



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL AJUSTE  
DE LA TAPA FRONTAL DE UN ACTUADOR NEUMÁTICO CON SELLO  
OMEGA PARA UN SISTEMA DE MONTAJE DE CILINDROS  
NEUMÁTICOS”.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTOR: ALEXIS FERNANDO CONSTANTE FONSECA**

**DIRECTOR: ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA**

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Alexis Fernando Constante Fonseca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Alexis Fernando Constante Fonseca, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.




Riobamba, 03 de abril de 2024



**Alexis Fernando Constante Fonseca**  
**180529530-8**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL AJUSTE DE LA TAPA FRONTAL DE UN ACTUADOR NEUMÁTICO CON SELLO OMEGA PARA UN SISTEMA DE MONTAJE DE CILINDROS NEUMÁTICOS**”, realizado por el señor: **ALEXIS FERNANDO CONSTANTE FONSECA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2024-04-03
Ing. Marco Antonio Viteri Barrera <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-04-03
Ing. Pablo Eduardo Lozada Yanez <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-04-03

## **DEDICATORIA**

Con gran afecto y admiración, dedico este trabajo a mis padres, Cesar Constante y Germania Fonseca, quienes han sido mi apoyo incondicional y han inculcado en mí los valores de la responsabilidad, humildad y la perseverancia, siendo mi principal impulso en este recorrido académico. A mi hermana Silvana Constante, por ser mi ejemplo a seguir, y a mi abuelita Laura Fonseca, por su cariño y persistente aliento para seguir adelante.

Alexis

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por brindarme la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan significativa en mi desarrollo profesional. También quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización, ya que han desempeñado un papel fundamental en mi formación académica y personal. Agradezco a mis amigos por su constante apoyo y motivación, que siempre han sido un impulso para que continúe esforzándome. Por último, quiero expresar mi gratitud a mi tutor y asesor, quienes, con su conocimiento y paciencia, fueron mis guías fundamentales en la realización de este trabajo.

Alexis

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xx
RESUMEN .....	xxi
SUMMARY .....	xxii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Sistematización del problema .....	3
1.4 Justificación.....	3
1.4.1 <i>Justificación teórica</i> .....	3
1.4.2 <i>Justificación aplicativa</i> .....	3
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 <i>Objetivo general</i> .....	5
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Automatización industrial.....	6
2.1.1 <i>El ciclo del proceso de manufactura</i> .....	6
2.1.2 <i>Automatización de líneas de ensamblaje</i> .....	7
2.1.3 <i>Control de calidad en líneas automatizadas</i> .....	8

2.2	<b>Fabricación automatizada</b> .....	9
2.3	<b>Robótica</b> .....	10
2.3.1	<i>Robótica industrial</i> .....	10
2.4	<b>Módulo didáctico</b> .....	11
2.4.1	<i>Línea de producción</i> .....	11
2.5	<b>Automatización modular</b> .....	12
2.6	<b>Montaje de cilindros neumáticos</b> .....	13
2.6.1	<i>Eje central fijo</i> .....	13
2.6.2	<i>Desplazamiento fijo</i> .....	13
2.6.3	<i>Pivote fijo</i> .....	14
2.6.4	<i>Selección de estilos de montaje de cilindros</i> .....	14
2.7	<b>Componentes hardware</b> .....	15
2.7.1	<i>Actuadores neumáticos</i> .....	16
2.8	<b>Electroválvulas</b> .....	16
2.8.1	<i>Electroválvulas de mando directo</i> .....	17
2.8.2	<i>Electroválvulas auto pilotadas</i> .....	17
2.8.3	<i>Válvulas neumáticas</i> .....	18
2.8.4	<i>Válvulas motorizadas</i> .....	18
2.9	<b>Cilindros hidráulicos</b> .....	19
2.9.1	<i>Cilindro hidráulico de simple acción</i> .....	19
2.9.2	<i>Cilindro hidráulico de doble acción</i> .....	20
2.10	<b>Cilindros neumáticos</b> .....	20
2.10.1	<i>Cilindros neumáticos de simple efecto</i> .....	20
2.10.2	<i>Cilindros neumáticos de doble efecto</i> .....	21
2.11	<b>Condiciones de utilización y normas validas en la neumática</b> .....	21
2.12	<b>Manipuladores neumáticos</b> .....	22
2.13	<b>Pick and place de 2 ejes</b> .....	23
2.14	<b>Banda transportadora</b> .....	24
2.14.1	<i>Módulo de segmento de banda transportadora</i> .....	25



<b>2.15</b>	<b>Tipos de motores eléctricos</b> .....	25
<b>2.16</b>	<b>Actuadores eléctricos</b> .....	27
<b>2.16.1</b>	<i>Sensores</i> .....	27
<b>2.17</b>	<b>Controladores</b> .....	28
<b>2.18</b>	<b>PLC</b> .....	28
<b>2.18.1</b>	<i>Marcas de PLC</i> .....	29
<b>2.18.1.1</b>	<i>WECON</i> .....	29
<b>2.18.1.2</b>	<i>Siemens</i> .....	30
<b>2.18.1.3</b>	<i>Schneider</i> .....	30
<b>2.18.2</b>	<i>Partes de un PLC</i> .....	31
<b>2.18.3</b>	<i>Programación de PLC</i> .....	32
<b>2.18.4</b>	<i>Lenguaje de programación de los PLCs</i> .....	32
<b>2.18.4.1</b>	<i>Lenguajes de bajo nivel</i> .....	32
<b>2.18.4.2</b>	<i>Lenguajes gráficos o de alto nivel</i> .....	33
<b>2.19</b>	<b>Protocolos de comunicación</b> .....	34
<b>2.19.1</b>	<i>Modbus</i> .....	34
<b>2.19.2</b>	<i>Profinet</i> .....	34
<b>2.19.3</b>	<i>Profibus</i> .....	35
<b>2.20</b>	<b>Sistemas de control</b> .....	35
<b>2.20.1</b>	<i>Lazo abierto</i> .....	35
<b>2.20.2</b>	<i>Lazo cerrado</i> .....	36
<b>2.21</b>	<b>Pulsadores</b> .....	36
<b>2.22</b>	<b>Sello Omega</b> .....	37

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	39
<b>3.1</b>	<b>Metodología</b> .....	39
<b>3.1.1</b>	<i>Método científico</i> .....	39

3.1.2	<i>Método experimental</i> .....	39
3.1.3	<i>Método cuantitativo</i> .....	39
3.2	<b>Requerimientos</b> .....	39
3.2.1	<i>Requerimientos generales</i> .....	40
3.2.2	<i>Requerimientos del proceso</i> .....	41
3.3	<b>Concepción general del proceso</b> .....	41
3.4	<b>Selección de elementos hardware</b> .....	42
3.4.1	<i>Selección del PLC</i> .....	42
3.4.2	<i>Selección del motor para la banda transportadora</i> .....	43
3.4.3	<i>Selección de sensores</i> .....	44
3.4.4	<i>Selección de cilindros</i> .....	45
3.4.5	<i>Selección de banda</i> .....	46
3.5	<b>Elementos Hardware</b> .....	47
3.5.1	<i>PLC Wecon LX5S-1616MR2H</i> .....	47
3.5.1.1	<i>Partes del PLC Wecon LX5S-1616MR2H</i> .....	47
3.5.1.2	<i>Dimensiones del PLC Wecon LS5X-1616MR2H</i> .....	49
3.5.2	<i>Bloque de terminales DB37-MG6</i> .....	50
3.5.2.1	<i>Dimensiones del bloque de terminales DB37-MG6</i> .....	50
3.5.3	<i>Cable DB37</i> .....	51
3.5.4	<i>Bloque de terminales DB15-D-M</i> .....	52
3.5.4.1	<i>Dimensiones del bloque de terminales DB15-D-M</i> .....	52
3.5.5	<i>Cable DB15</i> .....	53
3.5.6	<i>Bloque de terminales de sensor de 4 posiciones</i> .....	53
3.5.7	<i>Sensor inductivo de proximidad LJ6A3-1-PI</i> .....	54
3.5.8	<i>Sensor magnético CS1-J</i> .....	55
3.5.9	<i>Motor reductor DC 5840-31ZY</i> .....	57
3.5.9.1	<i>Dimensiones del motor reductor DC 5840-31ZY</i> .....	57
3.5.10	<i>Driver TB6600</i> .....	58
3.5.10.1	<i>Partes del Driver TB6600</i> .....	59

3.5.10.2	<i>Dimensiones del Driver TB6600</i> .....	59
3.5.11	<i>Válvula neumática SY5120-5LZD-01</i> .....	60
3.5.12	<i>Etapa de rotación RTS9060</i> .....	61
3.5.12.1	<i>Especificaciones de la etapa de rotación RTS9060</i> .....	62
3.5.12.2	<i>Dimensiones de la etapa de rotación RTS9060</i> .....	62
3.5.13	<i>Mesa para los sellos omega</i> .....	63
3.5.14	<i>Fuente de alimentación TPS-2405</i> .....	64
3.5.15	<i>Borneras de conexión</i> .....	65
3.5.16	<i>Breaker EBS6BN</i> .....	65
3.5.17	<i>Pick and place de 2 ejes</i> .....	66
3.5.17.1	<i>Cilindro neumático TN20X175S</i> .....	67
3.5.17.2	<i>Dimensiones del cilindro neumático TN20X175S</i> .....	68
3.5.18	<i>Válvula reguladora de presión</i> .....	69
3.5.19	<i>Caja de selector y pulsadores</i> .....	69
3.5.20	<i>Riel</i> .....	70
3.5.21	<i>Banda transportadora</i> .....	70
3.5.21.1	<i>Polea de banda transportadora</i> .....	71
3.6	<b>Diseño eléctrico del módulo didáctico</b> .....	71
3.6.1	<i>Consumo de corriente total del módulo</i> .....	72
3.6.2	<i>Dimensionamiento del cable conductor</i> .....	72
3.6.3	<i>Diagrama de conexiones del tablero de control</i> .....	73
3.6.3.1	<i>Ensamblaje físico del tablero de control</i> .....	73
3.6.4	<i>Diagrama de conexiones del módulo de válvulas y sensores</i> .....	74
3.6.4.1	<i>Ensamblaje físico del módulo de válvulas</i> .....	74
3.6.4.2	<i>Diagrama neumático</i> .....	74
3.6.5	<i>Diagrama de conexiones del motor paso a paso</i> .....	75
3.7	<b>Estructura del módulo didáctico en SolidWorks</b> .....	75
3.7.1	<i>Diseño de la estructura de la banda transportadora</i> .....	76
3.7.1.1	<i>Dimensiones de la banda transportadora</i> .....	76

3.7.1.2	<i>Diseño de la estructura de la botonera y placas de soporte</i> .....	77
3.7.2	<i>Diseño de la estructura de la etapa de sellado</i> .....	78
3.7.2.1	<i>Dimensiones de la etapa de sellado</i> .....	79
3.7.2.2	<i>Diseño y dimensiones de la mesa para sellos omega</i> .....	80
3.7.3	<i>Diseño y dimensiones del sello omega</i> .....	81
3.7.4	<i>Diseño y dimensiones del pallet</i> .....	81
3.7.5	<i>Diseño y dimensiones del tablero de mando</i> .....	82
3.7.6	<i>Esquema de la estructura completa del módulo didáctico</i> .....	83
3.8	<b>Implementación completa del módulo didáctico</b> .....	84
3.9	<b>Estructura de programación y configuración del módulo didáctico</b> .....	84
3.9.1	<i>Entradas y salidas</i> .....	84
3.9.2	<i>Diagrama de flujo del funcionamiento del modulo didactico</i> .....	85
3.9.3	<i>Diagrama grafcet</i> .....	86
3.9.4	<i>Obtención de ecuaciones</i> .....	86
3.10	<b>Programación para el PLC Wecon</b> .....	87
3.10.1	<i>Wecon PLC editor 2</i> .....	87
3.10.2	<i>Programación de la etapa rotativa RTS9060</i> .....	88
3.11	<b>Diseño HMI</b> .....	89
3.11.1	<i>Pantalla principal</i> .....	89
3.11.2	<i>Pantalla del módulo de sellado</i> .....	90

## CAPÍTULO IV

4.	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	91
4.1	<b>Metodología de las pruebas</b> .....	91
4.2	<b>Pruebas de validación</b> .....	92
4.2.1	<i>Pruebas de validación de los sensores inductivos</i> .....	92
4.2.2	<i>Pruebas de validación de los sensores magnéticos CS1-J</i> .....	94
4.2.3	<i>Pruebas de validación de la banda transportadora</i> .....	95

<b>4.2.4</b>	<b><i>Pruebas de validación de los actuadores neumáticos del pick and place</i></b> .....	97
<b>4.2.5</b>	<b><i>Pruebas de validación del ensamblaje de sellos omega</i></b> .....	99
<b>4.2.5.1</b>	<b><i>Pruebas de repetibilidad del ensamblaje de sellos omega</i></b> .....	101
<b>4.2.6</b>	<b><i>Pruebas de validación de ensamblaje total del módulo didáctico</i></b> .....	101
<b>4.2.6.1</b>	<b><i>Pruebas de repetibilidad del ensamblaje total del módulo didáctico</i></b> .....	103
<b>4.3</b>	<b>Análisis de costos</b> .....	104

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	106
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones</b> .....	106
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	107

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b>	Comparación entre distintos PLCs .....	42
<b>Tabla 3-2:</b>	Comparaciones entre diferentes tipos de motores .....	43
<b>Tabla 3-3:</b>	Comparación entre distintos sensores.....	44
<b>Tabla 3-4:</b>	Comparación entre dos tipos de cilindros.....	45
<b>Tabla 3-5:</b>	Comparación de diferentes tipos de bandas transportadoras .....	46
<b>Tabla 3-6:</b>	Partes del PLC WECON LS5X-1616MR2H.....	48
<b>Tabla 3-7:</b>	Características del PLC WECON LS5X-1616MR2H.....	49
<b>Tabla 3-8:</b>	Características técnicas del bloque de terminales DB37-MG6 .....	51
<b>Tabla 3-9:</b>	Características técnicas del bloque de terminales DB15-D-M.....	53
<b>Tabla 3-10:</b>	Características técnicas del bloque de terminales de sensor de 4 posiciones .....	54
<b>Tabla 3-11:</b>	Características técnicas del sensor inductivo de proximidad .....	55
<b>Tabla 3-12:</b>	Características técnicas del sensor magnético CS1-J .....	56
<b>Tabla 3-13:</b>	Características técnicas del motor reductor DC 5840-31ZY.....	58
<b>Tabla 3-14:</b>	Características técnicas del Driver TB6600 .....	60
<b>Tabla 3-15:</b>	Características técnicas de la válvula neumática SY5120-5LZD-01 .....	61
<b>Tabla 3-16:</b>	Características técnicas de la etapa rotativa RTS9060 .....	63
<b>Tabla 3-17:</b>	Características técnicas de la mesa para sellos omega .....	64
<b>Tabla 3-18:</b>	Características técnicas de la fuente de alimentación.....	65
<b>Tabla 3-19:</b>	Características técnicas del breaker EBS6BN .....	66
<b>Tabla 3-20:</b>	Dimensiones del cilindro neumático TN20X175S.....	68
<b>Tabla 3-21:</b>	Características técnicas del cilindro neumático TN20X175S .....	68
<b>Tabla 3-22:</b>	Características técnicas de la botonera .....	70
<b>Tabla 3-23:</b>	Consumo de corriente de los componentes del circuito .....	72
<b>Tabla 3-24:</b>	Estándar AWG para calibre de cable, con su respectiva corriente máxima .....	72
<b>Tabla 3-25:</b>	Componentes para el soporte de la banda transportadora .....	77
<b>Tabla 3-26:</b>	Componentes para el soporte de la etapa de sellado.....	79
<b>Tabla 3-27:</b>	Componentes para el soporte de la etapa de sellado.....	80
<b>Tabla 3-28:</b>	Componentes para el soporte de los sellos omega .....	81
<b>Tabla 3-29:</b>	Componentes para el soporte del tablero de mando .....	83
<b>Tabla 3-30:</b>	Descripción de las entradas y salidas utilizadas .....	84
<b>Tabla 3-31:</b>	Obtención de las ecuaciones.....	86
<b>Tabla 4-1:</b>	Distancia de detección de sensores inductivos .....	93
<b>Tabla 4-2:</b>	Distancia de detección de sensores magnéticos .....	94

<b>Tabla 4-3:</b> Tiempos de funcionamiento de la banda transportadora .....	96
<b>Tabla 4-4:</b> Prueba de normalidad .....	97
<b>Tabla 4-5:</b> Pruebas de funcionamiento de los actuadores A y B.....	97
<b>Tabla 4-6:</b> Pruebas de normalidad .....	98
<b>Tabla 4-7:</b> Tiempos de ensamblaje del sello omega .....	99
<b>Tabla 4-8:</b> Prueba de normalidad .....	101
<b>Tabla 4-9:</b> Pruebas de coeficiente de variación del ensamblaje de sellos omega .....	101
<b>Tabla 4-10:</b> Tiempos de ensamblaje total del módulo didáctico.....	102
<b>Tabla 4-11:</b> Prueba de normalidad .....	103
<b>Tabla 4-12:</b> Pruebas de coeficiente de variación del ensamblaje total.....	104
<b>Tabla 4-13:</b> Costos del módulo de sellado .....	104

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b> Maqueta tentativa del módulo propuesto por el tesista.....	4
<b>Ilustración 2-1:</b> Campos de la mecatrónica .....	6
<b>Ilustración 2-2:</b> Ciclo básico de la manufactura .....	7
<b>Ilustración 2-3:</b> Mapa conceptual de la automatización general .....	7
<b>Ilustración 2-4:</b> Control y proceso de ensamble de un auto .....	8
<b>Ilustración 2-5:</b> Línea de procesos automatizada .....	9
<b>Ilustración 2-6:</b> Línea de procesos automatizada en forma didáctica.....	11
<b>Ilustración 2-7:</b> Fases de la automatización modular .....	12
<b>Ilustración 2-8:</b> Identificación de módulos en automatización modular .....	13
<b>Ilustración 2-9:</b> Identificación de módulos en automatización modular .....	13
<b>Ilustración 2-10:</b> Identificación de módulos en automatización modular .....	14
<b>Ilustración 2-11:</b> Identificación de módulos en automatización modular .....	14
<b>Ilustración 2-12:</b> Componentes hardware.....	15
<b>Ilustración 2-13:</b> Actuadores Neumáticos .....	16
<b>Ilustración 2-14:</b> Electroválvulas.....	16
<b>Ilustración 2-15:</b> Electroválvula de mando directo .....	17
<b>Ilustración 2-16:</b> E. Auto pilotada .....	17
<b>Ilustración 2-17:</b> Válvula neumática .....	18
<b>Ilustración 2-18:</b> Válvula motorizada.....	18
<b>Ilustración 2-19:</b> Cilindro hidráulico partes .....	19
<b>Ilustración 2-20:</b> Sección de un cilindro hidráulico simple acción .....	19
<b>Ilustración 2-21:</b> Cilindro hidráulico doble acción.....	20
<b>Ilustración 2-22:</b> Cilindro neumático esquema.....	20
<b>Ilustración 2-23:</b> C.N. Simple acción .....	21
<b>Ilustración 2-24:</b> C.N. Doble Efecto.....	21
<b>Ilustración 2-25:</b> Manipulador neumático Dalmec.....	23
<b>Ilustración 2-26:</b> Esquema de pick and place de dos ejes .....	23



<b>Ilustración 2-27:</b> Bandas transportadoras industriales.....	25
<b>Ilustración 2-28:</b> Tipos de motores eléctricos .....	26
<b>Ilustración 2-29:</b> Actuadores eléctricos .....	28
<b>Ilustración 2-30:</b> PLC fotografía (Schneider).....	29
<b>Ilustración 2-31:</b> Partes de un PLC básico .....	32
<b>Ilustración 2-32:</b> Ejemplo de lazo abierto y cerrado .....	36
<b>Ilustración 2-33:</b> Pulsadores eléctricos.....	37
<b>Ilustración 2-34:</b> Sello Omega de precisión .....	38
<b>Ilustración 3-1:</b> Concepción del proceso .....	41
<b>Ilustración 3-2:</b> PLC Wecon LX5S-1616MR2H.....	47
<b>Ilustración 3-3:</b> Partes del PLC Wecon LS5X-1616MR2H .....	48
<b>Ilustración 3-4:</b> Dimensiones del PLC Wecon LS5X-1616MR2H .....	49
<b>Ilustración 3-5:</b> Bloque de terminales DB37-MG6 .....	50
<b>Ilustración 3-6:</b> Dimensiones del bloque de terminales DB37-MG6 .....	50
<b>Ilustración 3-7:</b> Cable DB37.....	51
<b>Ilustración 3-8:</b> Bloque de terminales DB15-D-M.....	52
<b>Ilustración 3-9:</b> Dimensiones del bloque de terminales DB15-D-M.....	52
<b>Ilustración 3-10:</b> Cable DB15.....	53
<b>Ilustración 3-11:</b> Bloque de terminales de sensor de 4 posiciones .....	54
<b>Ilustración 3-12:</b> Sensor inductivo de proximidad LJ6A3-1-P1.....	55
<b>Ilustración 3-13:</b> Sensor magnético CS1-J .....	56
<b>Ilustración 3-14:</b> Motor DC 5840-31ZY .....	57
<b>Ilustración 3-15:</b> Motor DC 5840-31ZY .....	57
<b>Ilustración 3-16:</b> Driver TB6600.....	58
<b>Ilustración 3-17:</b> Partes del Driver TB6600 .....	59
<b>Ilustración 3-18:</b> Dimensiones del Driver TB6600 .....	59
<b>Ilustración 3-19:</b> Válvulas neumáticas SY5120-5LZD-01 .....	60
<b>Ilustración 3-20:</b> Diagrama de la válvula neumática 5/2.....	61
<b>Ilustración 3-21:</b> Etapa de rotación RTS9060 .....	62

<b>Ilustración 3-22:</b> Motor paso a paso STP-43D2035 .....	62
<b>Ilustración 3-23:</b> Dimensiones de la etapa de rotación RTS9060 .....	63
<b>Ilustración 3-24:</b> Mesa para los sellos omega .....	64
<b>Ilustración 3-25:</b> Fuente de alimentación TPS-2405 .....	64
<b>Ilustración 3-26:</b> Borneras de conexión.....	65
<b>Ilustración 3-27:</b> Breaker EBS6BN .....	66
<b>Ilustración 3-28:</b> Pick and place de 2 ejes .....	67
<b>Ilustración 3-29:</b> Cilindro neumático TN20X175S .....	67
<b>Ilustración 3-30:</b> Dimensiones del cilindro neumático TN20X175S .....	68
<b>Ilustración 3-31:</b> Válvula reguladora de presión .....	69
<b>Ilustración 3-32:</b> Caja para la botonera .....	69
<b>Ilustración 3-33:</b> Riel.....	70
<b>Ilustración 3-34:</b> Banda transportadora .....	71
<b>Ilustración 3-35:</b> Polea dentada .....	71
<b>Ilustración 3-36:</b> Diagrama de conexiones del tablero de control .....	73
<b>Ilustración 3-37:</b> Ensamblaje físico del tablero de mando .....	73
<b>Ilustración 3-38:</b> Diagrama de conexiones del módulo de válvulas y sensores .....	74
<b>Ilustración 3-39:</b> Ensamblaje físico del módulo de válvulas.....	74
<b>Ilustración 3-40:</b> Diagrama neumático .....	75
<b>Ilustración 3-41:</b> Diagrama de conexiones del motor paso a paso .....	75
<b>Ilustración 3-42:</b> Diseño de la banda transportadora en SolidWorks .....	76
<b>Ilustración 3-43:</b> Dimensiones de la banda transportadora .....	76
<b>Ilustración 3-44:</b> Dimensiones de la botonera.....	77
<b>Ilustración 3-45:</b> Dimensiones de la placa .....	78
<b>Ilustración 3-46:</b> Diseño de la etapa de sellado en SolidWorks .....	78
<b>Ilustración 3-47:</b> Diseño de la etapa de sellado en SolidWorks .....	79
<b>Ilustración 3-48:</b> Diseño y dimensiones de la mesa para sellos omega.....	80
<b>Ilustración 3-49:</b> Diseño y dimensiones del sello omega .....	81
<b>Ilustración 3-50:</b> Diseño y dimensiones del pallet .....	82

<b>Ilustración 3-51:</b> Diseño y dimensiones del tablero de mando.....	82
<b>Ilustración 3-52:</b> Esquema de la estructura completa del módulo didáctico. ....	83
<b>Ilustración 3-53:</b> Implementación completa del módulo didáctico .....	84
<b>Ilustración 3-54:</b> Diagrama de flujo del funcionamiento del módulo didáctico.....	85
<b>Ilustración 3-55:</b> Diagrama grafcet de la etapa de sellado .....	86
<b>Ilustración 3-56:</b> Elección del PLC en el software.....	87
<b>Ilustración 3-57:</b> Programación del PLC Wecon.....	88
<b>Ilustración 3-58:</b> Programación de la etapa rotativa en el PLC Wecon.....	88
<b>Ilustración 3-59:</b> Entorno del programa PISudio .....	89
<b>Ilustración 3-60:</b> Pantalla principal del HMI.....	89
<b>Ilustración 3-61:</b> Pantalla principal del HMI.....	90
<b>Ilustración 4-1:</b> Validación de los sensores inductivos .....	92
<b>Ilustración 4-2:</b> Validación del ensamblaje de sellos omega.....	99
<b>Ilustración 4-3:</b> Pruebas de validación del ensamblaje total .....	102
<b>Ilustración 4-4:</b> Línea de producción automatizada de actuadores neumáticos .....	105

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** NORMAS NEUMATICAS

**ANEXO B:** DATASHEET del PLC WECON 1616MR-2H

**ANEXO C:** SENSOR INDUCTIVO LJ6A3-1-P1

**ANEXO D:** SENSOR MAGNÉTICO CS1-J

**ANEXO E:** MOTOR DC 5840-31ZY

**ANEXO F:** FUENTE DE ALIMENTACION TPS-2405

**ANEXO G:** PROGRAMACIÓN DEL PLC

## RESUMEN

En el laboratorio de automatización de la Facultad de Informática y Electrónica ESPOCH, se llevó a cabo la implementación de un módulo didáctico con el propósito de ajustar la tapa frontal de un actuador neumático utilizando un sello omega, componente necesario en una etapa específica de una línea completa de ensamblaje de cilindros neumáticos. La metodología empleada adoptó un enfoque integrado de métodos científicos, experimentales y cuantitativos con fines educativos. Se diseñaron tanto la estructura del proyecto como los sistemas eléctricos y neumáticos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento durante el ensamblaje del sello. El control se llevó a cabo mediante un controlador lógico programable (PLC) de la marca Wecon, ubicado en un tablero de control. El proceso consistió en posicionar un pallet que transporta un cilindro neumático preensamblado con embolo, vástago y tapa en una banda transportadora. A través de sensores inductivos, se ubicó el pallet para iniciar el ensamblaje del sello omega con la ayuda de actuadores neumáticos de doble efecto y doble vástago controlados por sensores magnéticos, junto con una pinza neumática que toma el sello de una mesa giratoria, presiona el sello para cerrarlo parcialmente y luego lo transportó hacia el cilindro neumático, logrando así un sellado hermético para prevenir fugas de aire y avanzar a la siguiente etapa de producción. Esta metodología resultó en la exitosa implementación del módulo didáctico, destinado a capacitar a futuros profesionales en el ámbito de la automatización. Se concluye que el proyecto técnico cumplió con los parámetros establecidos y servirá como base para la realización de proyectos relacionados con líneas de producción automatizadas.

**Palabras clave:** <AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL>, <SISTEMAS AUTOMATIZADOS>, <LÍNEAS DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADAS>, <PROGRAMACIÓN>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <CILINDROS NEUMÁTICOS>, <SELLOS OMEGA>.

0383-DBRA-UPT-2024



## SUMMARY

In the automation laboratory of the Faculty of Computer Science and Electronics at ESPOCH, the implementation of a didactic module was carried out to adjust the front cover of a pneumatic actuator using an omega seal, a necessary component in a specific stage of a complete pneumatic cylinder assembly line. The methodology used adopted an integrated approach of scientific, experimental, and quantitative methods for educational purposes. The project structure and the necessary electrical and pneumatic systems were designed to ensure proper functioning during the seal assembly. The control was carried out using a Wecon programmable logic controller (PLC) located on a control panel. The process involved positioning a pallet carrying a pre-assembled pneumatic cylinder with a piston, rod, and cover on a conveyor belt. Through inductive sensors, the pallet was positioned to initiate the assembly of the omega seal with the assistance of double-acting pneumatic actuators and double-rod controlled by magnetic sensors, along with a pneumatic gripper that picks up the seal from a rotary table, presses the seal to close it partially, and then transports it towards the pneumatic cylinder, thus achieving a hermetic sealing to prevent air leaks and move to the next stage of production. This methodology resulted in the successful implementation of the didactic module aimed at training future professionals in the automation field. It is concluded that the technical project met the established parameters and will serve as a basis for implementing projects related to automated production lines.

**Keywords:** <INDUSTRIAL AUTOMATION>, <AUTOMATED SYSTEM>, <INDUSTRIAL AUTOMATION>, <AUTOMATED PRODUCTION LINES>, <PROGRAMMING>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLER (PLC)>, <PNEUMATIC CYLINDERS>.

0383-DBRA-UPT-2024



Lenin Iván Lara Olivo

0602546103

## INTRODUCCIÓN

La industria, con el paso de los años, se transforma en un motor principal del desarrollo de nuevas tecnologías. En estos periodos actuales, se dedica principalmente a la automatización industrial con el fin de evitar riesgos en los trabajos manuales y maximizar la eficiencia de procesos complejos. Se logra obtener calidad, reducción de tiempos y costos. Por ende, es necesario controlar y ensayar estos procesos previamente a la ejecución en las empresas implementadas. Esto se hace con el fin de evitar accidentes en los operarios y adquirir la experiencia previa de los equipos a utilizarse (Quinteros et al. 2020).

El presente trabajo de integración curricular forma parte de un proceso general de producción automatizada de cilindros neumáticos, perteneciente a la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se concentra en la implementación de un módulo didáctico que tiene la función de ajustar la tapa frontal del actuador neumático con sello omega para el sistema de montaje de cilindros neumáticos. Las principales ventajas de esta implementación en el laboratorio de automatización son que permite la investigación de medios y soluciones ante equipos disponibles en el mercado interno y externo del país. Además, facilita la generación y práctica de lo que corresponde al hardware y software del prototipo planteado. Por lo tanto, la programación es una parte vital del funcionamiento del equipo, generada por un PLC marca WECON con un lenguaje de programación sencillo, fácil y amigable para llegar a la interfaz del usuario (WECON, 2023a).

El documento se estructura en varios capítulos. El primer capítulo corresponde a los fundamentos teóricos y aplicativos como punto de partida en el desarrollo del proyecto. Aquí se incluyen los antecedentes, el planteamiento del problema, la justificación teórica, la justificación aplicada y los objetivos a desarrollarse en el proceso del trabajo de integración curricular.

En el capítulo dos se presenta el Marco Teórico, donde se redactan conceptos y definiciones generales relacionados al tema abordado, mediante una revisión bibliográfica objetiva que facilita la segregación de la información. En el tercer capítulo, se aborda el Marco Metodológico, donde se brindan las técnicas y procesos para la implementación del módulo en el sistema de cilindros. En el capítulo cuatro, se exponen las pruebas y los resultados detallados de la implementación del sello omega en los cilindros neumáticos obtenidos del desarrollo del proyecto, junto con el análisis del correcto funcionamiento del mismo. Para finalizar, en el capítulo cinco se ofrecen las conclusiones y recomendaciones del proyecto efectuado.

# CAPÍTULO I

## 1. Diagnóstico del problema

En este capítulo, se examinan diversos estudios con el propósito de identificar el origen del problema. Se suministran las justificaciones pertinentes que establecen la formulación del problema, además de definir los objetivos que guiarán el desarrollo del trabajo de integración curricular.

### 1.1 Antecedentes

En el mundo, con el paso del tiempo, la implementación de la automatización industrial se va ampliando en la vida cotidiana, convirtiéndose en una fuente rentable de ingresos en el área de ingeniería. Se estima que este medio de tecnología está retrasado en nuestro sector debido a la reciente pandemia del Covid-19. Por ende, es indispensable crecer en este campo de control, ya que a nivel mundial se tiene un estimado de 58 millones de nuevos empleos relacionados en áreas de automatización, programación y robótica (Bosch et al., 2018).

Los países latinoamericanos basan su economía en industrias que pueden explotar recursos naturales, como petróleo, minerales y alimentos. Al ser un sector tercermundista, tienden a utilizar mano de obra sin automatizar, manteniendo los sistemas o maquinarias en un estado precario que, al ser utilizadas por largos periodos de tiempo, reduce la calidad de sus productos. La automatización industrial busca ahorrar dinero a las empresas encargadas de esto y mejorar la eficacia de sus bienes, manteniendo estándares de calidad y servicios (Pérez Romero, 2023).

Con el avance de la tecnología en el país, se ha envuelto en una revolución tecnológica con la que sus incursiones en nuevos campos se van ampliando de gran manera para generar procesos automáticos en las industrias presentes. La optimización de la materia prima es primordial en estos casos de transformación digital. En la parte sur del país, se pueden apreciar varias empresas que se han adaptado a la nueva forma de procesar y manipular la maquinaria automatizada, lo cual representa una ventaja económica y social en muchos aspectos. Esto genera nuevas plazas de trabajo para poseedores de conocimientos en campos de automatización (Paredes Cristina y Quinde Giovanna 2020).

### 1.2 Planteamiento del problema

¿Cómo se puede implementar un módulo didáctico para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos?



### **1.3 Sistematización del problema**

¿Cuál es el estado del arte de los sistemas automatizados para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos?

¿Cuáles son los requerimientos y características para implementar un módulo didáctico para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos?

¿Cómo implementar un módulo didáctico para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos?

¿Cómo se puede evaluar un módulo didáctico para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos?

### **1.4 Justificación**

#### ***1.4.1 Justificación teórica***

Las líneas de producción automatizadas se realizan con el fin de simular los procesos industriales que ocurren en una producción en línea en las empresas industriales. Esto nace de la necesidad que ciertas entidades en los equipos presentes al desarrollar el proceso requieren un control, con el fin de relacionar los elementos mecánicos a un control lógico programable (PLC) que desarrolla movimientos o el proceso deseado por el usuario (ABB, 2020).

La automatización de los procesos de producción industrial y el control en tiempo real ofrecen soluciones tecnológicas actuales que son necesarias en un mundo que se está dirigiendo hacia la robótica y la inteligencia artificial. La recopilación de diversos procesos que se trabajaban de manera autónoma e individual, al ser automatizados, brinda mayor seguridad y comodidad para los trabajadores al no exponerlos directamente al peligro inminente de un proceso industrial riesgoso. Facilita al ser humano cargar pesos pesados o, a su vez, asistir en soportar temperaturas elevadas en zonas peligrosas, y por último, evita gestionar directamente productos altamente nocivos para la salud humana (Quinteros et al. 2020).

