



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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO
AUTOMATIZADO BASADO EN PRODUCCIÓN FLEXIBLE PARA
EL TRANSPORTE, IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE
CARROCERÍAS DE AUTOBUSES A ESCALA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: RICARDO JAVIER BARRIONUEVO SAGÑAY

JEISON FABRICIO TIPANLUISA TIPANLUISA

DIRECTOR: ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba – Ecuador

2023

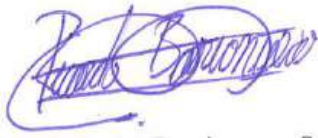
© 2023, Ricardo Javier Barrionuevo Sagñay & Jeison Fabricio Tipanluisa Tipanluisa

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.

Nosotros, Ricardo Javier Barrionuevo Sagñay y Jeison Fabricio Tipanluisa Tipanluisa, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos 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, 14 de noviembre de 2023



Ricardo Javier Barrionuevo Sagñay
C.I. 180455473-9



Jeison Fabricio Tipanluisa Tipanluisa
C.I. 055007326-6.

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 AUTOMATIZADO BASADO EN PRODUCCIÓN FLEXIBLE PARA EL TRANSPORTE, IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE AUTOBUSES A ESCALA**”, realizado por los señores: **RICARDO JAVIER BARRIONUEVO SAGÑAY** y **JEISON FABRICIO TIPANLUISA TIPANLUISA**, 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.

	FIRMA	FECHA
Ing. Andrés Fernando Morocho Caiza PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-11-14
Ing. Marco Antonio Viteri Barrera DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-14
Ing. Jorge Luis Hernández Ambato ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-14

DEDICATORIA

Le agradezco profundamente a Dios por haberme guiado en el camino para convertirme en la persona que soy ahora, a mi familia en especial a mis padres Manuel y Fabiola quienes gracias a su sacrificio y consejos pudieron hacer posible que llegue este momento, además agradezco de todo corazón a Sarita quién es una persona muy especial en mi vida y fue un pilar fundamental en cada obstáculo que se presentó en esta etapa de estudios y finalmente un especial agradecimiento a los docentes que forman parte de la Escuela de Ingeniería en Electrónica y Automatización por ser mi guía académica durante el tiempo que tomó mi formación y así aplicar los conocimientos forjados en el presente trabajo de integración curricular.

Ricardo

El presente Trabajo de Integración Curricular le dedico a Dios por ser mi guía en este proceso, por darme la fortaleza, sabiduría y valentía para enfrentar cada obstáculo presente en este recorrido. Con todo mi amor, admiración y cariño a mis padres Mario y Teresa, por su grande sacrificio y esfuerzo para darme una carrera profesional, por creer en mí, por sus consejos, paciencia y sobre todo por educarme con valores para ser un hombre de bien. A mis hermanos, especialmente a Yadira por estar en todo momento conmigo y apoyarme incondicionalmente en cada paso de mi formación profesional. A mi tía Mercedes por nunca dudar en que este momento iba a llegar y por cada uno de sus consejos, a mi prima Celena por estar pendiente de mí en todo momento, por siempre confiar en mí y por su gran aprecio. Finalmente a mis amigos, quienes durante mi carrera universitaria estuvieron a mi lado apoyándome hasta que este sueño se haga realidad.

Jeison

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios y a todas las personas que han contribuido en la realización de esta tesis. En primer lugar, queremos expresar un agradecimiento al Ing. Marco Viteri, por su dedicación, paciencia y sabiduría en la dirección de esta tesis, gracias por su guía, apoyo constante, y por compartir sus conocimientos y experiencia en este campo de estudio. Agradecemos también a la Facultad de Informática y Electrónica especial a la Escuela de Ingeniería de Electrónica y Automatización por recibirnos con las puertas abiertas y a cada de uno de los docentes que estuvieron presentes en nuestra formación profesional. Finalmente, agradecemos a nuestro grupo de amigos “Los Anormales” quienes fueron como una familia y estuvieron presentes en todo momento para apoyarnos mutuamente en este proceso.

Ricardo & Jeison

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
SUMMARY.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.1.1. Antecedentes.....	2
1.1.2. <i>Formulación del problema</i>.....	3
1.1.3. <i>Sistematización del problema</i>.....	3
1.2. Justificación.....	4
1.2.1. <i>Justificación teórica</i>.....	4
1.2.1.1. <i>Eficacia</i>.....	5
1.2.1.2. <i>Eficiencia</i>.....	5
1.2.1.3. <i>Cumplimiento</i>.....	5
1.2.1.4. <i>Tiempo</i>.....	5
1.2.1.5. <i>Calidad</i>.....	5
1.2.2. <i>Justificación práctica</i>.....	6
1.2.2.1. <i>Módulo de clasificación de los vehículos</i>.....	6
1.2.2.2. <i>Módulo segmento de banda transportadora</i>.....	6
1.2.2.3. <i>Identificación de los parámetros de las carrocerías de autobuses a escala</i>.....	7
1.2.2.4. <i>Pallet portador</i>.....	7
1.3. Objetivos.....	8
1.3.1. <i>Objetivo general</i>.....	8
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>.....	8

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	9
2.1.	Automatización	9
2.1.1.	<i>Pirámide de la automatización</i>	9
2.1.1.1.	<i>Nivel 0</i>	10
2.1.1.2.	<i>Nivel 1</i>	10
2.1.1.3.	<i>Nivel 2</i>	10
2.1.1.4.	<i>Nivel 3</i>	10
2.1.1.5.	<i>Nivel 4</i>	11
2.1.2.	<i>Tecnologías de la automatización</i>	11
2.1.2.1.	<i>Tecnología mecánica</i>	11
2.1.2.2.	<i>Tecnología neumática</i>	12
2.1.2.3.	<i>Tecnología hidráulica</i>	12
2.1.2.4.	<i>Tecnología eléctrica</i>	12
2.1.2.5.	<i>Tecnología electrónica</i>	12
2.2.	Sistemas de producción	13
2.2.1.	<i>Sistemas de producción flexible</i>	13
2.2.1.1.	<i>Características de un sistema de producción flexible</i>	13
2.2.2.	<i>Sistemas de producción en línea</i>	14
2.2.2.1.	<i>Características de un sistema de producción en línea</i>	15
2.2.3.	<i>Producción y ensamble en carrocerías de autobuses</i>	15
2.3.	Sistema de enseñanza aprendizaje	15
2.3.1.	<i>Enseñanza</i>	16
2.3.2.	<i>Aprendizaje</i>	16
2.4.	Sistemas de transporte	16
2.4.1.	<i>Características de los sistemas de transporte</i>	16
2.4.2.	<i>Pallet portador</i>	17
2.4.3.	<i>Banda transportadora</i>	17
2.5.	Sistemas de clasificación	17
2.5.1.	<i>Sistemas de manipulación cartesiana</i>	18
2.6.	Controlador lógico programable (PLC)	19
2.6.1.	<i>Beneficios del PLC</i>	19
2.6.2.	<i>Tipos de PLC</i>	20
2.6.2.1.	<i>Estructura modular</i>	20
2.6.2.2.	<i>Estructura compacta</i>	20

2.6.3.	Componentes de un PLC	20
2.6.3.1.	<i>Fuente de alimentación del controlador lógico programable</i>	21
2.6.3.2.	<i>Procesador o unidad central (CPU) del controlador lógico programable</i>	21
2.6.3.3.	<i>Módulos de entrada/salida del controlador lógico programable</i>	21
2.6.3.4.	<i>Sistema de memoria interna del controlador lógico programable</i>	22
2.6.4.	Protocolos de comunicación	22
2.6.4.1.	<i>Protocolo hart</i>	22
2.6.4.2.	<i>Modbus</i>	22
2.6.4.3.	<i>Profibus</i>	22
2.6.4.4.	<i>Fieldbus foundation</i>	23
2.6.4.5.	<i>AS-i</i>	23
2.6.5.	Lenguajes de programación	23
2.6.5.1.	<i>Lenguaje de Contactos (LD)</i>	24
2.6.5.2.	<i>Lenguaje de lista de Instrucciones (IL)</i>	24
2.6.5.3.	<i>Diagrama de funciones secuenciales (SFC)</i>	24
2.7.	Dispositivos de control	24
2.7.1.	<i>Pulsador eléctrico</i>	24
2.7.2.	<i>Dispositivo termo-magnético</i>	25
2.8.	Sensores	26
2.8.1.	Tipos de sensores	26
2.8.1.1.	<i>Sensores resistivos</i>	26
2.8.1.2.	<i>Sensores capacitivos</i>	26
2.8.1.3.	<i>Sensores inductivos</i>	26
2.8.1.4.	<i>Sensores magnéticos</i>	27
2.9.	Sistemas de aire comprimido	27
2.10.	Actuadores	28
2.10.1.	Actuadores neumáticos	28
2.10.1.1.	<i>Cilindro neumático de efecto simple</i>	28
2.10.1.2.	<i>Cilindro neumático de doble efecto</i>	28
2.10.1.3.	<i>Válvulas neumáticas</i>	29
2.10.1.4.	<i>Pinza neumática</i>	30
2.10.2.	Actuadores eléctricos	31
2.10.2.1.	<i>Motores de corriente continua</i>	31
2.11.	HMI	32

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	33
3.1.	Descripción del sistema.....	33
3.1.1.	Concepción del sistema	33
3.1.1.1.	<i>Módulo de transporte</i>	<i>34</i>
3.1.1.2.	<i>Módulo de identificación</i>	<i>35</i>
3.1.1.3.	<i>Módulo de clasificación</i>	<i>35</i>
3.1.1.4.	<i>Módulo de control</i>	<i>35</i>
3.2.	Requerimientos del sistema	35
3.2.1.	<i>Requerimientos específicos</i>	<i>36</i>
3.2.2.	<i>Requerimientos técnicos</i>	<i>36</i>
3.3.	Diseño neumático del módulo didáctico.....	38
3.3.1.	<i>Selección de componentes.....</i>	<i>38</i>
3.3.1.1.	<i>Electroválvulas XCPC 4V110-06.....</i>	<i>38</i>
3.3.1.2.	<i>Cilindro nelco mal 16X200</i>	<i>39</i>
3.3.1.3.	<i>Cilindro neumático TN10X75-S.....</i>	<i>40</i>
3.3.1.4.	<i>Cilindro neumático MHZ2-16D.....</i>	<i>41</i>
3.3.2.	<i>Diagrama de conexiones neumáticos</i>	<i>42</i>
3.4.	Diseño eléctrico y de control para el módulo didáctico	44
3.4.1.	<i>Dimensionamiento del dispositivo termo-magnético</i>	<i>44</i>
3.4.2.	<i>Dimensionamiento de conductores eléctricos</i>	<i>45</i>
3.4.2.1.	<i>Motor paso a paso 23H7628-8-0.....</i>	<i>45</i>
3.4.2.2.	<i>Motor paso a paso 28D2407-11</i>	<i>46</i>
3.4.2.3.	<i>Controlador de motores paso a paso TB6600</i>	<i>47</i>
3.4.2.4.	<i>Generador de señal de pulso de motores paso a paso</i>	<i>48</i>
3.4.2.5.	<i>Controlador lógico programable (PLC).....</i>	<i>49</i>
3.4.2.6.	<i>Sensor inductivo</i>	<i>51</i>
3.4.2.7.	<i>Sensor magnético</i>	<i>52</i>
3.4.2.8.	<i>Sensor óptico.....</i>	<i>53</i>
3.4.2.9.	<i>Fuente de alimentación</i>	<i>54</i>
3.4.2.10.	<i>Interfaz de comunicación DB25 y DB9.....</i>	<i>55</i>
3.4.3.	<i>Diagramas de conexiones</i>	<i>56</i>
3.4.3.1.	<i>Esquema eléctrico de la banda transportadora.....</i>	<i>56</i>
3.4.3.2.	<i>Esquema eléctrico de electroválvulas y motor de portal de cargas.....</i>	<i>58</i>
3.5.	Diseño mecánico - estructural del módulo didáctico.....	59

3.5.1.	<i>Diseño de la estructura</i>	59
3.5.1.1.	<i>Banda transportadora</i>	59
3.5.1.2.	<i>Portal de carga XYZ</i>	60
3.5.1.3.	<i>Cubículos de almacenamiento</i>	60
3.6.	Estructura de programación	62
3.6.1.	<i>Definición de entradas y salidas del PLC</i>	62
3.6.2.	<i>Diagrama grafcet</i>	63
3.6.2.1.	<i>Ecuaciones de diagrama Grafcet</i>	65
3.6.3.	<i>Programación del PLC</i>	66
3.6.3.1.	<i>Reconocimiento de la interfaz del software Wecon PLC editor 2</i>	67
3.6.3.2.	<i>Nomenclatura del software wecon PLC editor2</i>	72
3.6.3.3.	<i>Programación de PLC en wecon PLC editor2</i>	73
3.7.	Diseño de HMI	75
3.7.1.	<i>Desarrollo de HMI</i>	75
3.7.2.	<i>Descripción del funcionamiento de HMI</i>	79
3.7.2.1.	<i>Funcionamiento en modo manual de HMI</i>	79
3.7.2.2.	<i>Funcionamiento en modo automático de HMI</i>	80

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	82
4.1.	Validación de sensores	82
4.1.1.	<i>Sensor inductivo</i>	82
4.1.2.	<i>Sensor magnético</i>	84
4.1.3.	<i>Sensor óptico</i>	85
4.2.	Prueba de conectividad entre PC y PLC wecon	86
4.3.	Prueba de funcionamiento de la banda transportadora	87
4.3.1.	<i>Análisis de normalidad de funcionamiento de la banda transportadora</i>	88
4.4.	Prueba de funcionamiento del motor para la clasificación de autobuses	91
4.5.	Análisis de normalidad de clasificación en los cubículos de almacenamiento ...	93
4.5.1.	<i>Almacén 1</i>	94
4.5.2.	<i>Almacén 2</i>	96
4.5.3.	<i>Almacén 3</i>	99
4.5.4.	<i>Almacén 4</i>	101
4.6.	Análisis de funcionalidad	103
4.7.	Encuesta de satisfacción del usuario	105

4.7.1.	<i>Análisis de la encuesta de satisfacción del usuario</i>	106
4.7.2.	<i>Análisis de encuesta de validación por expertos</i>	116

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
5.1.	Conclusiones	123
5.2.	Recomendaciones	124

