°1 corresponde a un cilindro de doble efecto que tiene la función de desplazar las piezas del depósito.
- El cilindro N°2 corresponde a un cilindro de doble efecto ubicado paralelo al depósito y que tiene la función de estampar la pieza cuando este en posición.
- El cilindro N°3 corresponde a un cilindro de simple efecto que tiene la función de expulsar la pieza ya estampada.

7. Ejemplo de circuito a realizar.

- A continuación, se presenta un circuito a modo de ejemplo para la realización de la secuencia de trabajo:



Laboratorio N°2

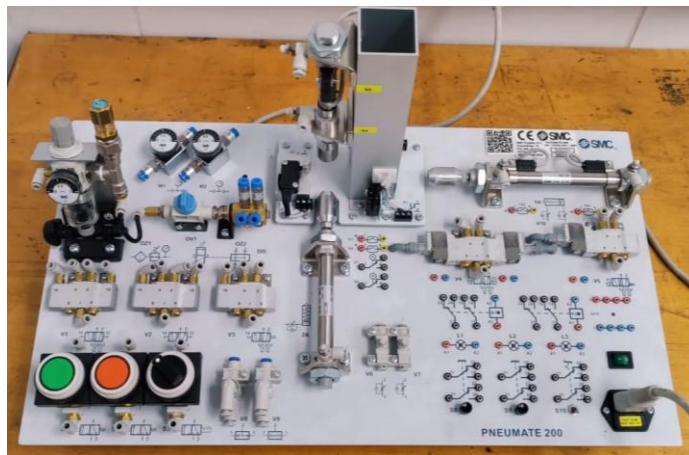
Introducción a los Sistemas Electroneumáticos

Objetivos:

- Familiarizar a los estudiantes con los componentes básicos electroneumáticos.
- Comprender el funcionamiento de sistemas electroneumáticos.
- Realizar conexiones mediante lógica cableada y observar el comportamiento de los elementos neumáticos y electroneumáticos.

Maqueta:

Para el desarrollo de la guía de laboratorio se utiliza la maqueta electroneumática N°1:



Equipos y accesorios a utilizar:

- Compresor de aire.
- Cilindro neumático de simple efecto.
- Cilindro neumático de doble efecto.
- Electroválvula neumática 5/2 monoestable.
- Electroválvula neumática 5/2 biestable.
- Contactores de 24 [V].
- Pulsadores eléctricos.
- Finales de carrera.
- Luces piloto.
- Cables de conexión eléctricos.
- Mangueras y conectores.

Procedimiento de Laboratorio:

1. Reconocimiento de la maqueta electroneumática.

- Identificación de componentes neumáticos y electroneumáticos en la maqueta.
- Identificación de componentes eléctricos en la maqueta.
- Localizar partes principales en la maqueta neumática y comprender su función.

2. Medidas de Seguridad.

- Verificar que las mangueras, válvulas y cilindros estén bien conectadas y sin fugas.
- Verificar que no haya conexiones sueltas.
- No exceder la presión de trabajo de la maqueta la cuál corresponde a 0.3-0.4 [MPa].
- Mantener las manos alejadas de los cilindros mientras están en movimiento.
- Despresurizar la maqueta apagando el compresor y liberando la presión del sistema antes de realizar cualquier cambio en el circuito.
- Realizar conexiones o modificaciones eléctricas con la fuente de voltaje apagada.

- Verificar la correcta conexión de los elementos antes de energizar.

3. Elementos para la conexión y alimentación de la maqueta neumática.

- Para realizar la conexión de los elementos neumáticos se utilizan mangueras de poliuretano de 4 [mm] de diámetro $\varnothing$.



- El compresor de aire en la maqueta neumática es el encargado de generar y suministrar aire comprimido al sistema que permite el funcionamiento y movimiento de las válvulas y actuadores neumáticos.



- El filtro regulador con manómetro limpia el aire comprimido, ajusta su presión al nivel adecuado y permite verificarla visualmente.



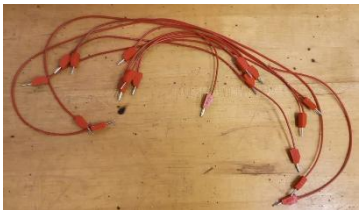
- Conectores neumáticos "T" dividen o combinan el flujo de aire comprimido, permitiendo conectar tres mangueras en un circuito.



- Los tapones se utilizan para cerrar de forma segura las salidas no utilizadas de las válvulas, evitando fugas de aire comprimido y asegurando el correcto funcionamiento del sistema.



- Cables eléctricos para realizar las conexiones de los elementos eléctricos y electroneumáticos de la maqueta.



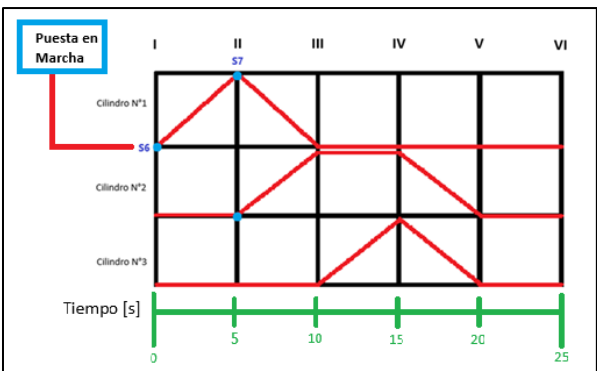
- La maqueta cuenta con su propia fuente de alimentación de 24 [V] y con bornes para realizar conexiones.

4. Montaje de circuito Alimentador de piezas y estampado de 3 cilindros.

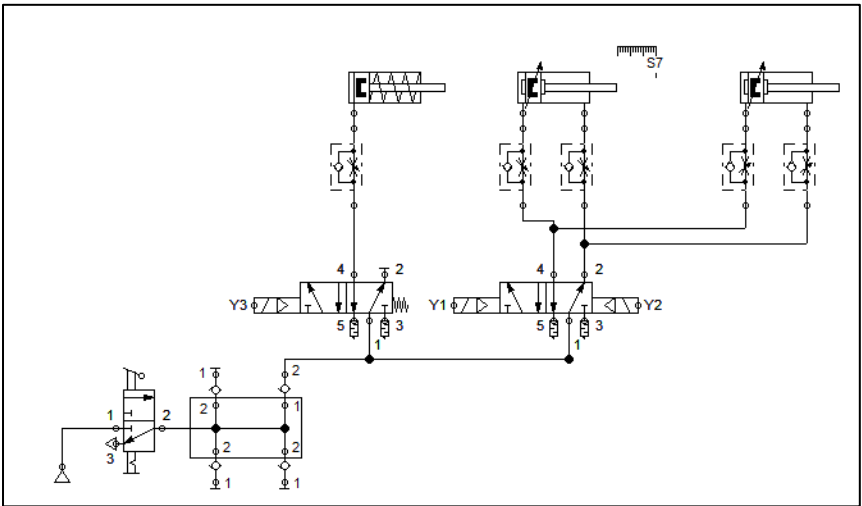
- Circuito de alimentador de piezas y estampado.
- Componentes: Electroválvula neumática 5/2 monoestable, electroválvula neumática 5/2 biestable, cilindro de simple efecto y 2 cilindros de doble efecto.

5. Secuencia de trabajo.

- Para el desarrollo de esta guía se pide que los estudiantes realicen un circuito utilizando los elementos neumáticos y electroneumáticos presentes en la maqueta, en donde realicen la siguiente secuencia:



- S6 y S7 corresponden a finales de carrera ubicados en la maqueta.
- Los cilindros se accionarán utilizando los pulsadores eléctricos y los contactores K1 y K2.
- El cilindro N°1 corresponde a un cilindro de doble efecto que tiene la función de desplazar las piezas del depósito.
- El cilindro N°2 corresponde a un cilindro de doble efecto ubicado paralelo al depósito y que tiene la función de estampar la pieza cuando este en posición.
- El cilindro N°3 corresponde a un cilindro de simple efecto que tiene la función de expulsar la pieza ya estampada.
- Ejemplo de circuito electroneumático para el desarrollo de la guía:



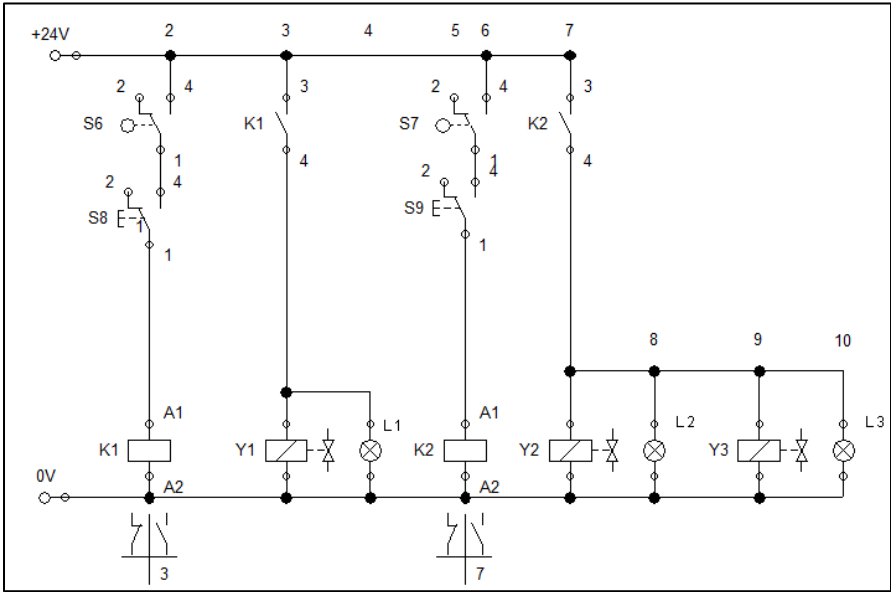
6. Montaje de circuito eléctrico de control.

- Circuito eléctrico de control para operar la maqueta electroneumática utilizando contactores y finales de carrera.
- El objetivo es mover piezas que se encuentran en un depósito y emular el funcionamiento de una estampadora utilizando los cilindros neumáticos, se debe utilizar finales de carrera para detectar la presencia y el avance de las piezas.
- Las electroválvulas serán accionadas mediante pulsadores eléctricos.
- Piezas, elemento a utilizar para el circuito:



7. Ejemplo de circuito eléctrico de control a realizar.

- A continuación, se presenta un circuito eléctrico de control a modo de ejemplo para la realización de la secuencia de trabajo:



Laboratorio N°3

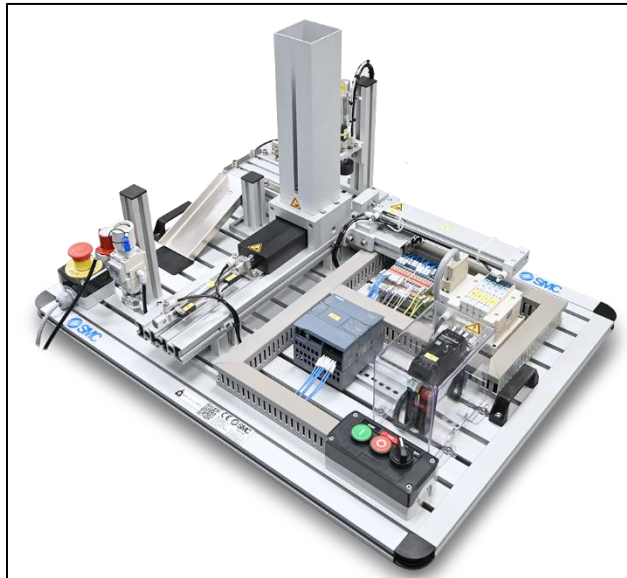
Alimentador de piezas con detector y expulsor de pieza incorrecta

Objetivos:

- Comprender el funcionamiento de un sistema electroneumático automatizado.
- Configurar y operar un alimentador de piezas con detección y expulsión de piezas defectuosas.
- Desarrollar programación en PLC SIEMENS S7-1200.

Maqueta:

Para el desarrollo de la guía de laboratorio se utiliza la maqueta electroneumática N°2:



Equipos y accesorios a utilizar:

- PLC SIEMENS S7-1200.
- Cable de comunicación ETHERNET.
- Software TIA PORTAL.
- Compresor de aire.
- Pulsadores "START" y "STOP".
- Palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN.
- Sensor de proximidad inductivo LJ12A3-4-Z/BX.
- Seta de emergencia.
- Cables de conexión eléctricos.
- Mangueras y conectores.