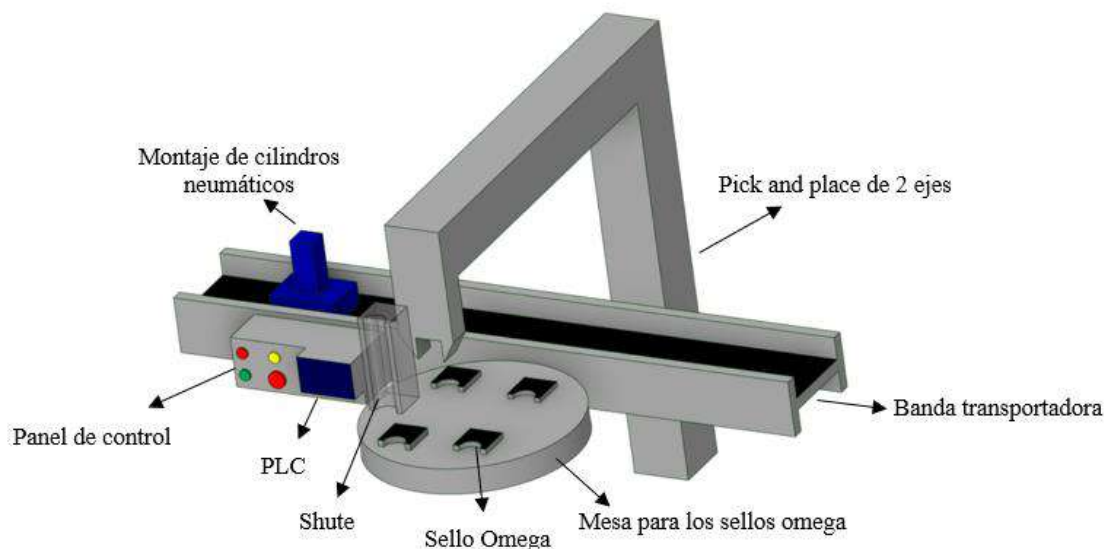
#### ***1.4.2 Justificación aplicativa***

En el presente trabajo se desarrolla la implementación de un módulo didáctico para el ajuste de la tapa frontal del actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos. Este se compone de un módulo de ensamblaje que accede a una simulación de

procesos de ajuste por precisión para conformar el elemento del cilindro. Este elemento permite montarse fácilmente sobre una banda transportadora para recrear de forma concisa, ya sea de manera individual o grupal, mediante la adición de módulos de sistemas de producción complejos y continuos. Además, cuenta con una interfaz que permite la comunicación con un tablero de control entre la estación, el panel de mando y el PLC.

El módulo tendría una aplicación industrial en una producción especializada en la fabricación de cilindros, permitiendo la simulación y mejora en el proceso de ajuste de precisión de los elementos, tales como el embolo y las tapas en el mismo cilindro. Por tal motivo, se reducirían los errores en la producción, elevando la eficiencia y su alta adaptabilidad a diferentes necesidades de producción. La principal ventaja de realizar el módulo didáctico en un entorno estudiantil es que proporcionaría un ambiente de aprendizaje seguro y práctico para operarios y estudiantes, como se muestra en la Ilustración 1-1.

La implementación del módulo didáctico conforma una etapa de un proceso completo descrito como un sistema de montaje de cilindros neumáticos, y este se efectuará en el laboratorio de automatización industrial de la facultad de informática y electrónica. El proyecto utiliza un sistema de pick and place de dos ejes para transportar el sello omega al área de montaje de los cilindros neumáticos. Seguido de esto, se libera el sello, creando un cerrado hermético que impide las fugas de aire en el sistema descrito. Los sellos omegas son componentes indispensables en los cilindros neumáticos, debido a su función de sellado hermético en la dinámica del cilindro. Además, generan un movimiento suave en el funcionamiento de estos mecanismos.



**Ilustración 1-1:** Maqueta tentativa del módulo propuesto por el tesista

Realizado por: Constante A, 2023.

## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 Objetivo general***

Implementar un módulo didáctico para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos.

### ***1.5.2 Objetivos específicos***

- Determinar el estado del arte de sistemas automatizados para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos.
- Especificar los requerimientos para el desarrollo de un módulo didáctico para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos.
- Implementar el sistema automatizado para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos.
- Validar el sistema para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos implementado.

## CAPÍTULO II

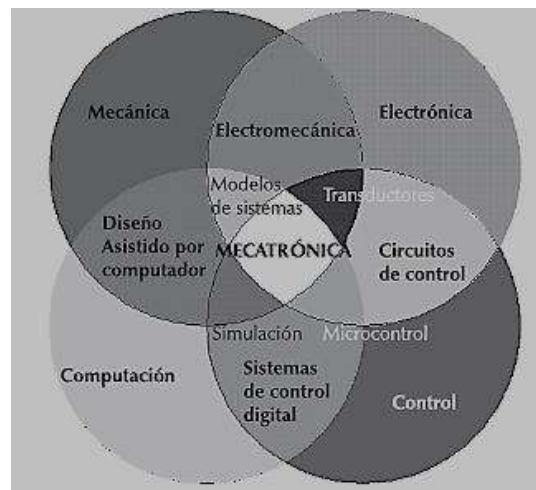
### 2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo abarca varias definiciones importantes que sustentan este trabajo de investigación como son: generalidades de la automatización industrial, necesidad de automatizar y la teoría de actuadores y módulos para controlar cilindros neumáticos.

#### 2.1 Automatización industrial

La definición de automatización proviene de muchos años atrás, remontándose al griego “autos” que se traduce como: por sí mismo y por el término “maiomai” que coloquialmente es lanzar lo que incumbe a la necesidad de evitar la intervención humana en los procesos de accionar directo en la producción, reduciéndola al mínimo (Zapata, M; et al, 2021)

La automatización es la mezcla de tres grandes tecnologías: mecánica, electrónica e informática, que al ser unidas por completo forman la mecatrónica. En la Ilustración 2-1 se puede apreciar la diferencia entre cada sección de convergencia (Córdoba, E., 2006).



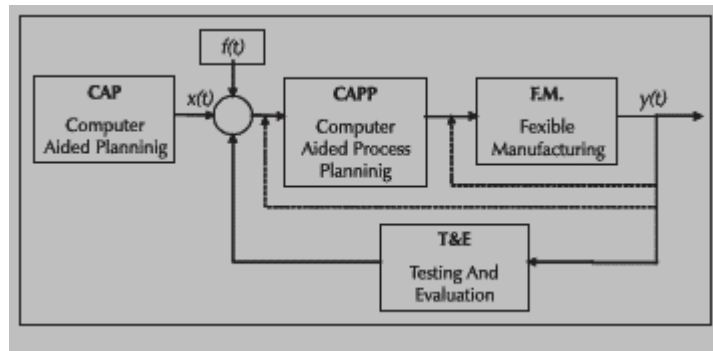
**Ilustración 2-1:** Campos de la mecatrónica

Fuente: Córdoba E., 2006.

#### 2.1.1 El ciclo del proceso de manufactura

Para detallar la historia de la automatización industrial en procesos de manufactura, se debe conocer lo que corresponde al componente tecnológico de las máquinas y equipos. Por su contraparte, está la eficiencia de un trabajo general. La automatización abarca principalmente los aspectos cualitativos y cuantitativos del proceso tecnológico. Inicia de forma básica con un flujo de procesos con sus correspondientes operaciones, decisiones y lo que corresponde a los equipos, insumos, instrumentos que se generan en el proceso para complementar el proceso tecnológico, como se muestra en la Ilustración 2-2. En su parte cuantitativa se establece un grado de diferencia

en manufactura dependiendo de la productividad y calidad, por el rango de parámetros establecidos en la base de un plan maestro de producción, estableciendo los datos de CAPP (Córdoba E, 2006).



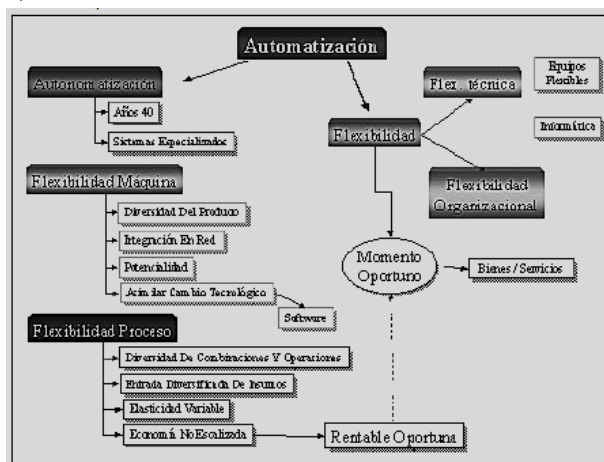
**Ilustración 2-2:** Ciclo básico de la manufactura

Fuente: Córdoba E., 2006.

Este tipo de modelo es actual y que genera resultados en carácter de aspectos cualitativos y cuantitativos de la manufactura industrial automatizada.

### 2.1.2 Automatización de líneas de ensamblaje

Para (Moreno G., 2019) las líneas de ensamblaje automatizadas establecen las estaciones de ensamblaje con los procesos que generan, en una secuencia lógica clara, el producto final de manera rápida, con una calidad superior a la establecida por manos humanas. Esto implica que una línea de ensamblaje automatizada establece la incorporación de robótica, transporte, sensores, control de calidad y diversas tecnologías automatizadas para realizar trabajos de producción en varias estaciones de trabajo, desplazando el producto por cada secuencia de producción. Este trabajo automatizado adopta varias formas, como la automatización ajustada, flexible y la automatización fija o dura, tal como se muestra en la Ilustración 2-3.



**Ilustración 2-3:** Mapa conceptual de la automatización general

Fuente: Córdoba E., 2006.

La línea automatizada comprende varios equipos y sistemas que forman parte de un proceso completo, anclado a máquinas sin la intervención de una parte humana. En plantas de producción automatizadas, la parte humana queda relegada a monitorear los procesos o iniciar el proceso, como un control de calidad o búsqueda de errores en las líneas de producción (García Moreno, 2019). Las plantas que utilizan sistemas semiautomáticos buscan la participación humana para iniciar los controles de máquinas, de modo que la iniciación del proceso comienza con un operario colocando la pieza, accesorios u otras herramientas similares.

### **2.1.3 Control de calidad en líneas automatizadas**

Según (Vázquez J., 2016) mejoras de calidad en las líneas automatizadas o semiautomáticas, prácticamente elimina errores en inspección visual y manual con lo que agrega mucho la eficiencia de los productos con esto la calidad lo eleva y minimiza lo de errores en producción manteniendo los insumos para los productos.

Las plantas industriales optan por facilidad optan por un escáner óptico CMM 3D el que es un robot/máquina lo cual brinda un mapeado o escaneado 3D llave en mano para mejorar los ciclos de producción. No necesitan intervención humana, salvo por la carga y descarga, y lo cual facilita el censado de productos automatizados a velocidades muy elevadas.

Los sistemas de control automatizado de control de calidad tienen un potencial enorme en la evaluación de piezas de proveedores y la digitalización de mediciones del control de calidad para el seguimiento de procesos automáticos.

Empresas enfrentan dificultades al contratar personal calificado para control de calidad. Ante la escasez de profesionales en un mercado competitivo, la automatización con sistemas como el CMM de escaneado 3D se presenta como una solución efectiva, como se muestra en la Ilustración 2-4. Estos sistemas son preferibles por su interfaz intuitiva, facilitando su adopción rápida incluso por personal sin experiencia en robótica o metrología, y ofrecen una respuesta eficaz a la falta de recursos humanos calificados.



**Ilustración 2-4:** Control y proceso de ensamble de un auto

**Fuente:** Vázquez J., 2016.

En pocas palabras, las ventajas de los sistemas de control de calidad automatizados reducen: costos de contratación, incorporación y capacitación de personal.

## 2.2 Fabricación automatizada

Este tipo de fabricación es una evolución de la revolución industrial, como se muestra en la Ilustración 2-5, donde se trata de eliminar los errores de fabricaciones manuales y mantener la calidad óptima. En este tipo de plantas industriales, se utilizan máquinas de ensamblaje automatizadas que son programadas para ejecutar una tarea específica y repetitiva. Entre las tareas que se realizan en esta fabricación se encuentran: (Vázquez Cortés, 2016).

- Manipular piezas
- Empaque
- Soldadura
- Corte
- Extrusión
- Prensado
- Rellenado
- Remachado

Al evitar que un operario realice acciones complejas, se obtiene tiempo para generar procesos específicos de forma rápida y automática. Este tipo de líneas de producción es la suma de varias estaciones de trabajo, las cuales están programadas para realizar operaciones específicas. Estas estaciones están unidas por un sistema de transferencia que permite que el producto pase de una estación a otra en una secuencia lógica hasta su finalización. Siempre hay un humano controlando o visualizando para evitar fallos no oportunos.



**Ilustración 2-5:** Línea de procesos automatizada

Fuente: Vázquez J., 2016.

## 2.3 Robótica

El desarrollo de este campo de estudio está demostrando grandes avances. Un ejemplo es el robot llamado "UNIMATE", utilizado en el ensamblaje en General Motors. Este robot se encarga de transportar metales de fundición para la línea de ensamblaje y soldar estas partes en los autos. Estos procesos se consideran trabajos peligrosos para los operarios, ya que podrían exponerse a gases tóxicos o sufrir lesiones por falta de cuidado en la línea de producción manufacturera. Fue creado por George Devol, quien diseñó el robot teniendo en cuenta los procesos y necesidades de la planta. Esta ventaja que ofrece la robótica avanzada es evidente en la evitación y facilitación de la integración de medidas de seguridad ante tareas peligrosas para los seres humanos. (Valverde Castro, 2020).

Existen varios tipos de robots que se ampliado en la industria se diversifican según su arquitectura:

- **Móviles:** Robots sencillos y de manera primitiva.
- **Poliarticulados:** Aquellos que son robots angulares o antropomórficos, robots cilíndricos, robots esféricos o polares, robots tipo SCARA, robots paralelos, robots cartesianos, entre otros.

Según (Valverde, B, 2020) La Robótica Industrial se ve como la mejor solución para mejorar la productividad mediante la rapidez de procesos en la producción y evitar gastos por sueldos innecesarios. La industria manufacturera es una de las más beneficiadas en este campo.

### 2.3.1 Robótica industrial

En la robótica industrial, un sistema de automatización reemplaza a un hombre en la cadena de montaje, realizando siempre el mismo trabajo a un ritmo constante y frenético. Todas las herramientas mecánicas diseñadas para realizar una tarea en específico de forma autónoma forman parte de la robótica industrial. De manera simple y sencilla, a un sistema automático se le denomina robot.

El primer robot industrial se remonta a la década de los 50, cuando el inventor George Devol desarrolló un modelo que transfería objetos de forma autónoma de un lugar a otro con actuadores hidráulicos. Desde entonces, los componentes de la electrónica y el software informático han incrementado de forma abismal las capacidades de los robots industriales. Se han desarrollado extraordinariamente para incluir tareas sofisticadas como embalaje, paletización, soldadura, pintura, montaje, inspección y pruebas, todo realizado con velocidad, precisión y repetibilidad (Torres, 2012).

Según (Torres, 2012) en la evolución de estos instrumentos en épocas actuales, existen robots eléctricos más pequeños con controles avanzados, microprocesadores, motores miniaturizados, giroscopios y servos, lo que los hace ideales para tareas de ensamblaje más livianas y complejas,



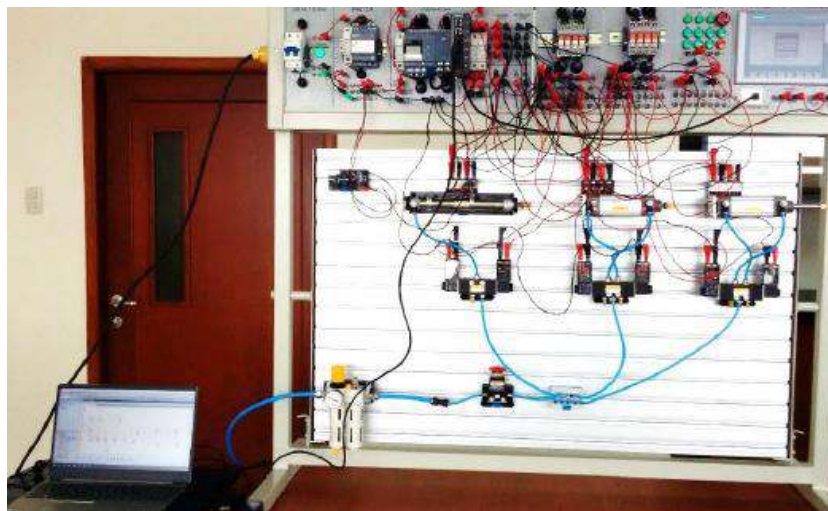
como apretar pernos y tuercas, que a su vez son tareas de precisión. También se adaptan sistemas de visión rudimentarios que aumentan el interés por labores, a su vez, más complicadas en las empresas.

## 2.4 Módulo didáctico

Lo que corresponde al módulo didáctico es la mezcla de componentes que, al ser unidos, generan algo estudiantil que al final simula los procesos presentes en las industrias de manufactura reales.

### 2.4.1 Línea de producción

En el diseño e implementación de módulo de electro-neumática industrial educativo de (Maliza y Feijoo, 2019) en donde detallan que da un diseño, en la elaboración de ingeniería donde el módulo didáctico dispone de un autómata programable, lo que permite realizar maniobras electro-neumáticas donde se pueden generar simulaciones de procesos industriales. Además de esto, se cuenta con un dimensionamiento versátil para el estudiante que facilita la comodidad al momento de trabajar, por lo que el módulo didáctico aplica condiciones de servicio que se utilizan en plantas industriales, como se muestra en la Ilustración 2-6. Por medio de diagramas de control y neumáticos se encaminan a la automatización que permite dirigir los proyectos mediante una pantalla HMI, relés, un control neumático, actuadores, electroválvulas, válvulas y demás dispositivos neumáticos. La creación de módulos educativos es importante porque los estudiantes pueden poner en práctica los conocimientos de sensores y actuadores electroneumáticos con las herramientas necesarias para la enseñanza.



**Ilustración 2-6:** Línea de procesos automatizada en forma didáctica

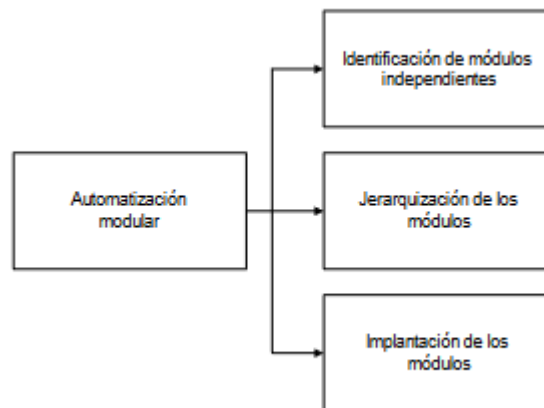
**Fuente:** Maliza & Feijoo, 2019.

## 2.5 Automatización modular

Según (Pérez; et al., 2021), la automatización modular se caracteriza por las técnicas que subdividen el proceso, identificando y esquematizando las carencias de la línea de producción de la planta para generar una automatización por medio de etapas; la ventaja principal es la reducción de la inversión inicial. Las fases son las siguientes:

- Identificación de módulos independientes.
- Jerarquización de los módulos.
- Planificación de la implantación.

El proyecto de automatización aborda de forma sencilla y clara la identificación de los módulos productivos, los cuales son traducidos a módulos automatizables para lograr identificar su independencia. Por medio de la Ilustración 2-7, se pueden automatizar los proyectos.

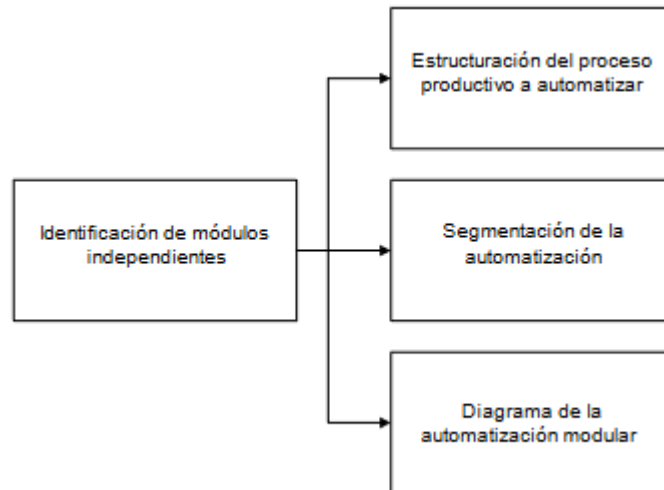


**Ilustración 2-7:** Fases de la automatización modular

Fuente: Pérez; et al., 2021.

Lo primero que se realiza de manera rápida en la parte productiva es basarse en los diagramas de flujo de proceso para el producto y la operación, como el diagrama funcional del proceso, el cual ayuda de gran manera y beneficia la parte de la programación. Los diagramas de flujo especifican las operaciones requeridas para la realización de un producto y están relacionados estrechamente con las fases y operaciones de cada sección de la línea de producción (Pérez et al., 2021).

Después de iniciado el proceso productivo y examinadas las etapas de la línea, se analiza la posible segmentación de la automatización; aquí se transforman las necesidades a ser automatizadas, verificando las posibles entradas y salidas, así como los elementos internos y externos necesarios para realizar el proyecto. Las operaciones de las etapas se detallan en la Ilustración 2-8.



**Ilustración 2-8:** Identificación de módulos en automatización modular

Fuente: Pérez; et al, 2021.

## 2.6 Montaje de cilindros neumáticos

Para (Kolstad, 2019) los cilindros neumáticos dependen de la necesidad de trabajo y, por lo tanto, se pueden utilizar en diferentes montajes, ya sea para la reducción de ruido y fuerzas axiales que se generan en el transcurso de los procesos de producción.

### 2.6.1 Eje central fijo

Los cilindros neumáticos se montan sobre una línea central establecida y amortiguan la fuerza a lo largo de su línea central, como se muestra en la Ilustración 2-9. La ventaja principal es que distribuye las fuerzas por igual entre los pernos de montaje y es ideal para cargas que deben moverse en línea recta.



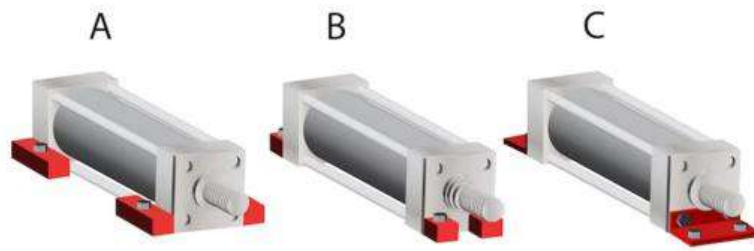
**Ilustración 2-9:** Identificación de módulos en automatización modular

Fuente: Kolstad, 2019.

### 2.6.2 Desplazamiento fijo

Este tipo de montaje, llamado desplazado fijo de cilindros neumáticos, es aquel en el que se inserta el cilindro en los laterales o pies del cilindro en lugar de en su centro, como se muestra en la Ilustración 2-10. La ventaja de esto es su fácil instalación y suele aplicarse en empuje y tracción.

Como desventaja principal del montaje, está su desplazamiento, lo que produce cargas laterales.

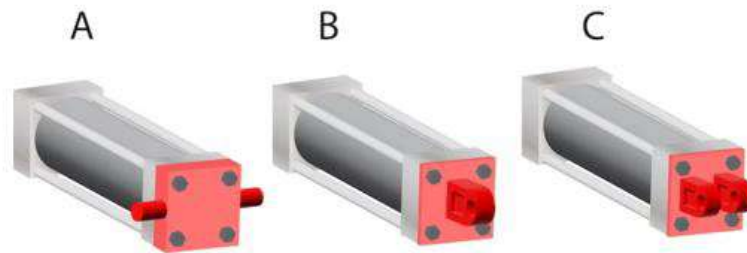


**Ilustración 2-10:** Identificación de módulos en automatización modular

Fuente: Kolstad, 2019.

### 2.6.3 *Pivote fijo*

Este tipo de montaje se realiza con los cilindros y se fijan a una superficie que absorbe la fuerza a lo largo de la línea central del cilindro, como se muestra en la Ilustración 2-11. La ventaja de este montaje es que acepta cambios de alineación en un plano, lo que permite absorber una ligera desalineación y proteger el vástago del cilindro de los esfuerzos de flexión.



**Ilustración 2-11:** Identificación de módulos en automatización modular

Fuente: Kolstad, 2019.

### 2.6.4 *Selección de estilos de montaje de cilindros*

Según (Kolstad, 2019) para elegir el método de instalación correcto, es necesario tener una comprensión clara del propósito y función del cilindro de aire seleccionado para su aplicación en el campo.

Los beneficios de una instalación adecuada de la transmisión incluyen un mayor rendimiento del cilindro, confiabilidad y uso óptimo del espacio de instalación. Por lo tanto, las condiciones para ser elegidas deben ser:

- **Desplazamiento de la carga:** La distancia que debe moverse la carga determina si el cilindro estará sujeto a la superficie de montaje o podrá girar libremente alrededor del punto de pivote.
- **Fuerza requerida del cilindro:** La fuerza requerida determinará si el cilindro ejercerá una fuerza de empuje o de tracción sobre la carga. Para que el actuador funcione correctamente, se deben seleccionar soportes que coincidan con la fuerza requerida.

- **Los componentes:** como los tornillos de montaje o las superficies de montaje pueden fallar prematuramente si no tienen el tamaño adecuado para el hardware de montaje.
- **Verificación de estandarización:** Antes de seleccionar un método de instalación, verificar que sea compatible con el cilindro neumático utilizado en la aplicación. Por ejemplo: cilindros neumáticos ISO 6432, ISO 15552 e ISO 21287.
- **Ubicación de diseño e instalación:** La estructura a la que se fija el actuador debe resistir el esfuerzo cortante durante el accionamiento.
- **Balaceo de carga:** La alineación del cilindro con respecto a la carga es importante para evitar cargas laterales y desgaste excesivo de los componentes del cilindro.
- **La carga:** Uno de los factores a largo de la línea central del cilindro es ideal porque distribuye la fuerza uniformemente por todo el cilindro.
- **Entorno operativo:** el tamaño o la ubicación del hardware o los accesorios de montaje pueden cambiar en condiciones ambientales adversas, como temperatura o vibración. Para evitar una desalineación del eje o daños al cilindro, se deben tener en cuenta las condiciones de funcionamiento.

## 2.7 Componentes hardware

Son los elementos que tienen efecto de manera física en el proyecto, constituidos por elementos electrónicos y a su vez programados para realizar diferentes funciones, como se muestra en la Ilustración 2-12.



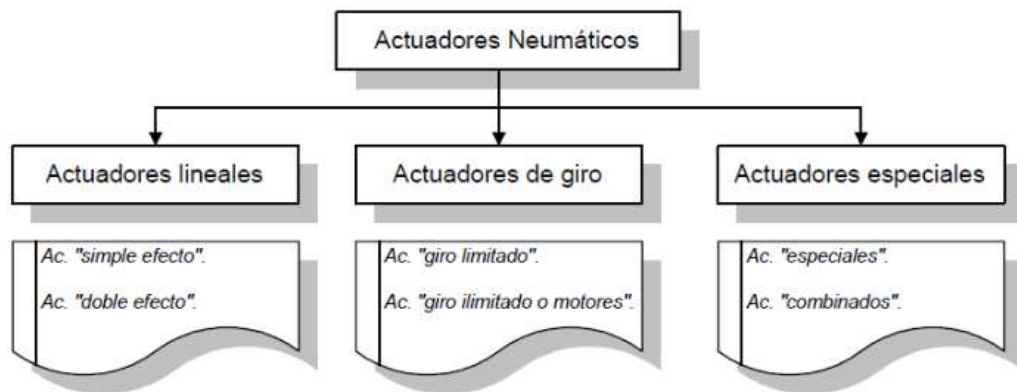
**Ilustración 2-12:** Componentes hardware

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 2.7.1 Actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos básicamente consisten en un cilindro con el fin de realizar un trabajo lineal o rotativo, como se muestra en la Ilustración 2-13. El movimiento lineal se logra mediante cilindros de pistón (también proporcionan rotación en varios ángulos mediante transmisiones de piñón y cremallera).

También se encuentran actuadores neumáticos (motores de aire) de rotación continua, movimientos combinados e incluso algunas variaciones mecánicas del movimiento que le dan un aspecto distintivo (Tornero & Fernández, 2020).



**Ilustración 2-13:** Actuadores Neumáticos

Fuente: Tornero & Fernández, 2020.

## 2.8 Electroválvulas

Una válvula solenoide es un dispositivo que responde a impulsos eléctricos, como se muestra en la Ilustración 2-14. La corriente que fluye a través del solenoide permite que la válvula se abra y cierre, controlando así el flujo de fluido (Hidroconta, 2023).

Cuando la corriente fluye a través del electroimán, se crea un campo magnético que atrae al núcleo en movimiento, y cuando el campo magnético cesa, el núcleo vuelve a su posición, en la mayoría de los casos por la acción del resorte.



**Ilustración 2-14:** Electroválvulas

Fuente: Hidroconta, 2023.

### 2.8.1 *Electroválvulas de mando directo*

Este tipo de elemento móvil se caracteriza por la acción directa de la fuerza del campo magnético inducido por una bobina. En todas estas electroválvulas se produce la acción de abrirse o cerrarse por la tensión o desconectar la bobina (Hidroconta, 2023).

Este tipo de control directo está acompañado de un circuito electrónico que percibe una entrada analógica estándar que se encuentra en el rango de (0 - 10 V o 4 - 20 mA) y que alimenta a la bobina con una corriente proporcional. Estas válvulas son adecuadas para caudales pequeños, como se muestra en la Ilustración 2-15.



**Ilustración 2-15:** Electroválvula de mando directo

**Fuente:** Hidroconta, 2023.

### 2.8.2 *Electroválvulas auto pilotadas*

Este tipo de electroválvula pequeña consta de un mando directo en su interior, lo cual permite la apertura de un pequeño conducto donde la presión del propio fluido produce el movimiento y la apertura de la válvula principal (Hidroconta, 2023).

Esta electroválvula necesita una presión mínima en el fluido para funcionar correctamente. Como ventaja, se admiten caudales más elevados que las de mando directo, como se muestra en la Ilustración 2-16.



**Ilustración 2-16:** E. Auto pilotada

**Fuente:** Hidroconta, 2023.



### 2.8.3 Válvulas neumáticas

Para (Hidroconta, 2023) como aquel elemento móvil que es accionado por medio de neumática, lo que implica que un pequeño cilindro se mueve por la acción del aire comprimido, como se muestra en la Ilustración 2-17. Su funcionamiento se basa en recibir una señal eléctrica y transformarla en señal neumática. Trabaja con una señal analógica de 4 mA - 20 mA. Estas válvulas admiten caudales mayores que las auto pilotadas. Suelen ser las más ocupadas por su facilidad de mantenimiento y accesibilidad en el mercado.



**Ilustración 2-17:** Válvula neumática

Fuente: Micro Automación, 2023.

### 2.8.4 Válvulas motorizadas

Estos elementos móviles son accionados por un motor eléctrico de inducción. Esta válvula despacha una señal de mando que suele ser una señal analógica estándar que va desde 0 a 10 V o de 4 a 20 mA. (Hidroconta, 2023).

Su funcionamiento se basa en el flujo de un fluido por un canal que se puede modificar también por medio de una bomba para los líquidos o bien un ventilador/compresor dedicado para gases. También se utiliza un variador de frecuencia para esto, que permite variar de forma continua el flujo que se encuentra en circulación, como se muestra en la Ilustración 2-18.



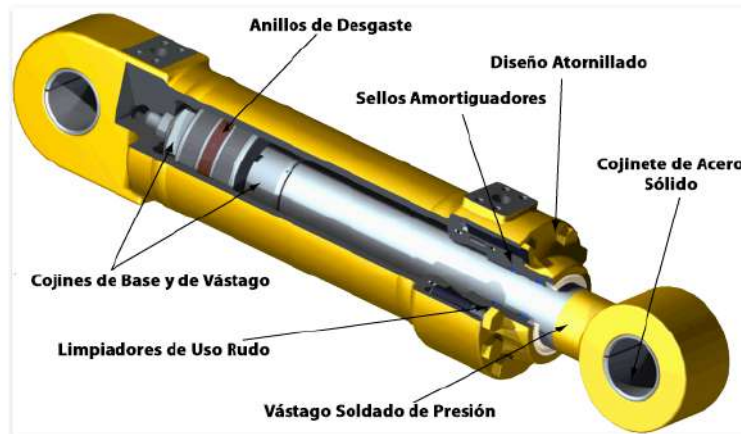
**Ilustración 2-18:** Válvula motorizada

Fuente: Hidroconta, 2023.



## 2.9 Cilindros hidráulicos

Este dispositivo es un actuador lineal que se encarga de tirar o empujar una carga, y a su vez, resistir el movimiento bajo una carga determinada, gracias a la presión de un fluido, como se muestra en la Ilustración 2-19. Casi siempre puede ser un elemento oleohidráulico (SKF, 2023).

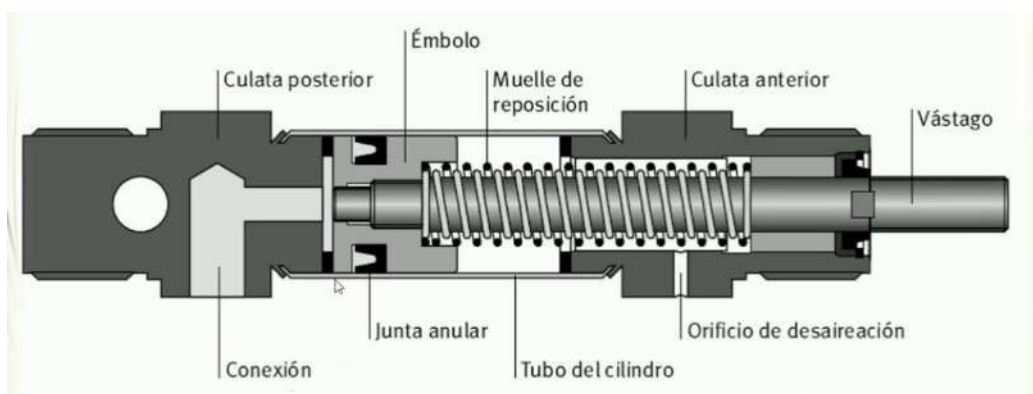


**Ilustración 2-19:** Cilindro hidráulico partes

Fuente: ASHM, 2023.

### 2.9.1 Cilindro hidráulico de simple acción

Este tipo de cilindro hidráulico trabaja cuando el cilindro se extiende, como se muestra en la Ilustración 2-20. El efecto de la presión entra por el área del tubo y luego el cilindro actúa contrayéndose en el área del vástago. Después de este proceso, el peso de la carga regresa por el efecto del resorte y esta operación se repite durante el ciclo de trabajo (SKF, 2023).



**Ilustración 2-20:** Sección de un cilindro hidráulico simple acción

Fuente: Automatismo Industrial Curso, 2022.

### 2.9.2 Cilindro hidráulico de doble acción

El término "doble acción" se aplica cuando una bomba transmite presión tanto a través del área del tubo como del área del vástago, como se muestra en la Ilustración 2-21. Esto permite la acción de empujar o jalar la carga con potencia mediante este tipo de medios (SKF, 2023).

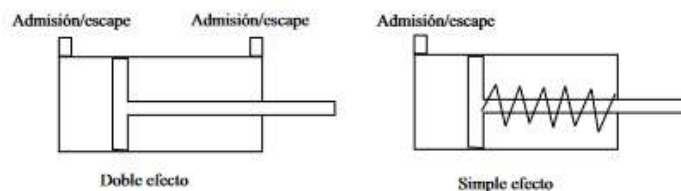


**Ilustración 2-21:** Cilindro hidráulico de doble acción

Fuente: SKF, 2023.

### 2.10 Cilindros neumáticos

Los actuadores neumáticos, como se muestra en la Ilustración 2-22, son principalmente cilindros, cuyo funcionamiento es sencillo debido a que se mueven por acción del aire comprimido. Dependiendo de las cavidades que tengan para la admisión y escape, pueden ser de simple efecto o de doble efecto (Tornero & Fernández, 2020).



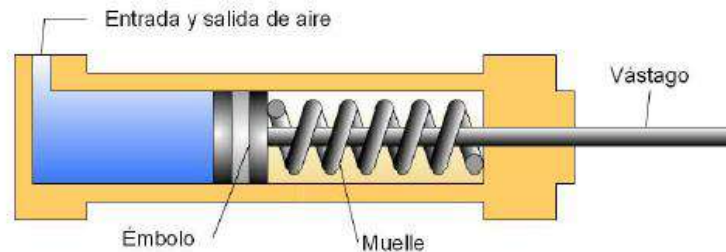
**Ilustración 2-22:** Cilindro neumático esquema

Fuente: Tornero & Fernández, 2020.

#### 2.10.1 Cilindros neumáticos de simple efecto

Se caracterizan por tener una única entrada de aire comprimido, como se muestra en la Ilustración 2-23. En el funcionamiento, el aire comprimido entra donde el cilindro empuja al émbolo, haciendo que el vástago se desplace realizando una fuerza de empuje. El retorno se da por acción de un resorte para que cumpla su trabajo (Tornero y Fernández, 2020).