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1:	Descripción del sistema	34
Tabla 3-2:	Requerimientos técnicos del módulo didáctico.....	36
Tabla 3-3:	Características electroválvula XCPC 4V110-06.....	39
Tabla 3-4:	Características del cilindro neumático NELCO MAL 16X200	40
Tabla 3-5:	Características del cilindro neumático TN10X75-S	41
Tabla 3-6:	Características del actuador neumático MHZ-16D.....	42
Tabla 3-7:	Consumo de corriente en el módulo didáctico.....	44
Tabla 3-8:	Especificaciones técnicas del motor paso a paso 23HS30-2804S	46
Tabla 3-9:	Características del motor paso a paso 28D2407-11	47
Tabla 3-10:	Especificaciones del controlador TB6600	48
Tabla 3-11:	Especificaciones del generador PWM	49
Tabla 3-12:	Entradas y salidas del PLC	49
Tabla 3-13:	Características del PLC Wecon.....	50
Tabla 3-14:	Características del sensor inductivo.....	51
Tabla 3-15:	Característica del sensor CS1-U	52
Tabla 3-16:	Características del sensor CS1-M	53
Tabla 3-17:	Características del sensor óptico	54
Tabla 3-18:	Características de la fuente de alimentación	55
Tabla 3-19:	Asignación de entradas y salidas para el PLC	62
Tabla 3-20:	Ecuaciones obtenidas a partir del Grafcet del proceso.....	65
Tabla 3-21:	Descripción de los símbolos de escalera más usados.....	68
Tabla 3-22:	Descripción de nomenclatura usado en Wecon PLC Editor2	73
Tabla 3-23:	Memorias usadas en la comunicación entre HMI y PLC.....	78
Tabla 4-1:	Prueba de repetibilidad del sensor inductivo	83
Tabla 4-2:	Prueba de repetibilidad del sensor magnético.....	84
Tabla 4-3:	Prueba de repetibilidad del sensor óptico	85
Tabla 4-4:	Prueba de conectividad entre PLC Y PC	86
Tabla 4-5:	Tiempos de funcionamiento de la banda transportadora.....	88
Tabla 4-6:	Cálculo de valores estadísticos descriptivos del funcionamiento de la banda transportadora	89
Tabla 4-7:	Normalidad de funcionamiento de banda transportadora	90

Tabla 4-8:	Tiempos de funcionamiento del motor de portal de cargas para los almacenes uno y tres.....	91
Tabla 4-9:	Tiempos de funcionamiento del motor de portal de cargas para los almacenes dos y cuatro	92
Tabla 4-10:	Tiempos de almacenamiento.....	93
Tabla 4-11:	Cálculo de valores estadísticos descriptivos del primer almacén	95
Tabla 4-12:	Normalidad de clasificación en el almacén 1.....	95
Tabla 4-13:	Resumen de tiempos de clasificación en el segundo almacén	96
Tabla 4-14:	Cálculo de valores estadísticos descriptivos del segundo almacén.....	97
Tabla 4-15:	Normalidad de clasificación en el almacén 2.....	97
Tabla 4-16:	Resumen de tiempos de clasificación en el segundo almacén	98
Tabla 4-17:	Cálculo de valores estadísticos descriptivos del tercer almacén	99
Tabla 4-18:	Normalidad de clasificación en el almacén 3.....	99
Tabla 4-19:	Resumen de tiempos de clasificación en el tercer almacén	101
Tabla 4-20:	Cálculo de valores estadísticos descriptivos del tercer almacén.....	101
Tabla 4-21:	Normalidad de clasificación en el almacén 4.....	102
Tabla 4-22:	Resumen de tiempos de clasificación en el cuarto almacén	103
Tabla 4-23:	Prueba de funcionalidad.....	104
Tabla 4-24:	Resultados de la pregunta 1	107
Tabla 4-25:	Resultados de la pregunta 2	108
Tabla 4-26:	Resultados de la pregunta 3	109
Tabla 4-27:	Resultados de la pregunta 4	110
Tabla 4-28:	Resultados de la pregunta 5	112
Tabla 4-29:	Resultados de la pregunta 6	113
Tabla 4-30:	Resultados de la pregunta 7	114
Tabla 4-31:	Resultados de la pregunta 8	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Propuesta módulo didáctico para transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala.	7
Ilustración 1-2:	Diagrama de bloques para el módulo de transporte, identificación y clasificación.....	8
Ilustración 2-1:	Estructura piramidal del modelo NBS.....	9
Ilustración 2-2:	Tecnologías de la automatización	13
Ilustración 2-3:	Producción en línea	14
Ilustración 2-4:	Cinta transportadora	17
Ilustración 2-5:	Sistema de manipulación cartesiana de tipo voladizo 3D	19
Ilustración 2-6:	Gama de autómatas programables de la marca Siemens.....	20
Ilustración 2-7:	Estructura interna de un autómata programable.....	21
Ilustración 2-8:	Protocolos de comunicación más utilizados en control y automatización ...	23
Ilustración 2-9:	Pulsador eléctrico	25
Ilustración 2-10:	Interruptor termomagnético.....	25
Ilustración 2-11:	Componentes de un sistema de aire comprimido	27
Ilustración 2-12:	Cilindro de simple efecto	28
Ilustración 2-13:	Cilindro de doble efecto	29
Ilustración 2-14:	Cilindro de válvulas electroneumáticas.....	29
Ilustración 2-15:	Pinzas neumáticas	30
Ilustración 2-16:	Instalación de sensor en pinza neumática.....	30
Ilustración 2-17:	Motor paso a paso	32
Ilustración 2-18:	HMI de un proceso automatizado	32
Ilustración 3-1:	Concepción general del sistema	33
Ilustración 3-2:	Electroválvula XCPC 4V110-06.....	39
Ilustración 3-3:	Cilindro NELCO MAL 16X200	40
Ilustración 3-4:	Actuador neumático TN10X75-S.....	41
Ilustración 3-5:	Actuador neumático MHZ2-16D	42
Ilustración 3-6:	Diseño neumático del módulo didáctico	43
Ilustración 3-7:	Motor paso a paso	45
Ilustración 3-8:	Motor a pasos 28D2407-11	46
Ilustración 3-9:	Controlador TB6600	47
Ilustración 3-10:	Generador PWM	48
Ilustración 3-11:	PLC Wecon	50

Ilustración 3-12:	Sensor inductivo LJ12A3-4-Z/AY	51
Ilustración 3-13:	Sensor magnético CS1-U	52
Ilustración 3-14:	Sensor magnético CS1-M.....	53
Ilustración 3-15:	Sensor óptico CSM1-P1114.....	54
Ilustración 3-16:	Fuente de alimentación.....	55
Ilustración 3-17:	Interfaz de comunicación DB25 y DB9 respectivamente para riel DIN	56
Ilustración 3-18:	Diagrama de conexiones eléctricas de la banda transportadora	57
Ilustración 3-19:	Diagrama de conexiones eléctricas para electroválvulas y motor del portal de cargas.....	59
Ilustración 3-20:	Estructura mecánica de la banda transportadora	59
Ilustración 3-21:	Estructura mecánica para el portal de cargas	60
Ilustración 3-22:	Estructura para los cubículos de almacenamiento.....	60
Ilustración 3-23:	Soporte para componentes eléctricos y electrónicos.....	61
Ilustración 3-24:	Estructura mecánica del módulo didáctico de clasificación.....	61
Ilustración 3-25:	Diagrama Grafcet del proceso.....	63
Ilustración 3-26:	Software de programación de PLC	66
Ilustración 3-27:	Interfaz principal de Wecon PLC Editor2.....	67
Ilustración 3-28:	Barra de herramientas de Wecon PLC Editor2	67
Ilustración 3-29:	Símbolo de escalera en Wecon PLC Editor2	68
Ilustración 3-30:	Menú para compilar un programa en Wecon Editor	69
Ilustración 3-31:	Compilación satisfactoria en Wecon Editor PLC2.....	69
Ilustración 3-32:	Menú “en línea” Wecon Editor PLC2.....	69
Ilustración 3-33:	Configuración de comunicación.....	70
Ilustración 3-34:	Configuración de escritura a PLC	71
Ilustración 3-35:	Descarga a PLC completo	71
Ilustración 3-36:	Gestor de proyectos	72
Ilustración 3-37:	Edición de escalera.....	72
Ilustración 3-38:	Interfaz de inicio en Wecon PLC Editor2	73
Ilustración 3-39:	Creación de un nuevo proyecto	74
Ilustración 3-40:	Diagrama ladder del módulo didáctico	74
Ilustración 3-41:	Ventana de inicio de PIStudio	75
Ilustración 3-42:	Crear nuevo proyecto	76
Ilustración 3-43:	Selección de HMI y protocolo de comunicación	76
Ilustración 3-44:	Interfaz de desarrollo de HMI en PIStudio	77
Ilustración 3-45:	Diseño de caratula de HMI.....	77
Ilustración 3-46:	Diseño control manual de HMI.....	78

Ilustración 3-47:	Interfaz de inicio del módulo didáctico	79
Ilustración 3-48:	HMI para el control manual del módulo didáctico.....	80
Ilustración 3-49:	HMI para el modo automático del módulo didáctico	81
Ilustración 4-1:	Normalidad de funcionamiento de banda transportadora.....	90
Ilustración 4-2:	Histograma de normalidad de la banda transportadora	90
Ilustración 4-3:	Numeración de los cubículos de almacenamiento	91
Ilustración 4-4:	Normalidad de clasificación en el primer almacén	95
Ilustración 4-5:	Histograma de clasificación en el almacén 1	96
Ilustración 4-6:	Normalidad de clasificación en el almacén 2.....	98
Ilustración 4-7:	Normalidad de clasificación en el almacén 2.....	98
Ilustración 4-8:	Normalidad de clasificación en el almacén 3.....	100
Ilustración 4-9:	Histograma de clasificación en el almacén 3.	100
Ilustración 4-10:	Normalidad de clasificación en el almacén 4.....	102
Ilustración 4-11:	Normalidad de clasificación en el almacén 4.....	103
Ilustración 4-12:	Cálculo del tamaño de muestra	106
Ilustración 4-13:	Gráfica de resultados pregunta.....	107
Ilustración 4-14:	Gráfica de resultados pregunta 2.....	108
Ilustración 4-15:	Gráfica de resultados pregunta 3.....	109
Ilustración 4-16:	Gráfica de resultados pregunta 4.....	110
Ilustración 4-17:	Gráfica de resultados pregunta 5.....	111
Ilustración 4-18:	Gráfica de resultados pregunta 6.....	112
Ilustración 4-19:	Gráfica de resultados pregunta 7.....	114
Ilustración 4-20:	Gráfica de resultados pregunta 8.....	115
Ilustración 4-21:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	116
Ilustración 4-22:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	117
Ilustración 4-23:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	117
Ilustración 4-24:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	118
Ilustración 4-25:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	119
Ilustración 4-26:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	119
Ilustración 4-27:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	120
Ilustración 4-28:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	121
Ilustración 4-29:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	121
Ilustración 4-30:	Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos	122

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfaz hombre máquina
SMF	Sistema de manufactura Flexible
NBS	National Bureau of Standards
API	Autómatas Programables Industriales
MIS	Gestión de Sistemas de Información
PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfaz Hombre Máquina
CPU	Unidad Central de Proceso
E/S	Entrada y salida
LD	Lenguaje de contactos
IL	Lenguaje de instrucciones
SFC	Diagrama de funciones secuenciales
NO	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
SAT	Índice de satisfacción del usuario

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** HOJA DE DATOS DE PLC WECON LX5S 1616MR
- ANEXO B:** HOJA DE DATOS DE SENSOR INDUCTIVO LJ12A3-4-Z/AY
- ANEXO C:** HOJA DE DATOS DE SENSOR MAGNÉTICO
- ANEXO D:** HOJA DE DATOS DE SENSOR ÓPTICO
- ANEXO E:** HOJA DE DATOS DE ELECTROVÁLVULA XCPC 4V110-06
- ANEXO F:** HOJA DE DATOS DE PINZA NEUMÁTICA MHZ2
- ANEXO G:** HOJA DE DATOS DE MOTOR PASO A PASO 28D2407-11
- ANEXO H:** DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÓDULO DIDÁCTICO AUTOMATIZADO
- ANEXO I:** IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE MECÁNICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO
- ANEXO J:** IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO
- ANEXO K:** IMPLEMENTACIÓN DE LA LÍNEA NEUMÁTICA
- ANEXO L:** CALIBRACIÓN DE SENSORES
- ANEXO M:** PRUEBAS DE COMUNICACIÓN PC Y PLC POR CABLE ETHERNET
- ANEXO N:** VALIDACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO
- ANEXO O:** PREGUNTAS PARA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO
- ANEXO P:** DESARROLLO DE ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO
- ANEXO Q:** PREGUNTAS PARA ENCUESTA DE VALIDACIÓN REALIZADA A EXPERTOS
- ANEXO R:** DESARROLLO DE ENCUESTA DE VALIDACIÓN REALIZADA A EXPERTOS
- ANEXO S:** PROGRAMACIÓN DE PLC

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tuvo como objetivo implementar un módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala. Se diseñó la estructura mecánica en donde se colocaron los componentes eléctricos como pulsadores de control y componentes electrónicos, tales como sensores, controlador lógico programable (PLC) y actuadores (eléctricos y neumáticos), posteriormente se realizó la conexión de estos elementos con ayuda de las hojas de datos o datasheet, se diseñó también una interfaz hombre máquina (HMI) con el fin que el usuario pueda interactuar con el módulo didáctico especialmente cuando se encuentre en el modo de control manual. El módulo didáctico está compuesto por cuatro módulos, módulo de transporte, módulo de identificación, módulo de clasificación y módulo de control, y cuenta con cuatro cubículos de almacenamiento en donde se ubican las carrocerías a escala dependiendo de un criterio de clasificación predeterminado. Para la validación de este prototipo se ejecutó pruebas de funcionamiento y tiempos que toma cada clasificación, además se llevó a cabo encuestas de experiencia del usuario dirigidas a un grupo de estudiantes de “Automatización industrial” y a un grupo de expertos que conocen de la temática propuesta obteniendo así resultados favorables para el aprendizaje continuo de los estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en los temas que abordan a líneas de producción flexible, automatización industrial además de facilitar así la interacción de los estudiantes con equipos estudiados teóricamente en el transcurso de la carrera de Ingeniería Electrónica y Automatización.

Palabras clave: < AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL>, < CONTROL DE PROCESOS>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE>, < INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI)>, <MANIPULADOR CARTESIANO >, <MÓDULO DIDÁCTICO >, < PRODUCCIÓN FLEXIBLE>, < TECNOLOGÍA WECON >.