Procedimiento de Laboratorio:

1. Reconocimiento de la maqueta electroneumática.

- Identificación de componentes electroneumáticos en la maqueta.
- Identificación de componentes eléctricos en la maqueta.
- Localizar partes principales en la maqueta electroneumática y comprender su función.

2. Medidas de Seguridad.

- Verificar que las mangueras, válvulas y cilindros estén bien conectadas y sin fugas.
- Verificar que no haya conexiones sueltas.
- No exceder la presión de trabajo de la maqueta la cuál corresponde a 0.4-0.6 [MPa].
- Mantener las manos alejadas de los cilindros mientras están en movimiento.

- Despresurizar la maqueta apagando el compresor y liberando la presión del sistema antes de realizar cualquier cambio en el circuito.
- Realizar conexiones o modificaciones eléctricas con la fuente de voltaje apagada.
- Verificar la correcta conexión de los elementos antes de energizar.

3. Elementos para la conexión, alimentación y seguridad de la maqueta electroneumática.

- Para realizar la programación y el control de la maqueta electroneumática se utiliza un PLC SIEMENS S7-1200.



- Para realizar la conexión y programación del PLC SIEMENS S7-1200 con el software TIA PORTAL se utiliza un cable de red ETHERNET RJ45.



- Para realizar la conexión de los elementos neumáticos se utilizan mangueras de poliuretano de 6 [mm] de diámetro Ø.



- El compresor de aire en la maqueta neumática es el encargado de generar y suministrar aire comprimido al sistema que permite el funcionamiento y movimiento de las válvulas y actuadores neumáticos.



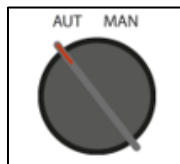
- El filtro regulador con manómetro limpia el aire comprimido, ajusta su presión al nivel adecuado y permite verificarla visualmente.



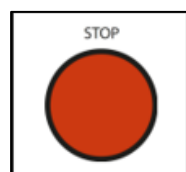
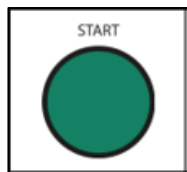
- Válvula de paso y purga para controlar el flujo de aire en la maqueta electroneumática y la otra función es la de purgar y liberar el aire acumulado vaciando el sistema de presión residual.



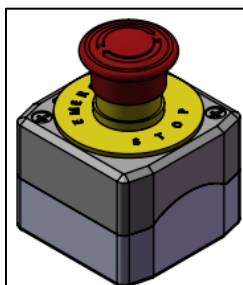
- Palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN, interruptor que alterna entre dos modos: Automático y Manual. En modo automático, el sistema opera sin intervención; en modo manual, el operador controla directamente el equipo.



- Pulsadores START y STOP. El pulsador “START” activa el circuito o el proceso, mientras que el pulsador “STOP” lo interrumpe de inmediato.



- Seta de emergencia que permite realizar paradas de emergencia en el manipulador, si se pulsa se interrumpe la alimentación eléctrica de la maqueta electroneumática.



- La base es la pieza a utilizar para el funcionamiento de la maqueta electroneumática que se apila en un depósito para ejecutar el programa.



4. Secuencia de trabajo.

- Se debe realizar la programación en el software TIA PORTAL para controlar la maqueta electroneumática de forma manual o automática mediante la palanca selectora AUTO-MAN.
- En modo manual se debe presionar el pulsador “START” para dar el inicio al programa, el programa debe realizar una secuencia por pieza para luego presionar nuevamente el pulsador “START” y dar inicio al programa.
- En modo automático se debe presionar el pulsador “START” para iniciar la secuencia la cual no se detendrá hasta que el depósito quede vacío.
- Se presiona el pulsador “START” en el panel de control.
- La maqueta mediante un sensor de proximidad inductivo verifica la presencia de la pieza en el depósito para iniciar el proceso.
- El cilindro neumático acciona el alimentador, empujando una pieza desde el depósito hacia la zona de inspección.
- La pieza pasa por una detección mediante un cilindro neumático de doble efecto que evalúa si la pieza es correcta o incorrecta al medir el desplazamiento del vástago del cilindro.
- Se envía una señal al PLC para indicar si la pieza es correcta o incorrecta.
- Si la pieza es correcta, el programa la deja avanzar hacia la salida del alimentador.
- Si la pieza es incorrecta, se detiene el programa, los cilindros y válvulas vuelven a su posición inicial para cambiar la pieza defectuosa y ejecutar el programa nuevamente.
- El programa repite el proceso con la siguiente pieza hasta que se presione el botón STOP y se detenga el proceso o si el depósito de piezas queda vacío.

Laboratorio N°4

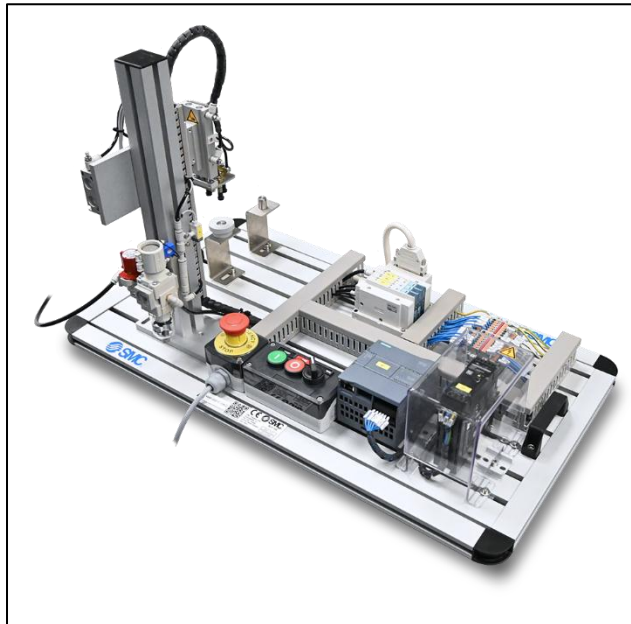
Manipulador de dos ejes con sujeción por vacío

Objetivos:

- Comprender el funcionamiento de un sistema electroneumático automatizado.
- Configurar y controlar un manipulador de dos ejes con sujeción por vacío.
- Desarrollar programación en PLC SIEMENS S7-1200.

Maqueta:

Para el desarrollo de la guía de laboratorio se utiliza la maqueta electroneumática N°3:



Equipos y accesorios a utilizar:

- PLC SIEMENS S7-1200.
- Cable de comunicación ETHERNET.
- Software TIA PORTAL.
- Compresor de aire.
- Pulsadores START y STOP.
- Palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN.
- Presóstato electrónico PS1100-R06L-Q.
- Seta de emergencia.
- Cables de conexión eléctricos.
- Mangueras y conectores.

Procedimiento de Laboratorio:

1. Reconocimiento de la maqueta electroneumática.

- Identificación de componentes electroneumáticos en la maqueta.
- Identificación de componentes eléctricos en la maqueta.
- Localizar partes principales en la maqueta electroneumática y comprender su función.

2. Medidas de Seguridad.

- Verificar que las mangueras, válvulas y cilindros estén bien conectadas y sin fugas.
- Verificar que no haya conexiones sueltas.
- No exceder la presión de trabajo de la maqueta la cuál corresponde a 0.4-0.6 [MPa].
- Mantener las manos alejadas de los cilindros mientras están en movimiento.

- Despresurizar la maqueta apagando el compresor y liberando la presión del sistema antes de realizar cualquier cambio en el circuito.
- Realizar conexiones o modificaciones eléctricas con la fuente de voltaje apagada.
- Verificar la correcta conexión de los elementos antes de energizar.

3. Elementos para la conexión, alimentación y seguridad de la maqueta electroneumática.

- Para realizar la programación y el control de la maqueta electroneumática se utiliza un PLC SIEMENS S7-1200.



- Para realizar la conexión y programación del PLC SIEMENS S7-1200 con el software TIA PORTAL se utiliza un cable de red ETHERNET RJ45.



- Para realizar la conexión de los elementos neumáticos se utilizan mangueras de poliuretano de 6 [mm] de diámetro Ø.



- El compresor de aire en la maqueta neumática es el encargado de generar y suministrar aire comprimido al sistema que permite el funcionamiento y movimiento de las válvulas y actuadores neumáticos.



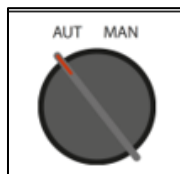
- El filtro regulador con manómetro limpia el aire comprimido, ajusta su presión al nivel adecuado y permite verificarla visualmente.



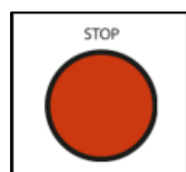
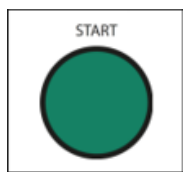
- Válvula de paso y purga para controlar el flujo de aire en la maqueta electroneumática y la otra función es la de purgar y liberar el aire acumulado vaciando el sistema de presión residual.



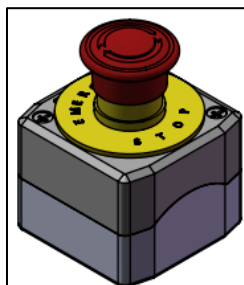
- Palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN, interruptor que alterna entre dos modos: Automático y Manual. En modo automático, el sistema opera sin intervención; en modo manual, el operador controla directamente el equipo.



- Pulsadores “START” y “STOP”. El pulsador “START” activa el circuito o el proceso, mientras que el pulsador “STOP” lo interrumpe de inmediato.



- Seta de emergencia que permite realizar paradas de emergencia en el manipulador, si se pulsa se interrumpe la alimentación eléctrica de la maqueta electroneumática.



- Las tapas son las piezas a utilizar para el funcionamiento de la maqueta electroneumática siendo desplazadas mediante ventosas de vacío.

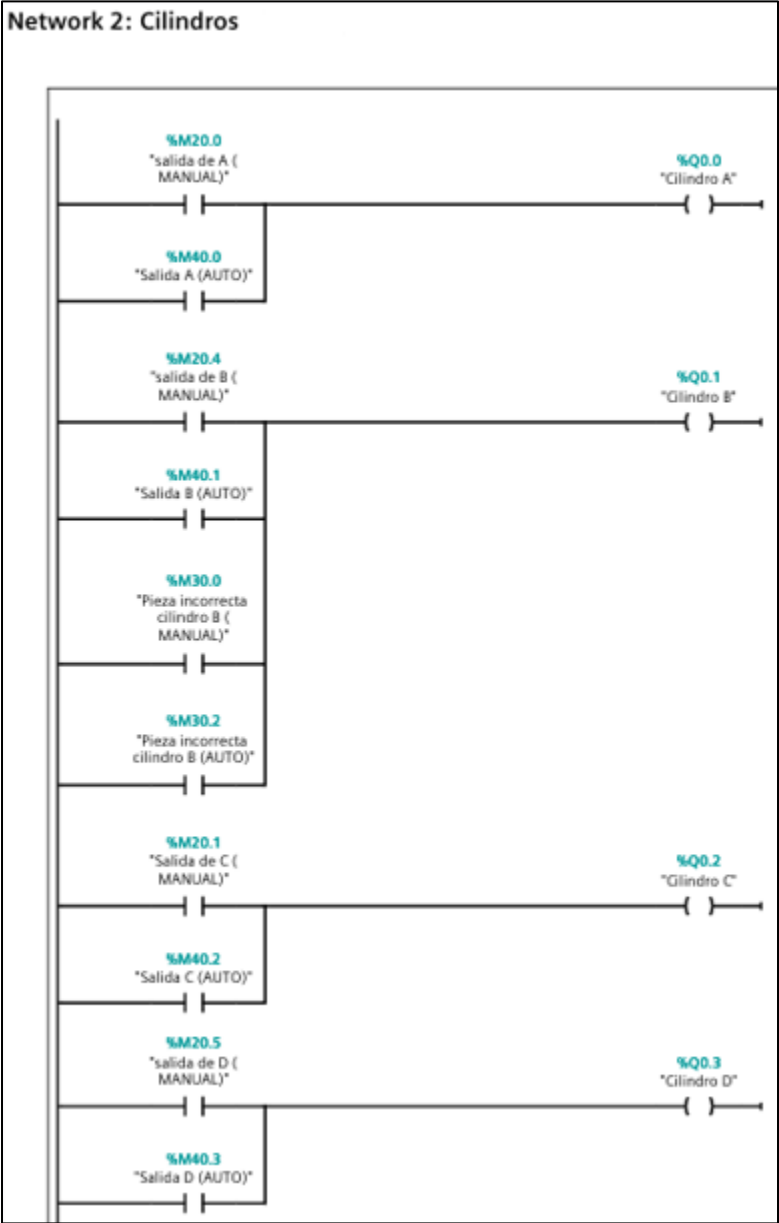
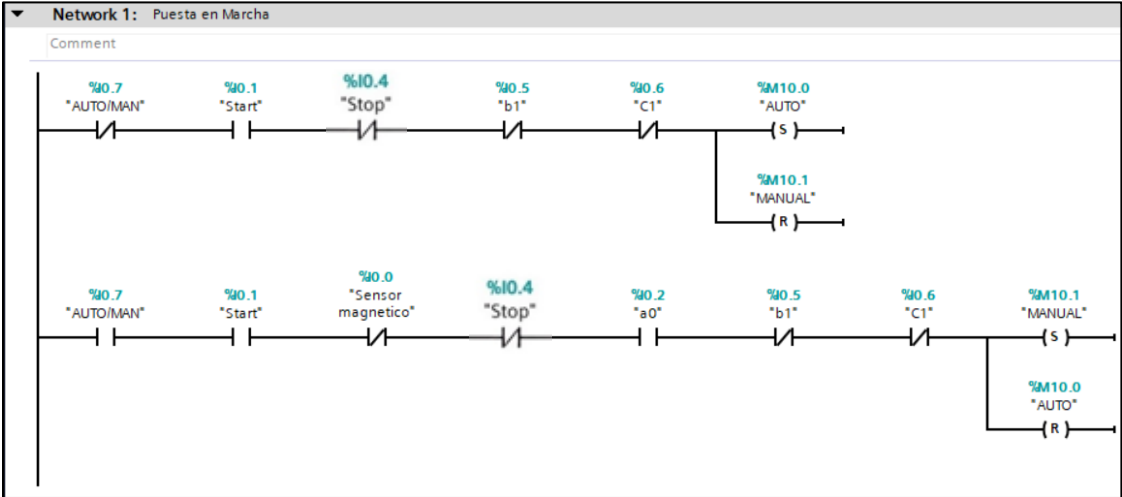