Las principales desventajas de este elemento son que solo producen fuerza en el avance, ya que el retorno se da por la elasticidad del muelle. Como ventaja se encuentra el menor consumo de aire comprimido. (Gobierno de Canarias, 2015).



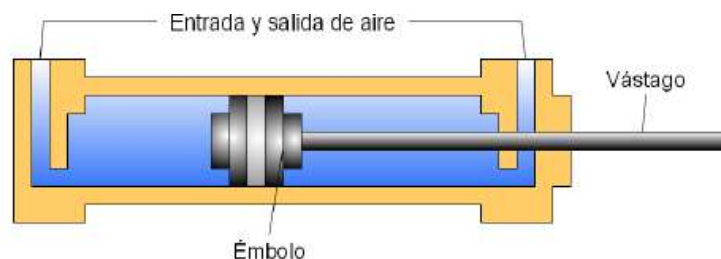
**Ilustración 2-23:** C.N. Simple acción

**Fuente:** Gobierno de Canarias, 2015.

### 2.10.2 Cilindros neumáticos de doble efecto

Este tipo de cilindros se diferencian de los de simple efecto gracias a su doble entrada y salida de aire, como se muestra en la Ilustración 2-24, lo que permite que el émbolo pueda ser empujado por el aire en ambos sentidos, tanto en el avance como en el retroceso (J.P. García, 2022).

La ventaja que se presenta en este cilindro es que se puede aprovechar al máximo el trabajo en ambos sentidos. Sin embargo, a su vez, presenta la desventaja del doble consumo de aire comprimido.



**Ilustración 2-24:** C.N. Doble Efecto

**Fuente:** Gobierno de Canarias, 2015.

## 2.11 Condiciones de utilización y normas validas en la neumática

Para el buen funcionamiento de la neumática, es necesario respetar los valores límite indicados y tener en cuenta las advertencias de seguridad proporcionadas en los catálogos por los fabricantes. Además, es esencial considerar los datos técnicos y seguir meticulosamente las indicaciones mencionadas. Las normas para el uso del aire comprimido se detallan con más información en el ANEXO A, que establece las reglas a seguir con este tipo de instrumentos, cumpliendo con las disposiciones medioambientales (Festo, 2023).

En este tipo de acciones en neumática, con aplicación de aire comprimido, se deben aplicar medidas de seguridad, las cuales deben respetar las normas nacionales e internacionales correspondientes. Cualquier tipo de modificación en los productos o implementos neumáticos implica un riesgo para la seguridad del personal usuario o de los operarios en general de la maquinaria.

En el caso de la neumática, las normas más importantes especifican las dimensiones, seguridad y calidad del producto y maquinaria.

Las normas más importantes para seguir las disposiciones son las de:

#### **Actuadores neumáticos**

- Cilindros normalizados según ISO 6432
- Cilindros normalizados según ISO 21287
- Cilindros según las normas ISO 15552 (ISO 6431, DIN ISO 6431, VDMA 24562)
- Horquillas según ISO 8140 o DIN 71752
- Horquillas articuladas según ISO 12240-4, serie de dimensiones K

#### **Válvulas / terminales de válvulas**

- Terminales para válvulas normalizadas.
- Electroválvulas y válvulas neumáticas con patrón de conexiones según ISO 15407-1.
- Placas de enlace para válvulas ISO 15407-1.
- Terminales de válvulas con distribución de conexiones según ISO 15407-2.
- Electroválvulas y válvulas neumáticas con patrón de conexiones según ISO 5599-1.
- Terminales de válvulas con patrón de conexiones según DIN ISO 5599-2.
- Placas de enlace para válvulas con patrón de conexiones según ISO 5599-1
- Electroválvulas con distribución de conexiones según VDI/VDE 3845 (Namur).

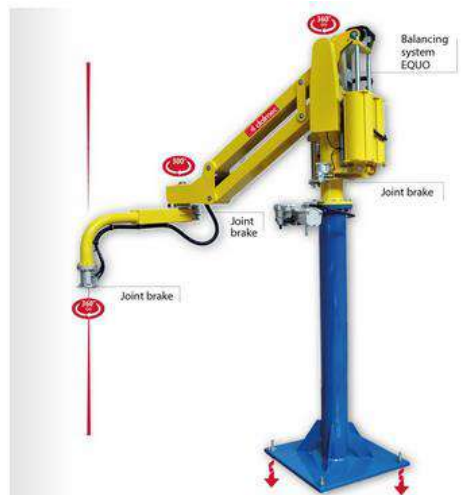
#### **Preparación de aire comprimido**

- Calidad del aire comprimido según ISO 8573-1:2010
- Manómetro de resorte elástico según EN 837-1
- Manómetro de resorte encapsulado según EN 837-3.
- Depósitos de aire comprimido según norma 97/23/CE, 87/404/CEE y EN 286-1.

### **2.12 Manipuladores neumáticos**

En la actualidad, los robots se utilizan de manera extensa en la industria, siendo un elemento indispensable en una gran parte de los procesos de manufactura. Impulsados principalmente por el sector del automóvil, los robots han dejado de ser máquinas misteriosas propias de la ciencia ficción para convertirse en un elemento más de muchos de los talleres y líneas de producción.

Por su propia definición de (DALMEC, 2023) el robot industrial, como se muestra en la Ilustración 2-25, es multifuncional, lo que significa que puede aplicarse a un número, en principio ilimitado, de funciones. No obstante, la práctica ha demostrado que su adaptación es óptima en determinados procesos (soldadura, paletización, etc.), en los que hoy en día el robot es sin duda alguna la solución más rentable.

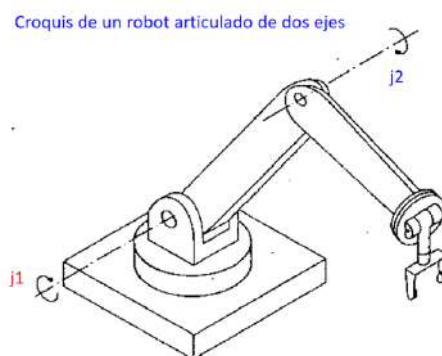


**Ilustración 2-25:** Manipulador neumático Dalmech

Fuente: DALMEC, 2023.

### 2.13 Pick and place de 2 ejes

Estos elementos, conocidos como robots Pick & Place (P&P) en la industria, son indispensables para automatizar de manera directa y efectiva tareas repetitivas, veloces y con cargas pesadas. Como se muestra en la Ilustración 2-26, los robots desempeñan funciones complejas y rápidas que son de gran ayuda en las empresas. Básicamente, se dedican a recoger productos de contenedores y transportarlos a una banda transportadora. También se aplican en grúas para personas con discapacidad. En industrias y plantas industriales, estos P&P son empleados para colocar o seleccionar elementos en bandas transportadoras, facilitando así la siguiente operación en el proceso de producción industrial (Garriga, 2022).



**Ilustración 2-26:** Esquema de pick and place de dos ejes

Fuente: Garriga, P., 2022.

## 2.14 Banda transportadora

Este elemento, conocido como banda o cinta transportadora, tiene la función de mover o trasladar de un lugar a otro los suministros necesarios en el proceso de fabricación de un producto. Gracias a este elemento, los costos de producción disminuyen y la velocidad de realización aumenta (SDI, 2023).

Este método efectivo de transportación se remonta al año 1795 en la industria minera, donde se solían mover grandes cantidades de carbón en las minas. En aquel entonces, las bandas transportadoras se fabricaban con lona y cuero sobre una base de madera.

Las bandas transportadoras, como se muestra en la Ilustración 2-27, utilizan rodillos o tambores y dos o más tambores para transportar los materiales. Los mecanismos se adaptan según las necesidades específicas de las industrias que emplean este método. En el mercado, existen diversas formas de bandas transportadoras que satisfacen las necesidades de diferentes tipos de industrias, como:

- **Rodillos**

Se colocan una cantidad de rodillos con la finalidad de cumplir los detalles de producción ya sea cumpliendo el peso, cantidad, velocidad. Este tipo de elementos buscan reducir la fricción y las cargas manuales de la producción en mención.

- **Modular**

Están destinadas principalmente en el campo alimenticio, ya que dispone un sistema de segmentos con piezas de plástico entrelazadas que se pueden quitar y la capacidad de mantenimiento es muy alta gracias a esta función.

- **Planas**

El sistema más empleado en casi todo tipo de industrias, contienen poleas motorizadas que dan un movimiento a una cinta fabricada de varios materiales para mover de lado a lado a otros artículos colocados sobre ella.

- **Listones**

Compuesta de barreras verticales y grapas que brindan mayor seguridad, soporte y mejora la distribución a los materiales sobre la banda. Dispone de varias formas de grapas para las diferentes aplicaciones que puede tener en las industrias



**Ilustración 2-27:** Bandas transportadoras industriales

Fuente: SDI, 2023.

#### **2.14.1 Módulo de segmento de banda transportadora**

Este tipo de módulos se acoplan a sistemas de cinta transportadora de rodillos con regularidad, ya que las aplicaciones convencionales para controlar este tipo de elementos suelen ser complicadas o costosas. Por lo tanto, la forma más conveniente de controlar este elemento es a través de un módulo de segmento, que garantiza velocidad de manipulación, fiabilidad, eficiencia energética y costos óptimos (Casignia & Gavilánez, 2011).

Este módulo garantiza un funcionamiento fiable del motor gracias a sus funcionalidades personalizadas y permite el premontaje flexible de segmentos de cinta transportadora, lo que aumenta la velocidad de montaje y la eficiencia del trabajo de los diseños MDR.

#### **2.15 Tipos de motores eléctricos**

Para (Industrias GSL, 2023b) este elemento es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación gracias al accionar de los campos magnéticos generados en sus bobinas incorporadas. Se compone básicamente de un estator y un rotor. Sus implementaciones son diversas, abarcando aplicaciones industriales, comerciales y de uso particular, como se muestra en la Ilustración 2-28. Su uso es variado y se aplica principalmente en:

- Ventiladores
- Vibradores para teléfonos móviles
- Bombas de agua
- Medios de transporte eléctricos
- Electrodomésticos
- Herramientas de corte

Los motores eléctricos pueden ser separados en dos grupos tales como:

- **CC o AC:** Con este tipo de corriente se da uso en motores eléctricos bien sea directamente de la red eléctrica, alternadores de las plantas eléctricas otras fuentes de corriente alternan bifásica o trifásica dependiendo de la región donde se las utiliza. Tiene un uso industrial para grandes potencias de máquinas y necesitan esquemas para poder hacer su encendido (Industrias, G. S. L. ,2021).
- **CD o DC:** Este tipo de motores están diseñados de tal forma que van desde la electrónica a usos industriales. Los ejemplos más complejos suelen ser ocupados en la propulsión de trenes, compresores y aplicaciones de bombeo. (Industrias GSL, 2023b)
- **Motor paso a paso:** Para (Elektronik 2023)este tipo de motores es compuesto por un estator u un rotor, este grupo pertenece al grupo de los motores síncronos y la tarea principal de este motor paso a paso es convertir impulsos eléctricos en movimiento mecánico, dado por un contexto en paso se puede dar por número de pasos o, respectivamente, de posiciones por giro. La funcionalidad de los pasos se ve determinada por la modificación del ángulo por paso A lo que si un giro, correspondientemente  $360^\circ$ , este se divide en 200 por lo que el paso puede darse de forma continua exactamente  $1,8^\circ$  el cual es el ángulo básico en este tipo de motores paso a paso. La modificación de posición periódica es enormemente importante y hace al motor ser lo que es. Es la razón de que no sea necesaria ninguna señal de devolución y de que, en su lugar, la alineación actual pueda ser medida mediante los impulsos dados.



**Ilustración 2-28:** Tipos de motores eléctricos

**Fuente:** Electrotec, 2023.



## **2.16 Actuadores eléctricos**

Estos actuadores incorporan una combinación de un motor eléctrico y un reductor, diseñados específicamente para la automatización de válvulas, proporcionando el par necesario para abrir una compuerta. Pueden aplicarse en diversos tipos de válvulas, como las de mariposa, de bola u otros tipos. El funcionamiento se realiza mediante el equipamiento estándar que permite operar manualmente la válvula, mientras el actuador registra los datos de la carrera y el par obtenido de la válvula. Luego, el control evalúa estos datos y permite conectar y desconectar el actuador mediante una interfaz eléctrica en modo automático (SDI, 2023).

### **2.16.1 Sensores**

Para (Schmersal, 2023) estos elementos son sensores de proximidad, como se muestra en la Ilustración 2-29, que cuentan con un mando electrónico, diferenciándose significativamente de un interruptor de carrera mecánico debido a su funcionamiento electrónico sin contacto físico directo. Son ampliamente utilizados en la automatización industrial y se encargan de detectar materiales metálicos. Los sensores capacitivos, por otro lado, tienen la capacidad de detectar diversos tipos de materiales, incluidos objetos que estén sobre ellos, siempre y cuando estos objetos no sean metálicos.

#### **Características generales de los sensores**

- Las distancias para censar son de 2 mm / 50 mm
- Los diseños tienen formas cilíndricos y rectangulares
- Nivel de Protección IP67 (Inductivos), IP65 (Capacitivos)
- Existen modelos 1NA, 1NC, 1NA+1NC o programables a la necesidad del usuario
- Termoplástico o Metálico
- Cable o Conector
- Operan sin ruido o impactos
- No hay alteraciones en vibraciones
- NP o NPN, VAC o VDC

#### **Modelos resistentes para alta temperaturas**

- Este tipo de sensores son aplicables bajo ciertas condiciones de trabajo tales como:
- Existen dificultades de contacto debido a influencias ambientales
- No hay un accionamiento mecánico
- Es necesaria una alta frecuencia de accionamiento
- Hay señal de conmutación definida
- Existen fuertes vibraciones



**Ilustración 2-29:** Actuadores eléctricos

Fuente: Schmersal, 2023.

## 2.17 Controladores

Según (INTEL 2023) los controladores son dispositivos encargados de corregir las desviaciones en la variable de salida de un sistema, provocadas por perturbaciones internas o externas. Funcionan al ingresar señales al dispositivo  $R(s)$  (set-point) y  $B(s)$  (medición de la variable controlada), las cuales se comparan para generar la señal de error  $E(s)$ . Esta señal de error es modificada por la transferencia del controlador  $G_c$  y el resultado final es la variable de control. El algoritmo matemático que opera sobre el error se conoce como acción de control.

## 2.18 PLC

Según (Industrias GSL 2023a) el Control Lógico Programable, conocido como PLC, es un equipo utilizado en industrias que automatizan sus procesos de trabajo, tal como se muestra en la Ilustración 2-30. Estos dispositivos se emplean en diversas industrias para operar máquinas industriales. Están diseñados para manejar múltiples señales de entrada y salida, tolerar amplios rangos de temperatura, ser inmunes al ruido eléctrico y resistir vibraciones e impactos generados durante los procesos industriales. Los programas y la programación de cada PLC están específicamente adaptados al proveedor del equipo en cuestión. Para garantizar el control del funcionamiento de la máquina, los PLCs están equipados con baterías para respaldo y disponen de memorias internas para almacenar las funciones a largo plazo de forma cíclica. Un PLC opera en tiempo real, ya que los resultados de salida deben producirse en respuesta a las condiciones de entrada en un tiempo determinado.



**Ilustración 2-30:** PLC fotografía (Schneider)

**Fuente:** Schneider Electric España, 2023.

### 2.18.1 Marcas de PLC

En el mercado nacional, varias marcas satisfacen las necesidades de la industria. Estas compañías operan de manera autónoma y tienen presencia a nivel mundial, distribuyendo productos que facilitan la automatización industrial.

#### 2.18.1.1 WECON

La marca “Wecon” (WECON 2023a) ofrece PLC de alto rendimiento, definidos como controladores lógicos programables, que permiten controlar procesos y máquinas de manera automática en plantas industriales de forma eficiente y rápida. Estos PLC vienen con programas predefinidos que pueden ser cargados y aplicados directamente a los elementos que se van a controlar. Cuentan con entradas y salidas de pulsos de alta velocidad, cifrado de programas y proyectos, así como diversos asistentes para la configuración PID, módulos de expansión y placas BD. Además, los PLC incluyen el software "Wecon PLC Editor2", que se proporciona con el paquete del proveedor correspondiente.

Características del PLC WECOM

- Entrada y salida de pulsos de alta velocidad de 8 ejes
- La velocidad de ejecución básica es 0.01us~0.03us
- Se admiten 8 interrupciones X externas esto de manera ascendentes como descendentes
- Alta velocidad en baudios: 921600 bps
- Interrupción de temporización de alta velocidad de 100 us
- Máximo de 100 interrupciones de conteo de alta velocidad

### 2.18.1.2 Siemens

Este tipo de PLC proporcionadas por la marca “Siemens”(COBERRY, 2022) operan de diversas maneras, siendo una de las más fáciles recurrir a su capacidad en la resolución de control y secuencia del sistema operativo. La gran ventaja que aportan estos PLC son sus entradas y salidas, lo que permite a las empresas tener procesos automatizados que garantizan la calidad y durabilidad en el tiempo de uso del mismo.

Las ventajas que brindan en el mercado son:

- Ofrecen gran rendimiento
- Gracias a su ingeniería “TIA” suministran más firmeza en sus procesos.
- Gran seguridad y protección
- Beneficios para conectarse en red
- Dispone de compatibilidad sistemas de supervisión y monitoreo
- Aceptan varios lenguajes de programación
- Son económicos y accesibles
- Se alimentan de una fuente de 24V sin problemas
- Ocupan poco espacio
- Utilizan menos tiempo en la realización de proyectos
- Gran abanico de posibilidades en las industrias

### 2.18.1.3 Schneider

Los “PLC” (Schneider Electric España 2023) Controladores Lógicos Programables de esta marca en general también manejan Controladores de Automatización Programables "PAC", que a su vez disponen de "Modicon", encargados de controlar y supervisar las operaciones industriales de manera eficiente, segura, continua y rápida. Las ventajas de los PLCs de esta marca incluyen:

- Tecnología punta con conectividad Ethernet
- Ciberseguridad incorporada
- Potencia de procesamiento necesaria para el análisis de Big Data

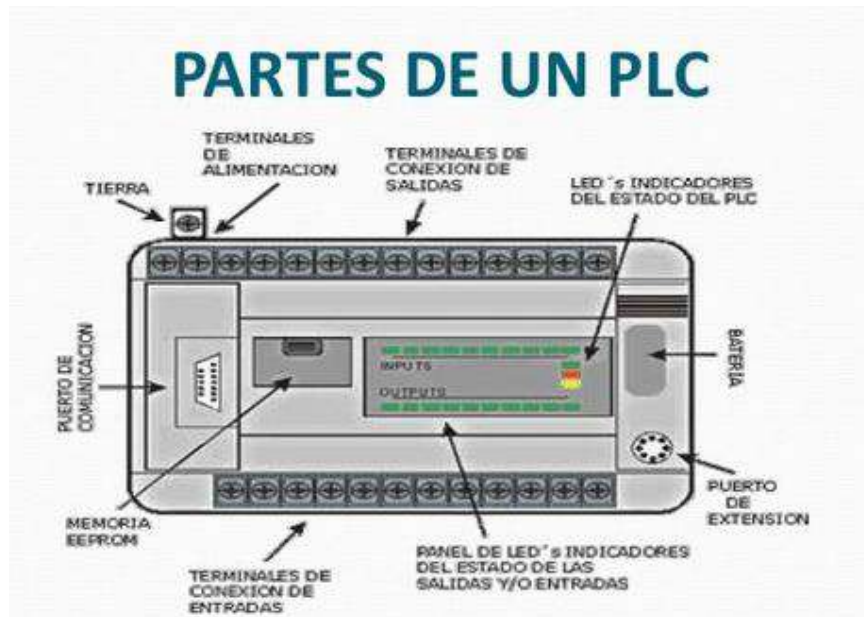
Protección contra vulnerabilidades de los activos industriales conectados a través de almacenamiento en la nube.

- Fáciles de programar
- Fácil depurar y operaciones en controladores

### 2.18.2 Partes de un PLC

Un Controlador Lógico Programable o PLC cuenta con una serie de elementos y partes, como se muestra en la Ilustración 2-31. En esencia, estos dispositivos tecnológicos están destinados a gestionar y controlar la maquinaria y sistemas mecánicos y técnicos de una fábrica (SDI, 2023). A continuación, se detallan las partes más importantes de un PLC, tanto en su interior como en su exterior. Estas partes deben estar siempre en perfecto funcionamiento y estado para que se puedan procesar correctamente todos los datos de cada una de las máquinas y para un posterior monitoreo de sus piezas.

- **Fuente de alimentación:** La fuente es la responsable de llevar energía de manera continua a cada uno de los componentes electrónicos y circuitos como en una computadora. Suministrando el voltaje necesario para el funcionamiento correcto del PLC.
- **CPU del Controlador:** Definida como la unidad central de procesos, se encarga de que todas funciones como debe funcionar, para que cada programas y operaciones se ejecuten adecuadamente, correctamente sin fallos, y se encarga de la comunicación general.
- **Módulos de memoria:** En el PLC necesita de una memoria ROM del controlador, y de la memoria RAM para poder controlar y trabajar los miles de datos e información a la vez, dispone de la memoria PROM, un tipo de memoria de solo lectura que no se puede alterar ni borrar y que es programable en todo sentido. Además de esta dispone de EEPROM que ofrece un almacenamiento permanente pero factible de ser modificada mediante programación, y la memoria EAROM que precisa de un voltaje eléctrico para que pueda eliminarse y borrarse.
- **Módulos de entrada y salida:** Aquellos módulos que sustentan comunicación física con las máquinas y sistemas de una fábrica, ya que desde ellos parten o entran las conexiones por medio de cables para poder recibir y enviar información sobre lo que ocurre.
- **Batería del PLC:** Es una pequeña pila de litio que suministra energía principalmente a la memoria RAM alimentándola cuando no dispone alimentación directa de la red eléctrica.
- **Puerto de comunicaciones:** Son los periféricos que permiten la comunicación directa con los otros periféricos e interfaces del controlador lógico programable, además de poder conectar otros dispositivos de control industriales.



**Ilustración 2-31:** Partes de un PLC básico

Fuente: SDI, 2023.

### 2.18.3 Programación de PLC

Para (SEIKA Automation 2023) existen varios tipos de programación en los PLC, pero básicamente se rigen por la normativa de disponer de un sistema gráfico para la programación en un entorno que proporciona las herramientas necesarias para este fin.

### 2.18.4 Lenguaje de programación de los PLCs

La programación del denominado "PLC" es un sistema de revisión industrial que identifica la información acerca de los dispositivos de entrada y realiza tareas industriales apoyadas en decisiones de control de máquinas y dispositivos de salida del cliente (Arias Polanco, J., 2019). Se requieren las necesidades para transformarlas en operaciones que, a su vez, serán analizadas y programadas posteriormente. Dependiendo del proveedor del PLC, el software de programación puede ser descargado en una PC compatible. Esto permite encontrar interfaces de programación de forma textual, gráfica o mediante una interfaz para representar la lógica a ser programada por un experto en el tema. Aunque con poca práctica se puede llegar a dominar estas interfaces.

#### 2.18.4.1 Lenguajes de bajo nivel

- **Lista de Instrucciones (IL o STL)**

Utilizado en aplicaciones de baja complejidad debido a la estructura compleja, este lenguaje es similar al antiguo lenguaje ensamblador. Aplica instrucciones de mando que el procesador cumple

siempre y cuando exista la parte operacional que define lo que se va a hacer y el operando que da respuesta a la operación que se va a ejecutar. (SEIKA Automation, 2023).

- **Texto Estructurado (ST)**

Un lenguaje similar al PASCAL se utiliza para codificar expresiones aritméticas complejas con valores analógicos y digitales. Ofrece estructuras para bucles, funciones y condicionales, lo que permite el soporte de ciclos de interacción. Además, alterna entre letras mayúsculas y minúsculas en el código generado (SEIKA Automation, 2023).

#### 2.18.4.2 *Lenguajes gráficos o de alto nivel*

- **Diagrama Escalera, Ladder o de Contacto (LD)**

Es un lenguaje gráfico ampliamente utilizado en este ámbito. Su nombre deriva de su estructura, que se asemeja a una escalera por la disposición de dos carriles verticales llamados Lógica 1 y 2. La operación se basa en que el riel izquierdo "L1" acepta el flujo de energía, funcionando como la "entrada", que identifica el voltaje y permite el paso de la energía al riel derecho, que representa la tierra y se denomina "salida". La lectura sigue siempre la misma dirección, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Su adaptabilidad en campo es simple y fácil de usar, lo que permite ahorrar tiempo y costos (SEIKA Automation, 2023).

- **Diagrama de Bloques (DBF)**

Este tipo de lenguaje utiliza una representación gráfica de un proceso mediante símbolos lógicos. Su característica principal son los bloques de función, que almacenan las variables que transformarán la secuencia lógica. Las señales de salida son el producto final de la señal de entrada y la operación del bloque dado, lo que identifica una variable asignada, y estas nunca chocan entre sí (SEIKA Automation, 2023).

- **Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC)**

Este tipo de lenguaje se determina como una representación en diagramas de secuencias lógicas de control en un programa, lo que permite organizar subrutinas o etapas que van afectando el producto de operaciones siguientes. Su funcionamiento se basa en la fluidez de la energía de un punto a otro siempre y cuando se hayan dado las condiciones idóneas y verdaderas de una condición anterior. Este lenguaje proviene del estándar francés GRAFCET, que permite ocupar etapas, transiciones y las acciones para su correcto funcionamiento en campo. El lenguaje SFC son cajas rectangulares por etapas dibujadas por líneas denominadas transiciones, que dan valores de verdadero y falso, y que permiten el uso de las funciones según la necesidad (SEIKA Automation, 2023).

## **2.19 Protocolos de comunicación**

### **2.19.1 Modbus**

Este tipo de comunicación se denomina Modbus, un protocolo de comunicación abierta frecuentemente utilizado para transmitir información entre dispositivos electrónicos a través de redes en serie. Se refiere como maestro Modbus al dispositivo que solicita la información, mientras que se denominan esclavos Modbus a aquellos que la entregan. Sin embargo, los esclavos no pueden ofrecer información hasta que el maestro envíe una señal solicitando datos de un dispositivo, lo que implica que las funciones se dividen en leer y escribir datos respectivamente (WAGO ES, 2022).

En una red Modbus estándar, hay un maestro y hasta 247 esclavos, cada uno con una dirección de esclavo única en el rango de 1 a 247. Esta red industrial utiliza los protocolos RS232/RS485/RS422. Su fácil aplicación en entornos industriales lo ha convertido en uno de los protocolos más populares en el mercado.

### **2.19.2 Profinet**

Se denomina por (Bowne, M., 2019) y lo llama “PROFINET” al Protocolo de Red de Campo (Process Field Network) es fundamentalmente un protocolo de comunicación Ethernet industrial basado en estándares abiertos TCP/IP e IT, que equivale a la comunicación PROFIBUS DP. Por lo tanto, es un medio para intercambiar datos entre controladores y dispositivos de manera industrial. Generalmente se utiliza con controladores como los autómatas programables (PLC) y los Sistemas de Control Distribuido (DCS). Gracias a esto, se pueden agregar fácilmente variadores de velocidad, instrumentos de proceso, pasarelas u otros autómatas a la red de manera rápida y eficiente.

Esta tecnología de automatización está ganando popularidad debido a su compatibilidad con Ethernet y la tecnología de la información (TI), utilizando estándares como TCP/IP y XML. En entornos de fabricación automatizada, la transmisión rápida y efectiva de mensajes y datos es crucial, y la infraestructura de Internet permite cumplir con estas demandas. Con sistemas de automatización como Profinet, se amplían las posibilidades de configuración y diagnóstico, asegurando el funcionamiento óptimo del servicio en toda la red. Este tipo de sistema garantiza cumplir con todos los requisitos de tecnología de automatización en la producción industrial, ya sea en procesos o en accionamientos con o sin seguridad funcional.



### 2.19.3 Profibus

PROFIBUS para (WAGO ES, 2022) es conocido por sus siglas en inglés como PROFIBUS (Process Field Bus), es una red digital de campo abierto que facilita la comunicación entre los sensores de campo y el sistema de control o los controladores en entornos industriales. En esta red, los dispositivos controladores se denominan "maestros", que pueden ser PLC, PAC o DCS, mientras que los dispositivos periféricos se denominan "esclavos", como los sensores, motores, dispositivos de entrada/salida, entre otros. El sistema de conexión de estos equipos es relativamente simple, ya que un cable sale desde el controlador y se conecta a todos los esclavos o estaciones remotas, creando una serie de conexiones entre ellos.

Algunas condiciones importantes a tener en cuenta en esta conexión son:

- **Cableado:** Disponen un cableado RS-485 lo que implica una comunicación serial, de un solo par de cobre trenzado apantallado de color púrpura, que efectúa velocidades de 9.6 kbit/s y 12 Mbit/s.
- **Terminales:** Cada elemento llamado bus tiene un cable terminal denominado boca de entrada y un cable terminal boca de salida.
- **Conectores:** Los cables son de la serie RS-485 y ocupan conectores DB9 o M12 estándar.
- **Terminador:** Este elemento es vital debido a que proporciona energía eléctrica al final de una línea de transmisión para absorber las señales de la línea, evitando de este modo que reboten.

## 2.20 Sistemas de control

### 2.20.1 Lazo abierto

En programación, se refiere a un sistema en el que la salida no afecta el sistema de control, lo que implica que no hay retroalimentación de esa salida al controlador para que este ajuste la acción de control (Ingeniería Mecafenix, 2021).

Se caracterizan básicamente por:

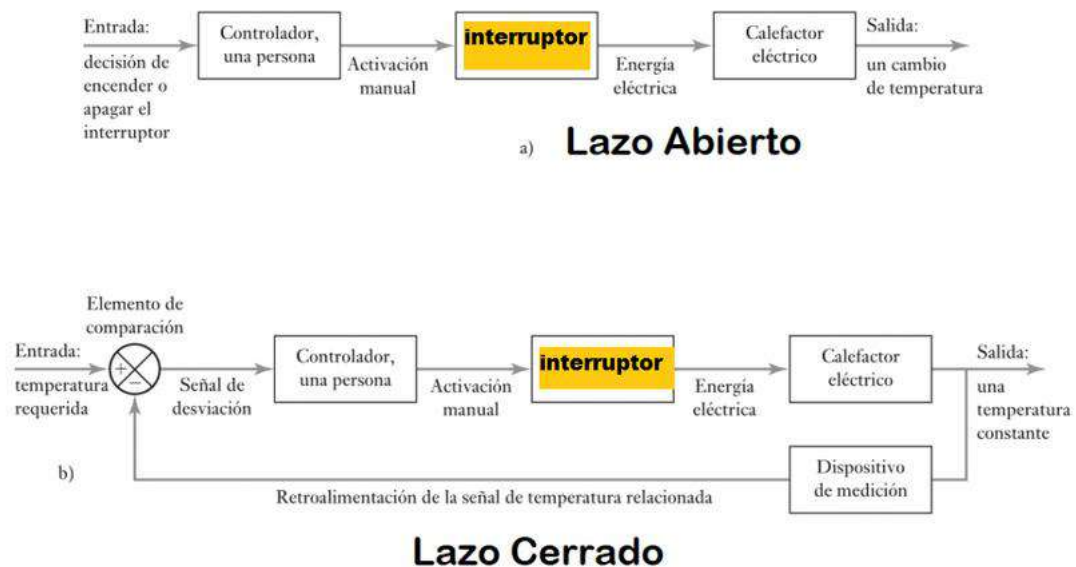
- Ser sencillos y de fácil mantenimiento.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser afectado por las perturbaciones. Las que pueden ser tangibles o intangibles dependiendo del caso.
- La precisión está anclada calibración del sistema previamente.
- Son garantía que funcionan en un control automático, aplicado en industrias.

### 2.20.2 Lazo cerrado

En programación, la acción de control está ligada a la señal de salida, lo que define el sistema de control de lazo cerrado. Este tipo de sistemas, también conocidos como sistemas de realimentación, comparan la salida deseada con la entrada, generando un error que el controlador utiliza para determinar la acción necesaria sobre el proceso con el fin de reducir dicho error (Ingeniería Mecafenix, 2021).

Las características del lazo cerrado son:

- Ser complejos y amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y para realizar el control del sistema.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas, como se muestra en la Ilustración 2-32.



**Ilustración 2-32:** Ejemplo de lazo abierto y cerrado

**Fuente:** Ingeniería Mecafenix, 2021.

### 2.21 Pulsadores

Un pulsador eléctrico o botón pulsador, como se muestra en la Ilustración 2-33, es un componente eléctrico que permite o impide el paso de la corriente eléctrica cuando se aprieta o pulsa. Se utiliza ampliamente en el campo eléctrico y electrónico. La función de este pulsador es abrir o cerrar el circuito eléctrico cuando el usuario lo presiona y mantenerlo presionado. Al soltarlo, vuelve a su posición inicial. El pulsador cuenta con un resorte o muelle que hace que regrese a la posición anterior después de ser presionado (SyZ Cominsa, 2023).

Este tipo de contactos dispone de dos posiciones, abierto y cerrado. Los estados se explican a continuación:

- **Cerrado:** Los dos bornes están juntos y el pulsador permite el paso de la corriente eléctrica.
- **Abierto:** Los dos bornes están separados y el pulsador corta o no permite el paso de la corriente eléctrica.



**Ilustración 2-33:** Pulsadores eléctricos

Fuente: SyZ Cominsa, 2023.

## 2.22 Sello Omega

Este tipo de sellos, como se muestra en la Ilustración 2-34, se caracterizan por ser sellos mecánicos que proporcionan un gran rendimiento en términos de confiabilidad, durabilidad y eficiencia energética. Se utilizan en aplicaciones industriales para evitar fugas de líquidos o gases en las bombas, compresores y otros equipos rotativos. Estos elementos se reconocen fácilmente por su forma de omega o de U. Gracias a su diseño en forma de omega, la desalineación axial y radial se puede corregir rápidamente, lo que reduce la fricción, el desgaste y prolonga la vida útil del sello. Por lo general, consisten en dos anillos de sellado, uno móvil giratorio y otro estático, y se componen de una serie de elementos de sellado en forma de omega que se comprimen cuando el sello está en uso. Los elementos de sellado se utilizan en cilindros neumáticos para garantizar el sellado y el correcto funcionamiento del sistema. Están diseñados para encajar en las ranuras de los cilindros neumáticos, proporcionando un sello efectivo entre las partes móviles, como el pistón y el cilindro, y evitando así las fugas de aire y asegurando el rendimiento adecuado del cilindro. Estos cilindros desempeñan una serie de tareas cruciales que influyen en el sellado eficiente. Además, evitan el desgaste y la fricción, resistiendo la presión del aire comprimido y ayudando a preservar la lubricación dentro del cilindro. Los materiales de fabricación pueden incluir elastómeros y poliuretano (INPOLPE, 2023).



**Ilustración 2-34:** Sello Omega de precisión

**Fuente:** INPOLPE, 2023.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo busca implementar un sistema automatizado del proceso de ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega en la línea de producción de montaje de cilindros neumáticos, de manera didáctica, que permita conocer la funcionalidad de los procesos a nivel industrial. En este capítulo se detalla la puesta en marcha del proceso, considerando su funcionalidad a partir de los requerimientos planteados para cada módulo.

#### 3.1 Metodología

##### 3.1.1 *Método científico*

Se utiliza el método de investigación científico debido a que se necesita realizar una revisión bibliográfica con el objetivo de conocer para que sirven cada uno de los elementos que se van a utilizar en la implementación de modulo, además de su correcto uso y de sus características de funcionamiento.

##### 3.1.2 *Método experimental*

Este método implica realizar el diseño del módulo, su construcción y programación, para comprobar su correcto funcionamiento y establecer los parámetros que permitirán la validación del mismo. Este enfoque no ayudara a desarrollar un módulo didáctico efectivo y basado en el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos.

##### 3.1.3 *Método cuantitativo*

Este trabajo de integración curricular utiliza el método de investigación cuantitativo debido a que para hacer las pruebas de validación se necesitara de procesos estadísticos que correspondan al correcto funcionamiento del mismo, y poder realizar los ajustes necesarios si se diera el caso en función de los resultados de las pruebas que se lleven a cabo, para mejorar el rendimiento del módulo didáctico.