SUMMARY

The objective of this curricular integration research project was to implement an automated didactic module based on flexible production for the transportation, identification, and classification of scale model bus bodies. The mechanical structure was designed where electrical components, such as push button switches, and electronic components were placed, such as sensors, a programmable logic controller (PLC), and actuators (electric and pneumatic); subsequently, the connection of these elements was carried out with the help of the data sheets, a human-machine interface (HMI) was also designed to allow the user to interact with the didactic module, especially when it is in manual control mode. The didactic module comprises four modules: the transportation module, identification module, classification module, and control module; it also includes four storage compartments where the scale model bus bodies are placed based on predetermined classification criteria. To validate this prototype, functional tests were conducted, including the measurement of the time taken for each classification; also, user experience surveys were conducted with a group of "Industrial Automation" students and a group of experts who are knowledgeable about the proposed topic obtaining favorable results for the continuous learning of the students at the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo in the topics related to flexible production lines, industrial automation. Additionally, it facilitates the interaction of students with equipment that they have studied theoretically during the Electronics and automation Engineering degree program.

Keywords: <INDUSTRIAL AUTOMATION>, <PROCESS CONTROL>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER>, <HUMAN-MACHINE INTERFACE (HMI)>, <CARTESIAN MANIPULATOR>, <DIDACTIC MODULE>, <FLEXIBLE PRODUCTION>, <WECON TECHNOLOGY>.



Lenin Iván Lara Olivo

0602546103

INTRODUCCIÓN

La automatización industrial se ha ido desarrollando con el pasar del tiempo y surge como necesidad de abaratar costos de producción a largo plazo con el objetivo de obtener mejores productos con niveles de estándares altos que superen la mano de obra tradicional, una metodología de ver la realidad de los procesos optimizando recursos y costos es la simulación, el fin de realizar una simulación de un proceso es obtener datos estadísticos que revelen el comportamiento de un proceso para de esta manera asemejarlo con la realidad logrando así fortalecer el grado de confianza al momento de implementar un proceso simulado y convertirlo en un proceso real, por otro lado la simulación ayuda en el proceso de aprendizaje de la población que este dentro de objetivo académico o personal ya que con el montaje de un proceso simulado se accede de mejor manera a mejorar la práctica.

El presente trabajo de titulación se denomina “Implementación de un módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala, y se implementa en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo dentro de las instalaciones de la facultad de Informática y Electrónica específicamente en el laboratorio de automatización industrial, y está destinado hacia los estudiantes, permitiendo la adquisición y refuerzo de nuevos conocimientos, que ayudarán a los nuevos profesionales a desenvolverse de mejor manera dentro de la industria.

El siguiente trabajo se compone de cuatro capítulos, en el capítulo I se detalla el diagnóstico de problema, continuo del capítulo II que corresponde al marco teórico en donde se realiza una revisión bibliográfica de definiciones y conceptos que abordan la temática propuesta, seguido del capítulo III destinado al marco metodológico en donde se analiza los requerimientos necesarios para el desarrollo del módulo didáctico, consiguientemente se realiza el diseño de conexiones neumáticas y eléctricas, además de la selección componentes que forman parte del sistema automatizado, posteriormente se realiza la programación del controlador lógico programable para lo cual se acudió al diagrama grafcet, adicionalmente se desarrolló una interfaz hombre máquina (HMI) que ayuda al usuario el control del sistema cuando este se encuentre en el modo de control manual, y finalmente en el capítulo IV se muestra el análisis de resultados del módulo didáctico en el cual se realiza una toma de muestras para determinar el funcionamiento correcto de cada uno de los componentes inmersos en el sistema para posteriormente hacer un análisis de normalidad de datos, también se realiza encuestas de satisfacción del usuario destinados a los estudiantes de la cátedra de automatización industrial, y una encuesta a expertos para validar el funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Antecedentes

Desde hace mucho tiempo el ser humano ha necesitado elaborar productos de buena calidad al mejor costo posible con el fin de aprovechar los recursos utilizados en un determinado proceso, con el pasar del tiempo se observó una significativa discrepancia con los productos artesanales y los productos realizados en una industria gracias a lo que hoy conocemos como líneas de producción que surgieron como una necesidad de producir más a menor tiempo (Sánchez et al. 2003, p.2).

En el ámbito industrial, la simulación facilita el análisis de sistemas cuando es demasiado costoso hacerlo de forma experimental y por eso se ha ganado un reconocimiento ya que es un instrumento de aprendizaje válida para analizar las características, el grado de dificultad y dinámica de un proceso, en el que se ve incluido operaciones, personal, equipo técnico, materia prima, y variedad de productos terminados, por lo tanto los modelos de simulación se han adaptado al desarrollo industrial para la producción y diseño de productos, diagnóstico y errores en el proceso, adiestramiento e instrucción del personal, además de pruebas necesarias para la capacidad de un sistema de producción, de esta manera el instrumento de simulación ayudara a mejorar el análisis de sistemas de manufactura y a la misma vez sirven para toma de decisiones, acoplamiento a cambios tecnológicas mejorando así la eficacia y productividad ante la competencia de las empresas que la utilizan, por otro lado la simulación ayuda a afrontar el nuevo reto de las industrias que está enfocado hacia la manufactura inteligente que se basa en realizar procesos con mayor precisión, rápidos, eficaces y sobre todo a bajo costo, en este sentido se espera que los sistema de manufactura flexible sean los que permitan dar apertura a la manufactura inteligente. (Rivadeneira, 2017,p.2)

En Perú ciudad de Lima se implementó un sistema de apoyo a la toma de decisiones en el balanceo de líneas de manufactura flexible con un enfoque de gestión de conocimientos desarrollado para la industria automotriz en donde se logró mejorar el desempeño de los procesos de balance del sistema de producción, además se logró la facilidad de analizar la comprensión previa tratando así de transferir los conocimientos y que no quede solamente con las personas involucradas en los procesos anteriormente realizados (Sánchez et al., 2003, p.5).

En la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil se desarrolló el diseño e implementación de un módulo didáctico para prácticas de Red Profibus utilizando PLCs S7-1500, como principal objetivo fue que los estudiantes puedan realizar prácticas de comunicaciones y procesos industriales, simulando el funcionamiento de un sistema de producción industrial, utilizando señales de entradas y salidas de un controlador lógico programable, también realizar el control PID de temperatura y el diseño de una interfaz hombre máquina (HMI) para el control del sistema, recomendando que es necesario estimar el tiempo de implementación y existencia de proveedores a nivel nacional para la adquisición de los componentes (Olaya y Tomalá, 2021, p.2).

En la ciudad de Ambato se realizó un sistema de manufactura flexible orientado a industria 4.0 en donde se llegó a la conclusión cuando el sistema de manufactura fue sometido a diferentes pruebas antes de obtener los resultados, se notó que la flexibilidad viene dada en comparación a una programación base mediante el seguimiento de la línea de producción de un producto terminado gracias al uso de la simulación ya que el ahorro en temas de implementación para saber si un proceso es factible o no es de vital importancia (Rea y Basantes, 2019, p.12).

1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo se podría analizar el proceso de sistemas de producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cómo se estudian los procesos de transporte, identificación y clasificación en una línea de producción flexible para autobuses a escala?

¿Qué se requiere para implementar un módulo automatizado basado en producción flexible para transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala?

¿Cómo implementar el módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para transporte, identificación y clasificación de autobuses?

¿Cómo validar el módulo didáctico automatizado implementado para transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala?

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación teórica

El presente trabajo de titulación implementa un sistema hardware para la simulación de producción flexible, para el transporte, identificación y clasificación de la carrocería en la línea de fabricación de autobuses, mediante celdas de manufactura en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de tal manera que las carrocerías provenientes de una estación permitan clasificarlas y colocarlas según los parámetros establecidos, como color forma o falla que tenga una pieza de carrocería de autobuses ubicándolos así en un cubículo de almacenamiento, con el fin de reproducir de manera cercana a la realidad, procesos industriales que se dan en una producción en línea, a partir de la necesidad que ciertas entidades o personal requieren para adquirir conocimiento en líneas de producción, con el fin de relacionar elementos de la tercera y cuarta revolución industrial con un proceso de producción tales como banda transportadora, control lógico programable (PLC), elementos neumáticos, entre otros.

En diferentes sectores productivos la sistematización de actividades es de vital importancia al momento de producir y competir con otras empresas y el problema que abarca este tema se basa en la forma en la que se programa la producción correspondiente a la manufactura flexible (SMF), que se deben acoplar rápidamente para producir productos terminados en grandes o pequeñas cantidades (Blandón et al., 2021, p.3).

Un sistema para la simulación de un proceso productivo se diseña con el objetivo de promover el aprendizaje de la capacidad de actuar en equipo e incitar a los estudiantes a asimilar independientemente los fundamentos que posibilitan el dominio de los sistemas de automatización industrial con un enfoque de manufactura eficiente. Un sistema automatizado de manufactura se enfoca en reducir el número de movimiento de una pieza a ensamblar y transportar directamente el producto procesado de una máquina a la siguiente sin necesidad de pasar por un almacenamiento temporal hasta que el siguiente proceso esté listo, estudios realizados determinan que únicamente un 5% del tiempo que toma la manufactura de un producto es las actividades que le agregan valor y el resto del tiempo corresponde al lapso que el producto permanece en espera para ser transportado al siguiente paso de manufactura (Montoya, 2010, p.6).

Para la validación del prototipo se toma en cuenta ciertos indicadores que nos ayudaran a mejorar el rendimiento de estos procesos, como son:

1.2.1.1. Eficacia

La eficacia en un proceso de producción se determina como un mérito de cumplir lo que estaba previsto dentro de un proyecto, relacionando los objetivos alcanzados y los objetivos proyectados y todo lo que implica dentro de la elaboración de un producto entre los más importantes el tiempo que se emplea en realizar dicho producto, el costo de producción tanto a lo que refiere a materia prima, mano de obra, gastos de logística entre otros y la calidad con la que finalmente es entregado un producto a su consumidor final (Valbuena, 2021, p.8).

1.2.1.2. Eficiencia

La eficiencia dentro de un proceso productivo relaciona directamente los recursos que consumen la elaboración de dicho producto con el total de productos elaborados con el objetivo de determinar qué tan apto resulta el empleo de dichos factores con el alcance logrado (Valbuena, 2021, p.3).

1.2.1.3. Cumplimiento

El cumplimiento se basa en realizar un seguimiento a los productos dentro de una línea de producción con el objetivo de obtener un porcentaje de cuantos productos no conformes se obtuvo al final del proceso y así localizar los puntos específicos dentro del proceso responsables de conseguir productos no conformes detectando cuáles fueron los motivos de posibles fallas que se pueden ser malos hábitos dentro del ambiente laboral (Valbuena, 2021, p.3).

1.2.1.4. Tiempo

Representa el tiempo total que toma un proceso determinado en cumplirse, tomando en cuenta desde cuando inicia el proceso, atravesando por cada etapa del mismo, hasta que finalmente el producto esté listo, en los procesos industriales el tiempo que toma la elaboración de un producto es un factor importante (Valbuena, 2021, p.12).

1.2.1.5. Calidad

La calidad debe estar presente en todo el transcurso de un proceso de producción y no debe cumplirse el estereotipo que solo el producto final cumple con la calidad, el concepto de calidad se define por la relación entre el total de unidades producidas en porcentaje y el número total de productos que sales a stock (Valbuena, 2021, p.).

1.2.2. Justificación práctica

Con el presente trabajo de titulación se busca implementar un módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala, debido a los altos costos que representan la implementación de un sistema de producción con manufactura flexible se ha optado por la simulación además que el trabajo está enfocado con el fin de acarrear conocimientos relacionados con las líneas de producción para que de esta manera el conocimiento adquirido en procesos anteriores siempre este presente y pueda seguir desarrollando con el progreso de nuevas tecnologías. En el transcurso del trabajo de titulación conforme avance el proceso de investigación los elementos que componen al sistema automatizado serán seleccionados, con el fin de escoger aquellos que mejor ayuden a que los requerimientos planteados se cumplan, para ello es necesario considerar varios aspectos y parámetros relacionados al área de trabajo, a su vez incorporando de manera adecuada aquellos materiales y componentes electrónicos/eléctricos que mejor sirvan para el desarrollo del proyecto. El sistema hardware implementado estará conformado por los elementos descritos a continuación:

1.2.2.1. Módulo de clasificación de los vehículos

Sistema tipo portal de carga XYZ que toma los vehículos ensamblados y verificados de un pallet que se desliza sobre una banda transportadora y los clasifica de acuerdo a criterios preestablecidos. Funciona con una pinza neumática tipo mordaza, montada sobre un actuador lineal anti giro, que toma la pieza de trabajo que viene sobre la cinta transportadora y con la ayuda del eje lineal electromecánico y un eje x con actuador neumático la deposita de forma suave en un cubículo de almacenamiento dispuestos en los extremos del eje lineal (colocados a un lado). Se va disponer de una interface que permita la comunicación con un tablero de control para comunicación entre las estaciones y el panel de mando.

1.2.2.2. Módulo segmento de banda transportadora

Posee una línea de transporte conformado por una banda transportadoras la cual tiene un sistema motriz con motor universal para que la velocidad de transporte sea modificada de forma manual, sobre la cuales se montan y actúan sistemas simuladores de producción flexible equipado con tres sensores de posición para detectar el pallet y señales visuales para indicar el estado de la banda (detenida o en movimiento, y su dirección). Dispone de una interface de comunicación de E/S para conexión a un panel de control capaz de transportar piezas de trabajo montadas sobre

portadores (pallets). La banda es lo suficientemente robusta y diseñadas para que sea posible montar sobre ellas, de forma fácil, estaciones mecatrónicas de simulación de procesos, consta con sensores de posicionamiento de tipo capacitivos para detectar la ubicación de la carrocería en el sistema de transporte y de esta forma poder actuar mediante el portal de carga XYZ.

1.2.2.3. Identificación de los parámetros de las carrocerías de autobuses a escala

Es un sistema que toma el prototipo del autobús que ya ha pasado por la estación de verificación y control de calidad de un pallet que se desliza sobre una banda transportadora y las clasifica de acuerdo a criterios preestablecidos, la identificación de los parámetros establecidos se realizara mediante sensores de tipo ópticos para poder determinar el color de las carrocerías, la lectura de datos será enviada al PLC para que posteriormente tome acción con el portal de carga tipo XYZ y ser posicionado de acuerdo a los criterios establecidos en 4 cubículos de almacenamiento que serán colocados dos a cada lado del sistema de transporte.