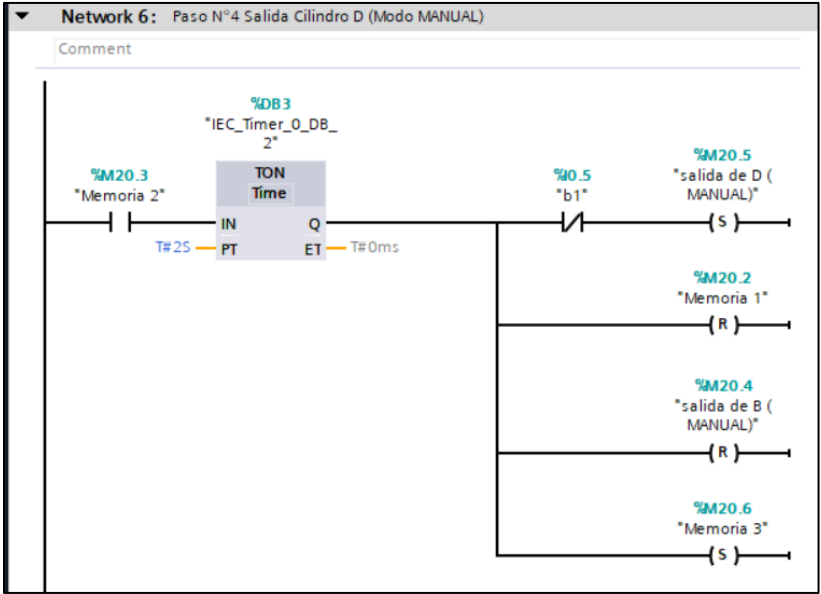
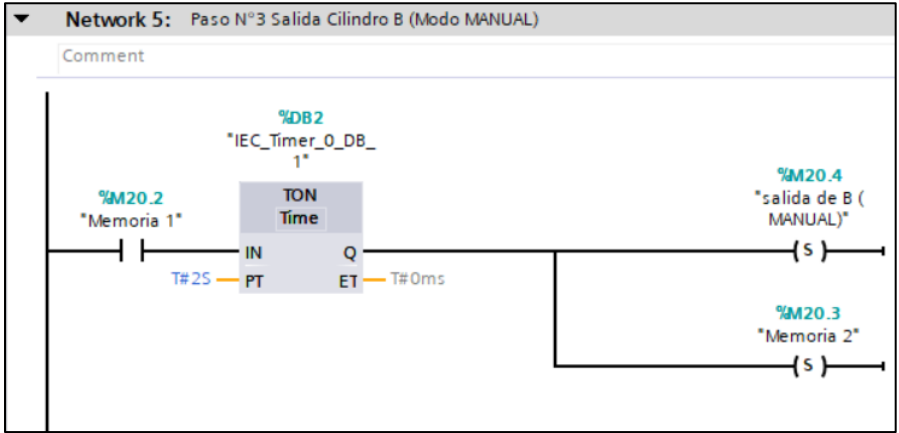
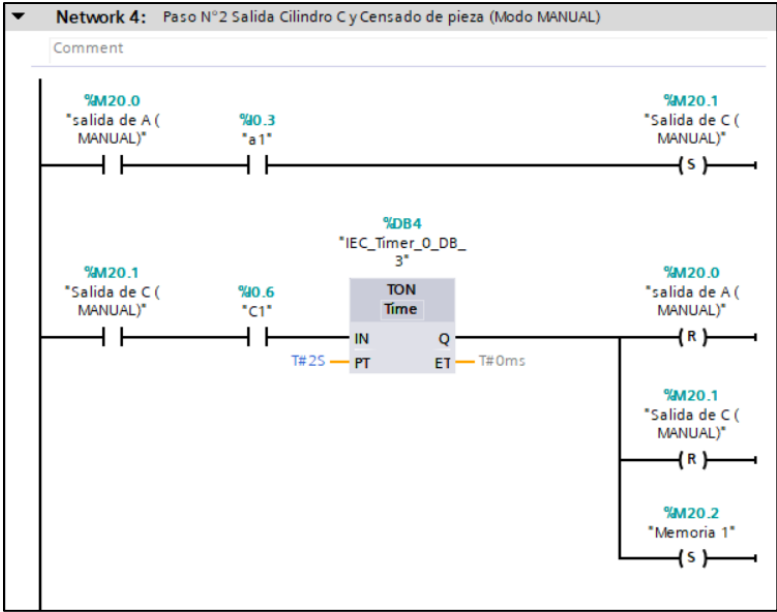
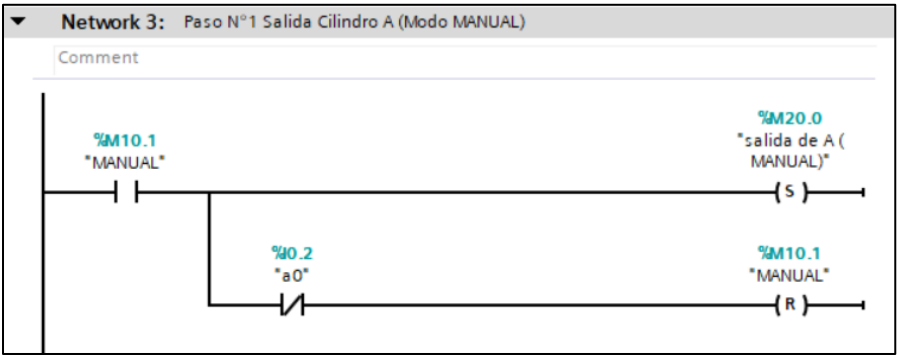
4. Secuencia de trabajo.

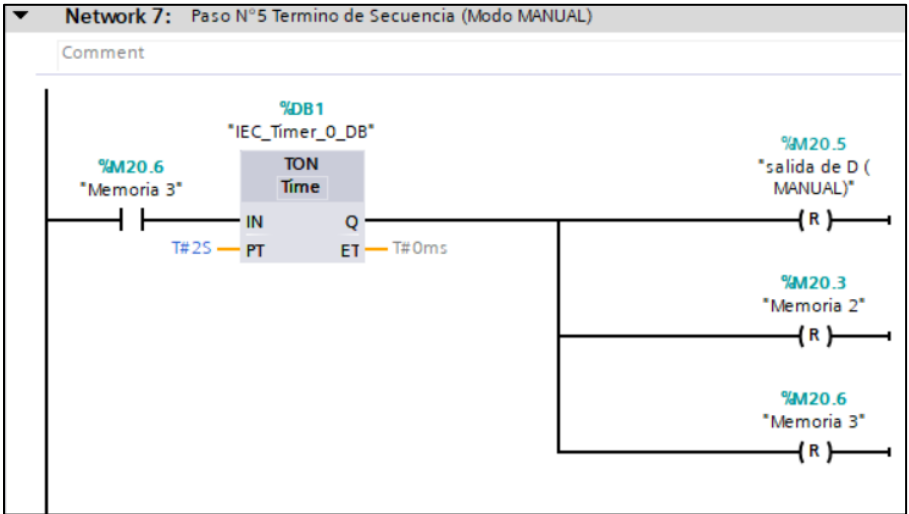
- Se debe realizar la programación en el software TIA PORTAL para controlar la maqueta electroneumática de forma manual o automática a través de la palanca selectora de 2 posiciones AUTO-MAN.
- En modo manual se debe presionar el pulsador "START" para dar el inicio al programa, el programa debe realizar una secuencia por pieza para luego presionar nuevamente el pulsador "START" y dar inicio nuevamente.
- En modo automático se debe presionar el pulsador "START" para iniciar la secuencia la cual no se detendrá hasta que se presione el pulsador "STOP" y se detenga el programa.
- Se presiona el pulsador "START" en el panel de control.
- El manipulador con las ventosas se desplaza de forma vertical hasta la posición donde se encuentra el objeto a recoger.
- Una vez en posición, el sistema activa la ventosa de vacío para sujetar el objeto.
- Mediante un interruptor de presión se verifica si el manipulador ha sujetado el objeto.
- El manipulador se desplaza hacia arriba, levantando el objeto.
- El manipulador se mueve en el eje horizontal hasta llegar a la posición de descarga.
- El manipulador se desplaza hacia abajo hasta la posición de destino.
- Se desactiva el sistema de vacío, liberando el objeto en la posición de destino.
- El manipulador regresa a su posición inicial para estar listo para el siguiente ciclo.
- El programa repite el proceso con la siguiente pieza hasta que se presione el pulsador "STOP" y se detenga el proceso o si ya no hay más piezas para desplazar.