#### 3.2 Requerimientos

La presente fase tiene como objetivo general describir el proceso de trabajo de integración curricular, incluyendo los requerimientos generales y del proceso para su puesta en marcha. Esta fase es importante para establecer una base sólida y asegurar que se cumplan los requisitos técnicos y científicos necesarios para la aprobación del proyecto técnico.

El funcionamiento del módulo se basa en colocar un sello de retención tipo omega en un cilindro neumático preensamblado que llega a la etapa con la camisa, vástago, embolo y tapa.

### **3.2.1 *Requerimientos generales***

- En la parte principal del sistema automatizado se requiere el tablero de control, que está integrado por el controlador lógico programable de marca PLC Wecon de 16 entradas y 16 salidas. También incluye una fuente de alimentación conmutada de 24 V para la adecuada alimentación de todos los dispositivos electrónicos, además de dos bloques de terminales (DB37 y DB15) y sus respectivos cables de comunicación. El tablero de control es fundamental para operar y controlar el sistema de manera eficiente y segura.
- Para la banda transportadora, se integra un motor reductor de corriente continua (DC) de 24V para propulsar la cinta tipo o 'ring, con la ayuda de 2 poleas dentadas de 1 cm y 2 cm de diámetro.
- Para la ubicación de los sellos omega, se requiere una mesa giratoria que tiene cavidad para 8 sellos, impulsada por un motor a pasos y acoplada a una estación giratoria de alta precisión. Además, se utiliza un driver para el control del motor con la ayuda del PLC.
- En la etapa de sellado del actuador neumático, se utiliza un pick and place de dos ejes, compuesto por dos cilindros neumáticos de doble efecto y vástago. En su efector final, cuenta con una pinza neumática que permite tomar el sello de la mesa giratoria con alta precisión y llevarlo hacia el actuador para lograr el sellado hermético.
- Para el control de los cilindros neumáticos del pick and place, se requieren válvulas neumáticas que posibilitan la manipulación de la presión del aire para activar y desactivar los actuadores. Este proceso proporciona un control preciso y eficiente de los actuadores en aplicaciones de automatización industrial.
- En un costado de la banda transportadora se instala una botonera que incluye un botón de inicio de color verde, un botón de parada de color rojo, un botón de reset de color amarillo y un botón de parada de emergencia también de color rojo, para asegurar un control óptimo del módulo.
- Para controlar la detección de la posición de los cilindros neumáticos, se requieren 3 sensores inductivos de inicio, ensamblaje y parada. Estos sensores son fundamentales para el ajuste del proceso de la tapa y aseguran que se realice de manera precisa y correcta.
- Para llevar a cabo la validación, es necesario medir tanto los tiempos de ensamblaje como los tiempos de desplazamiento durante el proceso.
- Se desarrolló una interfaz de pantalla (HMI) diseñada para ser operada desde una computadora. Esta incluye una botonera con los controles correspondientes al proceso, así

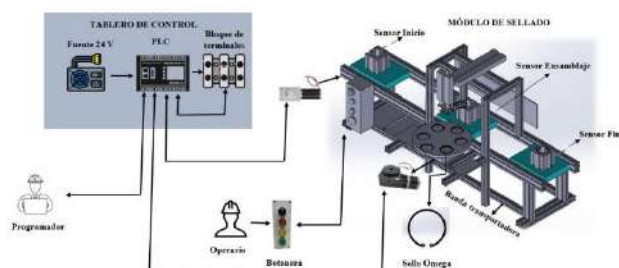
como indicadores luminosos para visualizar el estado de los sensores y animaciones que representan el funcionamiento de los actuadores.

### 3.2.2 *Requerimientos del proceso*

- Para la puesta en marcha del módulo, se requiere que la mesa giratoria donde se almacenan los sellos omegas se encuentre en su posición inicial, lo cual se indica mediante un sensor inductivo de inicio.
- El almacén de los sellos omega debe estar completamente lleno para iniciar el proceso, es decir, con los ocho sellos que abarca la mesa.
- Para el transporte del cilindro neumático se necesita un pallet que cuenta con dos metales en sus laterales superiores.
- Todos los pallets deben contar con la presencia de la camisa, vástago, embolo y tapa para su ensamblaje.
- El sistema puede transportar un pallet a la vez para la colocación del sello omega.
- Una vez que se completa el ensamblaje de los ocho sellos omega, el operario debe rellenar todos los sellos de forma manual.
- Si ocurre un corte de energía eléctrica, el operador debe reiniciar todo el módulo y restaurarlo a sus valores iniciales para reanudar el proceso de ensamblaje desde el principio.
- Los sellos omegas deben posicionarse de manera precisa para que la pinza neumática pueda realizar el ensamblaje correctamente.

### 3.3 **Concepción general del proceso**

La Ilustración 3-1 muestra una representación general del módulo didáctico realizado, donde se aplicaron los requerimientos antes descritos. Consta de un tablero de control, una banda transportadora y un módulo de ensamblaje para el sello omega. El funcionamiento del sistema es controlado por una botonera con sus diferentes pulsadores: inicio, paro, reset y paro de emergencia. Este control se lleva a cabo a través de un PLC.



**Ilustración 3-1:** Concepción del proceso

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.4 Selección de elementos hardware

La selección de los materiales se lleva a cabo considerando las especificaciones técnicas necesarias para lograr un funcionamiento eficiente de los dispositivos eléctricos y electrónicos. En cuanto a la organización del tablero, se incorporan componentes de control, dispositivos de campo y medidas de protección particulares con el fin de garantizar un rendimiento seguro y efectivo.

#### 3.4.1 Selección del PLC

En la Tabla 3-1 se presenta una comparativa entre tres Controladores Lógicos Programables (PLCs), detallando sus características. Este análisis se realiza con el objetivo de facilitar la elección del PLC más adecuado para la ejecución del proyecto técnico.

**Tabla 3-1:** Comparación entre distintos PLCs

<b>Características</b>	<b>Siemens</b>	<b>Schneider</b>	<b>Wecon</b>
<b>Productos</b>	Extensa variedad	Variedad de PLCs para diferentes aplicaciones	Muchos modelos desde compactos hasta avanzados
<b>Software de Programación</b>	TIA Portal	SoMachine	Wecon PLC
<b>Conectividad y Comunicación</b>	Ethernet, Profibus, Profinet	Ethernet, Modbus, CANopen	Varias interfaces de comunicación
<b>Seguridad</b>	Sí	Solo algunos modelos	Depende del modelo
<b>Precio</b>	Mas alto	Varía según modelo	A menudo más accesible
<b>Pantalla HMI</b>	Incluye pantallas táctiles en algunos modelos	Dependiendo del modelo, algunas pueden tener pantallas táctiles	Algunos modelos pueden incluir pantallas táctiles
<b>Programación</b>	Puede tener curva de aprendizaje pronunciada	Es conocido por su interfaz intuitiva	Ofrece un entorno de programación amigable

Fuente: MasterPLC, 2023.

Realizado por: Constante A, 2023.

Tras completar la comparación entre los PLCs más comúnmente utilizados, se ha tomado la decisión de elegir el PLC Wecon. Esta elección se fundamenta en las características que presenta,



como su precio competitivo, un software de programación intuitivo y fácil de comprender, diversas opciones de comunicación que permiten seleccionar la más adecuada, así como su reconocida fiabilidad y resistencia en entornos industriales.

### 3.4.2 Selección del motor para la banda transportadora

En la Tabla 3-2 se presenta una comparativa entre tres tipos de motores: AC, DC y motor paso a paso, detallando sus características. Este análisis se realiza con el objetivo de facilitar la elección de los motores más adecuados para la ejecución del proyecto técnico.

**Tabla 3-2:** Comparaciones entre diferentes tipos de motores

<b>Características</b>	<b>Motor AC</b>	<b>Motor DC</b>	<b>Motor P2P</b>
<b>Tipo de Corriente</b>	Corriente Alterna	Corriente Continua	Pulsos Eléctricos
<b>Aplicaciones</b>	Industrial, Sistemas de Transporte	Dispositivos Pequeños y Medianos	Posicionamiento Preciso
<b>Control de Velocidad</b>	Ajuste de la frecuencia	Variación de voltaje	Pulsos de entrada
<b>Torque</b>	Ajuste de Corriente	Variación de Voltaje	Pulsos y Secuencia
<b>Eficiencia</b>	Alta en Aplicaciones de Alta Potencia	Eficiente en Baja y Media Potencia	Menor Eficiencia
<b>Reversibilidad</b>	Cambio de Fase	Cambio de Polaridad	Cambio en Secuencia de Pulsos
<b>Precisión de Posicionamiento</b>	Menos Preciso que P2P	Menos Preciso que P2P	Muy Preciso
<b>Desgaste de Componentes</b>	Menos Desgaste	Desgaste de Escobillas	Desgaste Mínimo
<b>Velocidad de Rotación</b>	Alta	Variable	Menos que Motores AC y DC
<b>Consumo de Energía en Reposo</b>	Menor	Mayor	Bajo

Fuente: Electricity-Magnetism, 2023.

Realizado por: Constante A, 2023.

Tras completar la comparación entre los diferentes tipos de motores más comúnmente utilizados, se ha tomado la decisión de elegir el motor DC y un motor paso a paso. Esta elección se fundamenta en las características que presentan, como el tipo de corriente que manejan, sus aplicaciones, eficiencia, consumo, entre otros factores. Estas características permitieron

seleccionar los motores más adecuados para el proyecto técnico. Específicamente, el motor DC se utilizará para impulsar la banda transportadora, mientras que el motor paso a paso se empleará para girar la mesa de los sellos omega.

### 3.4.3 Selección de sensores

En la Tabla 3-3 se presenta una comparativa entre tres tipos de sensores: Inductivo, Capacitivo y Magnético, detallando sus características. Este análisis se realiza con el objetivo de facilitar la elección de los sensores más adecuados para la ejecución del proyecto técnico.

**Tabla 3-3:** Comparación entre distintos sensores

<b>Características</b>	<b>Sensores Inductivos</b>	<b>Sensores Magnéticos</b>	<b>Sensores Capacitivos</b>
<b>Funcionamiento</b>	Detectan cambios en el campo magnético generado por corriente alterna.	Utilizan la presencia o ausencia de un campo magnético para la detección.	Detectan la presencia de objetos al medir cambios en la capacitancia.
<b>Material del Objeto</b>	Funcionan bien con materiales conductores.	Detectan objetos magnéticos o basados en ciertos materiales.	Tienen mejor rendimiento con materiales dieléctricos o aislantes.
<b>Distancia de Detección</b>	Efectivos a distancias cortas o medias.	La distancia de detección varía según el tipo de sensor magnético.	Efectivos a distancias cortas o medias,
<b>Aplicación</b>	Útiles para la detección de metales y el control de procesos.	Se emplean en puertas magnéticas y para seguridad	Se utilizan en la detección de niveles de líquidos y objetos no metálicos.
<b>Costo</b>	Los costos son altos.	Generalmente son asequibles	Los costos son moderados a altos
<b>Ventajas</b>	Ofrecen alta velocidad de respuesta, durabilidad y resistencia.	Destacan por su simplicidad, bajo costo y eficacia en ambientes sucios.	Proporcionan buen rendimiento en entornos sucios y con materiales no metálicos.

**Fuente:** Fernández Amador Gerardo, 2005.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

Tras completar la comparación entre los diferentes tipos de sensores comúnmente utilizados, se ha tomado la decisión de elegir el sensor inductivo de proximidad y los sensores magnéticos. Esta elección se fundamenta en las características que presentan, como la distancia de detección, el material que pueden detectar, el costo, así como sus ventajas y desventajas. Estas cualidades permitieron seleccionar los sensores más adecuados para el proyecto técnico. En particular, el sensor inductivo se utilizará para detectar el pallet que circula por la banda transportadora, mientras que los sensores magnéticos se ubicarán en el pick and place para detectar su posición.

#### 3.4.4 Selección de cilindros

En la Tabla 3-4 se presenta una comparativa entre dos tipos de cilindros: Neumático e hidráulico, detallando sus características. Este análisis se realiza con el objetivo de facilitar la elección del cilindro más adecuado para la ejecución del proyecto técnico.

**Tabla 3-4:** Comparación entre dos tipos de cilindros

<b>Características</b>	<b>Cilindros Neumáticos</b>	<b>Cilindros Hidráulicos</b>
<b>Medio de Trabajo</b>	Aire comprimido	Aceite hidráulico
<b>Fuerza Generada</b>	Menor fuerza en comparación con hidráulicos	Mayor fuerza en comparación con neumáticos
<b>Velocidad de Movimiento</b>	Mayor velocidad	Menor velocidad
<b>Tamaño y Peso</b>	Ligeros y compactos	Más grandes y pesados
<b>Costo</b>	Más económicos	Mayor costo en comparación con neumáticos
<b>Mantenimiento</b>	Fácil mantenimiento	Mantenimiento más exigente
<b>Precisión Posicional</b>	Menos precisa	Mayor precisión
<b>Ambiente de Trabajo</b>	Adecuados para entornos limpios y secos	Aptos para entornos más agresivos y contaminados
<b>Eficiencia Energética</b>	Menor eficiencia	Mayor eficiencia
<b>Aplicaciones</b>	Industrias ligeras, manipulación de materiales	Industrias pesadas, maquinaria pesada

Fuente: Creus Sole, 2011.

Realizado por: Constante A, 2023.

Tras completar la comparación entre los cilindros comúnmente utilizados, se tomó la decisión de elegir el cilindro neumático. Esta elección se fundamenta en las características que presenta, como el medio de trabajo, la velocidad de movimiento, el costo, las aplicaciones, entre otros factores.

Estas consideraciones permitieron seleccionar el cilindro neumático como la opción más adecuada para el proyecto técnico, ya que se utilizará en el pick and place para el ensamblaje del sello omega.

### 3.4.5 Selección de banda

En la Tabla 3-5 se presenta una comparativa entre los tipos de bandas transportadoras, como listones, modulares, de rodillos y planas, detallando sus características. Este análisis se lleva a cabo con el objetivo de facilitar la elección de la banda transportadora más adecuada para la ejecución del proyecto técnico.

**Tabla 3-5:** Comparación de diferentes tipos de bandas transportadoras

<b>Características</b>	<b>Banda de Listones</b>	<b>Banda Modular</b>	<b>Banda de Rodillos</b>	<b>Banda Plana</b>
<b>Material</b>	Metal o plástico	Plástico	Acero o plástico	Tela de goma, PVC o poliuretano
<b>Flexibilidad</b>	Variable según diseño y material	Altamente adaptable y modular	Menos flexible	Variable según material y diseño
<b>Estructura de Superficie</b>	Listones o celdas	Superficie modular, lisa o estructurada	Superficie de rodillos	Superficie plana, lisa o texturizada
<b>Carga de Trabajo</b>	Cargas ligeras a medianas	Varía según diseño modular	Cargas pesadas	Cargas ligeras a medianas
<b>Mantenimiento</b>	Moderado, reparación de listones	Fácil mantenimiento	Bajo mantenimiento	Bajo mantenimiento,
<b>Aplicaciones</b>	Industrias ligeras	Industria alimentaria	Logística, paletización	Diversas aplicaciones industriales

**Fuente:** Transmisiones y Equipos, 2023.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

Tras completar la comparación entre las bandas transportadoras comúnmente utilizadas, se tomó la decisión de elegir la banda de listones. Esta elección se fundamenta en las características que presenta, como el material, flexibilidad, estructura, etc., que permitieron seleccionar la más

adecuada para el proyecto técnico, ya que la banda se utilizará para el transporte del pallet con el cilindro para el ensamblaje del sello omega.

### 3.5 Elementos Hardware

Después de seleccionar los componentes necesarios con la ayuda de tablas de comparación, se procede a la implementación utilizando los elementos adecuados para llevar a cabo el proyecto técnico, los cuales se describen a continuación.

#### 3.5.1 PLC Wecon LX5S-1616MR2H

En la Ilustración 3-2 se muestra el PLC Wecon LX5S-1616MR2H que se utiliza en el proyecto técnico. Pertenece a la serie LX5S y es un controlador lógico programable de alto rendimiento que permite controlar procesos automatizados y máquinas de forma automática. Este PLC cuenta con entradas y salidas, que incluyen una combinación de entradas analógicas y digitales, así como salidas de relé y transistor. Además, posee comunicación Modbus TCP, lo que facilita la intercomunicación con otros sistemas existentes, convirtiéndolo en un dispositivo eficiente para una amplia gama de aplicaciones industriales. Para comprender su funcionamiento y estructura, se utiliza el datasheet del dispositivo.

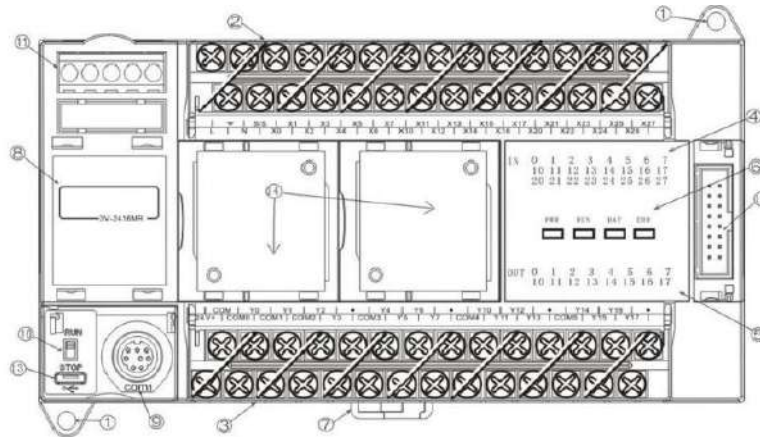


**Ilustración 3-2:** PLC Wecon LX5S-1616MR2H

**Realizado por:** Constante A, 2023.

##### 3.5.1.1 Partes del PLC Wecon LX5S-1616MR2H

El PLC se muestra en la Ilustración 3-3, compuesto por varias partes que se utilizan tanto para las conexiones como para la programación respectiva. A continuación, en la Tabla 3-6 se detallan cada una de ellas con su respectiva descripción, garantizando así su correcto funcionamiento.



**Ilustración 3-3:** Partes del PLC Wecon LS5X-1616MR2H

Fuente: WECON, 2023.

**Tabla 3-6:** Partes del PLC WECON LS5X-1616MR2H

Numero	Partes
1	Agujero de montaje (∅: 4,5)
2	Fuente de alimentación y terminal de señal de entrada
3	Fuente de alimentación de salida de 24 V y terminal de salida
4	Indicador de entrada
5	Indicador de salida
6	Indicador de estado del PLC a) PWR: luz de encendido b) CORRER: luz de marcha c) BAT: luz de baja potencia d) ERR: parpadea cuando el programa está mal; e) siempre encendido cuando ocurre un error de CPU
7	Clip de montaje en riel DIN
8	Placa de cubierta
9	Puerto COM1 RS422
10	Interruptor RUN/STOP
11	Puerto COM1/COM2/Puerto RS485/Ethernet
12	Interfaz del módulo de expansión
13	Puerto micro USB
14	Ranura para placa BD

Fuente: Wecon technology Co., 2023.

Realizado por: Constante A, 2023.

Para llevar a cabo el cableado del PLC, es fundamental comprender las características que abarca el dispositivo. Estas se detallan en la Tabla 3-7, proporcionando una guía precisa para la realización del cableado.

**Tabla 3-7:** Características del PLC WECON LS5X-1616MR2H

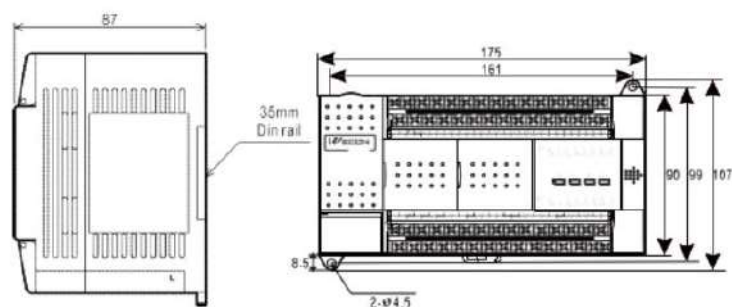
Número	Características
1	Número de entradas: 24
2	Número de salidas: 16
3	Salidas Tipo: Mixtas, combinaciones entre relé y transistor
4	Contador de pulsos: 6
5	Salida de pulsos: 2
6	Puerto de comunicación: RS485: 2
7	Fuente de alimentación: (AC 85-256V, 50-60Hz) (DC 24V $\pm$ 10%)
8	Puerto de comunicación Ethernet: Opcional
9	Modo de ejecución: Escaneo Redondo
10	Programación: Lista de instrucciones/ Diagrama Ladder
11	Tiempo de Ejecución: Instrucciones básicas: 0.03-0.08us
12	Almacenamiento del sistema: 512KB
13	Salida de pulsos de alta velocidad: Tipo Transistor 2 canales/200KHZ
14	Temperatura de trabajo 0-55°C/ temperatura de almacenamiento: 0-70°C

Fuente: WECON, 2023.

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.5.1.2 Dimensiones del PLC Wecon LS5X-1616MR2H

El Controlador Lógico Programable (PLC) empleado tiene dimensiones físicas específicas: una longitud de 175 mm, un ancho de 87 mm y una altura de 107 mm, como se muestra en la Ilustración 3-4.

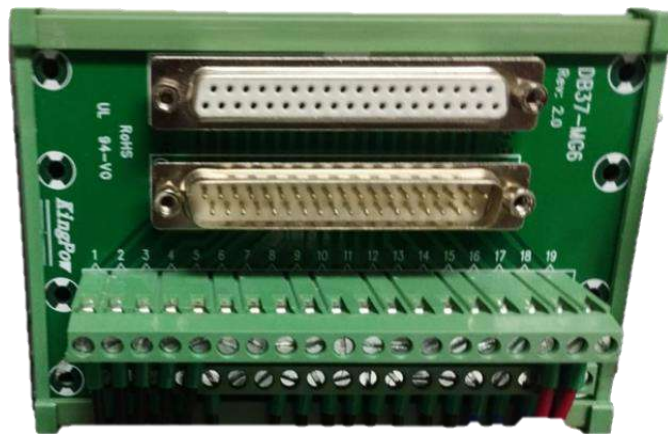


**Ilustración 3-4:** Dimensiones del PLC Wecon LS5X-1616MR2H

Fuente: WECON, 2023.

### 3.5.2 Bloque de terminales DB37-MG6

Uno de los bloques de terminales empleados en el proyecto técnico es el DB37, que consta de un conector con 37 pines dispuestos en dos filas, como se muestra en la Ilustración 3-5. Este tipo de conector se utiliza comúnmente en entornos industriales y electrónicos para facilitar diversas conexiones. Es empleado en sistemas de control industrial, conexión de periféricos en computadoras, comunicación serial, entre otros. La necesidad de este conector surge debido a su capacidad para simplificar las conexiones y desconexiones de cables, lo que fomenta la estandarización y compatibilidad entre dispositivos. Se instalaron dos de estos terminales, uno en el tablero de control y otro en la placa de implementación, para asegurar una conexión efectiva y estable.

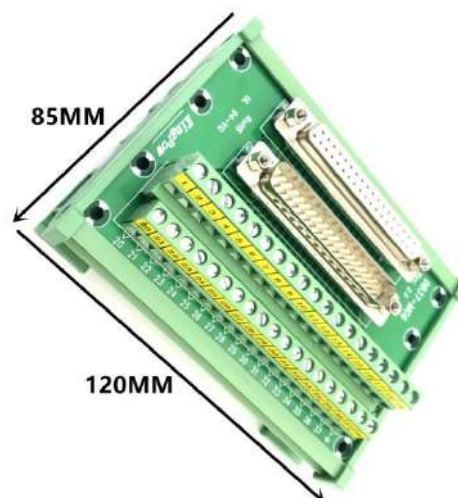


**Ilustración 3-5:** Bloque de terminales DB37-MG6

**Realizado por:** Constante A, 2023.

#### 3.5.2.1 Dimensiones del bloque de terminales DB37-MG6

Las medidas del bloque de terminales DB37-MG6 se detallan en la Ilustración 3-6 y son las siguientes: 120 mm de longitud por 85 mm de ancho.



**Ilustración 3-6:** Dimensiones del boque de terminales DB37-MG6

**Fuente:** Novatronic, 2023.



En la Tabla 3-8 se presentan las características técnicas del bloque de terminales DB37 utilizado, cada uno acompañada de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-8:** Características técnicas del bloque de terminales DB37-MG6

Numero	Descripción	Características
1	Tipo de conector	Tornillo
2	Tipo de montaje	Montaje de carril DIN
3	Material	Cobre
4	Peso	aprox. 8.7 onzas.

**Fuente:** Novatronic, 2023.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.3 Cable DB37

Para la conexión de los bloques de terminales DB37 tanto del tablero de mando como de la placa que se encuentra en la implementación del proyecto técnico, se utiliza un cable DB37, como se muestra en la Ilustración 3-7. Este cable es un tipo de conector utilizado para la conectividad de datos. Cada uno de los 37 pines en el conector tiene su propio propósito y se emplea para la transferencia de señales eléctricas entre los dispositivos.



**Ilustración 3-7:** Cable DB37

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.4 Bloque de terminales DB15-D-M

Se utiliza el bloque de terminales DB15 para establecer la conectividad entre el panel de control, desde donde se envían las señales del PLC, y los dispositivos ubicados en la cinta transportadora, como sensores y el motor de la banda. Este conector consta de 15 pines distribuidos en tres filas de cinco pines cada una, tal como se muestra en la Ilustración 3-8. Este tipo de conector se utiliza comúnmente en la interconexión de dispositivos electrónicos. Para llevar a cabo el proyecto técnico, se requieren dos de estos terminales, uno instalado en el panel de control y otro en una placa ubicada en la parte inferior de la banda transportadora.

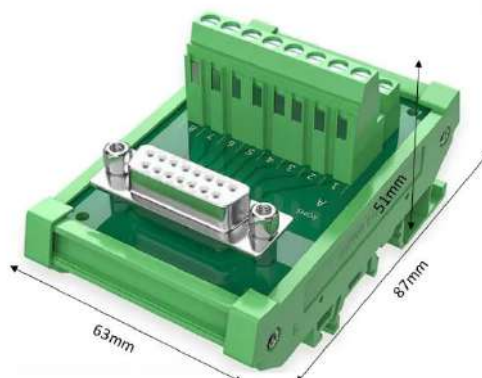


**Ilustración 3-8:** Bloque de terminales DB15-D-M

**Realizado por:** Constante A, 2023.

#### 3.5.4.1 Dimensiones del bloque de terminales DB15-D-M

Las medidas del bloque de terminales DB15-D-M se detallan en la Ilustración 3-9 y son las siguientes: 87 mm de longitud por 63 mm de ancho y una altura de 51 mm.



**Ilustración 3-9:** Dimensiones del bloque de terminales DB15-D-M

**Realizado por:** Constante A, 2023.

En la Tabla 3-9 se presentan las características técnicas del bloque de terminales DB15 utilizado, cada una acompañada de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-9:** Características técnicas del bloque de terminales DB15-D-M

Numero	Descripción	Características
1	Tipo de conector	Tornillo
2	Tipo de montaje	Montaje de carril DIN
3	Material	Cobre
4	Peso	aprox. 5.1 onzas.

**Fuente:** Novatronic, 2023.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.5 Cable DB15

Para la conexión de los bloques de terminales DB15, tanto del tablero de mando como de la placa ubicada en la parte inferior de la banda transportadora, se utilizó un cable DB37, como se muestra en la Ilustración 3-10. Este tipo de conector se emplea para la conectividad de datos, donde cada uno de los 15 pines tiene un propósito específico y se utiliza para la transferencia de señales eléctricas entre los dispositivos.



**Ilustración 3-10:** Cable DB15

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.6 Bloque de terminales de sensor de 4 posiciones

Para la conexión y el control de los sensores en la banda transportadora y el sistema de recogida y colocación (pick and place), se emplearon dos bloques de terminales de sensor de 4 posiciones, como se muestra en la Ilustración 3-11. Esta elección se realizó debido a que el proyecto técnico

requirió la incorporación de 7 sensores para su correcto funcionamiento. Estos bloques de terminales son ampliamente utilizados en sistemas automatizados, ya que simplifican la conexión y el cableado de los sensores, aportando orden al sistema y contribuyendo a mejorar su eficiencia global.



**Ilustración 3-11:** Bloque de terminales de sensor de 4 posiciones

**Realizado por:** Constante A, 2023.

En la Tabla 3-10 se presentan las características técnicas del bloque de terminales de sensor de 4 posiciones utilizado, cada uno acompañado de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-10:** Características técnicas del bloque de terminales de sensor de 4 posiciones

Numero	Descripción	Características
1	Tipo	terminar de tornillo
2	Numero de vías	4
3	Tipos de conmutadores admitidos	NPN-PNP
4	Métodos de fijación de terminales	Tornillo y resorte

**Fuente:** Novatronic, 2023.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.7 *Sensor inductivo de proximidad LJ6A3-1-P1*

Los sensores inductivos de proximidad, como se muestra en la Ilustración 3-12, implementados en el proyecto técnico están estratégicamente colocados a lo largo de la banda transportadora. Su finalidad es la detección del pallet para facilitar el ensamblaje del sello omega, controlando su posición en diferentes puntos. En este proyecto se incorporan tres de estos sensores, distribuidos al inicio, en la mitad y al final de la banda transportadora. Este tipo de sensores, comúnmente

empleados en automatización industrial, son especialmente útiles para la detección sin contacto físico de objetos metálicos, para más información revisar el Anexo C.



**Ilustración 3-12:** Sensor inductivo de proximidad LJ6A3-1-P1

**Realizado por:** Constante A, 2023.

En la Tabla 3-11 se presentan las características técnicas del sensor inductivo de proximidad utilizado, cada uno acompañado de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-11:** Características técnicas del sensor inductivo de proximidad

Numero	Descripción	Características
1	Tipo de sensor	Inductivo
2	Tensión de trabajo	10-30V DC
3	Corriente	50mA.
4	Distancia de detección	1 mm
5	Tipo de salida	NPN (2 hilos)

**Fuente:** KEYENCE, 2023.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.8 Sensor magnético CS1-J

El sensor magnético CS1-J, como se muestra en la Ilustración 3-13, desempeña la función de detectar cambios en el campo magnético y se utiliza especialmente para la identificación precisa de la posición en objetos magnéticos. Funciona como interruptor magnético, permitiendo el encendido o apagado de dispositivos eléctricos o electrónicos. En el proyecto técnico, se implementaron cuatro de estos sensores para detectar la posición de los actuadores en el sistema pick and place. Colocados estratégicamente al inicio y final de cada actuador, estos sensores

permiten un control preciso mediante la programación correspondiente., para más información revisar el Anexo D.



**Ilustración 3-13:** Sensor magnético CS1-J

**Realizado por:** Constante A, 2023.

En la Tabla 3-12 se presentan las características técnicas del sensor magnético utilizado, cada uno acompañado de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-12:** Características técnicas del sensor magnético CS1-J

Numero	Descripción	Características
1	Tipo de sensor	Magnético
2	Tensión de trabajo	5 a 240v AC/DC
3	Potencia de contacto	10W max.
4	Temperatura de trabajo	-10 a 60 °C
5	Tipo de salida	NPN (2 hilos)
6	Resistencia a impactos	Golpes 30G-vibraciones 9G
7	Vida útil	5 millones d operaciones
8	Protección	Ip67
9	Uso en cilindros	Serie TGN

**Fuente:** Eléctricas BC Corp., 2023.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.9 Motor reductor DC 5840-31ZY

Para mover la banda transportadora se utiliza un motor reductor DC 5840-31ZY, como se muestra en la Ilustración 3-14, ya que cuenta con engranajes metálicos completos que permiten un control preciso de la velocidad y dirección de giro en cualquier situación. Su relación de transmisión es alta y tiene una velocidad máxima de 27 RPM. Se emplea este motor debido a que la aplicación del proyecto requiere un alto torque y una velocidad baja para impulsar la banda con la ayuda de una polea dentada., para más información revisar el Anexo E.

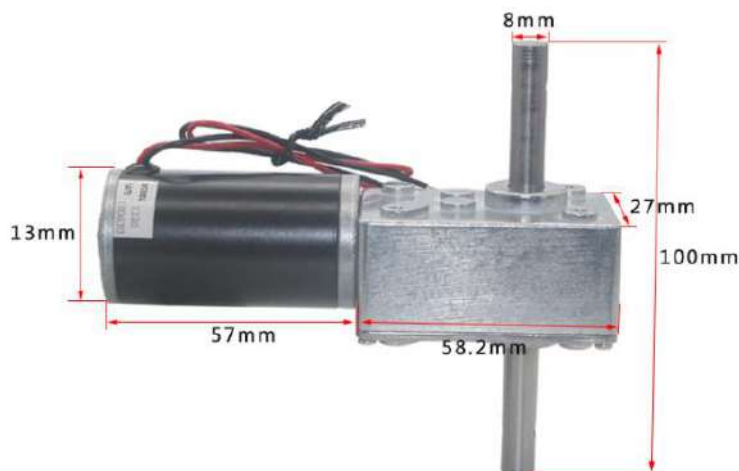


**Ilustración 3-14:** Motor DC 5840-31ZY

Realizado por: Constante A, 2023.

#### 3.5.9.1 Dimensiones del motor reductor DC 5840-31ZY

En la Ilustración 3-15 se muestra las dimensiones del motor reductor DC 5840-31ZY.



**Ilustración 3-15:** Motor DC 5840-31ZY

Fuente: (MICROJPM, 2023).

En la Tabla 3-13 se presentan las características técnicas del motor utilizado, cada una acompañada de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-13:** Características técnicas del motor reductor DC 5840-31ZY

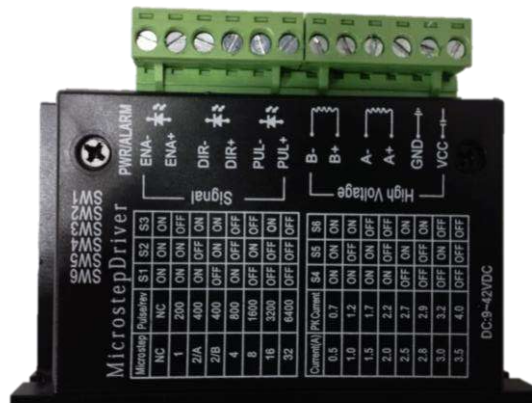
Numero	Descripción	Características
1	Voltaje	12-24V
2	Torque max	71 Kg/cm
3	Velocidad	27 RPM
4	Corriente max	2A
5	Tamaño eje	8mm de diámetro x 15mm largo (Doble eje)

Fuente: MICROJPM, 2023.

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.5.10 Driver TB6600

El driver TB6600, que se muestra en la Ilustración 3-16, controla de manera eficiente los motores paso a paso, brindando la capacidad de lograr movimientos precisos. Este dispositivo no solo permite la entrada de señales para controlar los pulsos y la dirección que se envían al motor, sino que también cuenta con protecciones contra sobrecorriente, sobretensión y sobrecalentamiento. Es ampliamente utilizado en aplicaciones automatizadas. En este caso específico, se implementa este controlador para controlar el motor paso a paso de la mesa giratoria en donde se encuentran los sellos omegas.



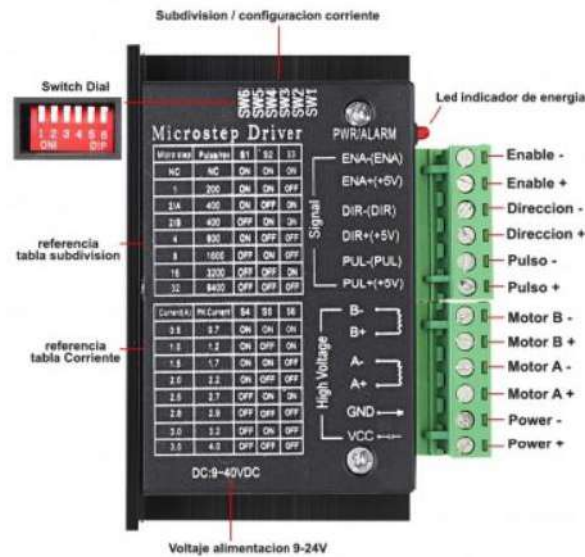
**Ilustración 3-16:** Driver TB6600

Realizado por: Constante A, 2023.