1.2.2.4. Pallet portador

Para el alojamiento y transporte de piezas de trabajo sobre cintas transportadoras.

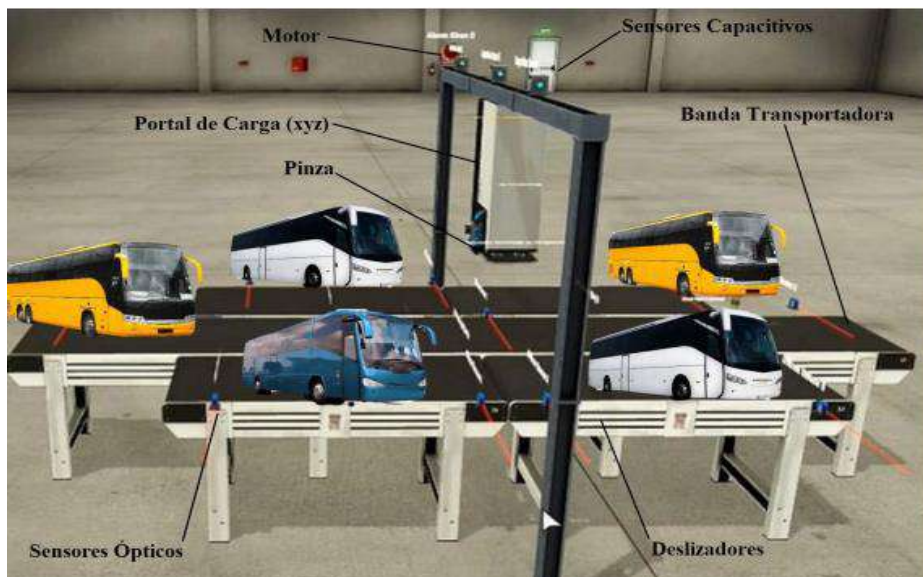


Ilustración 1-1: Propuesta módulo didáctico para transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala.

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

En el siguiente diagrama de bloques se puede apreciar el funcionamiento del módulo propuesto:

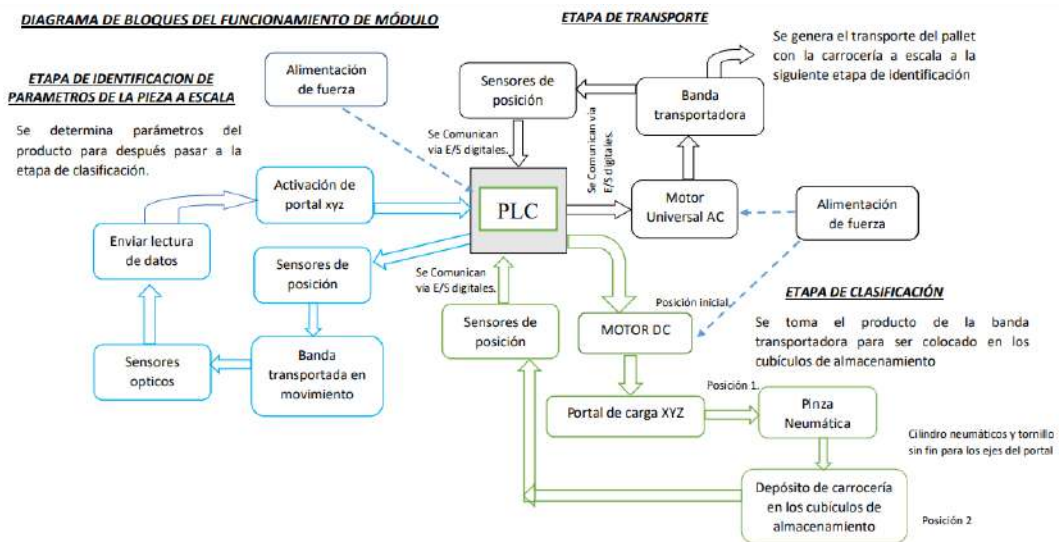


Ilustración 1-2: Diagrama de bloques para el módulo de transporte, identificación y clasificación

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar un módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los procesos de automatización de las tareas de transporte, identificación y clasificación de productos terminados en líneas de producción flexible, específicamente aquellos que involucran portales de carga.
- Especificar los requerimientos para el desarrollo del módulo didáctico automatizado orientado a realizar el transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala basado en un portal de carga XYZ.
- Implementar el módulo didáctico automatizado basado en producción flexible según los requerimientos y diseños planteados en el proyecto.
- Validar el módulo didáctico automatizado implementado según la evaluación cuantitativa y/o cualitativa de las tareas de transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta conceptos y definiciones relacionados a la temática propuesta, que serán de mucha ayuda para el desarrollo de este proyecto.

2.1. Automatización

La automatización se define como una tecnología referida a procesos controlados, a través de instrucciones programadas, conjuntamente con sistemas de control retroalimentados aptos de realizar ciclos más o menos complejos de operaciones y de esta forma garantizar la correcta ejecución de dichos procesos (Pardo, 2022: p.11).

Además, se aplica a los procesos de fabricación (industria química, petroquímica, cemento, etc.), así como de piezas (automóviles, electrodomésticos, muebles, etc.). Por esta razón es importante tener en cuenta que ambos tipos de procesos se ejecutan de forma simultánea en la misma fábrica, en conclusión, es ventajoso tratarlos individualmente (Brunete et al., 2020, p.2).

2.1.1. Pirámide de la automatización

Para (García, 2020, p.1) la pirámide cuenta con un orden jerárquico, que incorpora las capas de un sistema de automatización industrial, a partir de un nivel bajo donde se encuentran los dispositivos de campo hasta el nivel más alto donde se integra toda la información de los sistemas empresariales.

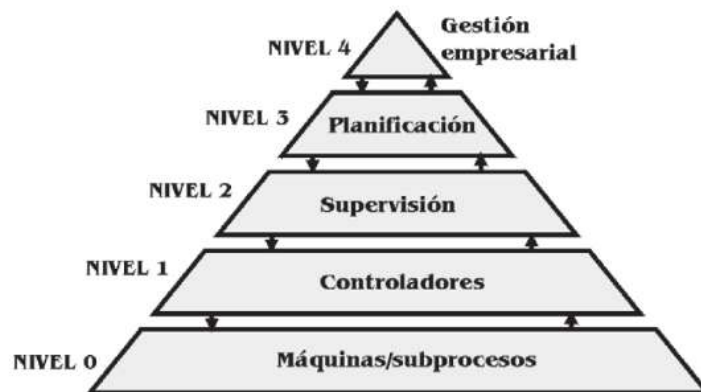


Ilustración 2-1: Estructura piramidal del modelo NBS

Fuente: (García, 2020).

2.1.1.1. Nivel 0

Conjunto de dispositivos, subprocesos y maquinaria, para llevar a cabo las operaciones y producción de la empresa, estos dispositivos captadores de señales analógicas, digitales, captadores, sensores y transductores son actuadores en la parte de control y operativa, transfiriendo señales de mando o control a los pre/accionadores como variadores de velocidad, relés entre otros (García, 2020, p.9).

2.1.1.2. Nivel 1

Se encuentran los Dispositivos Lógicos de Control, en la actualidad su implementación se viene realizando en los Autómatas Programables Industriales (API), se basan en incorporar tarjetas en microprocesador, microcontrolador, y ordenadores especiales para el control industrial a esto se suma los elementos de mando y control desde el nivel 0 hasta el nivel 2 (García, 2020, p.4).

2.1.1.3. Nivel 2

Es denominado el nivel de supervisión y control, y realizan las siguientes tareas:

- Adquisición y tratamiento de datos.
- Monitorización
- Gestión de alarmas y asistencias.
- Mantenimiento correctivo y preventivo.
- Programación a corto.
- Control de calidad.
- Control de obra en curso.
- Sincronización de células.
- Coordinación de transporte.
- Aprovisionamiento de líneas.
- Seguimiento de lotes.
- Seguimiento de órdenes de trabajo (García, 2020, p.2).

2.1.1.4. Nivel 3

Se denomina el nivel de planificación y cumplen con las siguientes tareas:

- Programación de la producción.
- Gestión de materiales.
- Gestión de compras.
- Análisis de costes de fabricación.
- Control de inventarios.
- Gestión de recursos de fabricación.
- Gestión de calidad.
- Gestión de mantenimiento (García, 2020, p.5).

2.1.1.5. Nivel 4

Finalmente, el ultimo nivel es el corporativo y se encarga de realizar:

- Gestión comercial y de marketing.
- Planificación estratégica.
- Planificación financiera y administrativa.
- Gestión de recursos humanos.
- Ingeniería de producto.
- Ingeniería de proceso.
- Gestión de tecnología.
- Gestión de sistemas de información (MIS).
- Investigación y desarrollo (García, 2020, p.8).

2.1.2. Tecnologías de la automatización

Mediante las tecnologías de la automatización una industria acelera su competitividad, a través de la integración de diferentes tecnologías como la mecánica, electrónica y otros campos importantes dentro de un sistema de producción, y por tanto (Pardo, 2022, p.4), realiza la siguiente clasificación:

2.1.2.1. Tecnología mecánica

Entre las tecnologías desarrolladas por el hombre la automatización basada en mecánica es la más antigua, y es el pilar dentro de la automatización de sistemas, su principal característica es su alto

nivel de complejidad e intervienen componentes como ruedas dentadas, piñones, poleas, palancas, entre algunos más, con ausencia de flexibilidad ante cambios en el proceso (Pardo, 2022, p.45).

2.1.2.2. Tecnología neumática

Automatización hace referencia a una tecnología neumática, permitiendo así reducir el aire y la fuente energética para los movimientos del dispositivo, además cuenta en el mercado con una escala amplia de productos y dispositivos con costos accesibles para procesos industriales. El aire comprimido es una fuente energética que muchos la utilizan tiene algunas ventajas para su uso como: es segura, adaptable, económica y fácil de trasladar a cualquier lugar (Pardo, 2022, p.6).

2.1.2.3. Tecnología hidráulica

Tecnología hidráulica es una herramienta importante dentro de la industria de la automatización, que es usado en aplicaciones en donde se necesita un mayor esfuerzo, permitiendo el accionamiento de sistemas y mecanismo, pero en comparación con la tecnología neumática es más lenta (Pardo, 2022, p.9).

2.1.2.4. Tecnología eléctrica

Las tecnologías eléctricas dentro de la automatización se basan principalmente con el uso de componentes como contactores, relés y su conexión se realiza mediante lógica cableada, que hacen uso los sistemas de control para regular un proceso, por tanto esta tecnología se hace uso cuando el sistema utiliza ecuaciones de control dentro de sistemas secuenciales o combinacionales (Pardo, 2022, p.9).

2.1.2.5. Tecnología electrónica

Las tecnologías electrónicas hacen uso de una lógica programada, mediante la aplicación de los PLC (Controlador Lógico Programable), siendo un dispositivo de mando o control que trabaja de manera parecida a una computadora personal, interactuando con usuario mediante su programación, también con el uso de dispositivos periféricos se puede realizar acciones de control dentro de un sistema de producción (Pardo, 2022, p.3).

Todos los conceptos mencionados han direccionado a que las empresas tomen la iniciativa de implementar un modelo automatizado, en todos los ámbitos en su producción.



Ilustración 2-2: Tecnologías de la automatización

Fuente: (Serrano, 2020).

2.2. Sistemas de producción

Un sistema productivo se realiza con el fin de obtener mayor auge de producción y competencia ante otros procesos industriales, se conforma de una cadena de capacidades que dan como resultado un determinado sistema de producción incluyendo beneficios de desarrollo de innovación y tecnología, estructura de jerarquización de procesos y organización del trabajo.

El objetivo de un sistema de producción es de generar ingresos de tal forma que los índices de productividad y disputa entre otro sistema de producción se vean elevados (Pedraza et al., 2018, p.3).

2.2.1. Sistemas de producción flexible

Un sistema de producción flexible está basado en la habilidad que tiene un sistema productivo para movilizar equipo utilizado en un proceso facilitando la interconexión entre los diferentes elementos que forman parte del mismo, logrando de esta manera que el sistema realice diferentes tareas en tiempo real, este tipo de producción se encarga de entregar un producto terminado con diferentes características empleando concordancia con los equipos que intervienen en el proceso sin importar que haya intervención de un operador en cuantos a errores que posea el sistema (Pedraza et al., 2018, p.4).

2.2.1.1. Características de un sistema de producción flexible

Según (Martínez et al, 2018, p.6) un sistema de producción flexible se basa en capacidades de transmitir ideas del proceso y se aplican conocimientos obtenidos dentro de la fabricación de un producto.

La producción flexible permite actualizar en cuanto a tecnología se refiere con el objetivo de adaptarse a las nuevas necesidades que surjan en el mercado; es importante mencionar la fabricación rápida de productos como característica esencial al momento de trabajar con este tipo de sistemas por lo que toma ventaja ante los demás tipos de producción.

Los cambios bruscos del consumidor son un dato importante para lograr cubrir las necesidades del mercado permitiendo a la vez el diseño de nuevos productos en masa con ayuda de nuevas tecnologías.

2.2.2. Sistemas de producción en línea

Una de las técnicas empleadas es la producción en línea o también denominada Just-in-Time que tiene como objetivo mejorar la entrega del producto final a las personas interesadas de acuerdo a los beneficios que los implicados deseen en un producto conduciendo así a la producción masiva de determinado elemento final de consumo (Coletti et al., 2018,p .8).

La experiencia laboral en una línea de producción es un factor importante porque personal con conocimiento en todo el proceso puede ocupar diferentes puestos al momento de elaborar un producto además de tener a cargo a personal que desconoce el trabajo, básicamente la producción en línea se basa en distribuir en diferentes partes de la producción a este personal con más antigüedad en el trabajo con el objetivo de que el producto final sea de mejor calidad y en el menor tiempo posible.



Ilustración 2-3: Producción en línea

Fuente: (SDIndustrial, 2022).

2.2.2.1. Características de un sistema de producción en línea

Según (Coletti et al., 2018, p.3), un sistema de producción en línea se implementa de tal forma que todos los componentes de producción se relacionen conjuntamente logrando así mantener un flujo del proceso, en donde no surjan problemas como escasez de producto es decir que los equipos dejen de funcionar o existan tiempos muertos de producción en otras estaciones dentro de la línea de producción y tampoco abundancia del producto final de tal forma que se logre ahorrar recursos, mejorar el tiempo de producción así como también lograr una mejor distribución del personal que se requiere en una estación de trabajo.