ANEXOS B- PROGRAMACIÓN DE CONTROL GUÍAS DE LABORATORIO N°3 Y N°4

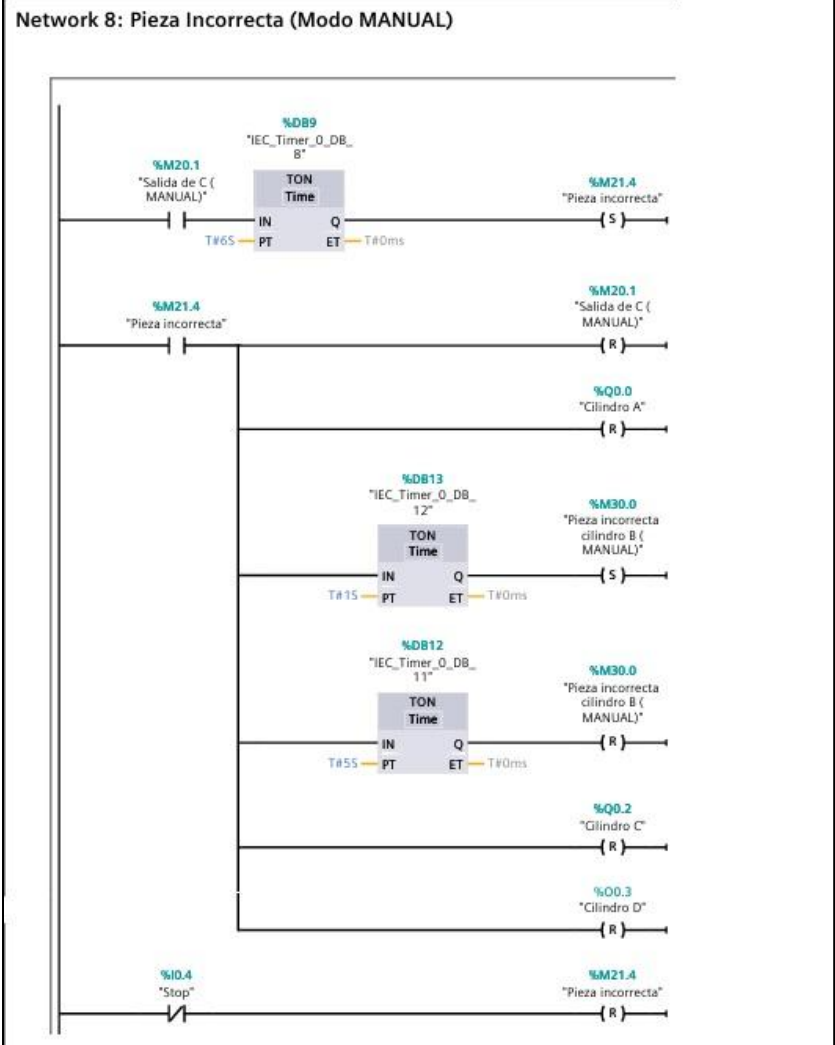
Programación de control guía de laboratorio N°3 Alimentador de piezas con detector y expulsor de pieza incorrecta



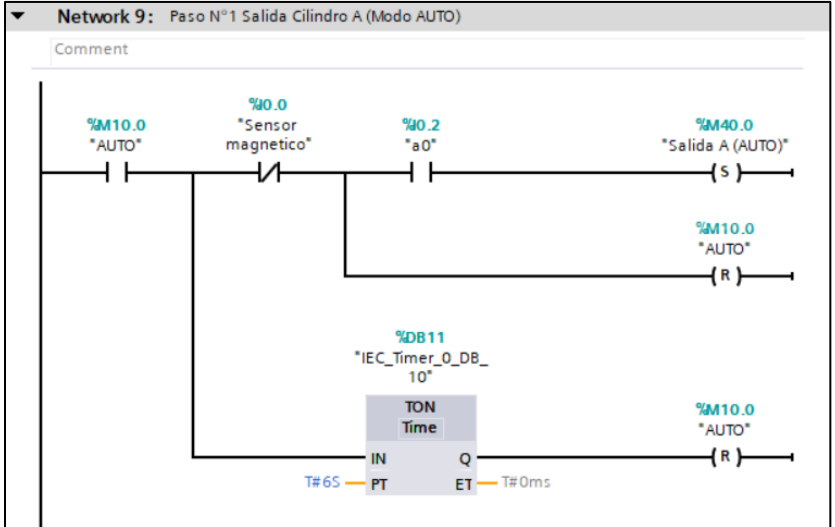


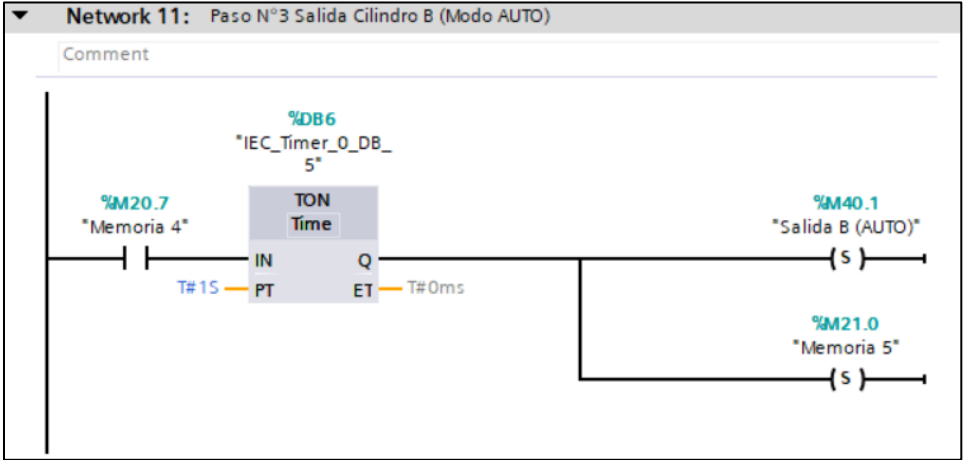
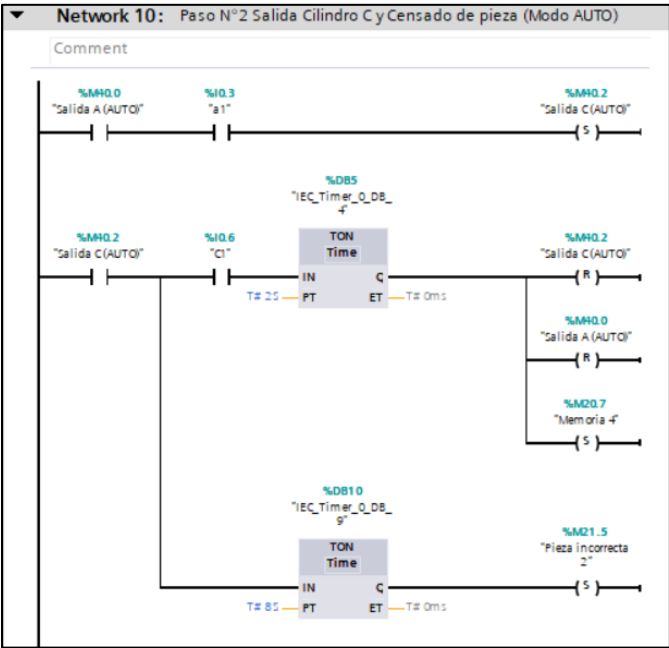


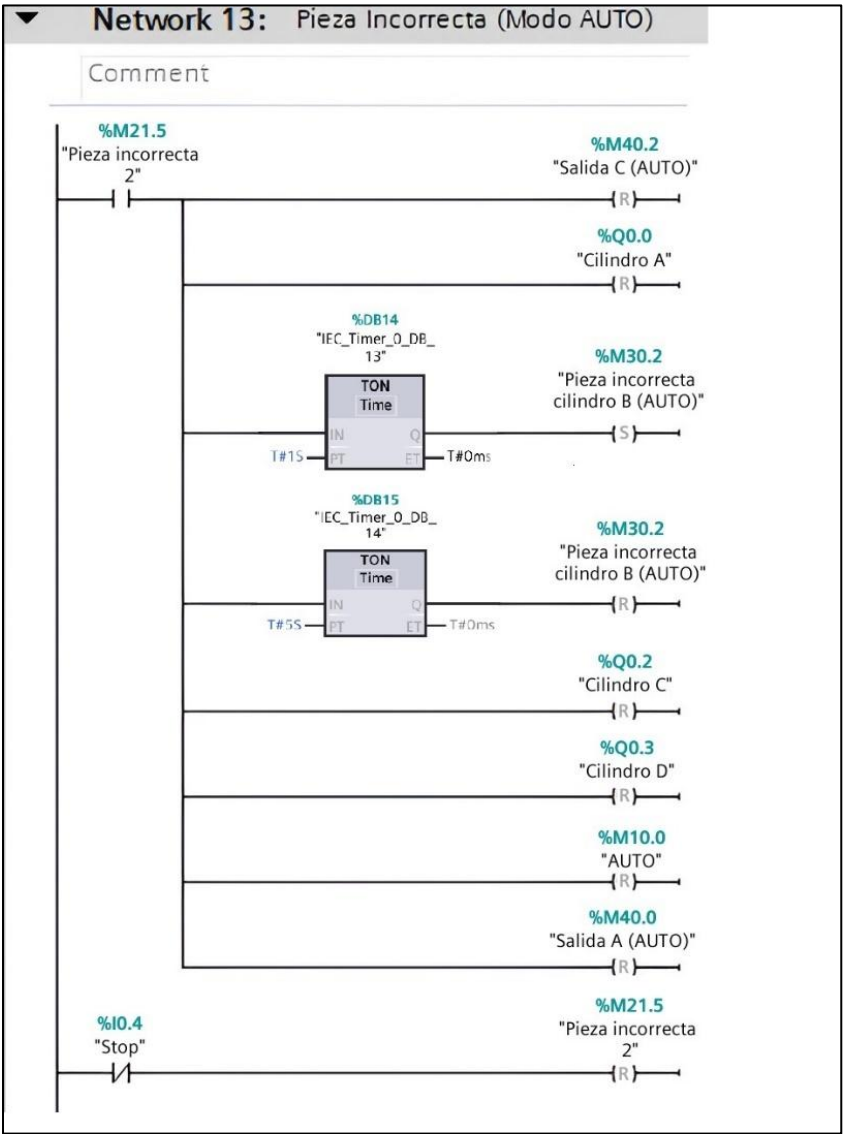
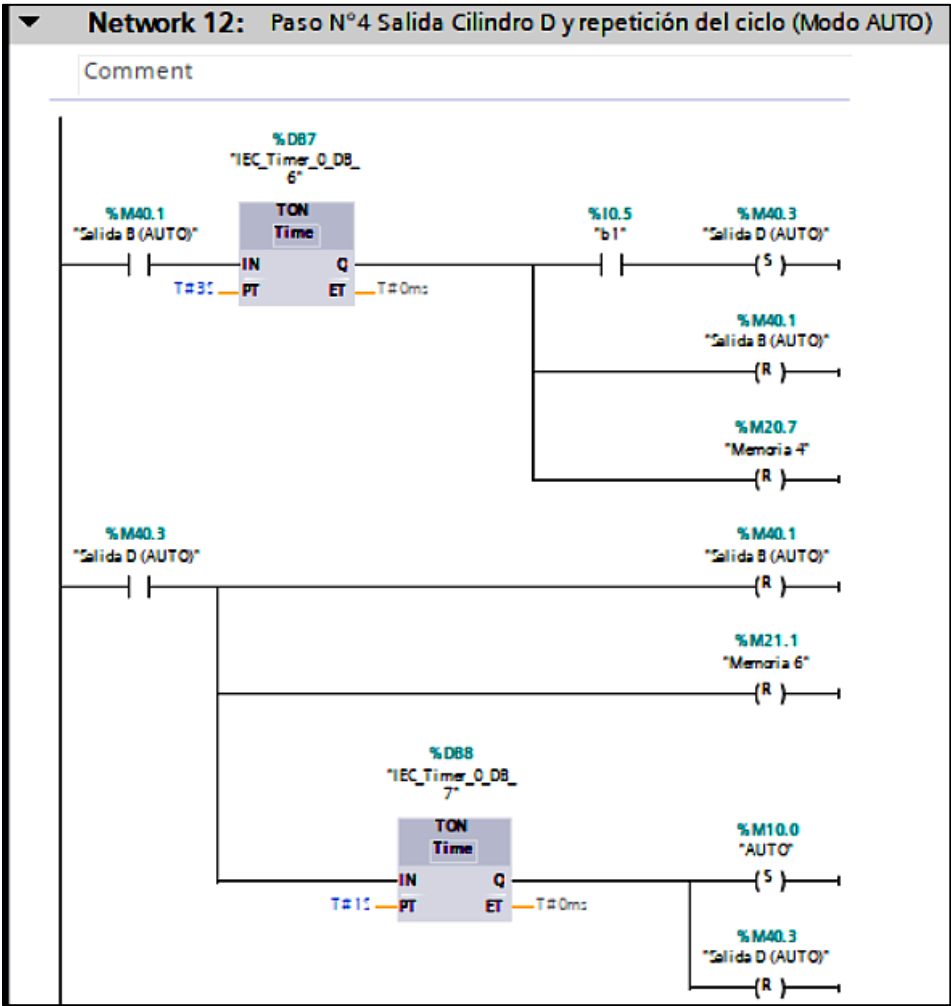
Network 8: Pieza Incorrecta (Modo MANUAL)