### 3.5.10.1 Partes del Driver TB6600

El driver TB6600 para motores paso a paso está compuesto por varios elementos, como conectores de alimentación, conexiones para el motor, entradas de control para pulso y dirección, ajuste de corriente mediante interruptores DIP, así como indicadores LED para el estado de encendido, tal como se muestra en la Ilustración 3-17.



**Ilustración 3-17:** Partes del Driver TB6600

Fuente: Novatronic, 2023.

### 3.5.10.2 Dimensiones del Driver TB6600

La Ilustración 3-18 presenta las dimensiones del Driver TB6600 para motores paso a paso, el cual tiene una longitud de 96 mm, un ancho de 35 mm y una altura de 56 mm.



**Ilustración 3-18:** Dimensiones del Driver TB6600

Fuente: Novatronic, 2023.

En la Tabla 3-14 se presentan las características técnicas del driver utilizado, cada uno acompañado de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-14:** Características técnicas del Driver TB6600

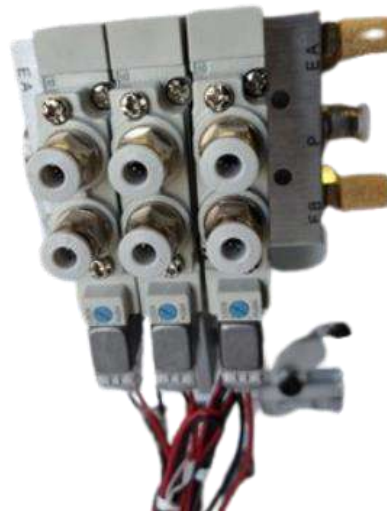
Numero	Descripción	Características
1	Tipo de controlador	PWM bipolar con salida senoidal
2	Voltaje máximo de salida	40 V
3	Corriente pico de salida	4 A
4	Corriente máxima de trabajo	3,5 A
5	Protección térmica	Automática
6	Resolución de micro-stepping	1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/1
7	Peso	200g

**Fuente:** Novatronic, 2023.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.11 Válvula neumática SY5120-5LZD-01

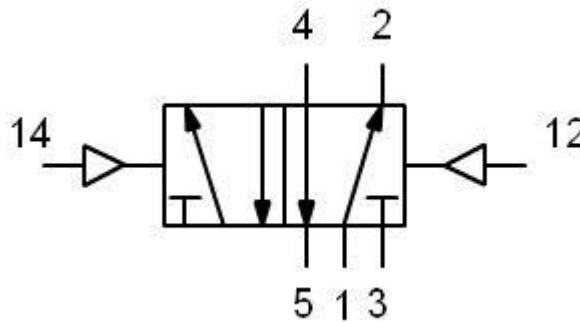
Las válvulas neumáticas controlan el flujo de aire comprimido en sistemas neumáticos, su funcionamiento básico implica el control de dirección y la cantidad de aire que fluye a través de ellas para activar los actuadores neumáticos. En este caso, se están utilizando 3 válvulas neumáticas 5/2 (5 vías y 2 posiciones), como se muestra en la Ilustración 3-19, las cuales permiten accionar los cilindros neumáticos del pick and place y la pinza de sujeción para el sello omega.



**Ilustración 3-19:** Válvulas neumáticas SY5120-5LZD-01

**Fuente:** Novatronic, 2023.

Las válvulas 5/2 ofrecen la capacidad de cambiar entre dos posiciones y controlar el movimiento de los actuadores de manera eficiente. A continuación, en la Ilustración 3-20, se muestra el diagrama de la válvula neumática 5/2.



**Ilustración 3-20:** Diagrama de la válvula neumática 5/2

Fuente: MAKINANDO, 2023.

En la Tabla 3-15 se presentan las características técnicas de las válvulas neumáticas utilizadas, cada una acompañada de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-15:** Características técnicas de la válvula neumática SY5120-5LZD-01

Numero	Descripción	Características
1	Tipo de función	Biestable
2	Configuración	5 vías, 2 posiciones (5/2)
3	Bobinas	solenoide simple
4	Accionamiento	Solenoide y piloto manual
5	Voltaje de alimentación	24 VDC

Fuente: Datasheet de la válvula SY5120-5LZD-01.

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.5.12 Etapa de rotación RTS9060

La etapa de rotación RTS9060, como se muestra en la Ilustración 3-21, es esencial para lograr una rotación precisa de objetos alrededor de un eje específico. Su elección se basa en su capacidad para ofrecer alta precisión, siendo utilizada en este caso para sostener sellos omegas en una mesa superior. Este dispositivo se aplica en situaciones que requieren un control meticuloso para posicionar la mesa con exactitud en una pinza, permitiendo la recolección y ensamblaje preciso de los sellos omegas en un cilindro neumático.



**Ilustración 3-21:** Etapa de rotación RTS9060

**Realizado por:** Constante A, 2023.

#### 3.5.12.1 Especificaciones de la etapa de rotación RTS9060

- Equipado con un motor paso a paso STP-43D2035, se muestra en la Ilustración 3-22.
- Eje giratorio mecanizado con una alta precisión y gran capacidad de carga.
- Adopta un engranaje helicoidal que permite girar en cualquier dirección.
- El motor paso a paso y el tornillo sin fin esta conectados por acoplamiento elásticos (Novatronic, 2023).



**Ilustración 3-22:** Motor paso a paso STP-43D2035

**Realizado por:** Constante A, 2023.

#### 3.5.12.2 Dimensiones de la etapa de rotación RTS9060

La Ilustración 3-23 presenta las dimensiones del Driver TB6600 para motores paso a paso, el cual tiene una longitud de 155 mm, un ancho de 90 mm y una altura de 80 mm.



**Ilustración 3-23:** Dimensiones de la etapa de rotación RTS9060

Fuente: Novatronic, 2023.

En la Tabla 3-16 se presentan las características técnicas de la etapa rotativa RTS9060 utilizada, cada una acompañada de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-16:** Características técnicas de la etapa rotativa RTS9060

Numero	Descripción	Características
1	Relación de reducción	1:180
2	Angulo de rotación	360°
3	Tamaño giratorio	Φ71/Φ105
4	Carga central	40 kg
5	Material del cuerpo	Aleación de aluminio
6	Velocidad máxima	40° por segundo
7	Velocidad de salida	25° por segundo
8	Precisión de posicionamiento	0,005°
9	Excentricidad	0,02mm

Fuente: Novatronic, 2023.

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.5.13 Mesa para los sellos omega

La Ilustración 3-24 muestra la mesa que contiene ocho sellos omegas destinados a su ensamblaje. La etapa rotatoria, previamente detallada, desempeñará un papel importante al posibilitar la rotación cuidadosa y precisa de la mesa. Este proceso garantiza que los sellos se ubiquen con exactitud en su posición designada, facilitando así que la pinza pueda recogerlos de manera eficiente.



**Ilustración 3-24:** Mesa para los sellos omega

**Realizado por:** Constante A, 2023.

En la Tabla 3-17 se presentan las características técnicas de la mesa para sellos omega utilizada, cada una acompañada de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-17:** Características técnicas de la mesa para sellos omega

Numero	Descripción	Características
1	Diámetro de mesa	204mm
2	Círculos de sellos	45mm
3	Material base	Aluminio
4	Estación para sellos	MDF

**Realizado por:** Constante A, 2023.

#### 3.5.14 Fuente de alimentación TPS-2405

La fuente de alimentación, ilustrada en la Figura 3-25, se encarga de suministrar el voltaje necesario a todos los equipos electrónicos que conforman el proyecto técnico. Esta fuente se alimenta de la red eléctrica estándar de 110 voltios de corriente alterna y proporciona una salida estabilizada de 24 voltios en corriente continua para garantizar el funcionamiento adecuado de los componentes del sistema.



**Ilustración 3-25:** Fuente de alimentación TPS-2405

**Realizado por:** Constante A, 2023.

En la Tabla 3-18 se presentan las características técnicas de la fuente de alimentación utilizada, cada una acompañada de su correspondiente descripción, para más información revisar el Anexo F.

**Tabla 3-18:** Características técnicas de la fuente de alimentación

Numero	Descripción	Características
1	Voltaje de alimentación	110 o 220 V AC
2	Potencia	120 W
3	Voltaje de salida	24 V DC
4	Corriente de salida	5 A
5	Protecciones	Cortocircuitos y sobrecargas

**Fuente:** Datasheet de la fuente de alimentación.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.15 *Borneras de conexión*

A pesar de no ser elementos de control, las borneras de conexión, ilustradas en la Figura 3-26, sirven para simplificar la interconexión de diversos elementos de manera fácil y directa. Se utilizan para eliminar la necesidad de empalmes, sirviendo simultáneamente como distribuidores de tensión para los diversos dispositivos.



**Ilustración 3-26:** Borneras de conexión

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.16 *Breaker EBS6BN*

Se utilizó un breaker, ilustrado en la Figura 3-27, para interrumpir el flujo de corriente eléctrica en caso de alguna sobrecarga o un cortocircuito. Su función principal es salvaguardar el sistema eléctrico y los dispositivos conectados, así como prevenir posibles daños o riesgos de incendio.



**Ilustración 3-27:** Breaker EBS6BN

**Realizado por:** Constante A, 2023.

En la Tabla 3-19 se presentan las características técnicas del breaker utilizado, cada uno acompañado de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-19:** Características técnicas del breaker EBS6BN

Numero	Descripción	Características
1	Voltaje nominal	240-415V
2	Frecuencia de operación	50/60Hz
3	Terminal de conexión	Borne de tonillo
4	Estándar	IEC60898
6	Corriente nominal	6A

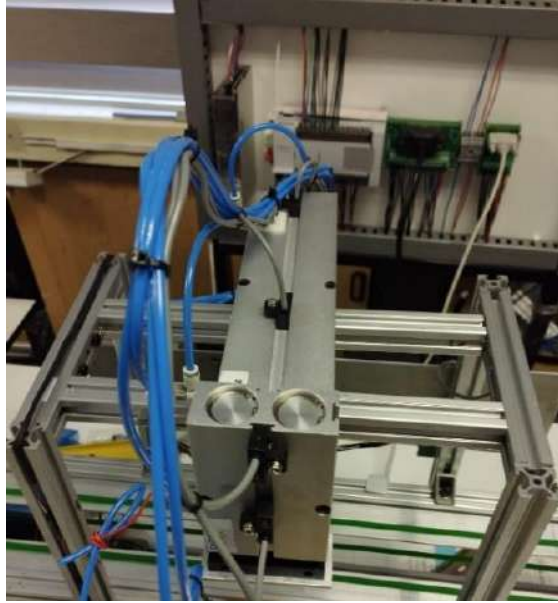
**Fuente:** Megatronica, 2023.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.17 *Pick and place de 2 ejes*

El sistema utilizado para ensamblar el sello omega en el cilindro neumático es un pick and place de dos ejes impulsado por actuadores neumáticos, como se muestra en la Ilustración 3-28. Se optó por este sistema debido a su capacidad para realizar movimientos lineales mediante el uso de cilindros neumáticos como actuadores. Estos cilindros, propulsados por aire comprimido, pueden extenderse o retraerse según los requisitos del movimiento, siendo controlables mediante una programación precisa.



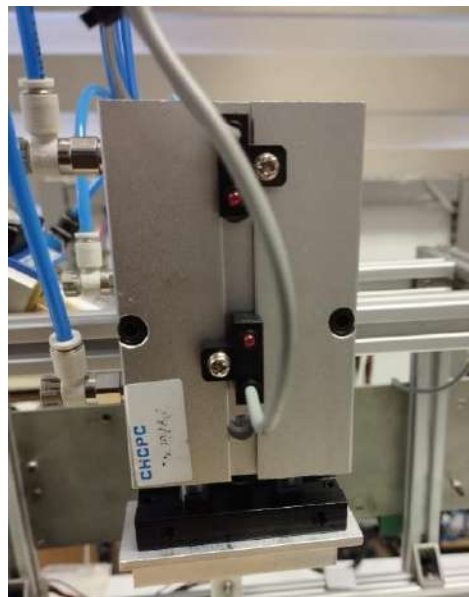


**Ilustración 3-28:** Pick and place de 2 ejes

**Realizado por:** Constante A, 2023.

#### 3.5.17.1 Cilindro neumático TN20X175S

El sistema de pick and place mencionado anteriormente se compone de dos actuadores neumáticos impulsados por cilindros neumáticos TN20X175S, tal como se muestra en la Ilustración 3-29. Este sistema está diseñado para llevar a cabo la tarea de ensamblar el sello omega. Estos cilindros utilizan aire comprimido para generar movimiento en ambas direcciones, permitiendo así el ensamblaje eficiente del sello omega. La ejecución de esta tarea está a cargo del efector final, el cual adopta la forma de una pinza de precisión.

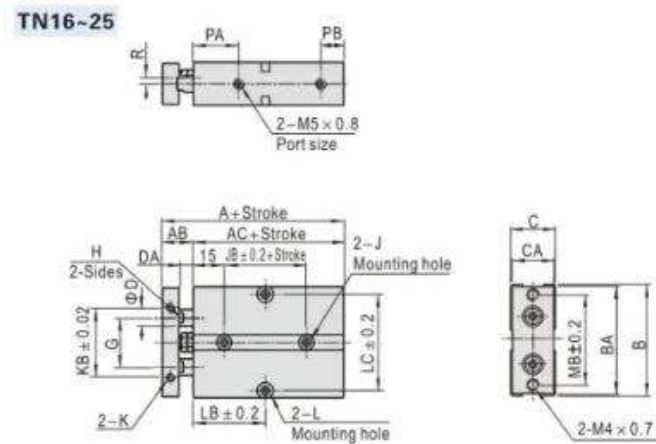


**Ilustración 3-29:** Cilindro neumático TN20X175S

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.17.2 Dimensiones del cilindro neumático TN20X175S

La Ilustración 3-30 presenta las dimensiones del cilindro neumático TN20X175S para el sistema pick and place utilizado.



**Ilustración 3-30:** Dimensiones del cilindro neumático TN20X175S

Fuente: CHCPC, 2023.

En la Tabla 3-20 se presentan las dimensiones específicas del cilindro neumático TN20X175S, lo que proporciona una mejor comprensión del gráfico presentado anteriormente del cilindro neumático utilizado.

**Tabla 3-20:** Dimensiones del cilindro neumático TN20X175S

Tamaño	A	AB	AC	B	BA	C	CA	D	DA	G	H
20	78	20	58	62	61	25	24	10	10	20	8

Fuente: CHCPC 2023.

Realizado por: Constante A, 2023.

En la Tabla 3-21 se presentan las características técnicas del cilindro neumático utilizado en el sistema pick and place, cada una acompañada de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-21:** Características técnicas del cilindro neumático TN20X175S

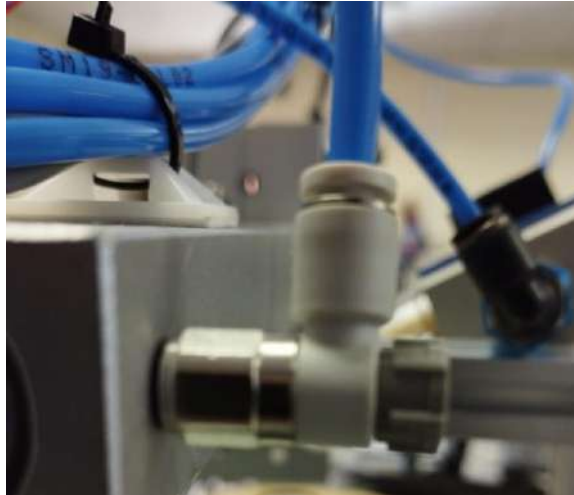
Numero	Descripción	Características
1	Tipo de actuación	Doble efecto
2	Líquido	Aire
3	Presión operacional	22-145 psi
4	Temperatura	-20-70°C
5	Rango de velocidad	30-500 mm/s

Fuente: CHCPC, 2023.

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.5.18 Válvula reguladora de presión

Para la entrada de aire a los actuadores neumáticos del pick and place se están utilizando válvulas reguladoras de presión, como se muestra en la Ilustración 3-31. Estas válvulas permiten controlar y ajustar la presión de aire que alimenta los cilindros neumáticos. Esto se logra mediante una perilla que posibilita aumentar o disminuir la presión de salida según sea necesario.



**Ilustración 3-31:** Válvula reguladora de presión

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.5.19 Caja de selector y pulsadores

En el interior de la caja se encuentran ubicados los pulsadores que envían señales al PLC. Esta caja alberga los botones de inicio color verde, paro color rojo, reset color amarillo y paro de emergencia color rojo. La disposición de estos botones se muestra detalladamente en la Ilustración 3-32.



**Ilustración 3-32:** Caja para la botonera

Realizado por: Constante A, 2023.

En la Tabla 3-22 se presentan las características técnicas de la caja que contiene el selector y los pulsadores utilizados, cada uno acompañado de su correspondiente descripción.

**Tabla 3-22:** Características técnicas de la botonera

Numero	Descripción	Características
1	Botón color verde de 22mm, normalmente abierto (NA)	Alimentación de 24 VDC
2	Botón color rojo de 22mm, normalmente cerrado (NC)	Alimentación de 24 VDC
3	Botón color rojo tipo zeta de 22mm, normalmente cerrado (NC)	Alimentación de 24 VDC
4	Selector de 3 posiciones	Alimentación de 24 VDC

**Fuente:** Ficha técnica de la botonera.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.20 Riel

Se emplea un riel, tal como se observa en la Ilustración 3-33, para la colocación del PLC, los bloques de terminales DB37 y DB15, así como las borneras de conexión y el breaker en el tablero de mando, para su sujeción.

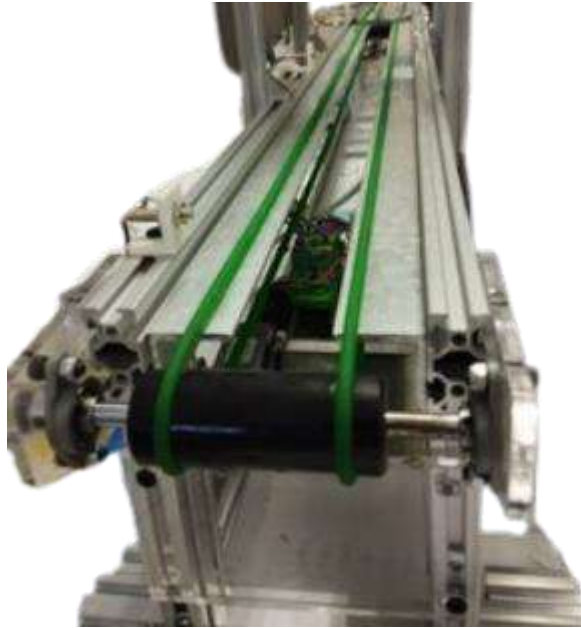


**Ilustración 3-33:** Riel

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.5.21 Banda transportadora

Se implementa una banda transportadora, como se muestra en la Ilustración 3-34, para movilizar el pallet que transporta un cilindro neumático, permitiendo así que prosiga con su ensamblaje desde la etapa anterior. Esta banda transportadora es activada por el motor previamente detallado en la sección 3.5.9, y mediante una polea dentada, facilita el avance del proceso de ensamblaje para la colocación del sello omega.

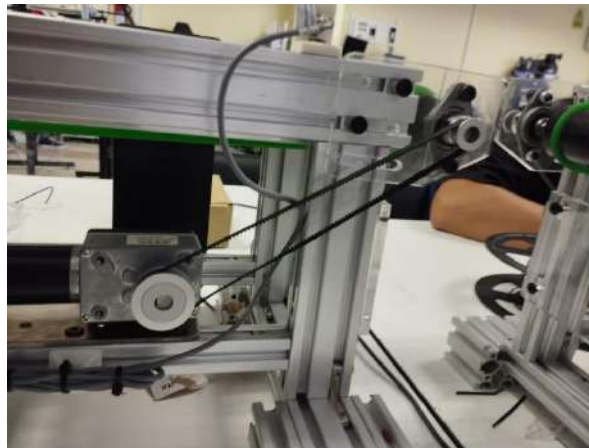


**Ilustración 3-34:** Banda transportadora

**Realizado por:** Constante A, 2023.

#### *3.5.21.1 Polea de banda transportadora*

Fue esencial emplear una polea dentada, como se muestra en la Ilustración 3-35, en la banda transportadora. Esta polea tiene la tarea de transferir de manera precisa el movimiento del motor a la banda. La alineación precisa de la polea es necesaria para prevenir posibles deslizamientos o saltos en la banda transportadora durante su funcionamiento.



**Ilustración 3-35:** Polea dentada

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### **3.6 Diseño eléctrico del módulo didáctico**

En esta sección, se tratará el consumo de corriente de todo el circuito, el dimensionamiento del cable conductor empleado en la configuración del cableado completo del sistema. Además, se

detallará la instalación del cableado en el tablero de control, en el módulo correspondiente a la etapa de sellado y en la banda transportadora.

### 3.6.1 Consumo de corriente total del módulo

En la Tabla 3-23 se detallan todos los componentes que conforman el proyecto técnico. Además, se especifica el consumo de corriente requerido por cada componente para su correcto funcionamiento, junto con la suma total del consumo del circuito completo.

**Tabla 3-23:** Consumo de corriente de los componentes del circuito

Cantidad	Componentes	Consumo total de corriente
1	PLC Wecon	400 mA
3	Válvulas neumáticas	300 mA
4	Sensores inductivos	400 mA
2	Pulsadores (Inicio, Paro)	20 mA
1	Pulsador de emergencia	10 mA
1	Selector	10 mA
4	Sensores magnéticos	400 mA
1	Driver TB6600	3 A
1	Motor DC	2 A
1	Etapa de rotación	2 A
	<b>Total</b>	8.5 A

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.6.2 Dimensionamiento del cable conductor

Para llevar a cabo la instalación completa del sistema, se realizó un proceso de dimensionamiento de los cables, siguiendo los estándares establecidos por la norma AWG, detalladas en la Tabla 3-24. Para la totalidad del cableado, se optó por emplear cables de calibre 22, los cuales se distribuyen en distintos colores: azul para la conexión negativa, rojo para la conexión positiva y negro para otras conexiones específicas.

**Tabla 3-24:** Estándar AWG para calibre de cable, con su respectiva corriente máxima

AWG	Diámetro (mm)	Corriente máxima (A)
22	0.6438	1
20	0.8128	5
18	1.024	7

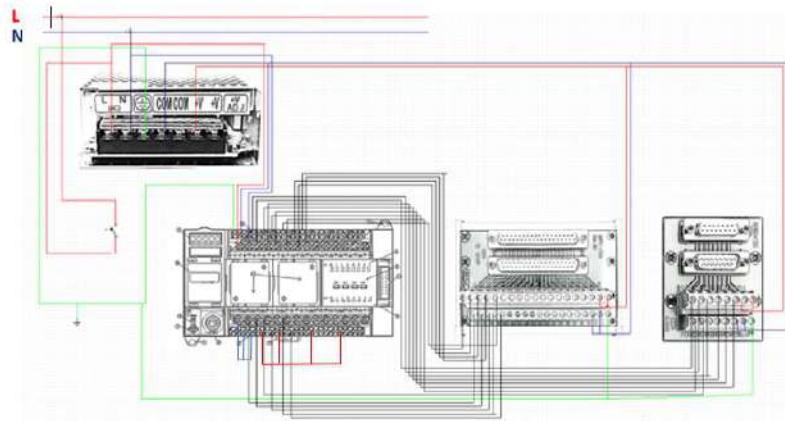
AWG	Diámetro (mm)	Corriente máxima (A)
16	1.290	10
14	1.628	15
12	2.052	20

Fuente: ZMS CABLE, 2023.

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.6.3 Diagrama de conexiones del tablero de control

En la Ilustración 3-36 se exhibe el diagrama de conexiones empleado en el tablero de control. En este esquema, se resalta la conexión de la fuente de alimentación a 110V, la cual provee energía a todo el sistema. Además, se incluye un disyuntor para activar el PLC. También se especifican las conexiones de entrada y salida hacia los bloques de terminales DB37 y DB15.



**Ilustración 3-36:** Diagrama de conexiones del tablero de control

Realizado por: Constante A, 2023.

#### 3.6.3.1 Ensamblaje físico del tablero de control

Una vez que se ha completado el diagrama de conexiones, se procede a la implementación del mismo para verificar su correcto funcionamiento, tal como se muestra en la Ilustración 3-37.



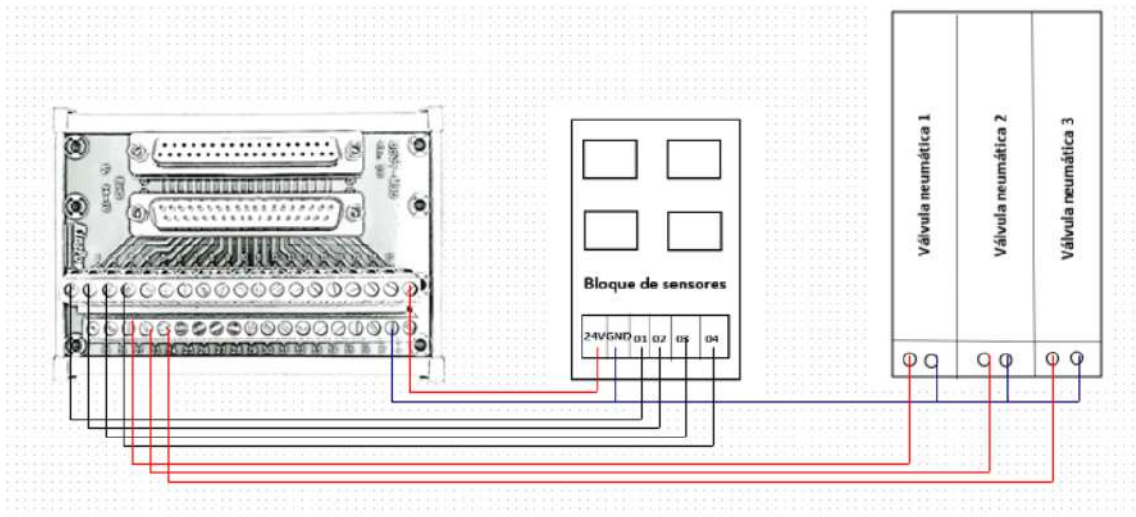
**Ilustración 3-37:** Ensamblaje físico del tablero de mando

Realizado por: Constante A, 2023.



### 3.6.4 Diagrama de conexiones del módulo de válvulas y sensores

En la Ilustración 3-38 se presenta el esquema de conexiones utilizado para operar las válvulas neumáticas y los sensores asociados. Este diagrama resalta la conexión de las válvulas neumáticas, las cuales tienen un papel crucial en el funcionamiento del sistema pick and place.



**Ilustración 3-38:** Diagrama de conexiones del módulo de válvulas y sensores

Realizado por: Constante A, 2023.

#### 3.6.4.1 Ensamblaje físico del módulo de válvulas

Una vez que se ha elaborado el diagrama de conexiones, se procede a su implementación para verificar su correcto funcionamiento, tal como se muestra en la Ilustración 3-39.



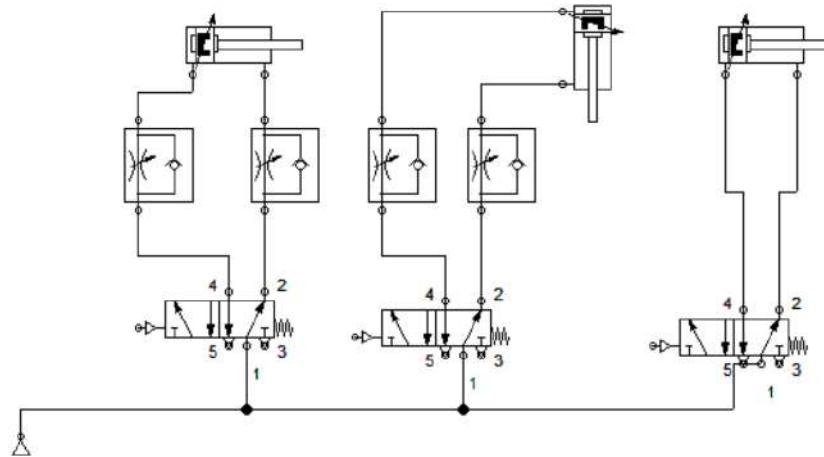
**Ilustración 3-39:** Ensamblaje físico del módulo de válvulas

Realizado por: Constante A, 2023.

#### 3.6.4.2 Diagrama neumático

En la Ilustración 3-40 se presenta el diagrama neumático que describe el funcionamiento de los cilindros neumáticos empleados en el sistema de pick and place de 2 ejes, diseñado para llevar a cabo el proceso de sellado. Este diagrama ha sido creado utilizando el programa FluidSIM.



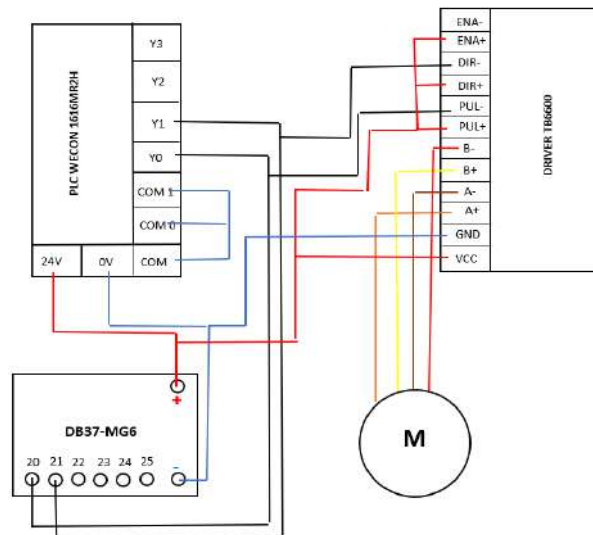


**Ilustración 3-40:** Diagrama neumático

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.6.5 Diagrama de conexiones del motor paso a paso

En la Ilustración 3-41 se presenta el diagrama de conexiones utilizado en el motor a pasos para la mesa giratoria. En este diagrama, se destaca la conexión del driver TB6600, que es el encargado de controlar el giro y la posición del motor paso a paso. Además, se muestran las conexiones necesarias desde el PLC para su correcto funcionamiento.



**Ilustración 3-41:** Diagrama de conexiones del motor paso a paso

Realizado por: Constante A, 2023.

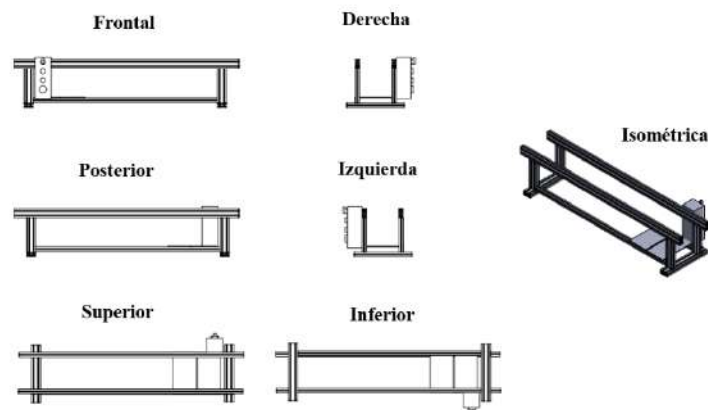
## 3.7 Estructura del módulo didáctico en SolidWorks

En esta sección se describe detalladamente el diseño estructural de la etapa de ensamblaje del sello omega, necesario para asegurar su adecuado funcionamiento. El diseño se lleva a cabo

mediante el uso del programa SolidWorks, el cual permite la obtención de planos detallados, incluyendo las dimensiones precisas de cada componente que conforma este proyecto técnico.

### 3.7.1 *Diseño de la estructura de la banda transportadora*

En la Ilustración 3-42 se muestra el diseño detallado de la banda transportadora empleada en el proyecto técnico. Se exhiben todas sus perspectivas, que abarcan las vistas frontal, posterior, derecha, izquierda, superior e inferior. Además, se incluye una representación isométrica que muestra el ensamblaje completo de la banda.

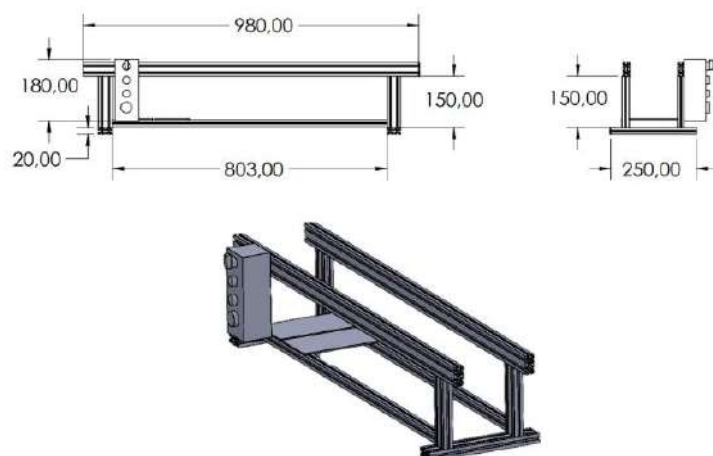


**Ilustración 3-42:** Diseño de la banda transportadora en SolidWorks

**Realizado por:** Constante A, 2023.

#### 3.7.1.1 *Dimensiones de la banda transportadora*

En la Ilustración 3-43 se presentan las dimensiones precisas de la banda transportadora empleada en el proyecto técnico, junto con una representación visual detallada de todas sus partes, mostrando el aspecto físico que tiene la banda.



**Ilustración 3-43:** Dimensiones de la banda transportadora

**Realizado por:** Constante A, 2023.

La Tabla 3-25 presenta los componentes necesarios para la implementación de la banda transportadora, especificando las piezas y destacando el uso de aluminio como material debido a su peso ligero y durabilidad.

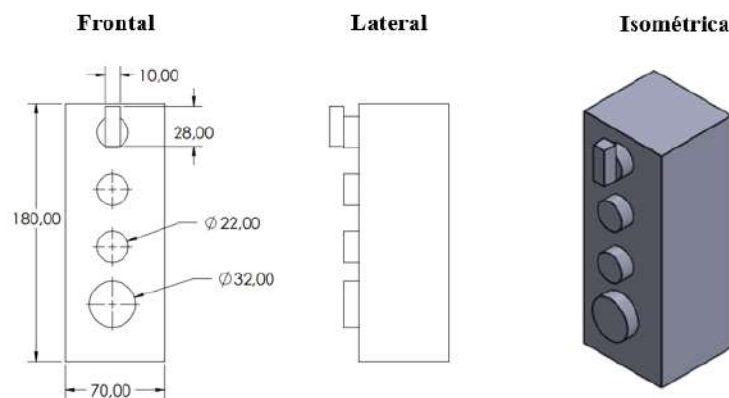
**Tabla 3-25:** Componentes para el soporte de la banda transportadora

Cantidad	Pieza	Material	Descripción
2	Perfiles con dimensiones de 40x20 mm y una longitud de 980 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de una banda transportadora.
2	Perfiles con dimensiones de 20x20 mm y una longitud de 803 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de una banda transportadora.
4	Perfiles con dimensiones de 40x20 mm y una longitud de 150 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de una banda transportadora.
2	Perfiles con dimensiones de 40x20 mm y una longitud de 180 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de una banda transportadora.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.7.1.2 Diseño de la estructura de la botonera y placas de soporte

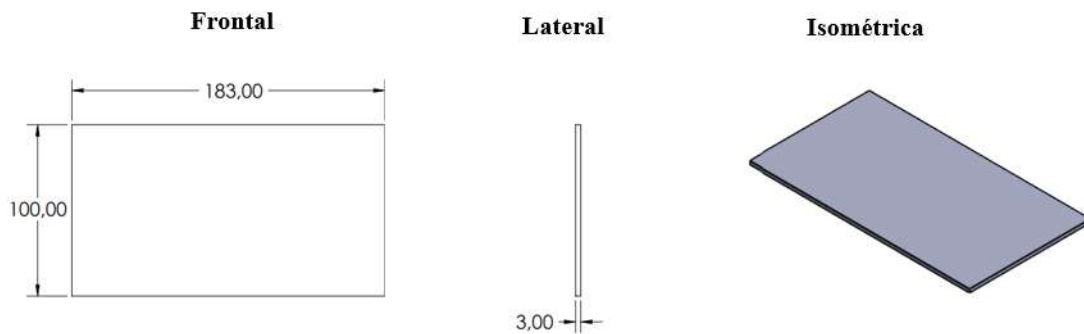
En la Ilustración 3-44 se muestra el diseño detallado de la botonera empleada en el proyecto técnico. Se exhiben sus perspectivas, que incluyen las vistas frontal y lateral. Además, se incluye una representación isométrica que muestra el ensamblaje completo de la botonera, junto con sus respectivas dimensiones.