2.2.3. Producción y ensamble en carrocerías de autobuses

El mundo de los automotores se va incrementando ya que es uno de los negocios con mayor rentabilidad de la economía de los países, la manufactura de los autobuses se va forzando a cambiarla ya que existen fallas en los automotores ya ensamblados y listos para la venta, uno de los errores más comunes es la mano de obra que no está calificada para estos procesos de producción, otro factor se localiza en la baja demanda de producción, escasez de insumos, de tal forma que la economía de las organizaciones dedicadas a estos procesos productivos se ve afectada, por la misma razón se ve la necesidad de implementar nuevas tecnologías que se encuentren en la altura de los automotores importados con el fin de aumentar las demandas de producción. La empresa Superpolo SAS “implementaron nuevos dispositivos de montaje y asistentes de carga, para que el área de estructuras pudiera atender la demanda de producción y los detalles de los nuevos productos” (Santamaría et al., 2021, p.4).

2.3. Sistema de enseñanza aprendizaje

Hay diversas estrategias, técnicas y métodos que ayudan a la enseñanza en el ámbito educativo y tomando en cuenta diferentes concepciones la estrategia educativa no es más que un procedimiento que conlleva un conjunto de acciones, enfocados en efectuar un determinado objetivo y consecuentemente resolver una problemática, que ayude a integrar, articular, adquirir y fortalecer conocimientos en los estudiantes (Vargas, 2020, p.3).

Por tanto, a través del presente módulo didáctico se pretende aplicar dichas estrategias para que los estudiantes puedan tener una mejor noción acerca de los procesos industriales en diferentes dimensiones, con el objetivo de pulir sus conocimientos en esta área, además lo importante que es en la vida profesional.

2.3.1. Enseñanza

Son métodos empleados por un docente que imparte una cátedra con el fin lograr que el estudiante procese la información impartida como los procedimientos y cálculos que un docente realiza para llegar a un resultado repetitivamente estas estrategias se basan en utilizar fuentes de información o incluso instrumentos para la manipulación y creación de un experimento o documento necesario para entender una temática (Vargas, 2020, p.1).

2.3.2. Aprendizaje

Se logra cuando un estudiante logra adquirir conocimiento con la resolución de problemas acerca de una temática específica, obteniendo así un pensamiento crítico que ayuda a aclarar ideas y mantenerlas para construir un nuevo concepto fundamentado en el análisis teórico válido para un nuevo análisis del tema estudiado (Vargas, 2020, p.2).

2.4. Sistemas de transporte

En los procesos generados en la industria los sistemas de transporte son generalmente cintas transportadoras, usadas con el fin de llevar de un lugar a otro, productos para que sean procesados y convertidos en productos con características específicas a cierta distancia y rapidez según se requiera en el proceso (Chiluisa, 2020, p.3).

2.4.1. Características de los sistemas de transporte

Según (Chiluisa, 2020, p.5), los sistemas de transporte deben soportar características como:

- Capacidad de carga limitada que puede soportar el sistema de transporte para que no exista avería al momento de movilizar productos de un lugar a otro.
- La velocidad en el transporte industrial es relativamente menor cuando se requiere montar un sistema de producción en línea.
- Medidas máximas y mínimas para que al momento de la implementación se logre un funcionamiento óptimo en relación con el uso de los demás equipos presentes en un proceso de producción.

2.4.2. Pallet portador

Los pallets son importantes elementos en la industria y empresas manufactureras que son utilizados para portar diferentes productos ya sean pesados o livianos con el fin de transportar y almacenar elementos finales de producción; los materiales más comunes de los pallets son metal, plástico, y madera de dimensiones adecuadas con el objetivo de adecuar el almacenamiento, la selección del pallet se lo hace de acuerdo al tipo de producto que se requiera almacenar y transportar dependiendo del costo, peso y resistencia del material (Handoko et al., 2021, p.2).

2.4.3. Banda transportadora

Es un sistema mecanizado que se usa con el objetivo de permitir trasladar un objeto de un lugar a otro que se mueve en un mismo sentido, este movimiento se realiza utilizando la intervención de un motor o utilizando rodillos que a su vez giran para mover un objeto, para sistemas de automatización es utilizado el table-top con el fin de proporcionar movimiento en especial la dirección y el ancho del objeto que este por transportarse, se puede montar bandas plásticas o metálicas dependiendo de la fricción, el material y el ambiente en donde se requiera transportar (Parra y Díaz, 2019, p.5).



Ilustración 2-4: Cinta transportadora

Fuente: (Emjuvi, 2016).

2.5. Sistemas de clasificación

Estos sistemas se ven inmersos dentro de la automatización en los finales de una línea de producción, son muy importantes ya que la mayoría de estos procesos son mecánicos, y al automatizarlos se lograría mayor productividad, recolección y distribución de productos

terminados, además son útiles ya que optimizan procesos al momento de entregar productos al consumidor final funcionando a mayor velocidad y sin cometer errores.

Un sistema de automatización al final de la línea de producción posee ventajas como eliminar los tiempos muertos de trabajos, reduce errores de identificación y clasificación, además de asegurar un control de calidad evitando así la entrega de productos con errores; dentro de los sistemas de automatización al final de una línea de producción se tiene procesos como: empaquetado, embotellado, control de calidad, clasificación de productos, paletizado, etiquetado, etc.

Un sistema de clasificación se basa en control de calidad ya que posibilita colocar en diferentes lugares productos con características diferentes como peso, color o forma teniendo en cuenta que en una línea de producción comparten el mismo sistema de transporte (EDS ROBOTICS, 2020, p.9).

2.5.1. Sistemas de manipulación cartesiana

Según (Rojas et al., 2003, p.4) estos sistemas se usan en la industria con el objetivo de manipular piezas, además de realizar procesos de pintura y soldadura; está conformado por una estructura mecánica, actuadores que pueden ser de tipo eléctrico o neumático, componentes de transmisión además de un dispositivo que controle el funcionamiento del mismo.

Los manipuladores cartesianos combinan tecnologías neumática y eléctrica ya que surgen con la necesidad de adaptar a usos que generalmente son propios de los robots industriales con el objetivo de abaratar costos además de ajustar parámetros como eficiencia, dinámica y función de un proceso, estos sistemas son adaptados para desplazar piezas a lo largo de los ejes adaptando mecanismos en los que incluyen componentes neumáticos tales como cilindros y pinzas y eléctricos como motores de corriente continua entre ellos servomotores obteniendo precisión y flexibilidad al momento de adaptarlos a diferentes procesos (Festo AG & Co., 2013, p.6)

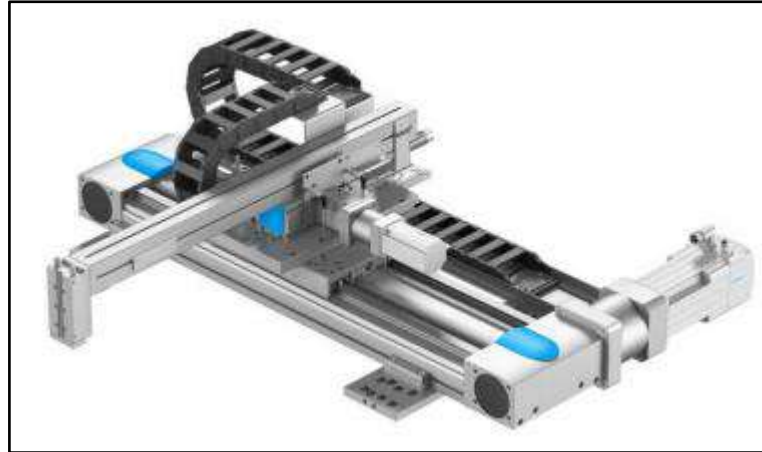


Ilustración 2-5: Sistema de manipulación cartesiana de tipo voladizo 3D

Fuente: (Festo AG & Co., 2013).

2.6. Controlador lógico programable (PLC)

Son dispositivos electrónicos de programación, mediante un lenguaje no normalizado, debido a que tienen lenguajes propios determinados por cada fabricante, diseñados para el control en tiempo real de sistemas combinatoriales y secuenciales de mayor dificultad, es un equipo muy parecido a una computadora personal, el usuario puede cargar un programa de su autoría, para realizar la automatización de un proceso industrial o doméstico (Pardo, 2022, p.43).

2.6.1. Beneficios del PLC

Para (Pardo, 2022; p.43) las capacidades y ventajas que presenta este tipo de sistemas de control son:

- Es muy versátil, capaz de realizar cambios y poder reutilizar en otras aplicaciones.
- Es adaptado para el desarrollo de trabajos de la industria, siendo óptimo para espacio que ocupa, además de su instalación y mantenimiento.
- Capaz de controlar distintas máquinas y equipos con un solo controlador lógico programable.
- Ayudan de reducir el tiempo de cableado y poner un proceso en marcha en poco tiempo.



Ilustración 2-6: Gama de autómatas programables de la marca Siemens

Fuente: (Pardo, 2020).

2.6.2. Tipos de PLC

Para (García, 2020, p.5), existen dos criterios de clasificación, por un lado los llamados factores cuantitativos que hacen referencia al número de entradas y salidas, además de la capacidad de memoria, y por otra los factores cualitativos, en donde los autómatas de gama baja tienen funciones para el control de variables discretas, numéricas, aritméticas y de comunicación de carácter elemental

2.6.2.1. Estructura modular

Esta estructura permite la adición de estructuras funcionales, de manera que físicamente existen módulos de entrada y salida, para adecuar la arquitectura del sistema a los requerimientos de diseño y funcionamiento, también permite el funcionamiento parcial del proceso en caso de daños, a la par que hace posible menor el tiempo de reparación (García, 2020, p.6).

2.6.2.2. Estructura compacta

Esta estructura es ideal cuando se realizan pequeñas aplicaciones con entradas y salidas limitadas, en la actualidad los llamados nano autómatas, que son de API inmensamente reducidas de tamaño, toman esta estructura, dado el carácter estanco de su case, permitiendo su uso en ambientes industriales (García, 2020, p.10).

2.6.3. Componentes de un PLC

El autómata realiza sus acciones, haciendo uso de los distintos componentes que se describen a continuación:

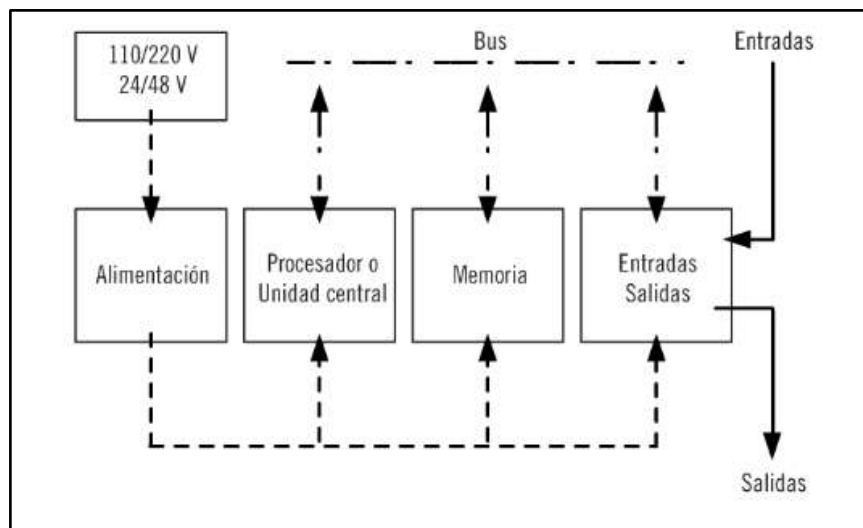


Ilustración 2-7: Estructura interna de un autómata programable

Fuente: (López, 2019).

2.6.3.1. Fuente de alimentación del controlador lógico programable

La fuente de alimentación alimenta de voltaje a los distintos componentes internos y abastecerá corriente a otros elementos que se conectaran a las entradas como sensores y salidas como actuadores, suele disponer también de una batería que alimenta a la memoria interna en el caso que exista una desconexión, evitando borrar los programas realizados de la misma (López, 2019, p.8).

2.6.3.2. Procesador o unidad central (CPU) del controlador lógico programable

Es un microprocesador electrónico que viene siendo el cerebro del sistema y está compuesta por una unidad de control que controla las líneas y direcciones para la conexión de los dispositivos conectados al CPU, y una unidad de proceso que se encarga de las operaciones aritméticas, lógicas y la transferencia de datos para la ejecución de los programas (López, 2019, p.12).

2.6.3.3. Módulos de entrada/salida del controlador lógico programable

Son componentes que se encargan de combinar los procesos de campo con la CPU del controlador lógico programable, a través del acondicionamiento de señales de entrada al PLC, estas señales pueden ser de entrada que amplifican, adaptan y filtran señales de sensores o de salida que decodifican y adaptan señales que van a los actuadores (López, 2019, p.12).

2.6.3.4. Sistema de memoria interna del controlador lógico programable

Es en donde se acumulan los datos, instrucciones y constantes para el funcionamiento del sistema de control, el autómata tiene dos tipos de memorias, memoria de proceso que son formados por las entradas/salidas del sistema, y control que son instrucciones del proyecto cargado y la configuración del controlador lógico programable (López, 2019, p.13).