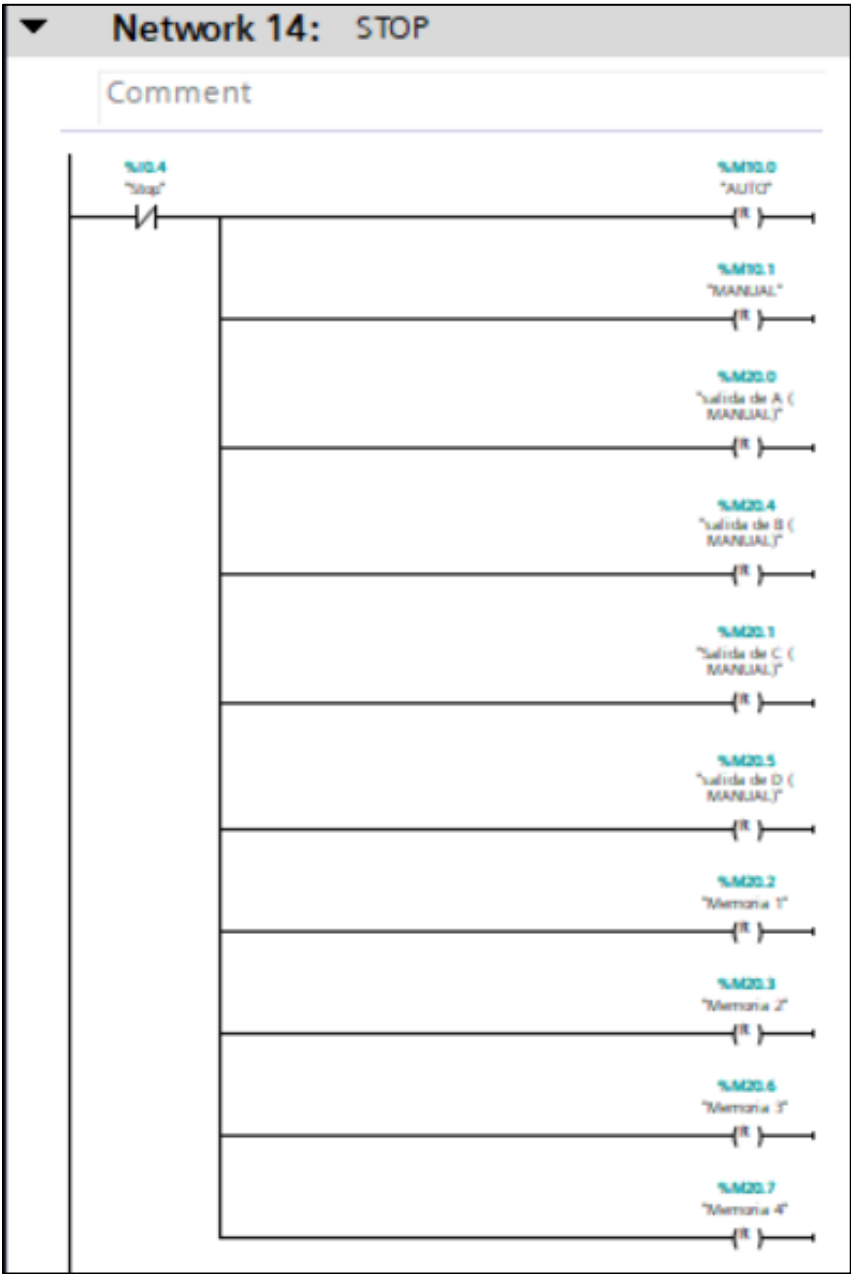


Network 9: Paso N°1 Salida Cilindro A (Modo AUTO)



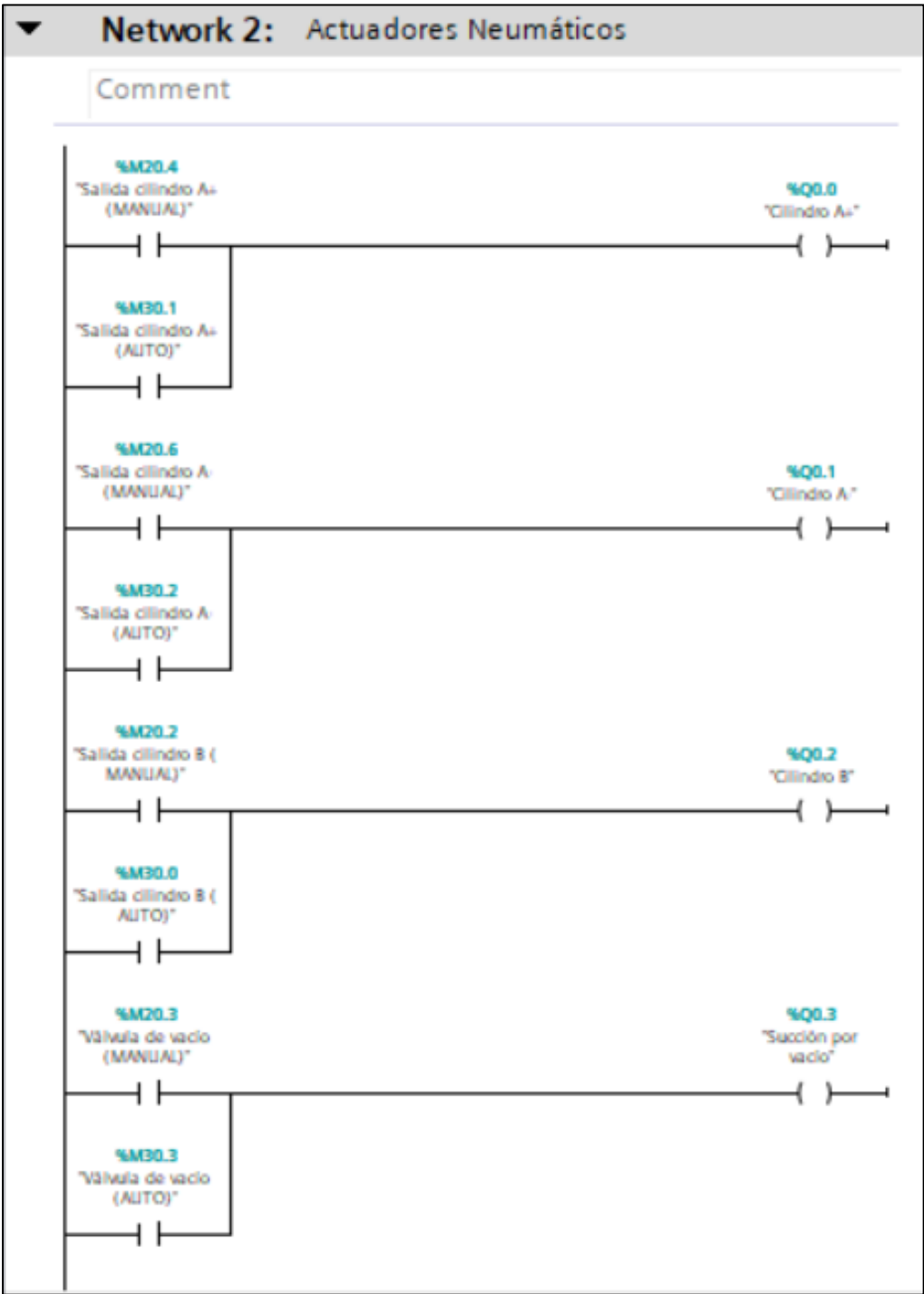
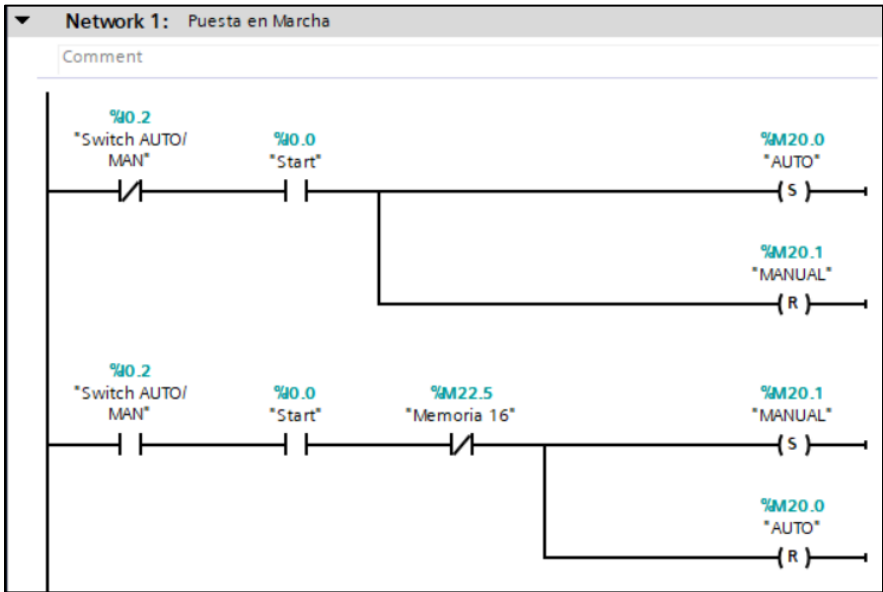


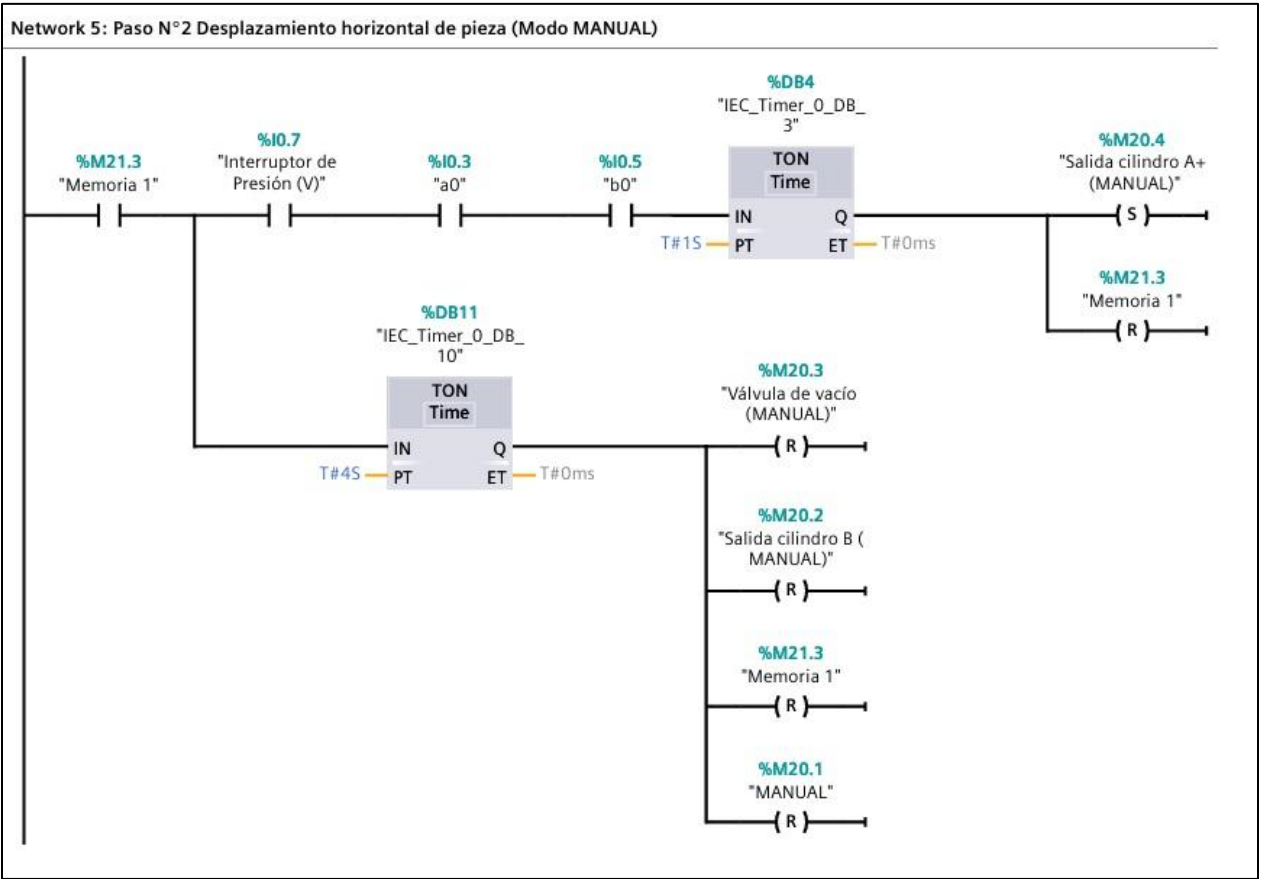
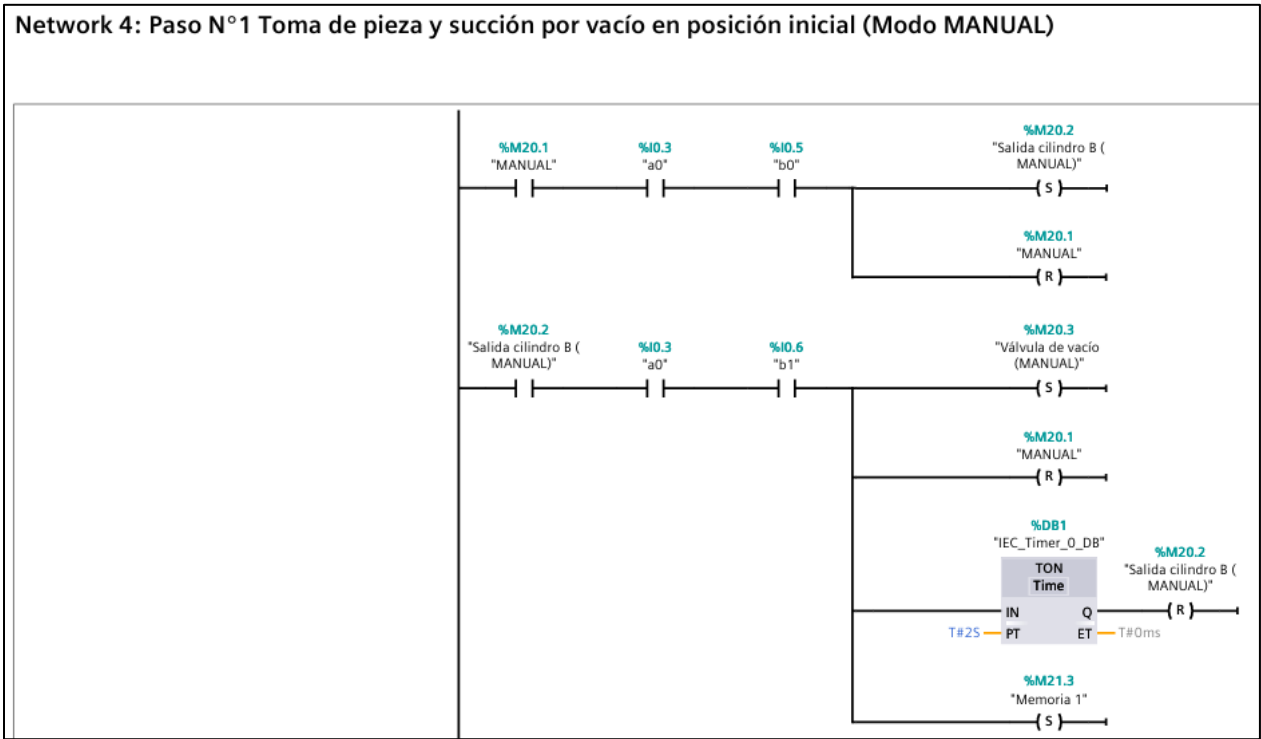