**Ilustración 3-44:** Dimensiones de la botonera

**Realizado por:** Constante A, 2023.

En la Ilustración 3-45 se presenta el diseño detallado de la placa empleada en el proyecto técnico. Este componente proporcionará soporte al motor de la banda, al bloque de terminales DB15 y al bloque de terminales de sensores. Se muestran sus perspectivas, incluyendo las vistas frontal y lateral. Además, se incluye una representación isométrica que muestra el ensamblaje completo de la placa, junto con sus respectivas dimensiones.

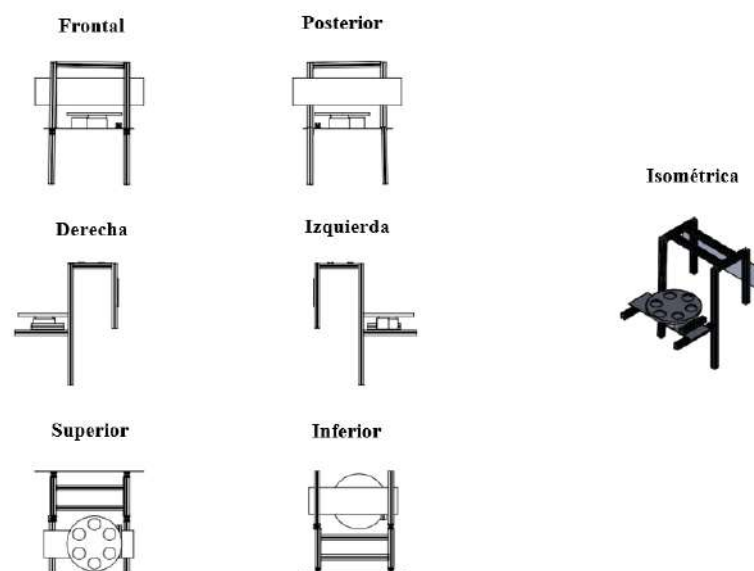


**Ilustración 3-45:** Dimensiones de la placa

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.7.2 *Diseño de la estructura de la etapa de sellado*

En la Ilustración 3-46 se presenta el diseño detallado de la etapa de sellado empleada en el proyecto técnico. Se muestran todas sus perspectivas, que incluyen las vistas frontal, posterior, derecha, izquierda, superior e inferior. Además, se incluye una representación isométrica que muestra el ensamblaje completo de la etapa.

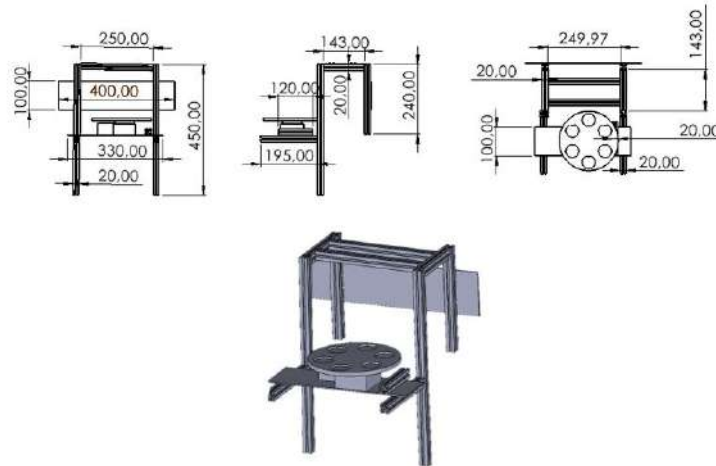


**Ilustración 3-46:** Diseño de la etapa de sellado en SolidWorks

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.7.2.1 Dimensiones de la etapa de sellado

En la Ilustración 3-47 se muestran las dimensiones precisas de la etapa de sellado empleada en el proyecto técnico, junto con una representación visual detallada de todas sus partes, mostrando el aspecto físico que tiene la etapa de sellado.



**Ilustración 3-47:** Diseño de la etapa de sellado en SolidWorks

**Realizado por:** Constante A, 2023.

En la Tabla 3-26 se presentan los componentes necesarios para la implementación de la etapa de sellado, especificando las piezas y destacando el uso de aluminio como material debido a su peso ligero y durabilidad.

**Tabla 3-26:** Componentes para el soporte de la etapa de sellado

Cantidad	Pieza	Material	Descripción
2	Perfiles con dimensiones de 20x20 mm y una longitud de 450 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de la etapa de sellado.
2	Perfiles con dimensiones de 20x20 mm y una longitud de 250 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de la etapa de sellado.
2	Perfiles con dimensiones de 20x20 mm y una longitud de 249.97 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de la etapa de sellado.
2	Perfiles con dimensiones de 20x20 mm y una longitud de 143 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de la etapa de sellado.

Cantidad	Pieza	Material	Descripción
2	Perfiles con dimensiones de 20x20 mm y una longitud de 195 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de la etapa de sellado.
1	Perfiles con dimensiones de 20x20 mm y una longitud de 120 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de la etapa de sellado.

Realizado por: Constante A, 2023.

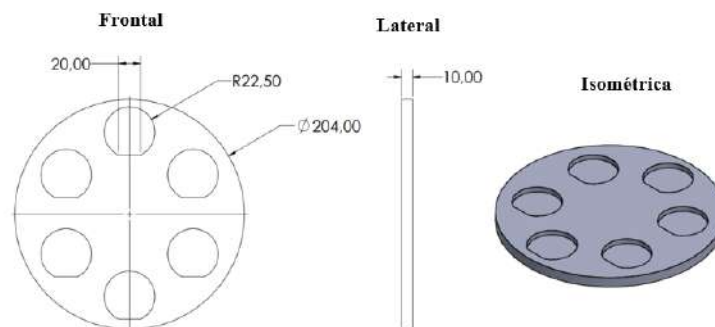
**Tabla 3-27:** Componentes para el soporte de la etapa de sellado

Cantidad	Pieza	Material	Descripción
2	Perfiles con dimensiones de 20x20 mm y una longitud de 240 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de la etapa de sellado.
1	Placa para soporte de elementos de 400mm de longitud por 100mm de ancho	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de la etapa de sellado.
1	Placa para soporte de mesa giratoria de 330mm de longitud por 100mm de ancho	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de la etapa de sellado.

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.7.2.2 *Diseño y dimensiones de la mesa para sellos omega*

En la Ilustración 3-48 se muestra el diseño detallado de la mesa que sirve para dar soporte a los sellos omega empleados en el proyecto técnico. Se exhiben sus perspectivas, que abarcan las vistas frontal y lateral. Además, se incluye una representación isométrica que muestra el ensamblaje completo de la mesa, con sus respectivas dimensiones y componentes, detallados en la Tabla 3-27.



**Ilustración 3-48:** Diseño y dimensiones de la mesa para sellos omega

Realizado por: Constante A, 2023.

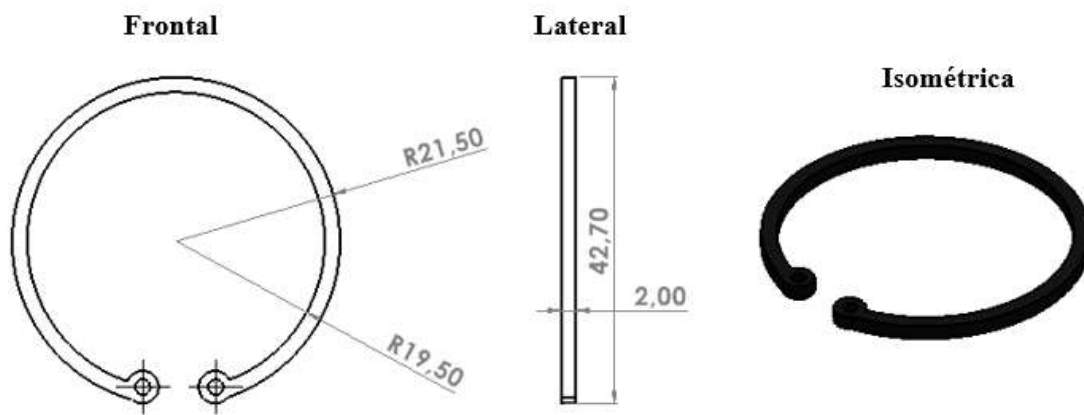
**Tabla 3-28:** Componentes para el soporte de los sellos omega

Numero	Pieza	Material	Descripción
1	Mesa circular de diámetro 204mm	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de los sellos omega.
2	Estación en forma de sellos omega de diámetro 22,50mm	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de los sellos omega.
3	Espesor de la mesa 10mm	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte de los sellos omega.

Realizado por: Constante A, 2023

### 3.7.3 Diseño y dimensiones del sello omega

En la Ilustración 3-49 se muestra el diseño detallado del sello omega que se empleará para el ensamblaje de los cilindros neumáticos. Se exhiben sus perspectivas, que abarcan las vistas frontal y lateral. Además, se incluye una representación isométrica que muestra el diseño completo, con sus respectivas dimensiones.

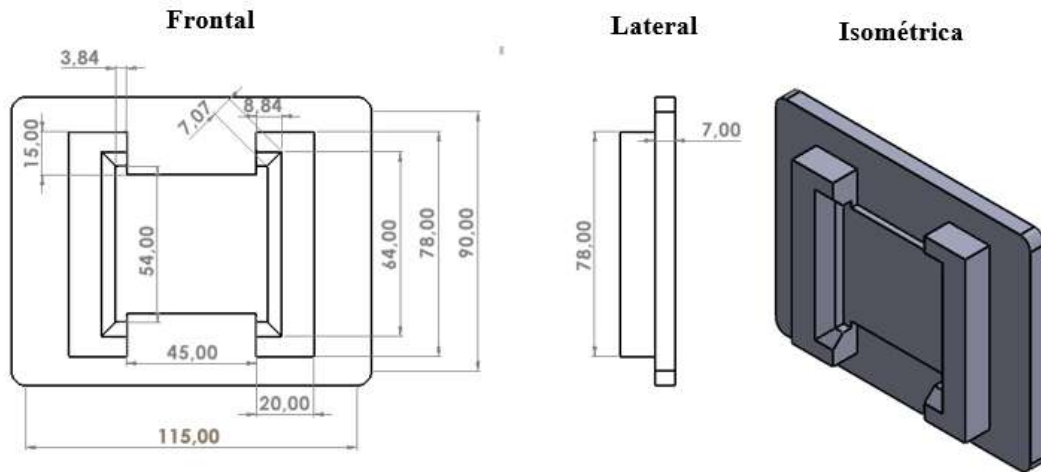


**Ilustración 3-49:** Diseño y dimensiones del sello omega

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.7.4 Diseño y dimensiones del pallet

En la Ilustración 3-50 se muestra el diseño detallado del pallet que se empleará para el transporte de los cilindros neumáticos. Está hecho de material PLA y tiene dos metales en sus dos extremos superiores. Se exhiben sus perspectivas, que abarcan las vistas frontal y lateral. Además, se incluye una representación isométrica que muestra el diseño completo, con sus respectivas dimensiones.

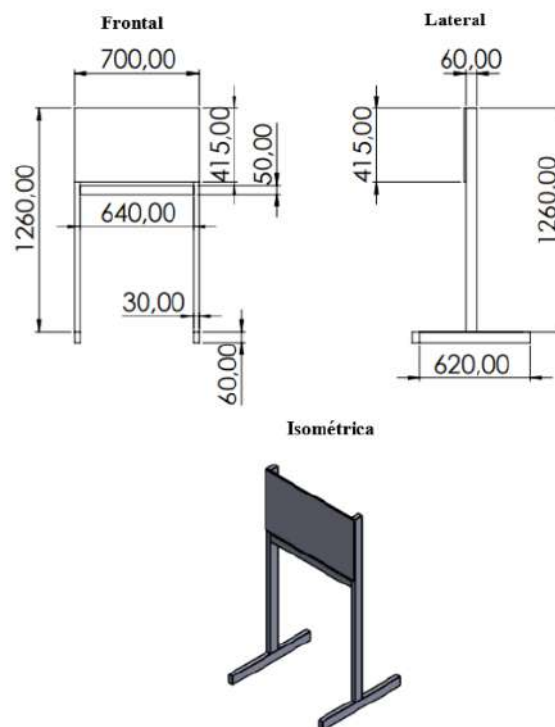


**Ilustración 3-50:** Diseño y dimensiones del pallet

Realizado por: Constante A, 2023.

### 3.7.5 Diseño y dimensiones del tablero de mando

En la Ilustración 3-51 se muestra el diseño detallado del tablero de mando que sirve para dar soporte al PLC, la fuente de alimentación y las diferentes borneras. Se exhiben sus perspectivas, que incluyen las vistas frontal y lateral. Además, se incluye una representación isométrica que muestra el ensamblaje completo, con sus respectivas dimensiones y componentes que se detallan en la Tabla 3-28.



**Ilustración 3-51:** Diseño y dimensiones del tablero de mando

Realizado por: Constante A, 2023.



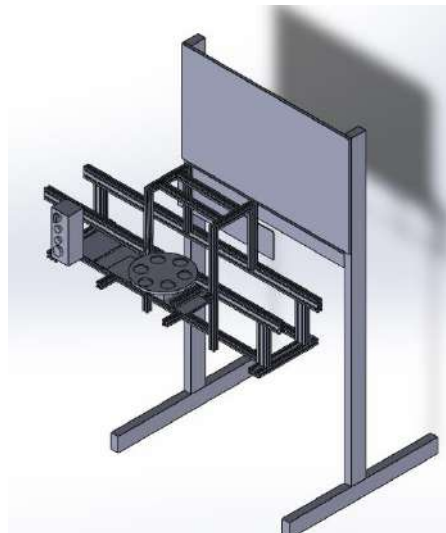
**Tabla 3-29:** Componentes para el soporte del tablero de mando

<b>Cantidad</b>	<b>Pieza</b>	<b>Material</b>	<b>Descripción</b>
<b>2</b>	Perfiles con dimensiones de 30x60 mm y una longitud de 1260 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte al tablero de mando
<b>2</b>	Perfiles con dimensiones de 30x60 mm y una longitud de 620 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte al tablero de mando
<b>1</b>	Perfiles con dimensiones de 50x60 mm y una longitud de 640 mm.	Aluminio color plomo	Estructura de aluminio diseñada para servir como soporte al tablero de mando
<b>1</b>	Tablero con dimensiones de 700 mm x 415 mm	MDF color blanco	Estructura de MDF diseñada para servir como soporte al tablero de mando

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.7.6 *Esquema de la estructura completa del módulo didáctico*

El diseño de la estructura del proyecto técnico se elaboró utilizando el software SolidWorks. Este programa facilitó la creación de un esquema completo que incluye todas las piezas ensambladas, conformando tanto la banda transportadora en la parte inferior como la etapa de sellado en la parte superior. Además, se detalla la presencia de la botonera y las placas de soporte destinadas a los diversos componentes, como se muestra en la Ilustración 3-52.



**Ilustración 3-52:** Esquema de la estructura completa del módulo didáctico.

**Realizado por:** Constante A, 2023.

### 3.8 Implementación completa del módulo didáctico

En la Ilustración 3-53, se muestra la implementación completa del módulo didáctico destinado al ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega. En ella, se destaca la disposición y ensamblaje detallado de cada uno de los componentes que lo integran.



**Ilustración 3-53:** Implementación completa del módulo didáctico

Realizado por: Constante A, 2024.

### 3.9 Estructura de programación y configuración del módulo didáctico

En esta sección, se detalla la estructura de programación del sistema mediante el uso del lenguaje de programación Ladder. Se incluye el esquema correspondiente, además de sus ecuaciones, y se proporciona información detallada sobre el software de programación destinado al PLC.

#### 3.9.1 Entradas y salidas

A continuación, se detallan las entradas y salidas que se utilizan para la programación del módulo didáctico, especificando el uso de cada una con sus respectivos nombres, como se muestra en la Tabla 3-29.

**Tabla 3-30:** Descripción de las entradas y salidas utilizadas

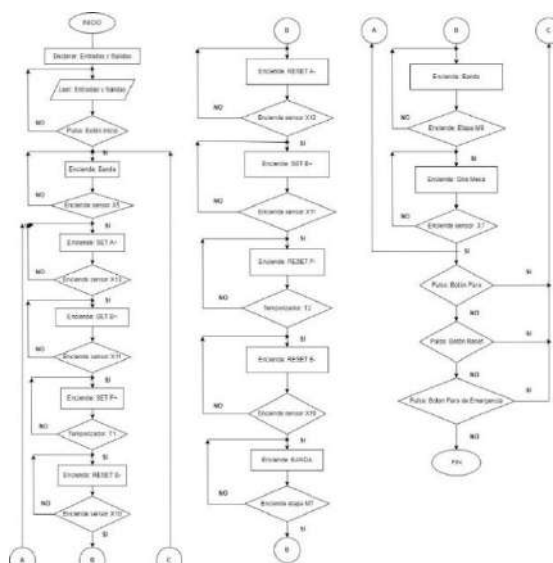
Entradas (X)	Nombre	Descripción
X0	PARO	Entrada del botón paro
X1	INICIO	Entrada del botón inicio
X2	PARO DE EMERGENCIA	Entrada del botón zeta
X3	RESET	Entrada del botón reset
X4	SENSOR B1	Entrada del sensor de inicio de banda
X5	SENSOR B2	Entrada del sensor de ensamblaje

Entradas (X)	Nombre	Descripción
X6	SENSOR B3	Entrada del sensor de final de banda
X7	SENSOR MG	Entrada del sensor para girar la mesa
X10	SENSOR A+	Entrada del sensor de salida del cilindro A+
X11	SENSOR A-	Entrada del sensor de retorno del cilindro A-
X12	SENSOR B+	Entrada del sensor de salida del cilindro B+
X13	SENSOR B-	Entrada del sensor de retorno del cilindro B-
Salidas (Y)	Nombre	Descripción
Y0	MOTOR PASOS	Salida para control de motor a pasos
Y1	MOTOR PASOS	Salida para control de motor a pasos
Y2	MOTOR BANDA	Salida para el control de motor de la banda
Y3	VALVULA 1	Salida para el control de la válvula 1
Y4	VALVULA 2	Salida para el control de la válvula 2
Y5	VALVULA 3	Salida para el control de la válvula 3

Realizado por: Constante A, 2024.

### 3.9.2 Diagrama de flujo del funcionamiento del módulo didáctico

Para comprender el funcionamiento del módulo de sellado de los cilindros neumáticos, se ha elaborado un diagrama de flujo que detalla el proceso para poner en marcha todo el sistema, como se muestra en la Ilustración 3-54. El proceso comienza con la declaración de las variables de entrada y salida, seguida de la adquisición de datos de los sensores para llevar a cabo cada etapa del sellado hermético. Se incluyen condiciones que verifican si se cumplen para proceder con cada una de las operaciones.

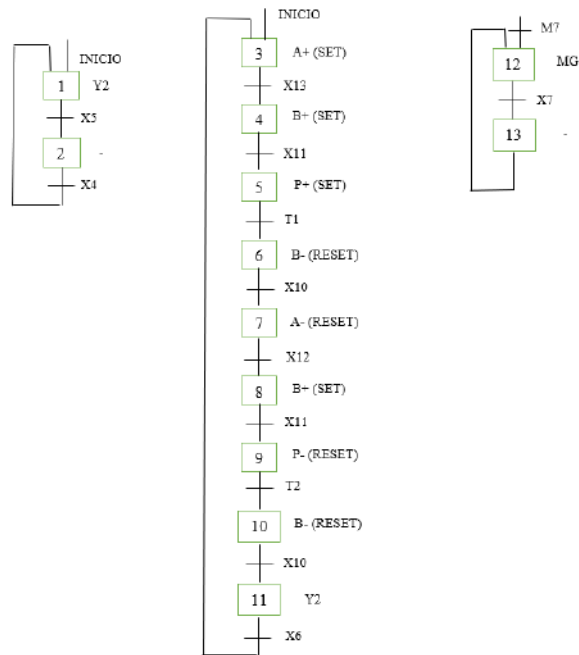


**Ilustración 3-54:** Diagrama de flujo del funcionamiento del módulo didáctico

Realizado por: Constante A, 2024.

### 3.9.3 Diagrama grafcet

Se ha realizado la secuencia para la programación del módulo con la ayuda de un diagrama grafcet, como se muestra en la Ilustración 3-55. Este diagrama proporciona de manera gráfica y estructurada el comportamiento que tendrá nuestro módulo, lo que nos permitirá obtener las ecuaciones necesarias para trasladarlas al programa Ladder.



**Ilustración 3-55:** Diagrama grafcet de la etapa de sellado

Realizado por: Constante A, 2024.

### 3.9.4 Obtención de ecuaciones

Después de realizar el diagrama GRAFCET, se procedió a obtener sus ecuaciones, como se muestra en la Tabla 3-30, utilizando una regla específica que dicta: "etapa anterior por transición anterior más la misma etapa por la siguiente negada". Este proceso proporciona las ecuaciones necesarias para la programación en el PLC, lo que facilita la implementación efectiva de la lógica de control en el sistema automatizado.

**Tabla 3-31:** Obtención de las ecuaciones

Etapa	Ecuación
M1	$INICIO + M2X4 + M1\overline{M2}$
M2	$M1X5 + M2\overline{M1}$
M3	$INICIO + M11X6 + M3\overline{M4}$

Etapa	Ecuación
M4	$M3X13 + M4\overline{M5}$
M5	$M4X11 + M5\overline{M6}$
M6	$M5T1 + M6\overline{M7}$
M7	$M6X10 + M7\overline{M8}$
M8	$M7X12 + M8\overline{M9}$
M9	$M8X11 + M9\overline{M10}$
M10	$M9T2 + M10\overline{M11}$
M11	$M10X10 + M11\overline{M3}$
M12	$M7 + M12\overline{M13}$
M13	$M12X7 + M13\overline{M12}$

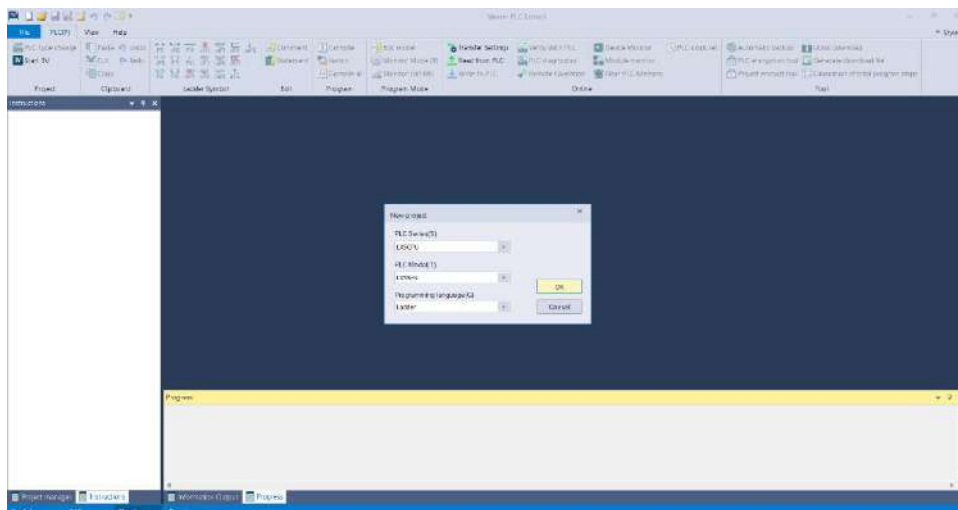
Realizado por: Constante A, 2024.

### 3.10 Programación para el PLC Wecon

Para llevar a cabo la programación del PLC Wecon 1616MR2H utilizado, se emplea el programa Wecon PLC Editor 2.

#### 3.10.1 Wecon PLC editor 2

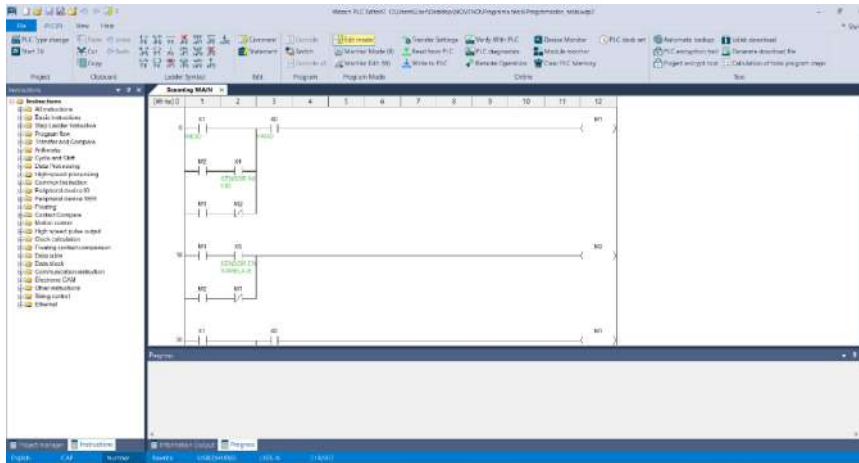
Gracias a este software, se logra realizar la programación del PLC utilizando el lenguaje Ladder. Su interfaz amigable y fácil comprensión permite utilizar contactos abiertos y cerrados para las memorias, así como incorporar las salidas necesarias en el programa, poniendo etiquetas en cada una para su rápida comprensión. Para comenzar a programar, se debe seleccionar la versión de PLC que se utilizará, como se muestra en la Ilustración 3-56.



**Ilustración 3-56:** Elección del PLC en el software

Realizado por: Constante A, 2024.

Después de seleccionar el PLC, se accede a la pantalla principal, que al inicio se presenta en blanco. Aquí, se comienza a construir el programa según las ecuaciones obtenidas en el GRAFCET, y una vez completado, se procede a cargarlo y verificar su correcto funcionamiento, como se muestra en la Ilustración 3-57., para ver la programación revisar el Anexo G.

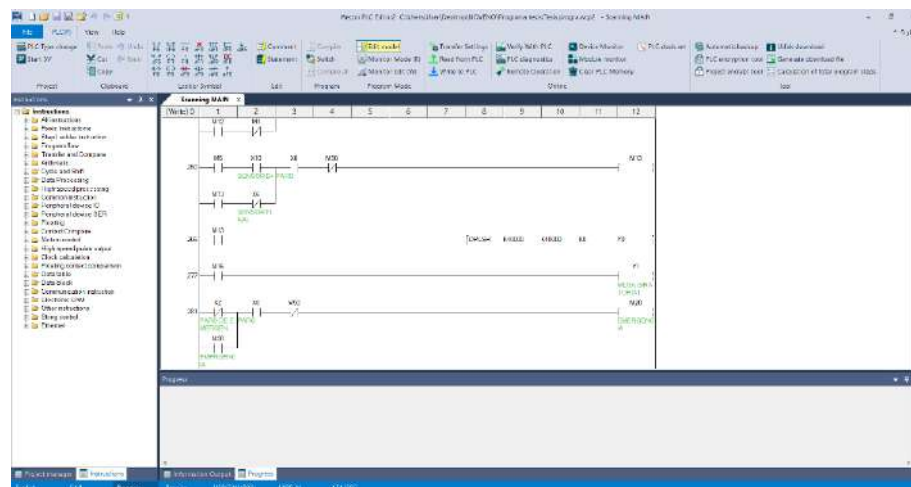


**Ilustración 3-57:** Programación del PLC Wecon

Realizado por: Constante A, 2024.

### 3.10.2 Programación de la etapa rotativa RTS9060

Para llevar a cabo la programación de la etapa rotativa directamente desde el PLC, es necesario que este genere salidas de transistor. En este proceso, se emplea la función DPLSR, como se muestra en la Ilustración 3-58, que posibilita la configuración de parámetros como la velocidad, el número de pasos, la frecuencia de rotación y la salida a la cual está conectado el motor de la etapa rotativa. Esta función se utiliza debido a que se necesita un cierto número de pasos que esta función nos facilita.

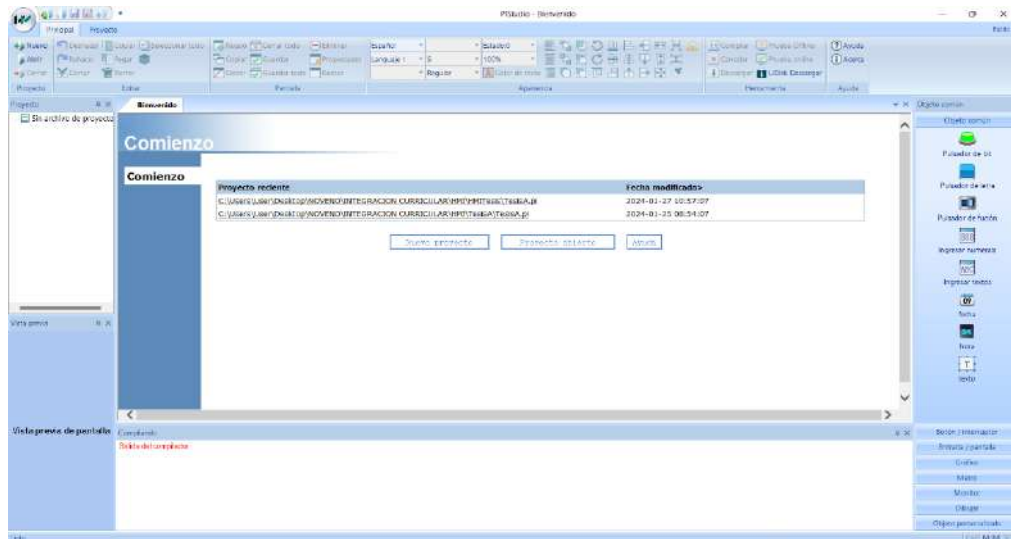


**Ilustración 3-58:** Programación de la etapa rotativa en el PLC Wecon

Realizado por: Constante A, 2024.

### 3.11 Diseño HMI

Para realizar el diseño de la Interfaz de Usuario (HMI), se emplea PISstudio, un software exclusivo de la marca Wecon, como se evidencia en la Ilustración 3-59. Este programa posibilita la creación y configuración de pantallas de manera intuitiva para el usuario, permitiendo organizar los componentes de forma personalizada para realizar un control específico.



**Ilustración 3-59:** Entorno del programa PISstudio

Realizado por: Constante A, 2024.

#### 3.11.1 Pantalla principal

En la pantalla principal del HMI, se presenta el diseño del módulo didáctico junto con información sobre el tema, los datos de la carrera y del autor. Además, se incluye el logo de la facultad y un botón de inicio que facilita la transición a la siguiente página, donde se encuentra la pantalla de control del sellado, tal como se muestra en la Ilustración 3-60.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**



**TEMA:**  
IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL AJUSTE DE LA TAPA FRONTAL DE UN ACTUADOR NEUMÁTICO CON SELLO OMEGA PARA UN SISTEMA DE MONTAJE DE CILINDROS NEUMÁTICOS

**AUTOR:**  
ALEXIS FERNANDO CONSTANTE FONSECA

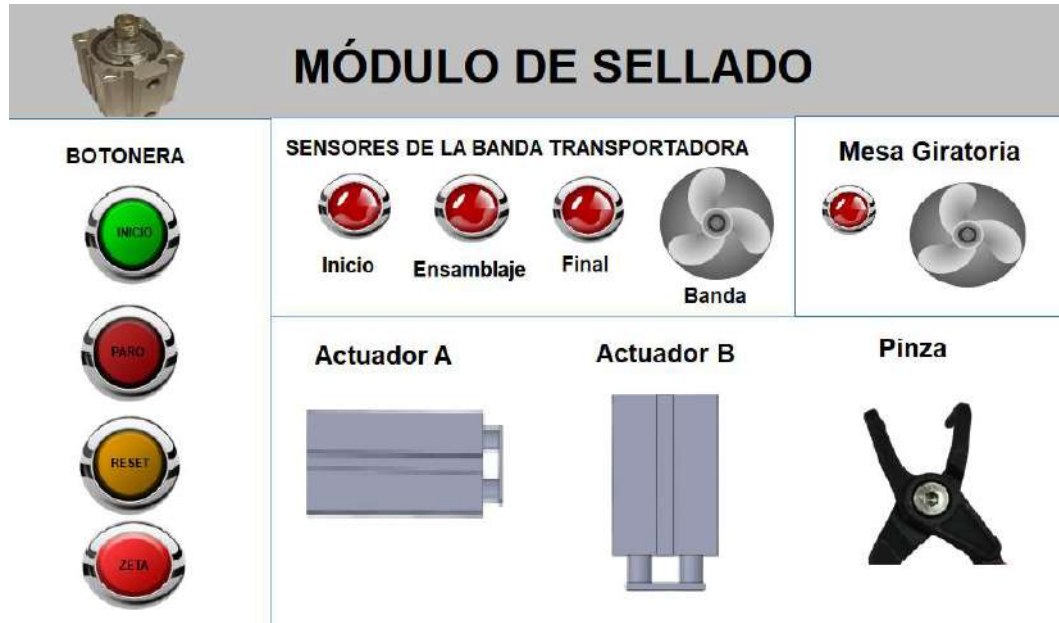
**INICIO**

**Ilustración 3-60:** Pantalla principal del HMI

Realizado por: Constante A, 2024.

### 3.11.2 Pantalla del módulo de sellado

En esta sección se puede encontrar el control completo del módulo didáctico. La botonera consta de un botón de inicio, paro, reset y paro de emergencia. Además, hay una sección para observar los sensores de la banda transportadora y se puede verificar su movimiento mediante un indicador. En otra sección, está la mesa giratoria junto con su sensor, y por último, se tiene el control para observar el funcionamiento de los actuadores del pick and place, como se muestra en la Ilustración 3-61.



**Ilustración 3-61:** Pantalla principal del HMI

Realizado por: Constante A, 2024.



## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentaron las pruebas de validación realizadas al módulo didáctico. Estas pruebas se enfocaron en garantizar el correcto funcionamiento de todo el proceso.

#### 4.1 Metodología de las pruebas

Las pruebas realizadas abarcaban criterios esenciales destinados a validar y respaldar el proyecto. Este proceso implicaba la evaluación de alrededor de 30 muestras que abarcaban tiempos de ensamblaje, calibración de sensores y distancias de actuadores.

En el proceso de validación de los sensores inductivos y magnéticos, se recopilaron datos sobre las distancias de detección tanto del metal del pallet para el sensor inductivo como del imán de los actuadores neumáticos para el sensor magnético. Posteriormente, se construyó una tabla en la que se calcularon tanto el error absoluto, que garantizaba la exactitud del modelo evaluado, considerando que mientras este valor se acercara más al valor real, más exacto sería el resultado obtenido. Además, se calculó el error relativo porcentual para evaluar los resultados experimentales y determinar la calidad. Se estableció que un valor por debajo del 1% era considerado "muy bueno", mientras que un rango de 5% al 10% se clasificaba como "aceptable". En el caso de que el valor superara el 10%, se consideraba que el resultado era "poco confiable" (FISICALAB 2024).

Para el proceso de validación de los tiempos de salida de los actuadores y toma de sello omega, se utilizó la prueba de normalidad. Para este propósito, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk, que evaluó si los datos seguían una distribución normal mediante la comparación de estadísticos con valores críticos teóricos. La Hipótesis Nula asumía que los datos provenían de una distribución normal, mientras que la Hipótesis Alternativa sugería lo contrario, proporcionando un enfoque sólido para la validación de la normalidad de los resultados (Flores Carlos & Flores Lissette, 2021).