2.6.4. Protocolos de comunicación

En los procesos industriales las comunicaciones responden a las necesidades de los equipos que forman parte y suministran un soporte para el intercambio de información, por tanto Pardo define a las comunicaciones industriales como aquellos mecanismos de intercambio de información y de transmisión de datos entre dispositivos o componentes remotos de un sistema automático, de modo que gracias a la comunicación puedan llevarse a cabo tareas propias de la automatización Para (Pardo, 2022, p.3), los protocolos de comunicación más utilizados en control y automatización son:

2.6.4.1. Protocolo hart

Es un sistema de comunicación que transmite información digital sobrepuesta sobre una señal analógica de 4 a 20[mA], la señal digital usa dos frecuencias para distinguir entre los ceros y los unos transmitidos (Pardo, 2022, p.4),

2.6.4.2. Modbus

Es un protocolo de comunicación estándar dentro de la industria que facilita la mayor disponibilidad de conexiones entre dispositivos electrónicos industriales, es un método de comunicación maestro esclavo el cual permite el mando de una gran red de dispositivos con mayor facilidad, existen versiones de este protocolo para puerto serie y ethernet (Pardo, 2022, p.5),

2.6.4.3. Profibus

Es una arquitectura de comunicación industrial que ayuda a la conexión de equipos de una variedad de fabricantes, basado en un bus de campo serie, que cubre todos los niveles (desde nivel campo a nivel de control), se distinguen dos tipos de dispositivos: maestros (establecen la

comunicación de datos sobre el bus) y esclavos (dispositivos de E/S que pueden comunicarse con el maestro cuando son autorizados) (Pardo, 2022, p.6),

2.6.4.4. *Fieldbus foundation*

Este sistema de comunicación se usa específicamente en control distribuido debido a que transmite grandes volúmenes de información y es ideal para el control de varios lazos complejos, se aplica en industrias de proceso continuo (Pardo, 2022, p.7),

2.6.4.5. *AS-i*

Es un protocolo orientado al nivel más bajo, encaminado para la comunicación de sensores y actuadores, es de estructura muy simple creado por un grupo de 11 empresas fabricantes de dispositivos sensores, para interconectar sensores y actuadores con un PLC de manera simple y económica (Pardo, 2022, p.8),

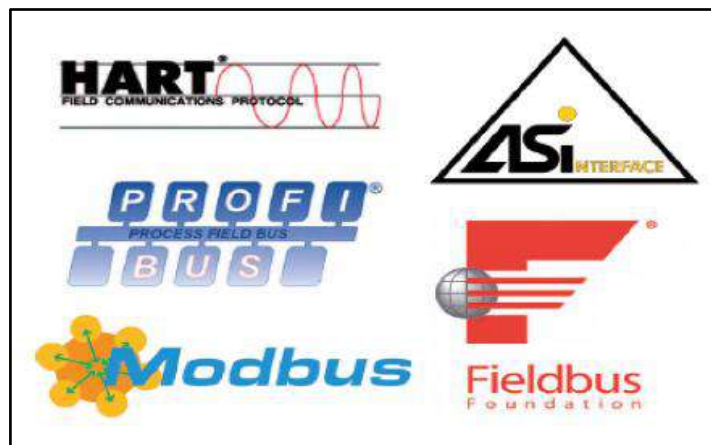


Ilustración 2-8: Protocolos de comunicación más utilizados en control y automatización

Fuente: (Pardo, 2022).

2.6.5. *Lenguajes de programación*

En un programa las instrucciones del mismo deben ser escritas con coherencia y según reglas establecidas, para que el usuario y el controlador lógico programable las pueda interpretar y usar, los lenguajes de programación que ayudan a escribir programas para autómatas según (Pardo, 2022, p.9) son:

2.6.5.1. Lenguaje de Contactos (LD)

Proviene de las siglas LD o “Ladder Diagram” está conformado por una serie de redes que se ejecutan de manera secuencial por el controlador lógico programable, las redes se diseñan entre dos barras de potencial, y son un conjunto de objetos gráficos como entradas y salidas del autómat, funciones como temporizadores, operaciones aritméticas, lógicas y específicas y variables internas del PLC (Pardo, 2022, p.10).

2.6.5.2. Lenguaje de lista de Instrucciones (IL)

Proviene de las siglas IL o “Instructions List” es un lenguaje de programación literaria de bajo nivel similar al lenguaje ensamblador, un programa escrito se compone de una serie de instrucciones de texto que se ejecutan de manera secuencial por el controlador lógico programable (Pardo, 2022, p.11).

2.6.5.3. Diagrama de funciones secuenciales (SFC)

El diagrama de funciones secuenciales o también conocido también como Grafcet, es un lenguaje gráfico de modelado que sirve para describir el comportamiento de un proceso, los elementos más importantes de este modelado son los pasos que vienen relacionados a acciones, estos pasos son conectados por medio de enlaces, que poseen una transición con alguna condición asociada (Escrig et al., 2020, p.3).

2.7. Dispositivos de control

Un elemento de control permite accionar la entrada o salida de una señal de tal manera que en el proceso que se esté controlando se tiende a mostrar conexión o desconexión de una parte del circuito o de su totalidad, ya sea de manera manual o simplemente con la detección de presencia humana o material que se desee censar dentro de un proceso en el tiempo que tarda un proceso en realizarse, en un proceso de automatización generalmente se compone de dispositivos de control tales como: pulsadores normalmente abiertos o cerrados, sensores de diferentes tipos para detectar los materiales dentro de una operación, selectores o panel de control, generando de esta manera comunicación en tiempo real con el operados y el proceso de producción (Parra y Díaz, 2019, p.6).

2.7.1. Pulsador eléctrico

Es un dispositivo de control que como principal función permite el paso o no de la corriente eléctrica cuando se presiona, también funciona de manera inversa dependiendo del pulsador que se seleccione para una determinada etapa de proceso.

Existen diferentes tipos de pulsadores eléctricos estos pueden ser normalmente abiertos (NO) que generalmente se usan para dar inicio a un proceso, normalmente cerrados (NC) usados para detener una etapa del proceso y botones de paro de emergencia que se colocan al inicio del circuito ya que controla la alimentación total del proceso y en caso de fallos se acciona dejando desabastecida totalmente la planta de producción (Parra y Díaz, 2019, p.9).



Ilustración 2-9: Pulsador eléctrico

Fuente: (Schneider Electric, 2023).

2.7.2. Dispositivo termo-magnético

Este elemento es colocado en un sistema eléctrico con el fin de proteger de sobre corrientes rápidas y cortacircuitos, está compuesto por un electroimán que abre el circuito impidiendo el paso de energía eléctrica, además contiene una lámina bimetalica que tiende a elevar su temperatura de tal forma que pierde su forma original causando así la apertura de la conductividad de la corriente, conectados internamente dentro del circuito en serie con el fin de proteger de una u otra manera ante fallos presentes en el circuito eléctrico (Parra y Díaz, 2019, p.9).



Ilustración 2-10: Interruptor termomagnético

Fuente: (Schneider Electric, 2023).

2.8. Sensores

Un sensor es un elemento o dispositivo capaz de detectar y reaccionar ante cambios en una variable predeterminada, convirtiéndolos en modificaciones sobre una segunda variable que es más fácil de entender con un valor de medida (Vallejo, 2022, p.26).

2.8.1. Tipos de sensores

Actualmente existen un sin número de sensores que se usan en diferentes aplicaciones y se ha visto en la necesidad de clasificarlos, dependiendo del tipo de variable que tienen a su entrada o salida.

2.8.1.1. Sensores resistivos

Son aquellos en donde el parámetro a medir causa un cambio en la resistencia del componente o material utilizado como sensor, su principio de funcionamiento se basa de que la resistencia de ciertos materiales es fácil de alterar por factores externos como temperatura, cantidad de luz o deformación del material, entre ellos tenemos fotorresistencias, RTD, galgas extensiométricas (Vallejo, 2022, p.27).

2.8.1.2. Sensores capacitivos

Son aquellos en donde el parámetro a medir produce un cambio de capacitancia de un elemento, ya sea por variación de la constante dieléctrica o estructura del componente, estos sensores miden una gran cantidad de variables como movimiento, campos eléctricos y composiciones químicas, los que son de mayor uso son sensores de proximidad, acelerómetros y en la actualidad sensores táctiles (Vallejo, 2022, p.34).

2.8.1.3. Sensores inductivos

Son aquellos en donde el parámetro a medir produce un cambio de inductancia, el cual se conforma por una bobina, se usan como sensores que permiten la detección de materiales metálico, cuando un objeto metálico se pone en contacto con un campo magnético creado por una bobina se inducen corrientes de Foucault que forman un campo electromagnético que producen un decremento en la inductancia y en la amplitud del circuito resonante (Vallejo, 2022, p.34).

2.8.1.4. Sensores magnéticos

El sensor magnético es un dispositivo electrónico que entrega la variación de una variable manejable, usualmente tensión en base a la variación del campo magnético, es usado en diversas aplicaciones, como en chips de circuitos integrados que a menudo se encuentran en computadoras, maquinaria industrial, consolas de juegos entre otras (Fonseca, 2020, p.1).

2.9. Sistemas de aire comprimido

Es uno de los sistemas más antiguos para obtener energía se basa principalmente obtenido aire de la atmosfera y tras realizar acciones con una bomba de aire (compresor), se eleva la presión guardándose en un acumulador de aire, para después pasar por un secado y filtros para finalmente ser usado; este procedimiento se lo realiza con el objetivo de quitar impurezas y así alargar el tiempo de vida útil de los elementos neumáticos en los que se vayan a emplear, logrando así tener una presión constante y mejorando la calidad del procesos en el que este inmerso este sistema.

Al momento de realizar circuitos neumáticos estos sistemas dependen de equipos para la purificación de aire por este motivo en la salida del compresor se coloca la unidad de mantenimiento que consta de un filtro, regulador de presión y lubricador.

Con un empleo de aire comprimido de mejor calidad es decir que haya sido tratado para eliminar el mayor número de impurezas se mejora la confianza de un sistema neumático, alargando los periodos de mantenimiento de las maquinarias neumáticas (Loayza Jahdai, 2023, p.2).

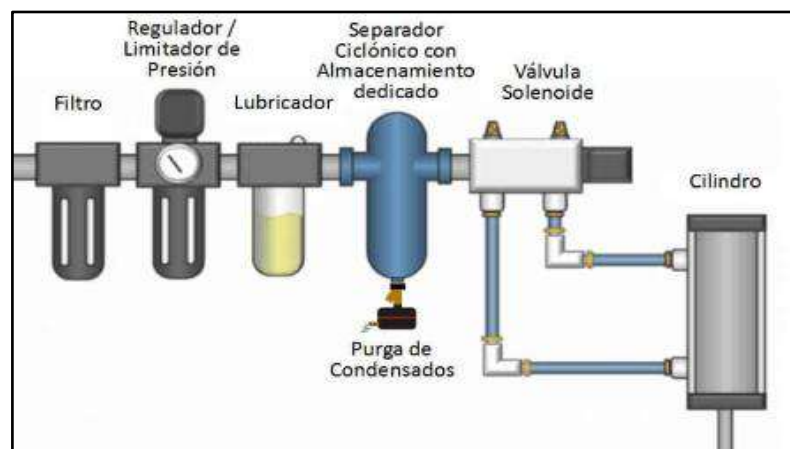


Ilustración 2-11: Componentes de un sistema de aire comprimido

Fuente:(AYRFUL, 2022).

2.10. Actuadores

Es un elemento que dentro de un proceso ejerce una fuerza al cambiar de posición, variar la rapidez de la operación o reaccionar ante un objeto partiendo del principio de transformación de energía.

2.10.1. Actuadores neumáticos

Se utilizan comúnmente en la industria especialmente en aplicaciones que no están constantemente en uso, estos dispositivos son accionados por compresión de aire por lo que no se utilizan en aplicaciones que se requieran exactitud de tiempos ya que el retardo en sus mangueras y válvulas neumáticas es un factor para cuando hablar de tiempo se refiere (Rosas et al., 2019, p.3).

2.10.1.1. Cilindro neumático de efecto simple

Es un elemento neumático que su función se basa en aire comprimido, su estructura fundamental está conformada por un vástago, el embolo y la carcasa del cilindro o también denominado camisa además de contar con muelle que funciona de forma que el desplazamiento se realiza linealmente y retornando a su posición inicial por el muelle ya antes mencionado (Rosas et al., 2019, p.7).



Ilustración 2-12: Cilindro de simple efecto

Fuente: (Festo, 2023).

2.10.1.2. Cilindro neumático de doble efecto

Es un cilindro que funciona de tal manera que por ambos lados de su composición ingresan aire comprimido su funcionamiento no se basa en el cilindro de efecto simple ya que la nueva entrada de aire sustituye el muelle y el movimiento lineal que ocasiona es controlado en ambos lados del cilindro (Rosas et al., 2019, p.3).



Ilustración 2-13: Cilindro de doble efecto

Fuente: (Festo, 2023).

2.10.1.3. Válvulas neumáticas

Las válvulas nos permiten realizar el paso de aire comprimido hacia los sistemas neumáticos de tal manera que nos permiten regular, poner en marcha, controlar la dirección del aire o incluso detener el proceso que se requiera para esto existen diferentes tipos de válvulas que actúan de tal manera que controlen el paso de aire según los requerimientos del sistema pueden ser de bloque, anti retorno, reguladoras de presión o de caudal, válvulas de alivio, etc (Chavariaga eta l., 2018, p.4).



Ilustración 2-14: Cilindro de válvulas electroneumáticas

Fuente: (Festo, 2023).

- **Accionamiento de válvulas**

Estos dispositivos neumáticos pueden ser activados de diversas maneras como pueden ser manual es decir mediante un pulsador o un pedal, mecánicamente con la utilización de elementos mecánicos como rodillos, platos, etc., Por aire comprimido es decir neumáticamente se necesita una bomba de aire ya que el aire debe ser accionado con la suficiente presión para poder accionar la válvula (Chavariaga eta l., 2018, p.5).

2.10.1.4. Pinza neumática

La pinza neumática trabaja con ayuda de un sistema de aire comprimido es utilizada para la manipulación de objetos el aire funciona para apretar o soltar las mordazas y de esta manera sujetar un objeto designado, este procedimiento es utilizado para posicionamiento de objetos en sistemas automatizados. Comúnmente, tienen 2 dedos (paralelos o angulares) o 3 dedos con un cilindro de simple o doble efecto para el control. La ilustración 15-2 muestra ejemplos de pinzas neumáticas de 2 y 3 dedos. Cuando la presión del aire mueve el pistón hacia arriba y hacia abajo, los dedos se abren o cierran de forma paralela o angular. Este mecanismo puede utilizarse en operaciones de recogida y colocación o para cambiar la orientación del objeto (Tameson, 2023, p.9).



Ilustración 2-15: Pinzas neumáticas

Fuente: (Tameson, 2023).

La utilización de estos dispositivos neumáticos en muchos casos requiere de un control de posicionamiento, ocupando un papel importante los sensores con el objetivo de determinar la posición real de las mordazas de la pinza. Pueden introducirse en las ranuras presentes en el cuerpo, como se ve en la 0. Estos sensores pueden detectar la posición abierta o cerrada de los dedos. Los sensores de proximidad pueden detectar la proximidad mediante la detección del objeto y proporcionar la información al controlador (Tameson, 2023, p.2).