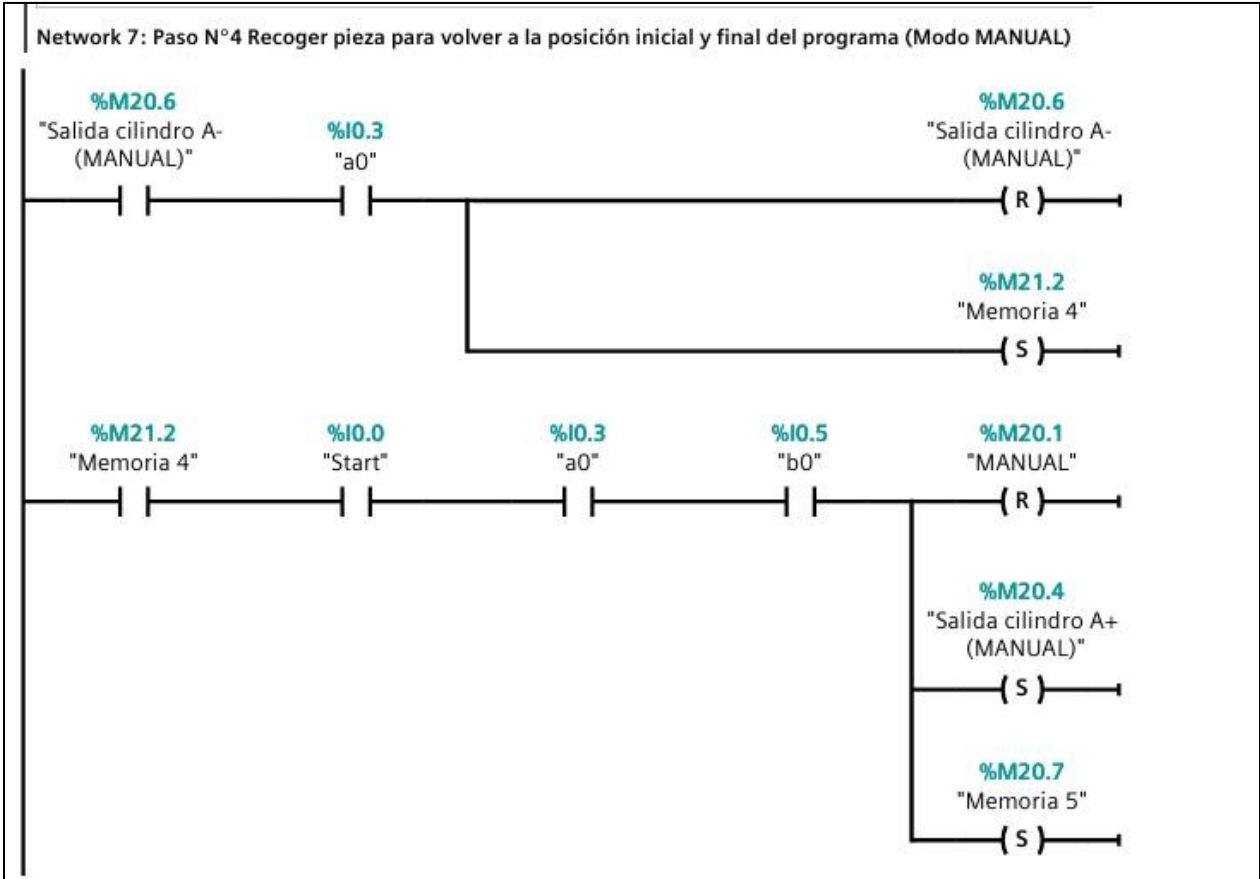
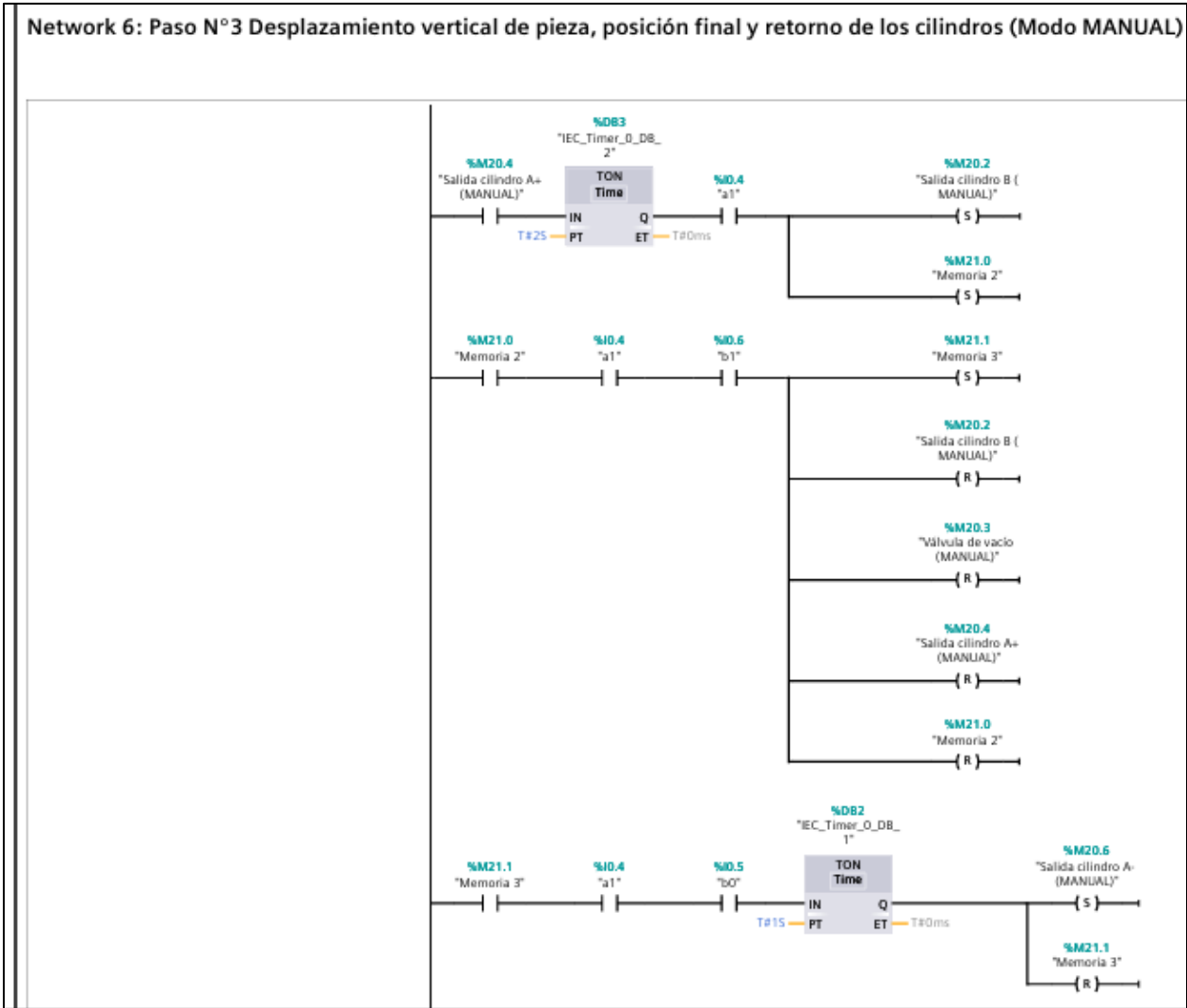