Para validar el tiempo total de ensamblaje del módulo didáctico, además de evaluar su precisión, se implementó el método de repetibilidad. La interpretación de los resultados se realizó de la siguiente manera: un coeficiente de variación (CV) cercano al 0% indicaba una baja variabilidad en los datos, dando como resultado una muestra compacta. Si el CV superaba el 30%, sugería que la media no era representativa, cuestionando la validez del sistema de medición. En cambio, un CV aproximándose al 100% señalaba una muestra altamente dispersa, indicando una mayor variabilidad en los resultados. Este enfoque proporcionó una evaluación integral de la

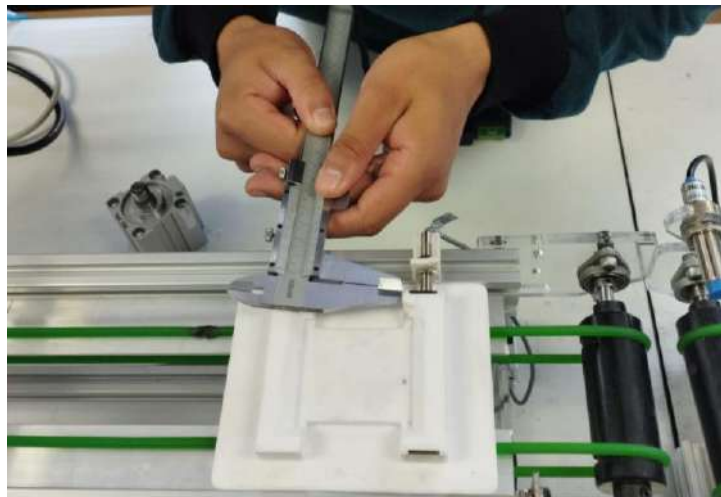
repetibilidad del tiempo de ensamblaje y su precisión en el contexto del módulo didáctico (Escamilla, 2024).

## 4.2 Pruebas de validación

En esa sección, se llevaron a cabo pruebas de validación que incluyeron la medición de las distancias de detección para los sensores mediante un calibrador, así como la medición de los tiempos parciales y totales de todo el proceso mediante un cronómetro. En caso de que se presentara algún error o mal funcionamiento durante el procedimiento, se detalló la causa correspondiente.

### 4.2.1 Pruebas de validación de los sensores inductivos

El objetivo de llevar a cabo las pruebas de validación del sensor inductivo era asegurar que no presentara errores al detener el pallet en los puntos exactos para el correcto ensamblaje del cilindro neumático. Para ello, se utilizó un calibrador que permitió medir la distancia a la que los sensores detectan el metal del pallet, como se observa en la Ilustración 4.1. Se consideraron los datos obtenidos en el datasheet, los cuales indicaban que los sensores inductivos tenían un rango de detección de 0.8 a 1 mm. Se recolectaron 30 datos, donde se asignó el valor de 1 para indicar la detección y el valor de 0 para señalar la no detección, los cuales se presentaron en la Tabla 4-1.



**Ilustración 4-1:** Validación de los sensores inductivos

**Realizado por:** Constante A, 2024.

En la Tabla 4.1, se determinó el error absoluto, obteniendo un promedio de 0, 0, 0.03 y 1. Todos los valores, excepto el 1, son inferiores al 10%, que es el margen de error proporcionado por el fabricante. Con respecto al error relativo, se obtuvieron valores de 0%, 0%, 3% y 100%. Esto indica que los valores del 0% se consideran "muy buenos", los del 3% son "aceptables", mientras que el 100% se clasifica como "poco confiable" al superar el 10% recomendado por el fabricante.

En conclusión, se validó el sensor en las medidas de 0.6 a 1 mm para obtener detecciones aceptables.

**Tabla 4-1:** Distancia de detección de sensores inductivos

N° de pruebas	Patrón de muestra (0.8-1mm)	Muestras obtenidas				Error Absoluto				Error Relativo			
		0,6 mm	0,8 mm	1 mm	1,1 mm	0,6 mm	0,8 mm	1 mm	1,1 mm	0,6 mm	0,8 mm	1 mm	1,1 mm
1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
3	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
4	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
5	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0%	0%	100%	100%
6	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
7	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
8	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
9	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
10	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
11	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
12	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
13	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
14	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
15	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
16	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
17	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
18	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
19	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
20	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
21	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
22	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
23	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
24	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
25	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
26	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
27	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
28	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%

N° de pruebas	Patrón de muestra (0.8-1mm)	Muestras obtenidas				Error Absoluto				Error Relativo			
		0,6 mm	0,8 mm	1 mm	1,1 mm	0,6 mm	0,8 mm	1 mm	1,1 mm	0,6 mm	0,8 mm	1 mm	1,1 mm
29	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
30	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
		<b>Promedio:</b>				0	0	0.03	1	0%	0%	3%	100%

Realizado por: Constante A, 2024.

#### 4.2.2 Pruebas de validación de los sensores magnéticos CS1-J

El objetivo de llevar a cabo las pruebas de validación de los sensores magnéticos CS1-J era asegurar que no presentaran errores al detectar la salida y retorno de los actuadores neumáticos. Para esto, se tomaron en cuenta las lecturas de medición establecidas por el fabricante., el cual se encuentra detallado en el Anexo D.

Para tomar los datos, se utilizaron un imán de neodimio y una regla como equipos patrones para establecer las distancias de detección entre el imán y el sensor. Se recopilaron 30 muestras, que se describen a continuación.

**Tabla 4-2:** Distancia de detección de sensores magnéticos

N° de pruebas	Patrón de muestra (0.5-1.2mm)	Muestras obtenidas				Error Absoluto				Error Relativo			
		0,5 mm	1 mm	1,5 mm	1,7 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm	1,7 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm	1,7 mm
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0%	0%	100%	100%
2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
3	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
4	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0%	0%	100%	100%
5	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0%	0%	100%	100%
6	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
7	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
8	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
9	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
10	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
11	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
12	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0%	0%	100%	100%
13	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0%	0%	100%	100%
14	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%

N° de pruebas	Patrón de muestra (0.5-1.2mm)	Muestras obtenidas				Error Absoluto				Error Relativo			
		0,5 mm	1 mm	1,5 mm	1,7 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm	1,7 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm	1,7 mm
15	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
16	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
17	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
18	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
19	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
20	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
21	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
22	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
23	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
24	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
25	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
26	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
27	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
28	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
29	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
30	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	100%
		<b>Promedio:</b>				0	0	0.17	1	0%	0%	17%	100%

Realizado por: Constante A, 2024.

En la Tabla 4-2, se determinó el error absoluto, obteniendo un promedio de 0, 0, 0.17 y 1. Todos los valores, excepto el 1, eran inferiores al 10%, que era el margen de error proporcionado por el fabricante. Con respecto al error relativo, se obtuvieron valores de 0%, 0%, 17% y 100%. Esto indicaba que los valores del 0% se consideraban "muy buenos", los del 17% eran "aceptables", mientras que el valor del 100% se clasificaba como "poco confiable" al superar el 10% recomendado por el fabricante.

En conclusión, se validó el sensor en las medidas de 0.5 a 1.5 mm para obtener detecciones aceptables.

#### 4.2.3 Pruebas de validación de la banda transportadora

El objetivo de llevar a cabo las pruebas de validación de la banda transportadora era garantizar la eficiencia al momento de la ejecución del proceso. Para ello, se empleó un cronómetro que permitió medir el tiempo en segundos que tardaba el pallet en desplazarse, desde el inicio hasta el final de la banda. Se recopilieron 30 datos, los cuales se presentaron en la Tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Tiempos de funcionamiento de la banda transportadora

<b>N° de pruebas</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Observaciones</b>
<b>1</b>	11,03	Funcionamiento Correcto
<b>2</b>	10,96	Funcionamiento Correcto
<b>3</b>	10,95	Funcionamiento Correcto
<b>4</b>	10,91	Funcionamiento Correcto
<b>5</b>	10,98	Funcionamiento Correcto
<b>6</b>	10,95	Funcionamiento Correcto
<b>7</b>	10,84	Funcionamiento Correcto
<b>8</b>	10,85	Funcionamiento Correcto
<b>9</b>	10,98	Funcionamiento Correcto
<b>10</b>	11,13	Funcionamiento Correcto
<b>11</b>	10,83	Funcionamiento Correcto
<b>12</b>	10,99	Funcionamiento Correcto
<b>13</b>	10,93	Funcionamiento Correcto
<b>14</b>	10,98	Funcionamiento Correcto
<b>15</b>	11,16	Funcionamiento Correcto
<b>16</b>	10,95	Funcionamiento Correcto
<b>17</b>	11,14	Funcionamiento Correcto
<b>18</b>	11,04	Funcionamiento Correcto
<b>19</b>	11,17	Funcionamiento Correcto
<b>20</b>	11	Funcionamiento Correcto
<b>21</b>	11,07	Funcionamiento Correcto
<b>22</b>	11,23	Funcionamiento Correcto
<b>23</b>	11,29	Funcionamiento Correcto
<b>24</b>	11,17	Funcionamiento Correcto
<b>25</b>	11,26	Funcionamiento Correcto
<b>26</b>	11,16	Funcionamiento Correcto
<b>27</b>	10,88	Funcionamiento Correcto
<b>28</b>	10,96	Funcionamiento Correcto
<b>29</b>	11,07	Funcionamiento Correcto
<b>30</b>	11,22	Funcionamiento Correcto

**Realizado por:** Constante A, 2024.

Una vez recopilados los datos, fue necesario realizar una prueba de normalidad mediante el criterio estadístico de Shapiro-Wilk, dado que el tamaño de muestra era inferior a 50. Para llevar

a cabo este análisis, se utilizó el programa SPSS. Los resultados de la prueba de normalidad se presentaron en la Tabla 4-4.

**Tabla 4-4:** Prueba de normalidad

<b>Pruebas de normalidad Shapiro Wilk</b>			
<b>Variable</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Tiempo Banda	0,952	30	0,188

Realizado por: Constante A, 2024.

Después de aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, se obtuvo un valor de criterio de decisión de 0.188. Este valor fue mayor a 0.05, lo que indicó que los datos seguían una distribución normal.

#### **4.2.4 Pruebas de validación de los actuadores neumáticos del pick and place**

El objetivo de llevar a cabo las pruebas de validación de los actuadores neumáticos A y B que conformaban el pick and place era garantizar la eficiencia al momento de la ejecución del proceso. Para esto, se procedió a medir los tiempos en segundos de salida y retorno de los mismos para observar si existía alguna variación que afectara al ensamblaje total. Se recopilaron 30 datos por actuador, los cuales se presentaron en la Tabla 4-5.

**Tabla 4-5:** Pruebas de funcionamiento de los actuadores A y B

<b>N° de pruebas</b>	<b>Actuador A</b>		<b>Actuador B</b>	
	<b>Salida</b>	<b>Retorno</b>	<b>Salida</b>	<b>Retorno</b>
<b>1</b>	3,5	3,49	2,89	1,57
<b>2</b>	3,54	3,49	2,52	1,61
<b>3</b>	3,63	3,48	2,4	1,57
<b>4</b>	3,53	3,49	2,68	1,48
<b>5</b>	3,63	3,48	2,55	1,37
<b>6</b>	3,62	3,49	2,63	1,4
<b>7</b>	3,64	3,47	2,43	1,56
<b>8</b>	3,7	3,46	2,57	1,53
<b>9</b>	3,77	3,47	2,54	1,59
<b>10</b>	3,77	3,49	2,57	1,53
<b>11</b>	3,92	3,53	2,59	1,56
<b>12</b>	3,94	3,54	2,67	1,59
<b>13</b>	3,89	3,55	2,62	1,54

N° de pruebas	Actuador A		Actuador B	
	Salida	Retorno	Salida	Retorno
14	3,91	3,51	2,58	1,47
15	3,87	3,5	2,64	1,47
16	3,86	3,51	2,54	1,47
17	3,9	3,51	2,62	1,47
18	3,85	3,52	2,68	1,58
19	3,82	3,55	2,47	1,4
20	3,92	3,5	2,61	1,57
21	3,88	3,46	2,55	1,46
22	3,94	3,53	2,64	1,46
23	3,94	3,57	2,6	1,44
24	3,93	3,53	2,49	1,56
25	3,94	3,52	2,61	1,51
26	3,92	3,49	2,45	1,54
27	3,94	3,51	2,53	1,53
28	3,93	3,51	2,62	1,44
29	3,91	3,5	2,49	1,54
30	3,93	3,51	2,46	1,43

Realizado por: Constante A, 2024.

Una vez recopilados los datos, fue necesario realizar una prueba de normalidad mediante el criterio estadístico de Shapiro-Wilk, dado que el tamaño de muestra era inferior a 50. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó el programa SPSS. Los resultados de la prueba de normalidad se presentaron en la Tabla 4-6.

**Tabla 4-6:** Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk			
Variables	Estadístico	gl	Sig.
Salida A	0,902	30	0,188
Retorno A	0,969	30	0,52
Salida B	0,934	30	0,062
Retorno B	0,946	30	0,128

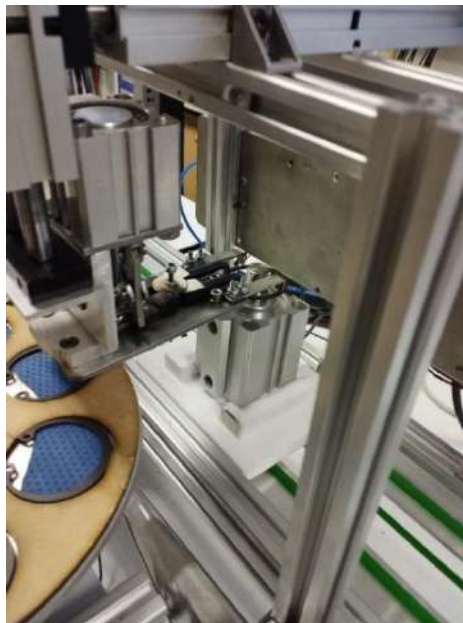
Realizado por: Constante A, 2024.



Después de aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, se obtuvieron valores de criterio de decisión para la salida del actuador A de 0.188 y para el retorno de 0.520. Para el actuador B, se obtuvieron valores de criterio de decisión de salida de 0.062 y de retorno de 0.123. Estos valores fueron mayores a 0.05, lo que indicó que los datos seguían una distribución normal.

#### 4.2.5 Pruebas de validación del ensamblaje de sellos omega

El objetivo de llevar a cabo las pruebas de validación en el ensamblaje de los sellos omega era garantizar la ausencia de errores al tomar el sello con la pinza y llevarlo al cilindro neumático, como se mostraba en la Ilustración 4-2. Se realizaron múltiples tomas de los sellos, midiendo el tiempo en segundos necesario para la operación. En caso de que se presentara algún error, se identificaría y especificaría el fallo.



**Ilustración 4-2:** Validación del ensamblaje de sellos omega

**Realizado por:** Constante A, 2024

En este proceso, se recopilaron 30 muestras que fueron detalladamente descritas en la Tabla 4-7

**Tabla 4-7:** Tiempos de ensamblaje del sello omega

N° de pruebas	Tiempo (s)	Ensamblaje	Observaciones
1	16,49	1	Ensamblaje correcto
2	16,48	1	Ensamblaje correcto
3	16,49	1	Ensamblaje correcto
4	16,48	0	No tomo el sello

<b>N° de pruebas</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Ensamblaje</b>	<b>Observaciones</b>
5	16,49	1	Ensamblaje correcto
6	16,47	1	Ensamblaje correcto
7	16,46	1	Ensamblaje correcto
8	16,47	1	Ensamblaje correcto
9	16,49	1	Ensamblaje correcto
10	16,52	1	Ensamblaje correcto
11	16,53	1	Ensamblaje correcto
12	16,54	1	Ensamblaje correcto
13	16,51	1	Ensamblaje correcto
14	16,51	1	Ensamblaje correcto
15	16,51	1	Ensamblaje correcto
16	16,52	1	Ensamblaje correcto
17	16,54	1	Ensamblaje correcto
18	16,55	1	Ensamblaje correcto
19	16,47	1	Ensamblaje correcto
20	16,53	1	Ensamblaje correcto
21	16,57	1	Ensamblaje correcto
22	16,53	1	Ensamblaje correcto
23	16,52	1	Ensamblaje correcto
24	16,48	1	Ensamblaje correcto
25	16,5	0	No tomo el sello
26	16,5	1	Ensamblaje correcto
27	16,5	1	Ensamblaje correcto
28	16,51	1	Ensamblaje correcto
29	16,51	1	Ensamblaje correcto
30	16,53	1	Ensamblaje correcto

**Realizado por:** Constante A, 2024.

Una vez recopilados los datos, fue necesario realizar una prueba de normalidad mediante el criterio estadístico de Shapiro-Wilk, dado que el tamaño de muestra era inferior a 50. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó el programa SPSS. Los resultados de la prueba de normalidad se presentaron en la Tabla 4-8.

**Tabla 4-8:** Prueba de normalidad

<b>Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk</b>			
<b>Variable</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Ensamblaje Sellos	0,975	30	0,687

**Realizado por:** Constante A, 2024.

Después de aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, se obtuvo un valor de criterio de decisión para el ensamblaje de sellos omega de 0.687. Este valor fue mayor a 0.05, lo que indicó que los datos seguían una distribución normal.

#### 4.2.5.1 *Pruebas de repetibilidad del ensamblaje de sellos omega*

En la Tabla 4-9 se mostró el resultado de la obtención del coeficiente de variación para el ensamblaje total del módulo de sellado. Este cálculo se realizó a partir de la Tabla 4-7, analizando si se había ensamblado el sello. Se determinó que el 93.33% de los datos se ensamblaron de manera correcta, mientras que el 6.67% presentaba ligeros fallos. El objetivo de realizar esta prueba era evaluar y verificar si existía variabilidad en los sellos ensamblados, de manera que se garantizara un rendimiento constante en toda la línea de producción. El coeficiente de variación fue de 27.18%, lo cual estuvo en el rango de 0% a 30%, y se consideró aceptable debido a que la muestra era compacta. Esto respaldó el funcionamiento adecuado del proceso.

**Tabla 4-9:** Pruebas de coeficiente de variación del ensamblaje de sellos omega

<b>Piezas totales ensambladas correctamente</b>	28
<b>Piezas ensambladas con fallos</b>	2
<b>Desviación Estándar</b>	0.25
<b>Coefficiente de Variación</b>	27.18%

**Realizado por:** Constante A, 2024.

#### 4.2.6 *Pruebas de validación de ensamblaje total del módulo didáctico*

El objetivo de llevar a cabo las pruebas de validación del ensamblaje completo de sellos omega era asegurar la eficiencia de todo el proceso, desde el inicio hasta el final, con el propósito de obtener un cilindro neumático perfectamente sellado. Para lograr esto, se realizó la medición de los tiempos de ensamblaje completos mediante el uso de un cronómetro, como se mostraba en la Ilustración 4-3. En caso de que surgiera algún error, se procedería a identificar y detallar el fallo observado.



**Ilustración 4-3:** Pruebas de validación del ensamblaje total

**Realizado por:** Constante A, 2024.

Durante ese proceso, se recolectaron 30 muestras, todas las cuales se ensamblaron correctamente y se describieron en la Tabla 4-10.

**Tabla 4-10:** Tiempos de ensamblaje total del módulo didáctico

N° de pruebas	Tiempo (s)	Ensamblaje	Observaciones
1	22,38	1	Ensamblaje correcto
2	22,33	1	Ensamblaje correcto
3	22,26	1	Ensamblaje correcto
4	22,57	1	Ensamblaje correcto
5	22,52	1	Ensamblaje correcto
6	22,75	1	Ensamblaje correcto
7	22,63	1	Ensamblaje correcto
8	22,53	1	Ensamblaje correcto
9	22,72	1	Ensamblaje correcto
10	22,62	1	Ensamblaje correcto
11	22,76	1	Ensamblaje correcto
12	22,72	0	Pequeño golpe en el cilindro al ensamblar
13	22,63	1	Ensamblaje correcto
14	22,23	1	Ensamblaje correcto
15	22,18	1	Ensamblaje correcto
16	22,05	1	Ensamblaje correcto
17	22,73	1	Ensamblaje correcto

N° de pruebas	Tiempo (s)	Ensamblaje	Observaciones
18	22,23	1	Ensamblaje correcto
19	21,92	1	Ensamblaje correcto
20	22,27	1	Ensamblaje correcto
21	22,33	1	Ensamblaje correcto
22	22,24	1	Ensamblaje correcto
23	22,6	1	Ensamblaje correcto
24	22,18	1	Ensamblaje correcto
25	22,13	1	Ensamblaje correcto
26	21,98	1	Ensamblaje correcto
27	22,05	1	Ensamblaje correcto
28	22,25	1	Ensamblaje correcto
29	22,24	1	Ensamblaje correcto
30	22,26	1	Ensamblaje correcto

Realizado por: Constante A, 2024.

Una vez recopilados los datos, se realizó una prueba de normalidad utilizando el criterio estadístico de Shapiro-Wilk debido a que el tamaño de la muestra era inferior a 50. El análisis se llevó a cabo mediante el programa SPSS y los resultados se presentaron en la Tabla 4-11.

**Tabla 4-11:** Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad Shapiro Wilk			
Variable	Estadístico	gl	Sig.
Ensamblaje Total	0,932	30	0,055

Realizado por: Constante A, 2024.

Después de aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, se obtuvo un valor de criterio de decisión para el ensamblaje total del módulo didáctico de 0.055. Este valor fue mayor o igual a 0.05, lo que indicó que los datos seguían una distribución normal.

#### 4.2.6.1 Pruebas de repetibilidad del ensamblaje total del módulo didáctico

En la Tabla 4-12 se mostró el resultado de la obtención del coeficiente de variación para el ensamblaje total del módulo de sellado. Este cálculo se realizó a partir de la Tabla 4-10, analizando si se había realizado un ensamblaje total correcto. Se determinó que el 96.66% de los datos se ensamblaron de manera correcta, mientras que el 3.34% presentaba ligeros fallos. El objetivo de realizar esta prueba era evaluar y verificar si existía variabilidad en los sellos ensamblados, de manera que se garantizara un rendimiento constante en toda la línea de

producción. El coeficiente de variación fue de 18.88%, lo cual estuvo en el rango de 0% a 30%, y se consideró aceptable debido a que la muestra era compacta. Esto respaldó el funcionamiento adecuado del proceso.

**Tabla 4-12:** Pruebas de coeficiente de variación del ensamblaje total

<b>Piezas totales ensambladas correctamente</b>	29
<b>Piezas ensambladas con fallos</b>	1
<b>Desviación Estándar</b>	0.18
<b>Coeficiente de Variación</b>	18,88%

Realizado por: Constante A, 2024.

### 4.3 Análisis de costos

En la Tabla 4-13 se presentaron los costos de los materiales que se utilizaron para la implementación del módulo didáctico, y se llevó a cabo una comparación para determinar si la ejecución de este tipo de proyectos era óptima.

**Tabla 4-13:** Costos del módulo de sellado

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>
1	PLC WECON LX5S-1616MR2H	1	300
2	Fuente de alimentación conmutada de 24V	1	17
3	Breaker EBS6BN	1	4
4	Bloques de terminales DB37	2	60
5	Bloques de terminales DB15	2	30
6	Bloque de terminales para sensores	2	20
7	Cable de conexión DB37	1	10
8	Cable de conexión DB15	1	10
9	Motor reductor DC 5840-31ZY	1	30
10	Etapas de rotación RTS9060	1	45
11	Sensores inductivos de proximidad LJ6A3-1-P1	4	12
12	Sensores magnéticos CS1-J	4	24
13	Driver TB6600	1	10
14	Válvulas neumáticas SY5120-5LZD-01	3	180
15	Cilindros neumáticos	2	160
16	Estructura	1	95
17	Pinza para sellos de retención	1	10

N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO
18	Ejes para la banda transporte	2	10
19	Caja de botonera	1	20
20	Material eléctrico	1	18
21	Mesa	1	110
22	Tablero	1	50
<b>TOTAL:</b>			1225

**Realizado por:** Constante A, 2024.

Para realizar la comparación de costos, se eligió la línea de producción automatizada de actuadores neumáticos de la marca ACTUATECH, como se mostraba en la Ilustración 4-4. Esto se debió a que poseían materiales similares a los utilizados en el módulo didáctico, pero a gran escala, lo que resultaba en un mayor costo a nivel industrial.



**Ilustración 4-4:** Línea de producción automatizada de actuadores neumáticos

**Fuente:** ACTUATECH, 2024.

Con esto se pudo concluir que las líneas de producción automatizadas a nivel industrial representaban costos elevados, a diferencia de realizar un proyecto desde cero orientado a este tipo de sistemas.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Se llevaron a cabo el diseño e implementación del módulo didáctico para el ajuste de la tapa frontal de un actuador neumático con sello omega para un sistema de montaje de cilindros neumáticos en el laboratorio de automatización de la Facultad de Informática y Electrónica, perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Se definieron los requerimientos generales y del proceso para el desarrollo del proyecto técnico. Estos permiten tener una idea clara de cómo se llevará a cabo la implementación del módulo didáctico y así garantizar un control óptimo en el proceso de ensamblaje y un resultado favorable en el producto final, que es un cilindro neumático con sello omega.

La colocación de los sellos omega en los cilindros neumáticos ofrece un rendimiento eficiente y duradero del mismo. Estos sellos están diseñados para reducir el desgaste y evitar fugas de aire durante el funcionamiento del cilindro.

Las pruebas de errores, tanto absoluto como relativo, que se están realizando en los sensores inductivos y magnéticos están dando un resultado favorable. Estos errores son inferiores al 10%, que es el margen de error proporcionado por el fabricante. Con esto, se obtiene una detección estable.

Las pruebas de normalidad que se están llevando a cabo en los tiempos de funcionamiento de la banda, actuadores y tiempos de ensamblaje están arrojando resultados favorables. Estos resultados superan el 5% de los criterios de decisión establecidos por la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, lo que significa que los datos obtenidos en cada prueba tienen una distribución normal, tanto de forma individual como en el ensamblaje total. Con esto, se está obteniendo una validación favorable en todo el proceso.

Las pruebas de repetibilidad que se están aplicando tanto al tiempo de ensamblaje de los sellos omega como al tiempo de ensamblaje total del módulo están dando como resultado una estabilidad alta y una baja variabilidad en los coeficientes de variación obtenidos. Estos coeficientes son del 27.18% para el ensamblaje de sellos y del 18.88% para el ensamblaje total. Estos valores están dentro del rango de 0% a 30%, lo que garantiza que los datos obtenidos son compactos y aceptables. Esto respalda el funcionamiento óptimo del módulo didáctico en su totalidad.



Los módulos didácticos diseñados para simular líneas de producción automatizadas reales resultan muy útiles para el aprendizaje. Proporcionan una idea más clara de cómo funcionan los ensamblajes de los productos en las industrias. Esto facilita la visualización del funcionamiento real de las cadenas de producción para obtener así un producto final de calidad.

## **5.2 Recomendaciones**

El sensor de ensamblaje debe ubicarse a una distancia de 53.1 centímetros desde el inicio de la banda transportadora para garantizar que el proceso de ensamblaje del sello omega se lleve a cabo según lo requerido.

Se sugiere realizar la calibración del sensor de ensamblaje después de un ciclo de 11 ensamblajes. Esto se debe a que, después de este número de ciclos, se observan pequeños impactos con la tapa del cilindro neumático, y esto puede provocar fallos en la línea de producción.

Integrar una pantalla HMI que nos permita una interacción más adecuada con el módulo didáctico para así tener un control más visual del proceso que se lleva a cabo.

Se debe adaptar un dispensador de sellos omega en la parte superior de la mesa giratoria, con el fin de eliminar la necesidad de recargarlos manualmente cuando estos se agoten. Esto mejorara la eficiencia del proceso automatizado de manera significativa.

Tener una distribución organizada y ordenada en el cableado de todo el módulo, esto para evitar conexiones innecesarias que puedan interferir con el óptimo funcionamiento del proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ABB.** *Automatización industrial.* [blog]. [Consulta: 23 diciembre 2023]. Disponible en: <https://new.abb.com/south-america>
2. **ACTUATECH.** *Actuadores neumáticos Para accionamiento de válvulas.* [blog]. [Consulta: 24 enero 2024]. Disponible en: <https://www.actuatech.com.es/empresa/proceso-productivo.html>
3. **ASHM.** *Tipos de Cilindros Hidráulicos.* [blog]. [Consulta: 1 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ashm.mx/blog/tipos-de-cilindros-hidraulicos/>
4. **AUTOMATISMO INDUSTRIA.** *Cilindros neumáticos.* [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-8-electroneumatica/1-8-3-cilindros-neumaticos-2/>
5. **BOSCH, Mariano; et al.** “El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe: ¿Una gran oportunidad para la región?”. *IDB* [en línea], 2018, (México), vol. (30), págs. 6-8. [Consulta: 17 noviembre 2023]. ISSN 10.18235-0001339. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18235/0001339>
6. **FLORES, Carlos & FLORES, Karla.** “Pruebas para comprobar la normalidad de datos en Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov”. *Ciencias Sociales y Humanísticas* [en línea], 2021, (Ecuador), vol. (23), págs. 90-92. [Consulta: 10 enero 2024]. ISSN 2710-7639. Disponible en: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2302>
7. **CASIGNIA, B & GÁVILANEZ, H.** *Diseño, implementación de un módulo didáctico para la simulación de procesos industriales en una banda transportadora por medio de PLC* [en línea]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2011. [Consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1717>
8. **CHCPC.** *Cilindro neumático TN20X175S.* [blog]. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://mech-mall.com/product/airtac-twin-rod-cylinder-tn20x175s>
9. **COBERRY.** *Los mejores fabricantes de PLC y servomotores en China.* [blog]. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.autocoberry.com/?gclid=Cj0KCQiA3uGqBhDdARIsAFeJ5r2qWoTNjgaVcezEQjwj9HHvxjWzqfAbMTs4lXuQrCmEA5F20KKdSpqaAqbBEALw\\_wcB](https://www.autocoberry.com/?gclid=Cj0KCQiA3uGqBhDdARIsAFeJ5r2qWoTNjgaVcezEQjwj9HHvxjWzqfAbMTs4lXuQrCmEA5F20KKdSpqaAqbBEALw_wcB)
10. **CÓRDOBA, Ernesto.** “Manufactura y automatización”. *Ingeniería e investigación.* [en línea], 2006, (Colombia), vol. (26), págs. 120-121. [Consulta: 20 noviembre 2023]. ISSN 0120-5609. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64326315>
11. **CREUS, Antonio.** *Neumática E Hidráulica* [en línea]. Barcelona-España: MARCOMBO, S.A., 2011. [Consulta: 22 diciembre 2023]. Disponible en:

[https://books.google.com.ec/books?id=V\\_RjOrxMEw4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=V_RjOrxMEw4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

12. **DALMEC**. *Manipuladores industriales*. [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.dalmec.com/es/manipuladores-industriales-2/>
13. **ELECTRICAS BC CORP**. *Sensor magnético serie CS1-J*. [blog]. [Consulta: 19 diciembre 2023]. Disponible en: <https://electricasbc.com/esp/pneumatics/pneumatic-cylinders/magnetic-sensors/csj-j-series-magnetic-sensor?id=839>
14. **ELECTRICITY MAGNETISM**. *Motores (DC, AC, Paso a paso, Servo)*. [blog]. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.electricity-magnetism.org/es/motores-dc-ac-paso-a-paso-servo/>
15. **ELECTROTEC**. *Motores*. [blog]. [consulta: 4 noviembre 2023]. Disponible en: <https://electrotec.pe/>
16. **ELEKTRONIK**. *Motor paso a paso, tipos y ejemplos del uso de motores paso a paso*. [blog]. [Consulta: 9 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/>
17. **ESCAMILLA, Miguel; et al.** “Repetibilidad y Reproducibilidad en las Mediciones del Espesor de Tubos de Acero para Ferroduto”. *Conciencia Tecnológica* [en línea], 2020, (México), vol. (59), págs. 4-7. [Consulta: 9 enero 2024]. ISSN 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/944/94463783003/94463783003.pdf>
18. **FERNÁNDEZ, Gerardo**. *Sensores Magnéticos e Inductivos* [en línea]. Hidalgo-México: Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, 2005. [Consulta: 27 diciembre 2023]. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/169/Sensores%20magneticos.pdf?sequ>
19. **FESTO**. *Condiciones de utilización y normas válidas en la neumática*. [blog]. Disponible en: [www.festo.com/catalogue/](http://www.festo.com/catalogue/)
20. **FISICALAB**. *Errores Absolutos y Relativos*. [blog]. [Consulta: 29 enero 2024]. Disponible en: <https://www.fiscalab.com/apartado/errores-absoluto-relativos>
21. **GARCÍA, Emilio**. “Automatización de procesos industriales” [en línea]. Valencia-España: Universidad Politécnica de Valencia, 2020. [Consulta: 27 diciembre 2023]. Disponible en: [https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8e93e52-34be-44c8-a377-364b03b76cfd/TOC\\_6607\\_01\\_01.pdf?guest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8e93e52-34be-44c8-a377-364b03b76cfd/TOC_6607_01_01.pdf?guest=true)
22. **GARRIGA, Pere**. *Robot articulado de 2 ejes*. [blog]. [Consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.infopl.net/blogs-automatizacion/item/110723-robot-articulado-de-2-ejes>

23. **GOBIERNO DE CANARIAS.** *Neumática: el poder del aire.* [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mmormarf/files/2015/05/El-poder-del-aire.pdf>
24. **HIDROCONTA.** *Comprendiendo el funcionamiento de las electroválvulas.* [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://hidroconta.com/como-funcionan-las-electrovalvulas-y-su-importancia-en-la-industria/>
25. **INDUSTRIAS GSL.** *¿Qué es un PLC y cómo funciona?.* [blog]. [Consulta: 2 noviembre 2023]. Disponible en: <https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>
26. **INDUSTRIAS GSL.** *Tipos de motores eléctricos.* [blog]. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/tipos-de-motores-electricos>
27. **INGENIERÍA MECAFENIX.** *Que es un sistema de control de lazo abierto y lazo cerrado.* [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/control/sistema-de-control/>
28. **INPOLPE.** *Sellos hidráulicos y neumáticos.* [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://inpolpe.com.ec/producto/sellos-hidraulicos-y-neumaticos/>
29. **INTEL.** *Introducción a los controladores.* [blog]. [Consulta: 6 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.intel.la/content/www/xl/es/support/articles/000056547/software/software-applications.html>
30. **KEYENCE.** *Sensores de proximidad inductivos.* [blog]. [Consulta: 19 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/proximity/feature/>
31. **KOLSTAD, Charles.** *Tipos de Montaje de Cilindros Neumáticos.* [blog]. [Consulta: 31 octubre 2023]. Disponible en: <https://tameson.es/pages/accesorios-de-montaje-de-cilindros-neumaticos-como-funcionan>
32. **MAKINANDO.** *Válvula 5/2 accionada neumáticamente.* [blog]. [Consulta: 19 diciembre 2023]. Disponible en: <https://makinandovelez.wordpress.com/2019/04/24/valvula-5-2-accionada-neumaticamente-cilindro-de-doble-efecto-y-una-valvula-and/>
33. **MALIZA, Génesis & FEIJOO, Byron.** *Diseño e Implementación de Módulo de Electro-neumática Industrial Educativo* [en línea]. Guayaquil-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2019. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17282>
34. **MASTERPLC.** *Marcas de PLC.* [blog]. [Consulta: 21 diciembre 2023]. Disponible en: <https://masterplc.com/programacion/principales-marcas-de-plc/>

35. **MEGATRONICA.** Breaker para riel ebs6bn. [blog]. [Consulta: 21 diciembre 2023]. Disponible en: <https://megatronica.cc/producto/breaker-para-riel-din-ebasee-1p-32a-6ka-copia/>
36. **MICRO AUTOMACIÓN.** ¿Qué es una válvula neumática?. [blog]. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://ar.microautomacion.com/es/definicion-valvula-neumatica/>
37. **MICROJPM.** Motor reductor 5840-31ZY - 12VDC 27RPM. [blog]. [Consulta: 19 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.microjpm.com/products/ad59368/>
38. **NOVATRONIC.** TB6600 Driver para motor paso a paso. [blog]. [Consulta: 19 diciembre 2023]. Disponible en: <https://novatronicec.com/index.php/product/tb6600-driver-para-motor-paso-a-paso/>
39. **PAREDES, Cristina & QUINDE, Giovanna.** *Aplicaciones de la inteligencia artificial en marketing digital: Estudio de viabilidad en la Zona 3* [en línea]. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2020. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31487>
40. **PÉREZ, Javier; et al.** “La automatización modular: una nueva opción para procesos automatizables”. *Impulso* [en línea], 2021, (México), vol. (2), págs. 1-3. [Consulta: 4 enero 2024]. Disponible en: [https://www.itson.mx/publicaciones/rieeyc/Documents/v1/v1\\_art1.pdf](https://www.itson.mx/publicaciones/rieeyc/Documents/v1/v1_art1.pdf)
41. **ROMERO, Julio; et al.** *Automatización Industrial* [en línea]. Valencia-España: Universidad Jaume I, 2010. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/61392918.pdf>
42. **QUINTEROS, Patricio; et al.** 2020. “Automatización de los procesos industriales”. *Dialnet* [en línea], 2020, (Ecuador), vol. (4), págs. 126-129. [Consulta: 6 diciembre 2023]. ISSN 2576-0971. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7888290>
43. **SCHMERSA.** *Sensores Inductivos y Capacitivos*. [blog]. [Consulta: 7 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.schmersal-latam.com/automatizacion/sensores-inductivos-y-capacitivos>
44. **SCHNEIDER ELECTRIC ESPAÑA.** *Controladores lógicos programables PLC*. [blog]. [Consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.se.com/es/es/product-subcategory/3910-controladores-l%C3%B3gicos-programables-plc/>
45. **SDI.** *Actuadores eléctricos ¿Qué son y cómo funcionan?*. [blog]. [Consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://sdindustrial.com.mx/blog/introduccion-a-los-actuadores-electricos-motores-electricos/>
46. **SDI.** *Bandas transportadoras, ¿Qué son, y cómo funcionan?*. [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://sdindustrial.com.mx/blog/bandas-transportadoras/>

47. **SDI**. *Partes de un PLC y su importancia*. [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://sdindustrial.com.mx/blog/partes-de-un-plc/>
48. **SEIKA AUTOMATION**. *5 Lenguajes de Programación para PLC*. [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.seika.com.mx/5-lenguajes-de-programacion-para-plc/>
49. **SKF**. *Cilindros hidráulicos*. [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.skf.com/co/products/industrial-seals/hydraulic-seals/general-technical-information/introduction-to-fluid-power/hydraulic-cylinders>
50. **SYZ COMINSA**. *¿Qué son y para qué sirven los pulsadores eléctricos?*. [blog]. [Consulta: 1 noviembre 2023]. Disponible en: <https://syzcominsa.pe/blog/que-son-y-para-que-sirven-los-pulsadores-electricos>
51. **TORNERO, Jesús & FERNÁNDEZ, José**. *Actuadores neumáticos*. [blog]. [Consulta: 22 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-estatal-de-milagro/ingenieria-industrial/manuel-jesus-esacalera-antonio-rodriguez-actuadores-neumaticos/64641152>
52. **TORRES, Libia**. 2012. *Introducción a la robótica* [en línea]. DF-México: Grupo Editorial Éxodo, 2012. [Consulta: 9 noviembre 2023]. Disponible en: <https://e-libro.net/libros/libro.aspx?idlibro=36633#prettyPhoto>
53. **TRANSMISIONES Y EQUIPOS**. *Bandas transportadoras*. [blog]. [Consulta: 22 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.ajtransmisiones.com/blog/tipos-de-bandas-transportadoras>
54. **VALVERDE, Byron**. “La importancia de la Robótica como eje en el desarrollo de la sociedad”. *Dialnet* [en línea], 2020, (Ecuador), vol. (5), págs. 1369-1372. [Consulta: 3 diciembre 2023]. ISSN 2550-682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7554370>
55. **VÁZQUEZ, Juan; et al**. *Automatización neumática* [en línea]. Bogotá-México: Ediciones de la U, 2015. [Consulta en: 10 enero de 2024]. Disponible en: <https://download.e-bookshelf.de/download/0007/7879/33/L-G-0007787933-0014359698.pdf>
56. **WAGO ES**. *MODBUS, protocolo de comunicación industrial*. [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.wago.com/es/modbus>
57. **WECON**. *Maquinaria: mejorar la automatización para lograr el éxito*. [blog]. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.we-con.com.cn/en/solutions/115.html>
58. **WECON**. *Wecon LS5X*. [blog]. [Consulta: 16 diciembre 2023]. Disponible en: [https://www.we-con.com.cn/ES/news\\_page/2309.html](https://www.we-con.com.cn/ES/news_page/2309.html)

59. **WECON TECHNOLOGY Ltd.** *Wecon PLC: Manual*. [blog]. [Consulta: 16 diciembre 2023]. Disponible en: <https://admin.sibratec.ind.br/public/produtos/anexos/manual-ingles-programacao-clp.pdf>
60. **ZAPATA, Mireya; et al.**, 2021. “Fundamentos de Automatización y Redes Industriales”. *DSPACE* [en línea], 2021, (Ecuador), vol. (5), págs. 10-15. [Consulta: 29 de diciembre 2023]. ISSN 987-9942. Disponible en: <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2226>
61. **ZMS CABLE**. *Calibre de Cables Eléctricos según Norma AWG*. [blog]. [Consulta: 22 diciembre 2023]. Disponible en: <https://zmscable.es/calibre-cables-norma-awg/>



# ANEXOS

## ANEXO A: NORMAS NEUMATICAS

Informaciones > Informaciones técnicas >

### Condiciones de utilización y normas válidas en la neumática

FESTO

#### ¿Qué debe tenerse en cuenta al utilizar productos de Festo?

Para el buen funcionamiento de los elementos de Festo, el usuario deberá respetar los valores límite indicados, tener en cuenta las advertencias de seguridad, considerar los datos técnicos y atenderse las indicaciones.