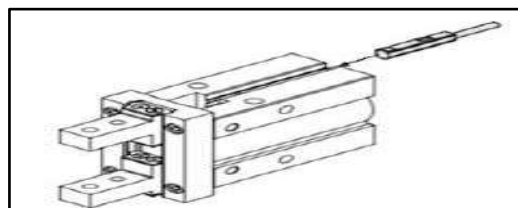


Ilustración 2-16: Instalación de sensor en pinza neumática

Fuente: (Tameson, 2023).

2.10.2. Actuadores eléctricos

El objetivo principal de un actuador eléctrico es el transformar el suministro de energía de tipo eléctrica en tipo mecánica con el propósito de obtener un movimiento de un objeto que está montado sobre el eje móvil del actuador. De los actuadores disponibles en el mercado, éstos son los que se usan con mayor frecuencia, ya que su fuente de alimentación es la energía eléctrica, que es el tipo de energía que se encuentra disponible en la red de distribución eléctrica; por su parte, los actuadores que son alimentados con energía neumática o hidráulica requieren compresores para la generación de la misma (Corona et al, 2019, p.9).

2.10.2.1. Motores de corriente continua

- Motor de pasos

Es un actuador eléctrico de corriente continua que no contiene escobillas en su interior, los pasos que contenga el motor dependen de la estructura del mismo, generalmente una vuelta entera contiene 200 pasos, generalmente este tipo de motores son controlados por un driver o incluso algunos motores son controlados por PWM (ELECTRONIC COMPONENTS, 2020, p.6).

El motor paso a paso funciona con el mismo principio físico fundamental de los actuadores de cd y ca, solo que este tipo de actuador electromecánico convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo cual implica que es capaz de avanzar un determinado valor en grados (pasos) del eje motriz dependiendo de las entradas de control (Corona et al., 2019, p.8).

Son utilizados en procesos de precisión ya que tienen el beneficio de enclavarse en una posición, esto se debe a que se energizan una de sus bobinas lo que impide el movimiento además “Los motores de pasos son motores eléctricos que se mueven a partir de pulsos. Los motores de pasos los encontramos en impresoras, manejadores de discos, alimentadores de papel, plotters, controles en aviones, brazos mecánicos, robots, etc (Rivera, 2018, p.9).



Ilustración 2-17: Motor paso a paso

Fuente: (Schneider Electric, 2023).

2.11. HMI

La interfaz hombre máquina, es una interfaz que busca crear una interacción natural y fluida con el usuario, que implica comprender las necesidades y preferencias de los operadores, y las limitantes que tiene la máquina, la interacción humano-máquina es un factor muy importante debido a que hace que los productos sean más seguros, útiles y funcionales (Mourtzis ., 2023,p .1).



Ilustración 2-18: HMI de un proceso automatizado

Fuente: (Delgado, 2019).

Es una pantalla digital en donde se refleja información de un proceso y se consigue manipular, manejar y mostrar acciones que están sucediendo dentro del sistema automatizado, se debe conectar con un controlador lógico programable (PLC) para que el operario pueda obtener información acerca del proceso y consecuentemente manipular mediante botones o iconos para poder variar parámetros o indicar valores, debe ser atractivo, amigable y fácil de usar (Delgado, 2019, p.2).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detalla la concepción general del módulo didáctico, considerando su funcionalidad a partir de los requerimientos planteados, para posterior dimensionamiento y selección de los componentes neumáticos, eléctricos y electrónicos, acompañado de los diagramas de conexión que se utilizó para la implementación del módulo didáctico automatizado para el transporte, identificación y clasificación en la línea de producción de buses a escala.

3.1. Descripción del sistema

3.1.1. Concepción del sistema

La ilustración 3-1 muestra la concepción del proceso, para el desarrollo de un módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala, el cual está conformado por módulos: transporte, identificación, clasificación y control.

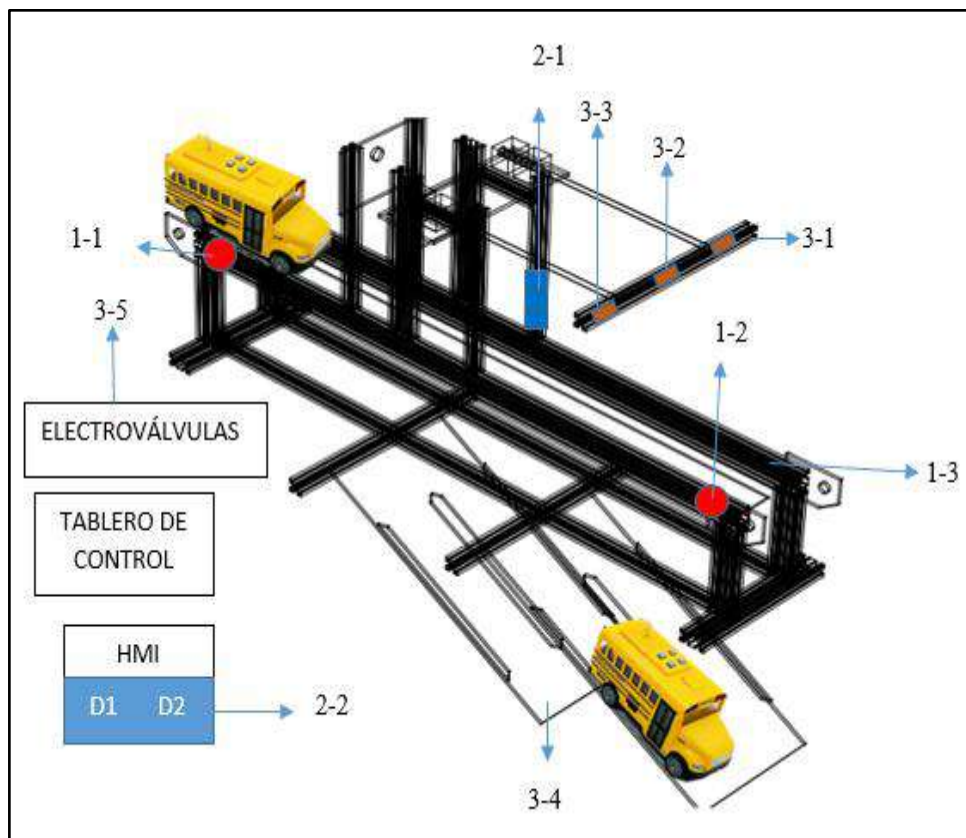


Ilustración 3-1: Concepción general del sistema

Tabla 3-1: Descripción del sistema

ETAPA DE TRANSPORTE	
ITEM	ELEMENTO
1.-1	Banda transportadora
1.-2	Sensor inductivo de entrada
1.-3	Sensor inductivo de Salida
ETAPA DE IDENTIFICACIÓN	
ITEM	ELEMENTO
2.-1	Sensor óptico
2.-2	Simulación de defectos
ETAPA DE CLASIFICACIÓN	
ITEM	ELEMENTO
3.-1	Sensor magnético de posición inicial
3.-2	Sensor magnético de posición 2
3.-3	Sensor magnético de posición 3
3.-4	Cubículos de almacenamiento
3.-5	Electroválvulas

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

En la tabla 3-1 se describe los componentes correspondientes al esquemático que se muestra en la ilustración 3-1.

3.1.1.1. Módulo de transporte

Este módulo tiene una línea de transporte conformado por una banda transportadora robusta y diseñada para que sea posible montar los pallets de manera fácil, el cual tiene un sistema motriz con motor paso a paso conjuntamente con su controlador y generador de pulsos para que se pueda cambiar el sentido de giro del motor y la velocidad de transporte sea modificada de forma manual, sobre la cuales se montan los buses a escala simulando producción flexible equipado con dos sensores de posición para detectar el pallet ya sea a la entrada de la banda o a su salida acompañado de señales visuales para indicar el estado de la banda (detenida o en movimiento, y su dirección).

3.1.1.2. Módulo de identificación

Es un sistema que toma el prototipo del autobús de un pallet que se desliza sobre una banda transportadora da lectura a criterios preestablecidos, mediante sensores de tipo ópticos para poder determinar el color de las carrocerías, la lectura de datos será enviada al PLC para que posteriormente tome acción con el portal de carga tipo XYZ y pueda ser posicionado de acuerdo a los criterios establecidos en 4 cubículos de almacenamiento que serán colocados a lado del sistema de transporte además se simulara la falla en la carrocería entrante mediante el uso de memorias internas del PLC obteniendo así al menos cuatro criterios de clasificación.

3.1.1.3. Módulo de clasificación

Este módulo consta de un sistema tipo portal de carga XYZ que toma los vehículos ensamblados y verificados de un pallet que se desliza sobre una banda transportadora y los clasifica de acuerdo a criterios preestablecidos. Funciona con una pinza neumática tipo mordaza, montada sobre un actuador lineal anti giro para desplazarse en el eje Z a continuación toma al autobús a escala y con la ayuda del eje lineal electromecánico que consta de un motor paso a paso acoplado con un tornillo sin fin en su parte giratoria para deslizar la carrocería en el eje Y clasifica las carrocerías en los cubículos más cercanos a la base del portal de carga; ya que el módulo de identificación me determinara en donde se debe almacenar el autobús se acoplo un cilindro para empujar el autobús en el eje X y clasificar en los otros dos cubículos de almacenamiento restantes.

3.1.1.4. Módulo de control

En esta sección se encuentran los elementos que permiten el control del módulo didáctico, como pulsadores de inicio y paro, botón de emergencia y un selector, además de un controlador lógico programable que viene siendo el cerebro de todo este proceso ya que desde ahí se accionaran los actuadores mediante señales enviadas a sus entradas, cuenta también con elementos de protección como termo-magnético que se accionara en el caso de posible sobre corrientes a la entrada del módulo, para la comunicación entre los diferentes módulos se implementó una interfaz de comunicación DB25 y DB9, y finalmente para alimentar de tensión a los sensores y electroválvulas se hizo el uso de una fuente de alimentación que a sus salidas nos proporciona el voltaje necesario para la activación de los mismos.

3.2. Requerimientos del sistema

- El módulo didáctico debe adaptarse a los principios de producción flexible, de tal manera que no debe depender de otras estaciones de trabajo para poder cumplir con su cometido.
- El módulo didáctico debe trasladar la carrocería a escala, mediante el uso de la banda transportadora.
- El módulo didáctico debe reconocer el ingreso y la salida de una nueva carrocería a escala, mediante el uso de sensores.
- El módulo didáctico mediante la pinza neumática, debe sujetar a la carrocería para elevarlo y posteriormente realizar una clasificación que dependerá de parámetros predeterminados.
- El módulo didáctico debe ser capaz de reconocer al menos un detalle de la carrocería para clasificar en sus módulos anexados.
- El módulo debe optimizar tiempos de clasificación mediante el uso del portal de carga XYZ.

3.2.1. Requerimientos específicos

- El tiempo que toma el módulo didáctico en cumplir con el proceso de transporte, identificación y clasificación se estima en un aproximado de 60 segundos.
- El módulo didáctico debe contener botones de control para inicio, paro, paro de emergencia y reset que aporte a la seguridad del manejo del mismo.
- El módulo didáctico debe contar con un sistema de aire comprimido constante y estable para el desarrollo correcto del mismo.
- El módulo didáctico debe usar un espacio máximo de 1 metro.
- El módulo didáctico debe contener sensores de posicionamiento para el puente grúa que será implementado sobre el mismo.
- El módulo didáctico debe contener al menos cuatro criterios de clasificación de carrocerías de autobuses a escala.
- El módulo didáctico debe funcionar de manera manual (con necesidad de un operador) y automática (sin necesidad de un operador).
- El módulo debe constar con un HMI para funcionar de manera manual.

3.2.2. Requerimientos técnicos

En la siguiente tabla 3-2 se muestra los elementos que necesita el módulo didáctico para su funcionamiento, se detalla la cantidad necesaria de componentes, al igual que una descripción de la función que cumple dentro del sistema automatizado.

Tabla 3-2: Requerimientos técnicos del módulo didáctico.

Cantidad	Componente	Tipo	Descripción
2	Sensores	Inductivo	Para detectar el paso de entrada y salida del bus a escala por la banda transportadora.
3	Sensores	Magnético	Para detectar la ubicación de la pinza neumática a través del portal de carga.
1	Sensor	Magnético	Para detectar la ubicación del vástago de la electroválvula que conforma la pinza neumática.
1	Sensor	Óptico	Para determinar el color del bus a escala.
3	Electroválvulas	Neumático	Para alimentar de aire comprimido a los cilindros neumáticos.
2	Cilindros	Neumático	Uno para el desplazamiento en el eje X y otra para acercar la pinza a la carrocería del autobús a escala
1	Pinza	Neumático	Para la sujeción de la carrocería del autobús a escala
2	Pulsadores		Para inicio y paro
1	Selector		Para seleccionar el funcionamiento del módulo ya sea manual o automático.
1	Pulsador de emergencia		Para detener el proceso en el caso que se presenten imprevistos en el proceso.
1	Fuente AC/DC		Para alimentar de voltaje necesario a los sensores y demás componentes.
1	Interfaz de comunicación DB25		Para comunicar el módulo de control con el módulo de clasificación.
1	Interfaz de comunicación DB9		Para comunicar el módulo de control con el módulo de banda transportadora.
1	Cable DB25		Para comunicar la interfaz de comunicación DB25.
1	Cable DB9		Para comunicar la interfaz de comunicación DB9.
1	PLC		Para que controle el sistema, viniendo a ser el cerebro del proceso.

1	Termo- magnético.		Para que funcione como elemento de protección en el caso de posibles cortocircuitos.
2	Motores DC		Para el avance de la banda transportadora y el portal de cargas.
2	Generadores PWM		Para generar pulsos PWM necesarios para los motores paso a paso.
1	Controlador de motor DC		Para determinar la dirección y los pasos que darán los motores paso a paso.

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.3. Diseño neumático del módulo didáctico

En este apartado se da a conocer los elementos neumáticos, que se usó para el desarrollo del módulo didáctico, acompañado de una breve descripción y sus principales características, además se presenta el diseño neumático realizado en el software FluidSIM con los componentes seleccionados.

3.3.1. Selección de componentes

En base a la tabla 3-2 y a los requerimientos planteados para la implementación del módulo didáctico para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala se seleccionó los componentes que se detallan a continuación.

3.3.1.1. Electroválvulas XCPC 4V110-06

Para el accionamiento de los actuadores que conforman el portal de cargas, el módulo didáctico cuenta con tres electroválvulas monoestables 5/2 vías, sus características se detallan en la tabla 3-3. Estos componentes deben ser accionados de tal forma que cada elemento neumático sea independiente de los demás, cada actuador neumático del módulo es controlado mediante el accionamiento de una electroválvula que es controlada por la señal emitida por el PLC.