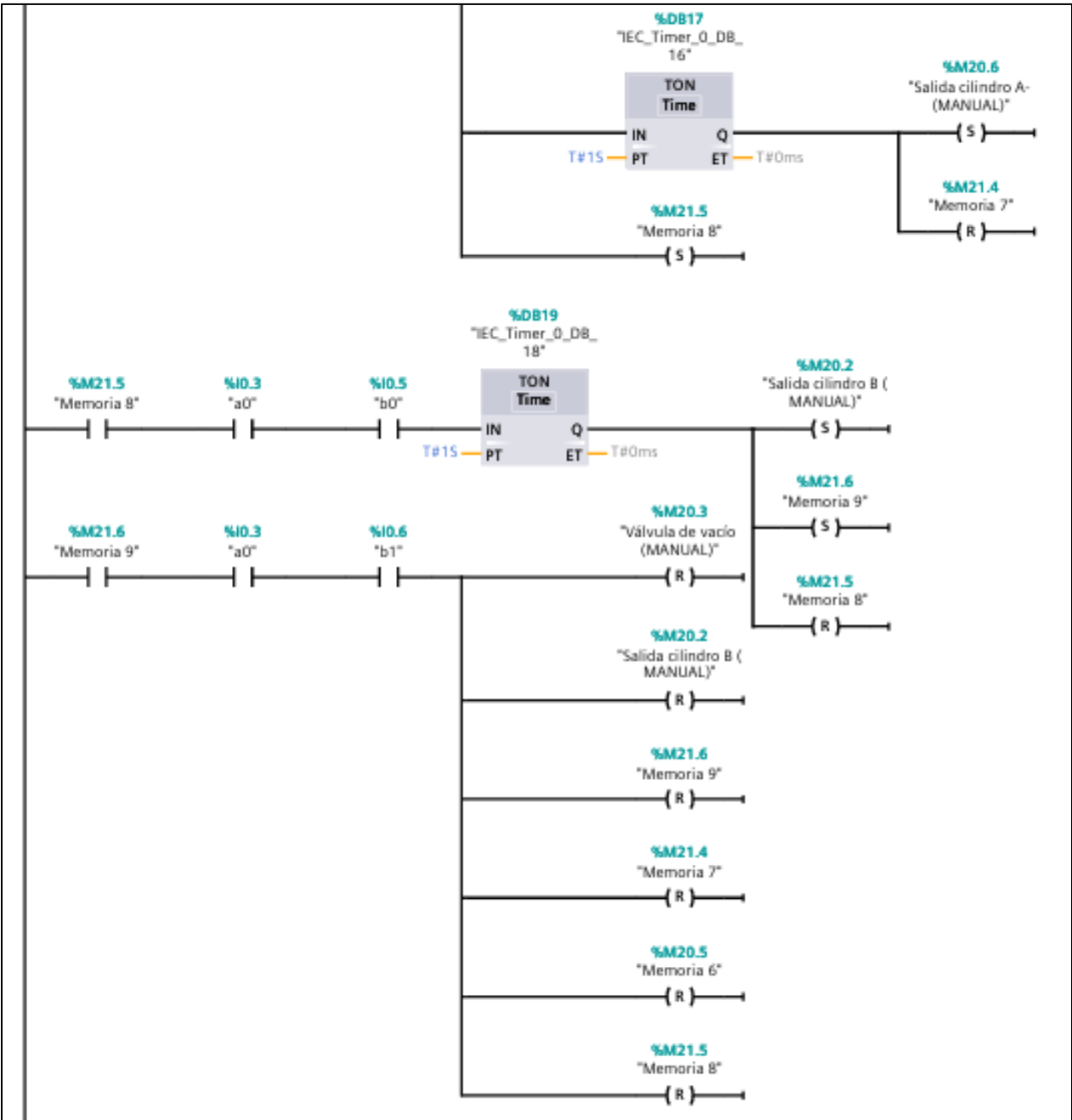
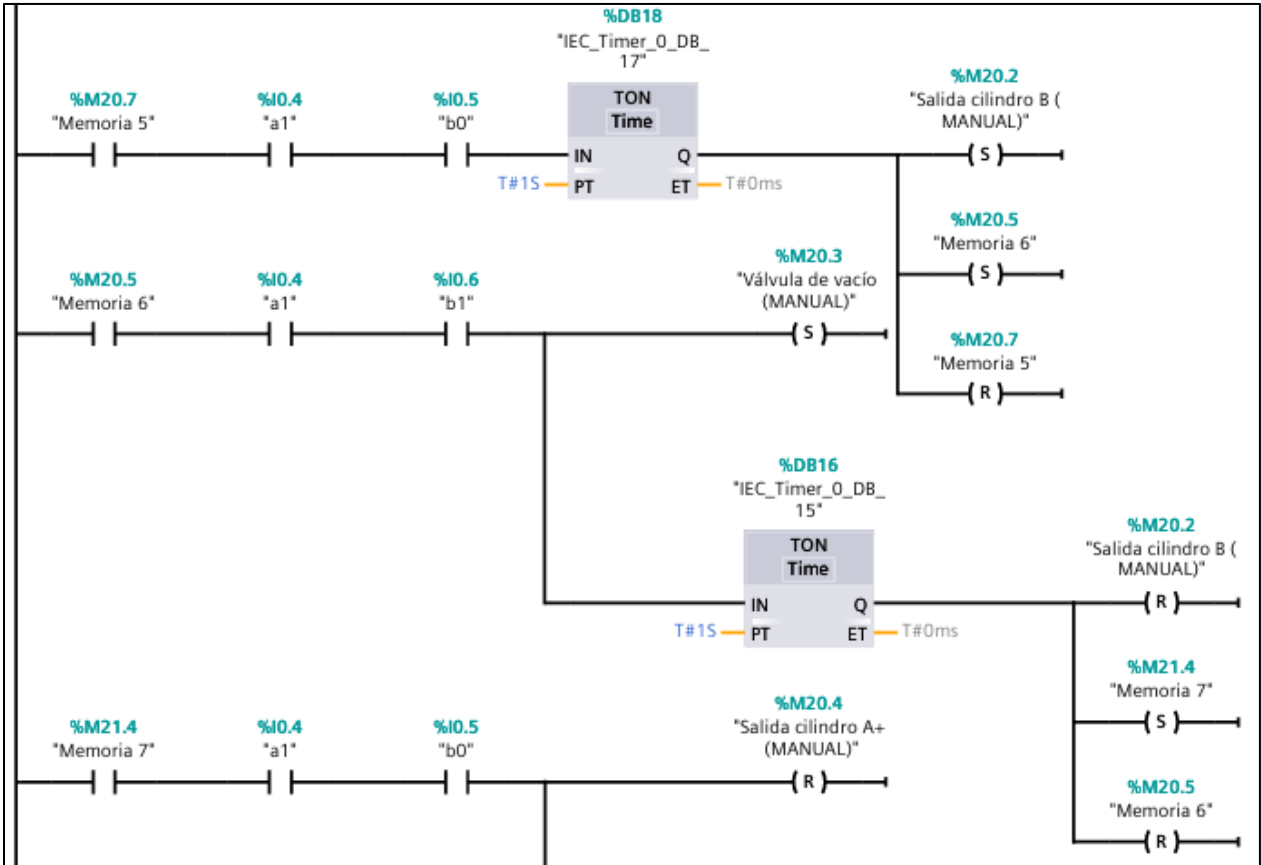
Programación de control guía de laboratorio N°4

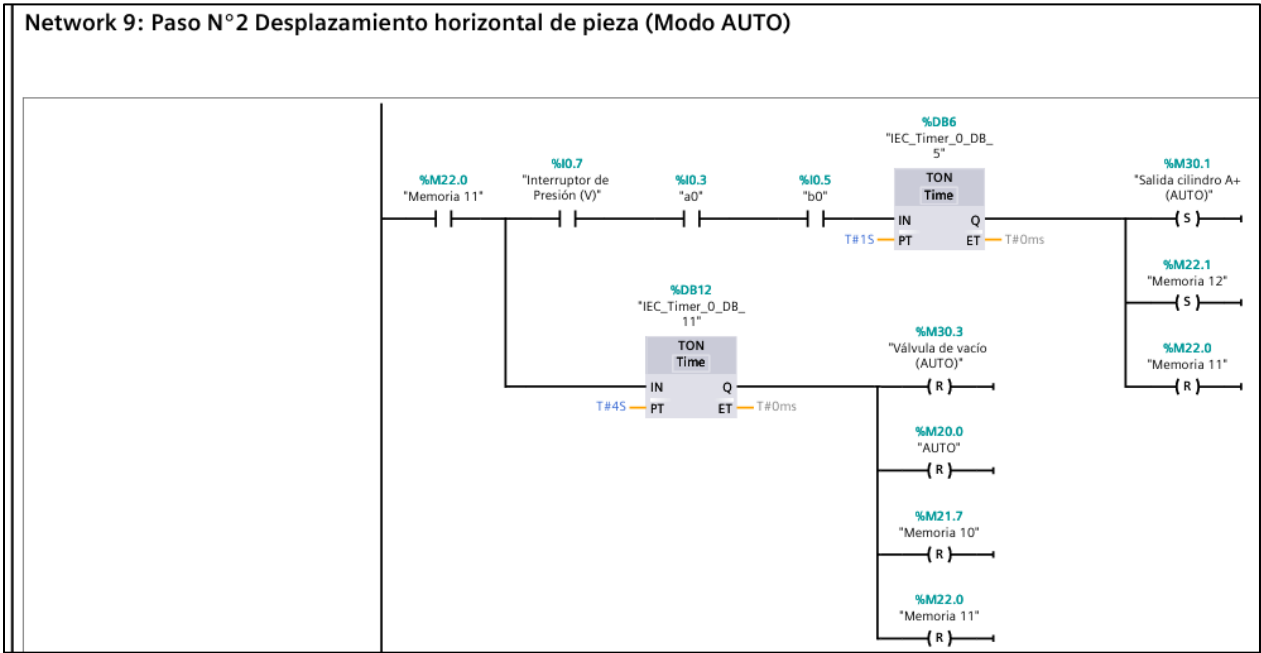
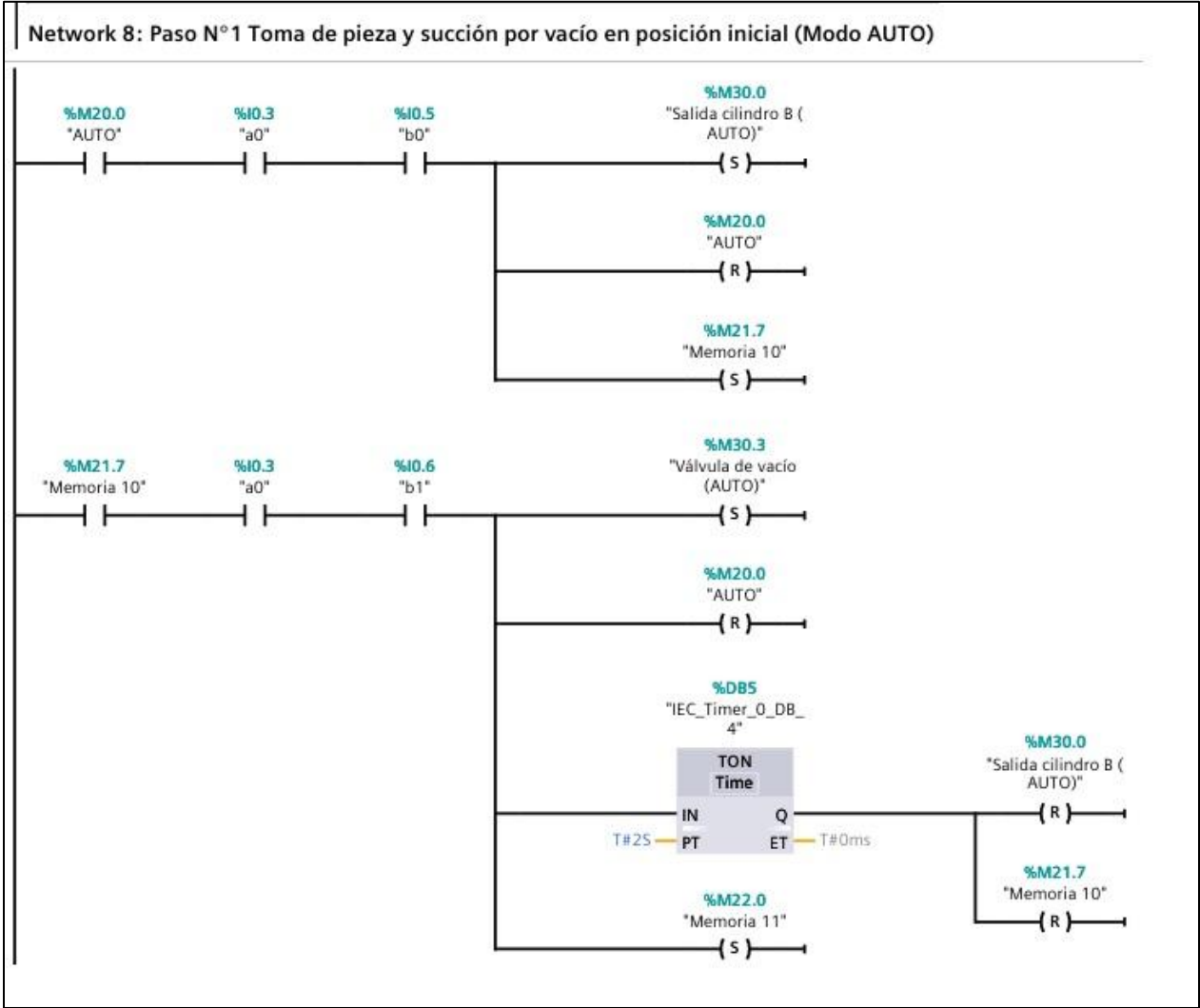
Manipulador de dos ejes con sujeción por vacío