Deberá prestarse especial atención en utilizar aire comprimido convenientemente preparado y exento de sustancias agresivas. Deberán respetarse las disposiciones medioambientales.

Al utilizar elementos de Festo en aplicaciones de seguridad, deberán respetarse las normas nacionales e internacionales correspondientes, por ejemplo, la directiva de máquinas.

Cualquier modificación de los productos y sistemas de Festo implica un riesgo para la seguridad.

Festo no se responsabiliza de los daños ocasionados por modificaciones hechas en sus productos.

Recorra al asesoramiento de Festo si en su caso se aplica uno de los siguientes criterios:

- Si las condiciones del entorno o de utilización o el fluido no corresponden a los datos técnicos.
- Si el producto debe cumplir una función de seguridad determinada.
- Si es necesario realizar un análisis de peligros y de seguridad.
- Si tiene dudas sobre si el producto es apropiado para la aplicación.
- Si tiene dudas sobre si el producto cumple los requisitos necesarios para el funcionamiento en aplicaciones de seguridad.

Todos los datos técnicos pueden sufrir cambios en función de las actualizaciones de los productos. Todos los textos, representaciones, imágenes y dibujos presentes en este documento son propiedad de Festo AG & Co. KG y están protegidos por derecho de autor.

Queda prohibida cualquier reproducción, tratamiento, traducción, microfilmación de la índole que fuere, así como el almacenamiento o tratamiento mediante sistemas electrónicos sin el consentimiento de Festo AG & Co. KG.

Debido a los continuos avances tecnológicos, queda reservado el derecho a realizar cualquier modificación.

#### Las normas en la neumática

Las normas también son importantes en la neumática. La normalización equivale a homologación (estandarización). Las normas también deben cumplirse obligatoriamente para comercializar productos y servicios entre empresas, ya

sea nacionalmente o internacionalmente. Las normas industriales reflejan el nivel tecnológico actualizado. Ellas crean una base uniforme para evaluar el funcionamiento técnico de los productos. En el caso de la neumática, las normas

relevantes se refieren a dimensiones, a la seguridad y a la calidad. Festo colabora en las comisiones nacionales e internacionales de mayor relevancia, dedicadas a la definición de normas.

#### Actuadores neumáticos

- Cilindros normalizados según ISO 6432
- Cilindros normalizados según ISO 21287

- Cilindros según las normas ISO 15552 (ISO 6431, DIN ISO 6431, VDMA 24562), NFE 49003.1 y IUM 10290.

- Horquillas según ISO 8140 o DIN 71752

- Horquillas articuladas según ISO 12240-4, serie de dimensiones K

#### Válvulas / terminales de válvulas

- Terminales para válvulas normalizadas.
- Electroválvulas y válvulas neumáticas con patrón de conexiones según ISO 15407-1.
- Placas de enlace para válvulas ISO 15407-1.
- Terminales de válvulas con distribución de conexiones según ISO 15407-2.

- Electroválvulas y válvulas neumáticas con patrón de conexiones según ISO 5599-1.
- Terminales de válvulas con patrón de conexiones según DIN ISO 5599-2.

- Placas de enlace para válvulas con patrón de conexiones según ISO 5599-1 y dimensiones exteriores según VDMA 24345.

- Electroválvulas con distribución de conexiones según VDI/VDE 3845 (Namer).

#### Preparación de aire comprimido

- Calidad del aire comprimido según ISO 8573-1:2010
- Manómetro de resorte elástico según EN 837-1
- Manómetro de resorte encapsulado según EN 837-3.

- Depósitos de aire comprimido según norma 97/23/CE, 87/404/CEE y EN 286-1.



# ANEXO B: DATASHEET del PLC WECON 1616MR-2H

Programmable  
Logic  
Controller

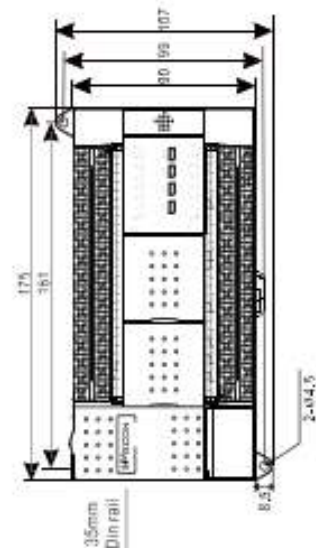
## LX5S 1616M/2416M



LX5S Model	I/O	Output Type	Pulse Counter	E-CAM	Pulse Output	RS485	SD Exam	Module	Power Supply	Ethernet
LX5S-1616MT-A(DI/AN/DN)	16/16	Transistor	6	YES	2	2	2	YES	AC/DC	Optional
LX5S-1616MR-A(DI/AN/DN)	16/16	Relay	6	N/A	0	2	2	YES	AC/DC	Optional
LX5S-1616MR2H-A(DI/AN/DN)	16/16	Mix	6	YES	2	2	2	YES	AC/DC	Optional
LX5S-1616MT4H-A(DI/AN/DN)	16/16	Transistor	6	YES	4	2	2	YES	AC/DC	Optional
LX5S-2416MT-A(DI/AN/DN)	24/16	Transistor	6	YES	2	2	2	YES	AC/DC	Optional
LX5S-2416MR-A(DI/AN/DN)	24/16	Relay	6	N/A	0	2	2	YES	AC/DC	Optional
LX5S-2416MR2H-A(DI/AN/DN)	24/16	Mix	6	YES	2	2	2	YES	AC/DC	Optional
LX5S-2416MT4H-A(DI/AN/DN)	24/16	Transistor	6	YES	4	2	2	YES	AC/DC	Optional

### GENERAL

Item	LX5S Series
Running Mode	Round Scan / Interrupt / Event
Programming	Instruction list/ladder diagram
Total Instructions	Basic Instructions: 29 / Application Instructions: 170
Execute time	Basic Instructions: 0.03-0.08us
System Storage	512KB
Download / Monitoring	Programming cable (serial type) / Micro USB
High Speed Pulse Output	Transistor type; 2 channels/200KHz
External Input Interrupt	X0-X5 supports both rising and falling edges
Timer Interrupt	100 channels; support 0.1ms interrupt
High Speed Input Single	6 channel 150K Hz;
High Speed Input AB Phase	3 channel 100K Hz; supports 2 or 4 frequency times;
Holding Addresses	Adjusted by software
Storage	FLASH
Filter	For all X input terminals
Serial Port	COM1 (RS422 / RS485), COM2 (RS485)
Temperature	Working Temperature: 0 ~ 55°C / Storage Temperature: 0 ~ 70°C
Humidity	25~85%RH (Without condensation)
Shock Resistance	JIS C 0040 Standard
Influence Immunity	Meet the IEC61000-4-4 and GB/T 17626.4 standard; Noise voltage amplitude 1kV-P, pulse width 10us, period 0.3 s, edge time 5ns, duration 1min.
USB Supply	YES

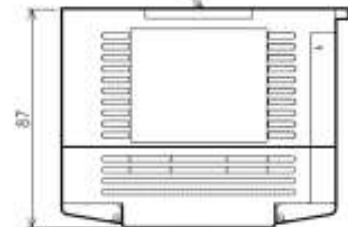


### POWER SUPPLY

Item	AC	DC
Power Supply	AC 85-265V 50-60Hz	DC 24V±10%
Power Output Time	10ms	10ms
Power Fuse	250V 3.15A	250V 3.15A
Rush Current	<15A 5ms / AC 100V; <30A 5ms / AC 200V	<15A 1ms / DC 24V
Power Consumption	<60W	<30W
Power Output	DC 24V 700mA	<30W (Not include the external power supply for modules)

### OUTPUT

Item	Relay	Transistor
Output Mode	-	NPN
Input Power Supply	DC 24V	DC 24V
Output Circuit	~AC 250V or ~DC 30V	DC 5-30V
COM Port Current	-	<0.1mA (DC 30V)
Insulation	Mechanistic	Optical Coupling
Leak current	-	0.1mA / DC 30V
Min. Load	-	DC5V 2mA
Max. Load	Resistive: 2A point 8A COM port Inductive: 80VA General: 100W	0.5A point 0.8A COM port 0.3A HSPD point 12W/DC24V 7.2W HSPD point 0.9W/DC 24V
Response Time	<10ms	<0.2ms (Pulse output terminal: <5us)



ANEXO C: SENSOR INDUCTIVO LJ6A3-1-P1



Heschen		S E N S O R	
CE	NPN	1 BN	150mA 10-30VDC
LJ6A3-1-Z/BX	NO	4 BK	
MADE IN CHINA	1mm	3 BU	

**Shield Type**

- BN: Brown
- BU: Blue
- BK: Black



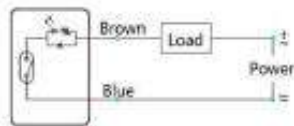
## ANEXO D: SENSOR MAGNÉTICO CS1-J

### 3. Specification:

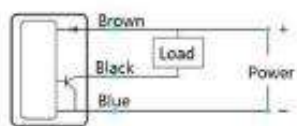
Model	CS1-J	CS1-JB	CS1-JN	CS1-JP
Switch logic	Normal open	Normal closed	Electronic non-contact, Normal open	
Sensor type	Reed switch type		NPN type, current-in	PNP type, current-out
Operating Voltage	5-240V DC/AC	5-120V DC/AC	5-30V DC	
Switching Current	100mA max		200mA max	
Contact Rating	10W max		6W max	
Current Consumption	No		20mA max@24V (switch active)	
Voltage Drop	2.5V max@100mA		0.5V max@200mA	
Leakage Current	No		0.01mA max	
Indicator	LED in red		LED in red	LED in green
Cable	Φ3.2, 2C, Gray PVC		Φ3.2, 2C, Black PVC	
Sensitivity			40 Gauss	
Max switch Frequency	200Hz		1000Hz	
Temperature Range			-10~70 °C	
Shock	30G		50G	
Vibration			9G	
Fence Classification			IEC 529 IP67 (NEMA6)	
Protection Circuit	No		Reverse Polarity protection, Surge absorbing protection	

### 4. Connection Diagram:

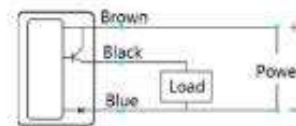
CS1-J/CS1-JB type



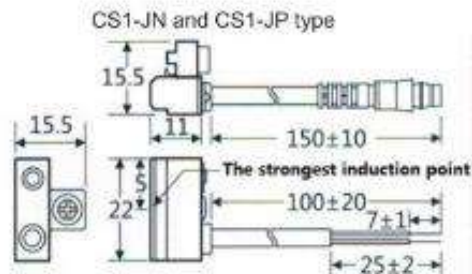
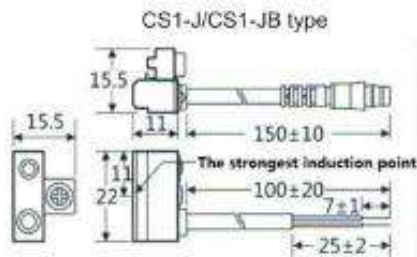
CS1-JN type



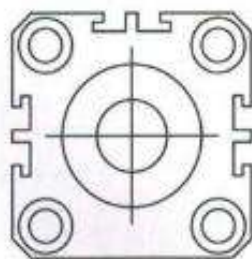
CS1-JP type



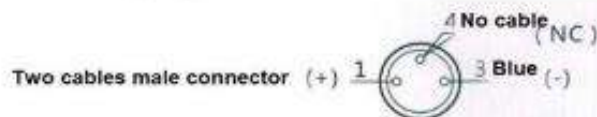
### 5. Over and dimension:



### 6. Dimension of groove:



### 7. QD quick connecting diagram:

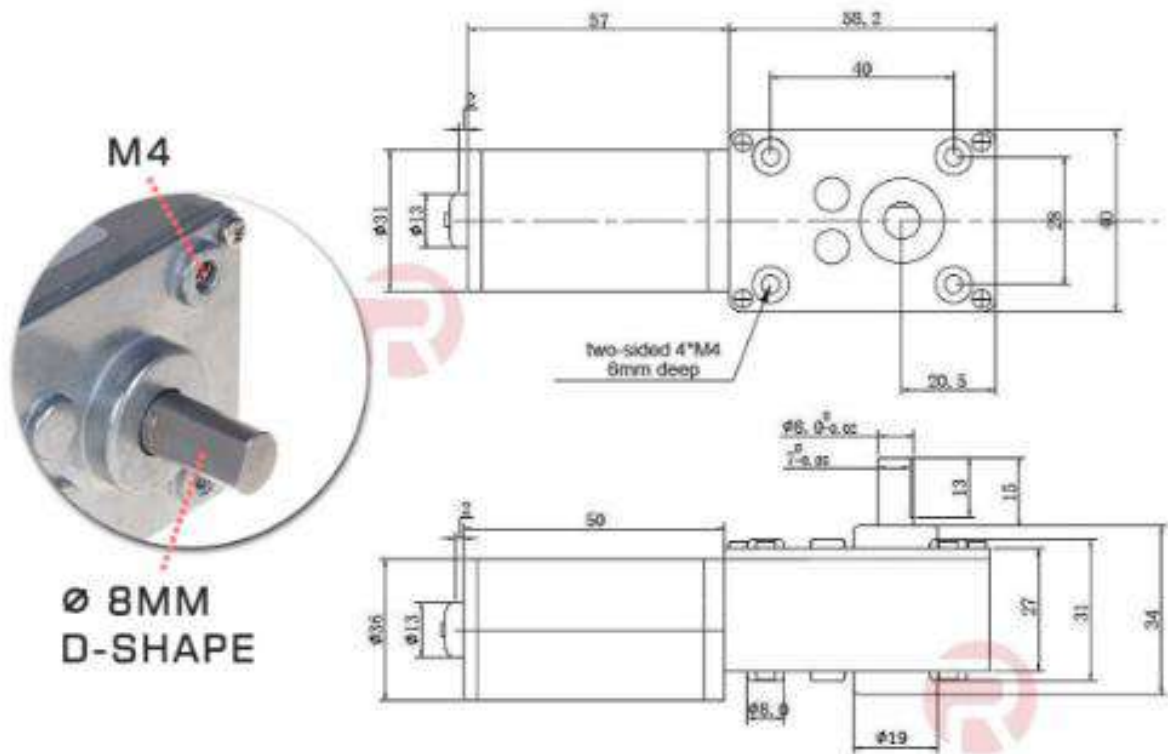


## ANEXO E: MOTOR DC 5840-31ZY

5840-31ZY	No Load			Loaded			Stall (Too Heavy)	
	Voltage	RPM/min	Current	RPM/min	Current	KG.CM	Current	KG.CM
12V	12	0.3 A	21	1.1 A	36.5	May stop rotate ⚠ Reverse Rotate		
12V	16	0.3 A	34	1.1 A	20.9			
12V	40	0.3 A	38	1.1 A	10.1		6.5 A	47.2
12V	160	0.3 A	140	1.1 A	2.3	2.6 A	11.4	

5840-11ZY	No Load			Loaded			Stall (Too Heavy)	
	Voltage	RPM/min	Current	RPM/min	Current	KG.CM	Current	KG.CM
24V	12	0.2 A	11	0.85 A	26.6	May stop rotate ⚠ Reverse Rotate		
24V	40	0.2 A	34	0.85 A	21.8			
24V	160	0.2 A	144	0.85 A	2.5		4.6 A	16.3

Note: This table is for general reference only and does not guarantee perfect results.





**ANEXO F: FUENTE DE ALIMENTACION TPS-2405**

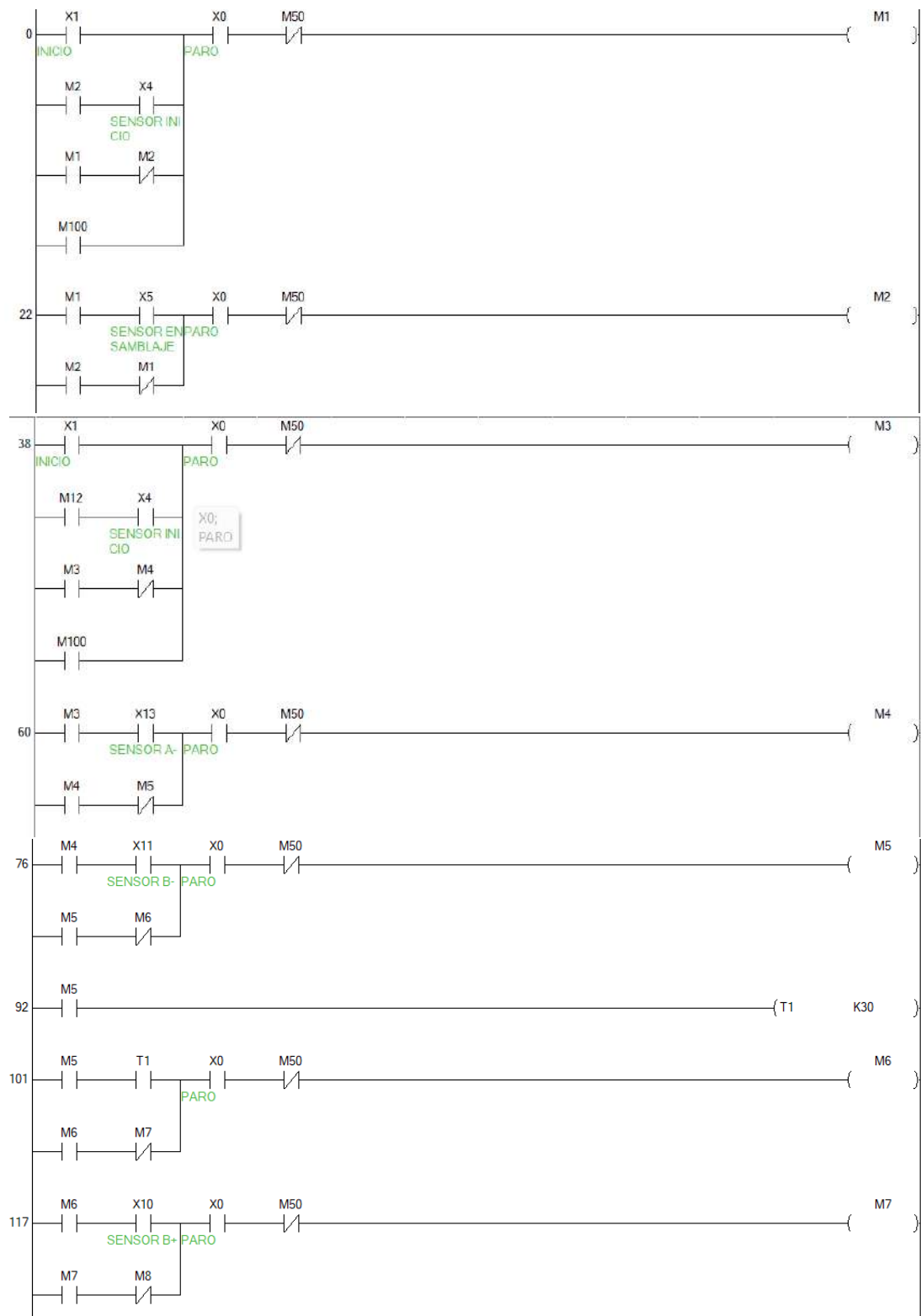


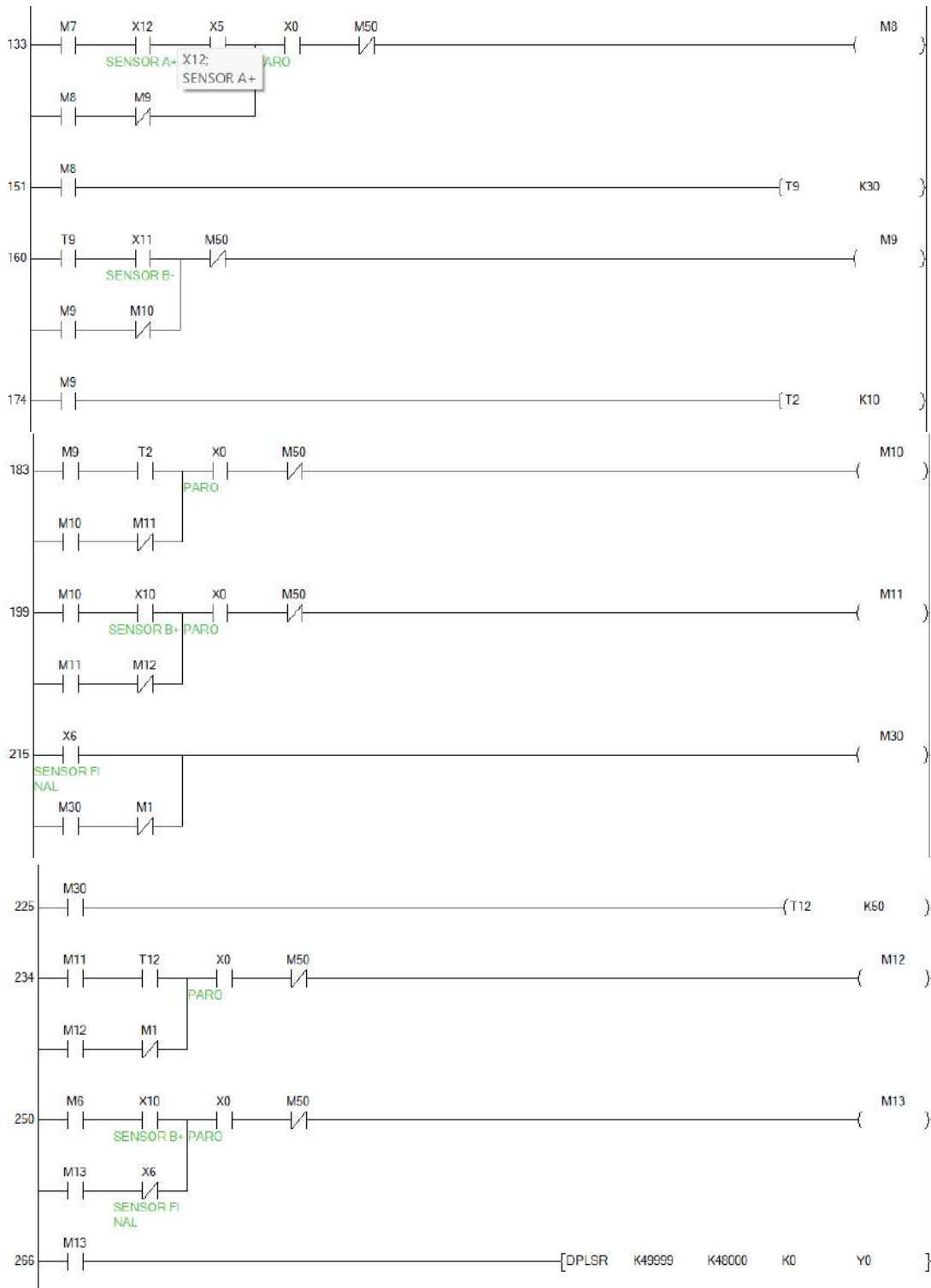
**FUENTES DE VOLTAJE EN SUPERFICIE, UNA SALIDA**

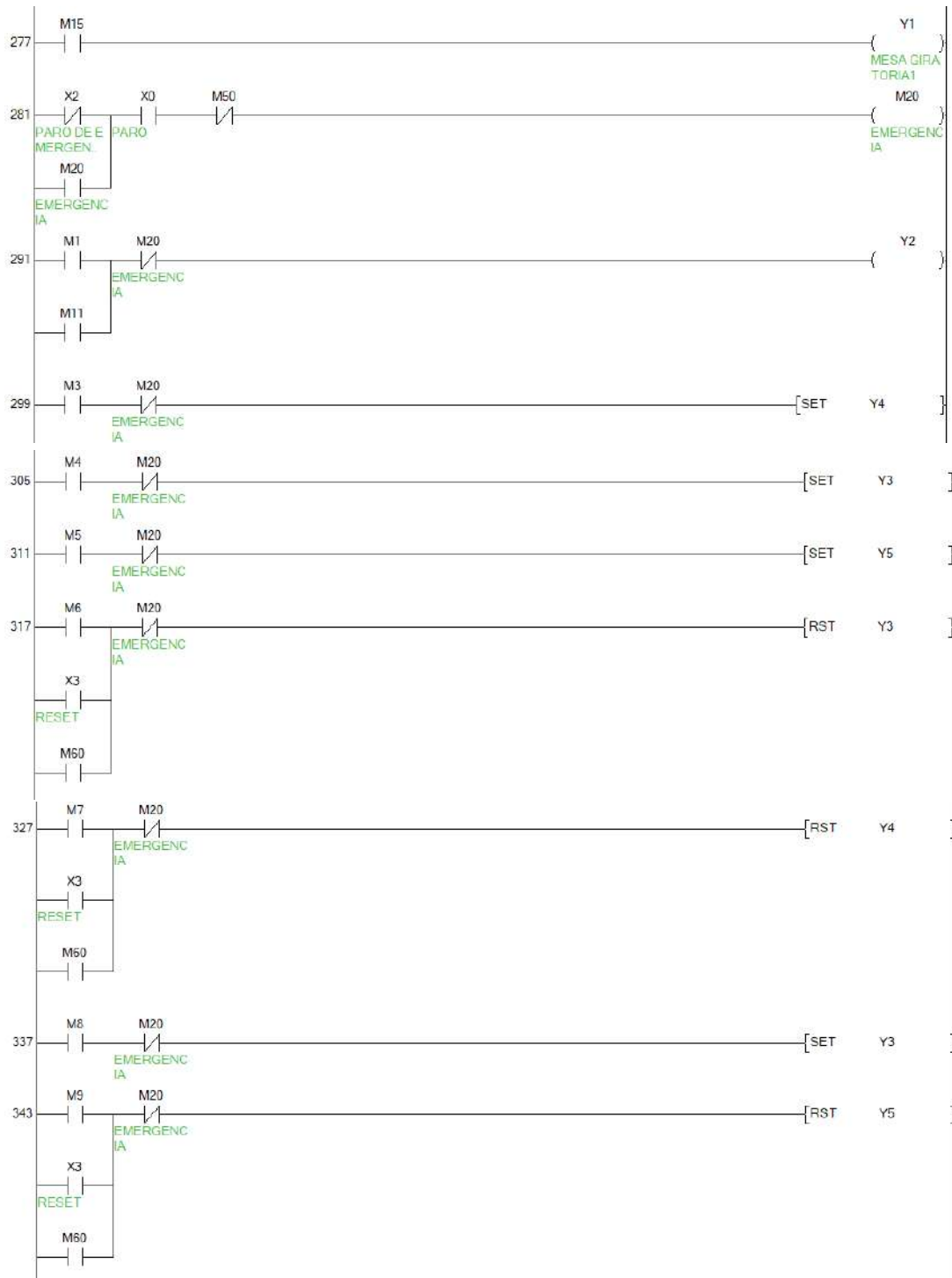
MODELO	VOLTAJE DE SALIDA	VOLTAJE DE ENTRADA	DIMENSIONES	
TPS-10-5	5V/2A/10W	85-265VCA	70x40x30mm	
TPS-15-12	12V/1.25A/15W		85x57x33mm	
TPS-25-5	5V/5A/25W		85x58x33mm	
TPS-25-12	12V/2A/24W	110-220VCA	85x60x30mm	
TPS-25-24	24V/1A/24W		110x78x36mm	
TPS-36-12	12V/3A/36W		110x78x35mm	
TPS-50-5	5V/10A/50W	85-265VCA	110x78x36mm	
TPS-50-24	24V/2A/50W		110x78x35mm	
TPS-60-12	12V/5A/60W		160x98x42mm	
TPS-75-24	24V/3A/72W	162x98x44mm	158x98x40mm	
TPS-100-5	5V/20A/100W		85-265VCA Selec. por switch 248-373VCD	198x98x43mm
TPS-100-12	12V/8A/96W			199x110x50mm
TPS-120-12	12V/10A/120W	85-265VCA	198x98x43mm	
TPS-120-24	24V/5A/120W		110-220VCA	198x98x43mm
TPS-150-12	12V/12A/150W	100-220VCA	200x100x44mm	
TPS-150-24	24V/6A/150W		85-265VCA	198x98x40mm
TPS-180-12	12V/15A/180W	200x100x45mm		198x110x50mm
TPS-200-24	24V/8A/192W		85-265VCA	215x115x50mm
TPS-240-12	12V/20A/240W	198x110x50mm		242x124x65mm
TPS-240-24	24V/10A/240W		215x115x50mm	242x124x65mm
TPS-360-12	12V/30A/360W	85-265VCA		215x115x50mm
TPS-360-24	24V/15A/360W		198x110x50mm	215x115x50mm
TPS-480-12	12V/40A/480W	198x110x50mm		215x115x50mm
TPS-480-24	24V/20A/480W		242x124x65mm	215x115x50mm
TPS-600-12	12V/50A/600W	242x124x65mm		215x115x50mm
TPS-720-24	24V/30A/720W		215x115x50mm	215x115x50mm

\*La fuentes mayores a 200W pueden traer ventilador incorporado

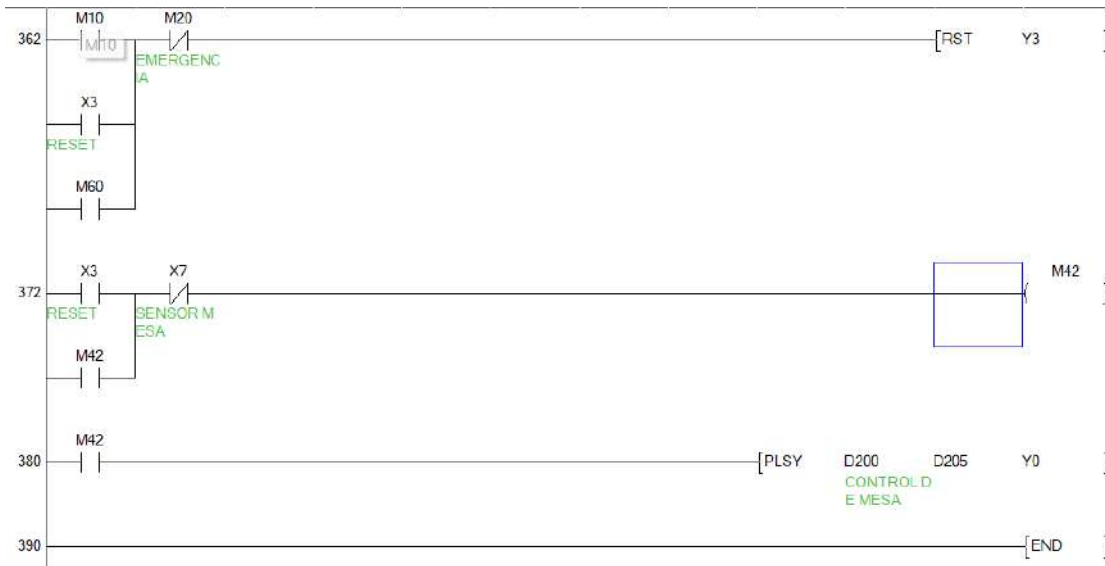
## ANEXO G: PROGRAMACIÓN DEL PLC













**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 27/ 03 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Alexis Fernando Constante Fonseca
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Informática y Electrónica
<b>Carrera:</b> Electrónica y Automatización
<b>Título a optar:</b> Ingeniero en Electrónica y Automatización
<p style="text-align: center;"> <b>Ing. Mareo Antonio Viteri Barrera</b> <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>Ing. Pablo Eduardo Lazada Yanez</b> <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b></p>