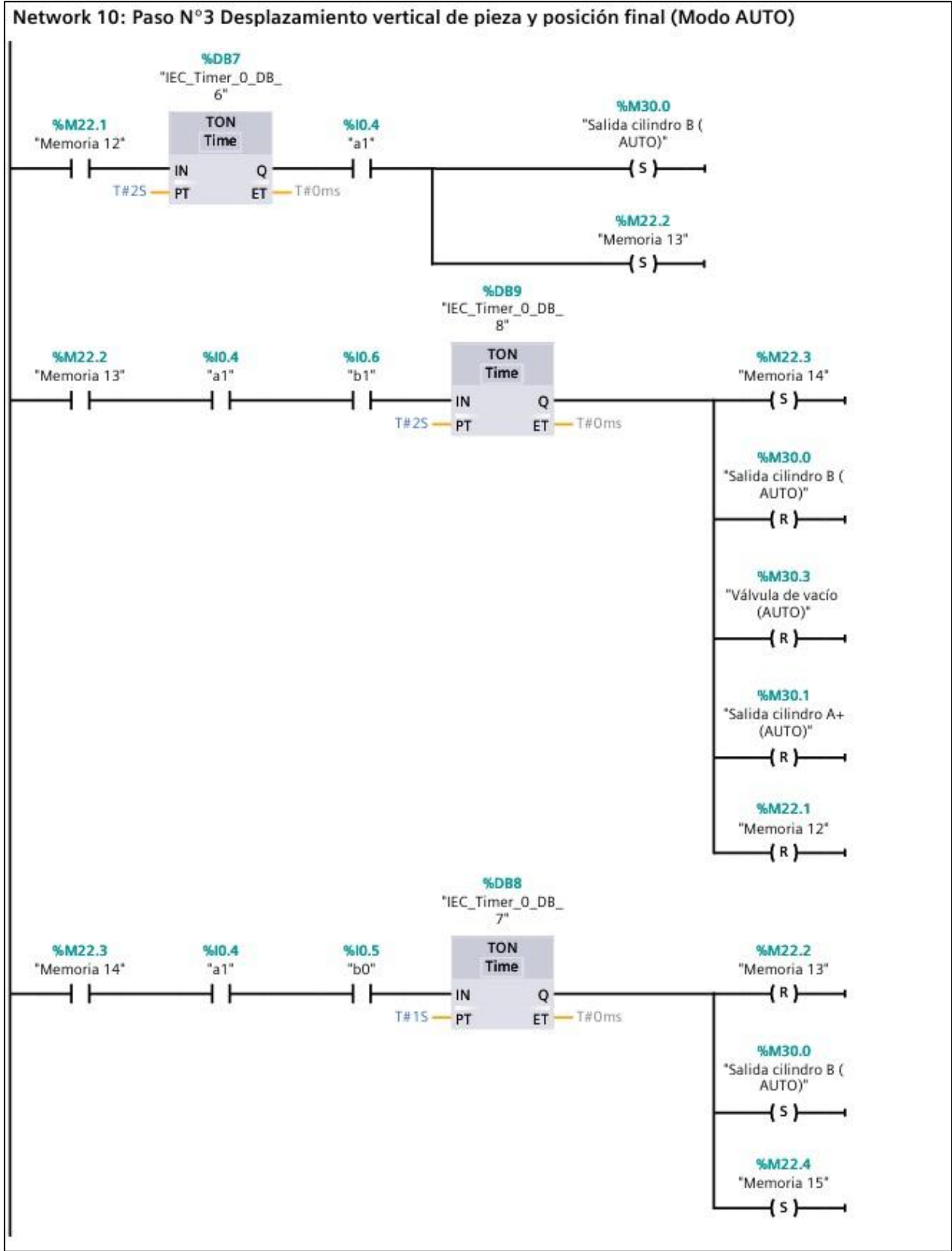


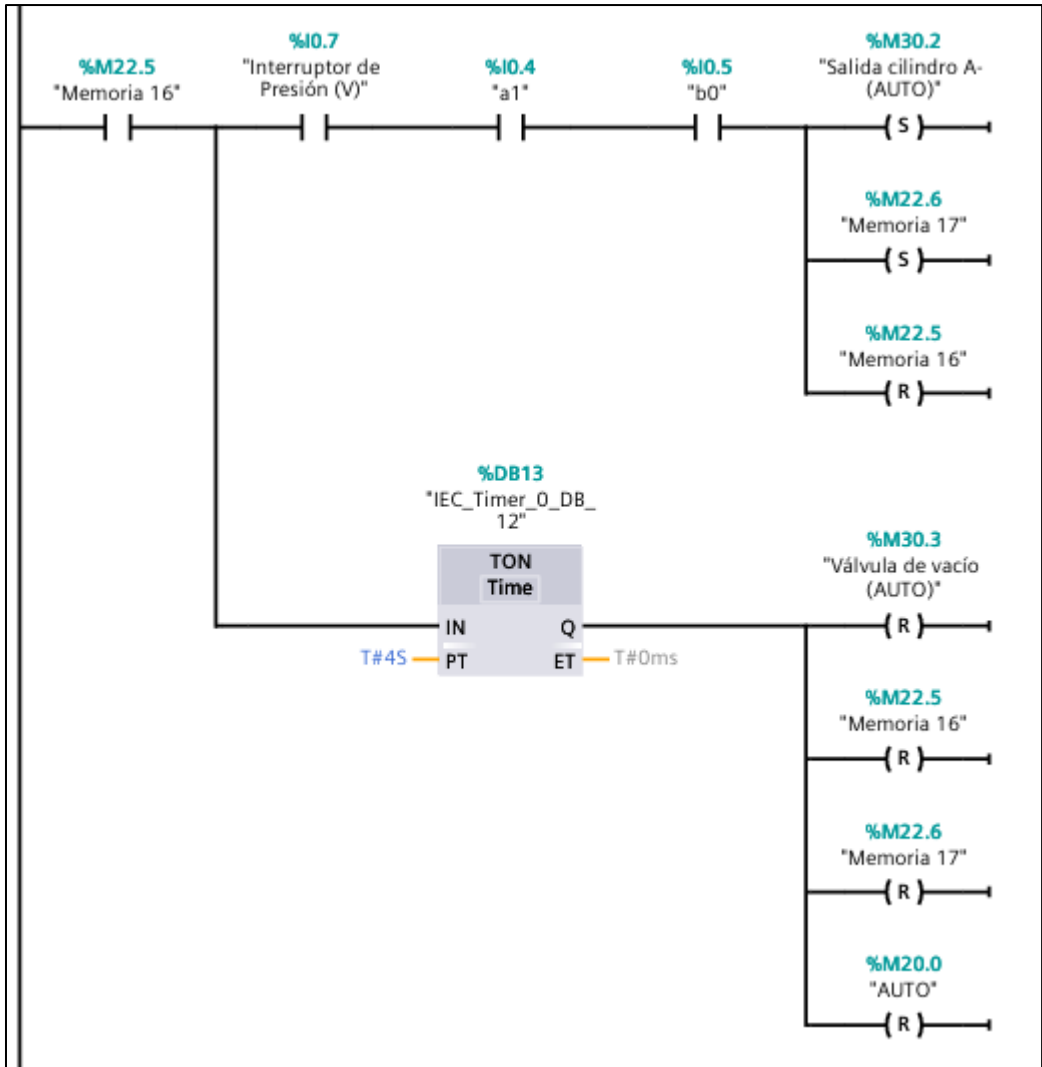
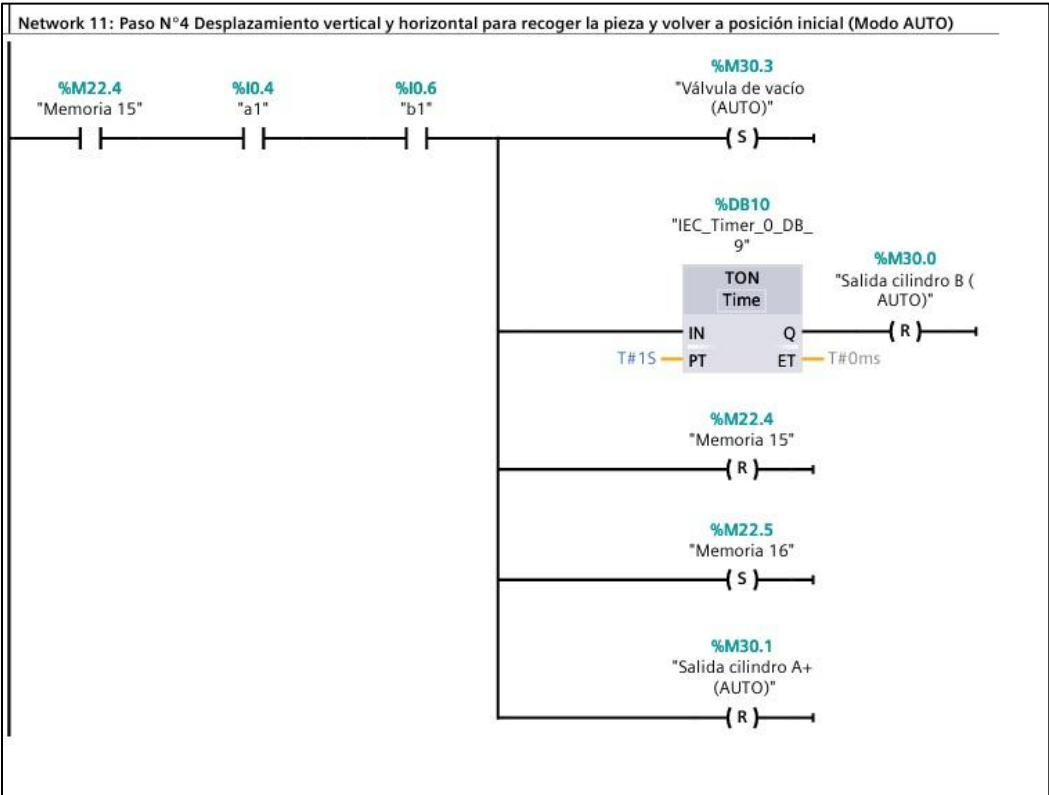




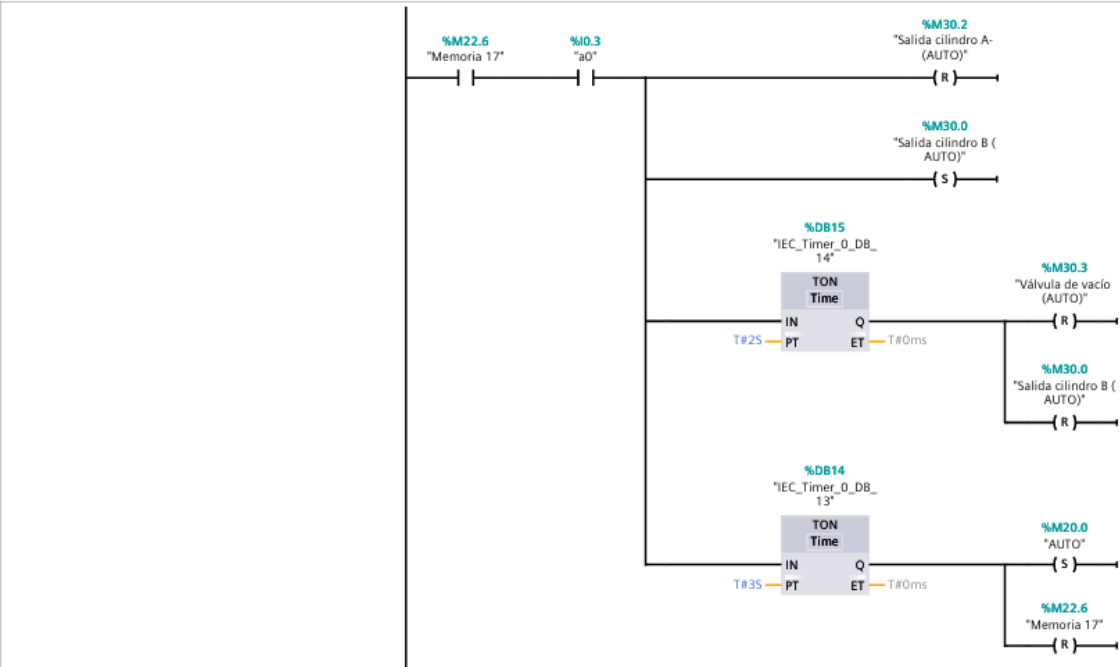








Network 12: Paso N°5 desplazamiento de la pieza para volver a posición inicial y repetición del programa (Modo AUTO)



Network 3: Pausa