Se seleccionó esta electroválvula debido a sus características como el hecho de ser monoestable, ya que una vez retirada la alimentación eléctrica el aire acumulado se desfoga, y posteriormente el vástago del actuador tiende a realizar su descenso, además su estructura física es adaptable para formar un grupo de electroválvulas que montadas sobre una base ayudan a ahorrar espacio en el módulo didáctico.



Ilustración 3-2: Electroválvula XCPC 4V110-06

Fuente: (XCPC, 2019).

Tabla 3-3: Características electroválvula XCPC 4V110-06

Descripción	Características
Tamaño	100mm
Tipo de función	Monoestable (Resorte)
Configuración	Cinco vías, dos posiciones
Bobinas	1 (simple solenoide)
Puerto de presión	G1/8" (3 puertos)
Puertos de desfogue	G1/8" (2 puertos)
Medio de trabajo	Aire filtrado
Accionamiento	Por solenoide y piloto
Tensión	24V
Presión de trabajo	1.5 – 8.0 Bar
Presión máxima	12 Bar
Material del cuerpo	Aluminio aleado

Fuente: (XCPC, 2019).

3.3.1.2. Cilindro nelco mal 16X200

Este actuador está ubicado en el portal de cargas y es el encargado de generar el movimiento lineal en el eje X, con el fin poder acercar al bus a escala sobre un cubículo de almacenamiento, se ha elegido este actuador por su tamaño y funcionamiento que es adecuado para el avance del vástago por el eje X del portal de cargas en doble sentido en la tabla 3-4 se muestra sus especificaciones.



Ilustración 3-3: Cilindro NELCO MAL 16X200

Fuente: (NELCO, 2016)

Tabla 3-4: Características del cilindro neumático NELCO MAL 16X200

Descripción	Características
Diámetro del pistón	16 mm
Carrera	200 mm
Peso	0.20 kg
Presión de trabajo	0.97 – 9.8 Bar
Presión máxima	14.7 Bar
Medio de trabajo	Aire comprimido
Temperatura de trabajo	-5 - 70 ° C
Velocidad de operación	50 – 800 mm/s
Tamaño de puertos	G1/8”
Material de cubierta	Aleación de aluminio anodizado

Fuente: (NELCO, 2016)

3.3.1.3. Cilindro neumático TN10X75-S

Este actuador está ubicado en el portal de cargas, y cumple con la función de acercar la pinza a la carrocería del autobús a escala para posteriormente elevar el autobús y ubicarlo en el cubículo de almacenamiento, una vez determinado el parámetro de clasificación, esta función lo cumple conjuntamente con el actuador neumático que se encuentra en lo que vendría siendo la pinza de sujeción, los datos técnicos de este elemento se describen en la tabla 3-5. Una vez definido la función que va cumplir, se optó por este actuador debido a la necesidad de contar con un cilindro que sea monoestable de doble efecto para el ascenso, traslado y descenso del autobús a escala.



Ilustración 3-4: Actuador neumático TN10X75-S

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 3-5: Características del cilindro neumático TN10X75-S

Descripción	Características
Fabricante	Tailonz Pneumatic
Peso	0.15 kg
Diámetro interior	16mm
Tipo de actuación	Doble efecto
Medio de trabajo	Aire comprimido
Carrera de apertura/cierre	6mm
Material de cubierta	Aleación de aluminio anodizado

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.3.1.4. Cilindro neumático MHZ2-16D

Debido a la necesidad de poder sujetar el autobús a escala, proveniente de la banda transportadora, para su posterior clasificación, se ha optado por hacer el uso de este actuador que actúa como una pinza con alta rigidez y precisión, acompañado de los actuadores neumáticos mencionados anteriormente conforman el portal de carga XYZ, los datos técnicos y especificaciones se muestran en la tabla 3-6.



Ilustración 3-5: Actuador neumático MHZ2-16D

Fuente: (SMC, 2023).

Tabla 3-6: Características del actuador neumático MHZ-16D

Descripción	Características
Apertura/Cierre	12 - 6 mm
Peso	0.13 kg
Tipo de actuación	Doble efecto
Medio de trabajo	Aire comprimido
Fuerza de agarre externa	34 N
Fuerza de agarre interna	45 N
Gama de presión	1 – 7 Bar
Material de cubierta	Aleación de aluminio anodizado

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.3.2. Diagrama de conexiones neumáticas

Para el accionamiento del portal de cargas, el módulo didáctico cuenta con componentes neumáticos, por lo tanto, es prudente realizar una simulación para evidenciar el funcionamiento de los mismos, el software que se utilizó es FluidSIM una aplicación gratis que permite crear y diseñar circuitos neumáticos, de esta manera logramos verificar el comportamiento de dichos componentes, previo a la programación del PLC.

En la 0, se puede observar el esquema neumático, la alimentación se realiza desde una fuente de aire comprimido con una presión de 6 Bar, que se dirige a una unidad de mantenimiento en donde es tratado para garantizar una buena calidad de aire, libre de impurezas y sin condensado,

mediante tubería circula hasta llegar a una electroválvula monoestable 5/2 vías que se acciona mediante un pulso de corriente eléctrica y se deshabilita por resorte, permitiendo su llegada hacia los actuadores permitiendo el ascenso y descenso del vástago.

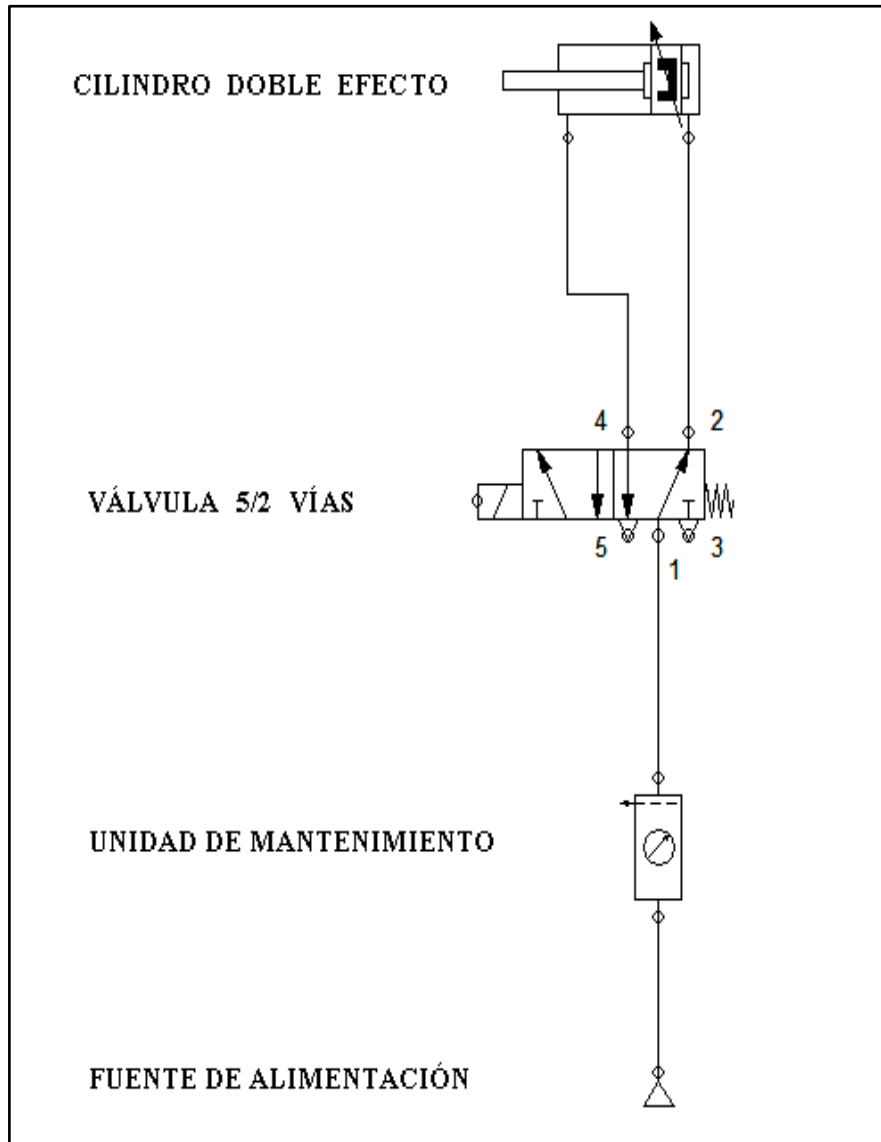


Ilustración 3-6: Diseño neumático del módulo didáctico

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

El diseño neumático mostrado en la ilustración 3-6, se replica para las demás electroválvulas, debido a que el funcionamiento de los componentes seleccionados es similar, en el caso del cilindro que ayuda al avance en el eje X y la pinza neumática, son de distintas características, pero cumplen con el mismo objetivo debido a que son de doble efecto, por tanto el diseño mostrado cumple con la acción de los elementos mencionados.

3.4. Diseño eléctrico y de control para el módulo didáctico

En el siguiente apartado se describe la selección de los dispositivos eléctricos y electrónicos que se seleccionaron para la implementación práctica del módulo didáctico perteneciente a clasificación de autobuses a escala además se muestra los diagramas eléctricos, así como los datos técnicos de todos los componentes.

3.4.1. Dimensionamiento del dispositivo termo-magnético

Para dar seguridad al módulo didáctico es necesario colocar un dispositivo de protección, para lo cual se seleccionó un disyuntor termo-magnético tomando en cuenta el dimensionamiento y el consumo de corriente total en todo el módulo de clasificación como se muestra en la tabla 3-7.

El módulo didáctico perteneciente al transporte, identificación y clasificación está conformado por tres cargas, la primera perteneciente al control eléctrico conformado por pulsadores fuente de alimentación y PLC con la finalidad de dar control a todo el módulo , la siguiente carga tiene como función activar la banda transportadora, está conformado por un motor a pasos con su respectivo driver y un generador de pulsos para su accionamiento, la tercera carga tiene como propósito definir la clasificación de los autobuses a escala, está conformado por 3 electroválvulas, un motor a pasos con su respectivo driver, y un generador de pulso para activar el motor.

El consumo en el módulo es igual a 4.96[A] entonces el dispositivo seleccionado corresponde al de 6[A] de un polo ya que es el que más cercano y comercial que se puede adquirir.

Tabla 3-7: Consumo de corriente en el módulo didáctico.

Consumo de energía			
Cantidad	Dispositivo	Corriente nominal	Corriente total
1	PLC	200[mA]	200[mA]
2	Sensores inductivos	100[mA]	200[mA]
4	Sensores magnéticos	100[mA]	400[mA]
1	Motor de la banda transportadora	2.8[mA]	2.8[mA]
1	Motor para clasificación	1[A]	1[A]
3	Electroválvulas	100[mA]	300[mA]
3	Luces piloto	20[mA]	60[mA]

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.2. Dimensionamiento de conductores eléctricos

Para considerar que dimensión del cable se debe utilizar para la implementación del módulo didáctico se consideró el consumo de corriente de los componentes que forman parte sistema automatizado. Los conductores seleccionados para alimentar fase y neutro es el cable numero 18 AWG para alimentar el tablero de control.

Para el cableado interno tanto de elementos electroneumáticas como para los dispositivos electrónicos como son los motores con sus respectivos drives y generadores de paso, los sensores de tipo inductivo, óptico y magnético se utilizó el cable de calibre 22AWG con el objetivo de que el montaje sea ajustable al tamaño de la canaleta utilizada, además la característica principal de este conductor es su flexibilidad lo que permitió llegar a espacios reducidos dentro del módulo automático, sobre todo se cumple con la corriente nominal que conduce el módulo un su totalidad.

3.4.2.1. Motor paso a paso 23H7628-8-0

En la sección de la banda transportadora se seleccionó un motor a pasos con el objetivo de facilitar el control y precisión al momento de accionar la banda, como el módulo está basado en producción flexible se piensa en la posibilidad de futuras conexiones y prácticas elaboradas por estudiantes en el laboratorio de automatización de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, es así que se podría implementar un diferente controlador para este tipo de motores optimizando recursos y sustituyendo sensores que constan en el módulo por un diferente controlador obteniendo un proceso controlado por número de pasos del motor, las especificadores técnicas se muestran en la tabla 3-8.

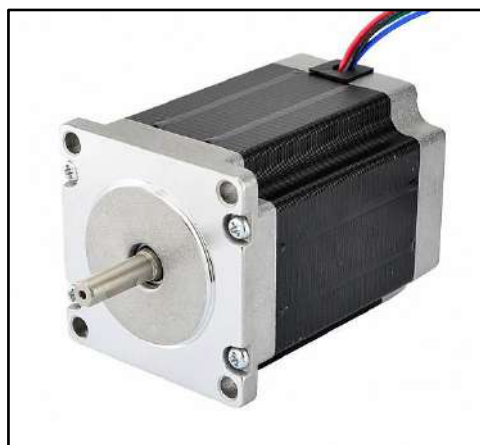


Ilustración 3-7: Motor paso a paso

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 3-8: Especificaciones técnicas del motor paso a paso 23HS30-2804S

Descripción	Características
Número de pieza del fabricante	23HS30-2804S
Tipo de motor	Paso a paso bipolar
Ángulo de paso	1,8 grados
Par de retención	1,9 Nm (269 oz.in)
Corriente nominal/fase	2.8A
Voltaje nominal	3.08 VDC
Resistencia de fase	1,13 ohmios
Inductancia	5,4 mH \pm 20 % (1 KHz)
Tamaño del marco	57 x 57 mm
Longitud del cuerpo	76 mm
Diámetro de la barra	6,35 mm
Longitud de la barra	21 mm
Longitud del corte	15 mm
Número de hilos	4
Longitud del cable	500 mm

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.2.2. Motor paso a paso 28D2407-11

En cuanto a la función de clasificación que cumple el módulo didáctico se seleccionó un motor a pasos más pequeño que el motor seleccionado para la banda, este acoplado conjuntamente con un tornillo sin fin para determinar la posición de la grúa móvil encargada de clasificar el autobús a escala, a continuación, se detallan sus especificaciones en la tabla 3-9.



Ilustración 3-8: Motor a pasos 28D2407-11

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 3-9: Características del motor paso a paso 28D2407-11

Descripción	Características
Momento estático	130[mN.m]
Tensión nominal	3.5[V]
Corriente nominal	1[A]
Inductancia	2.7[mH]
Resistencia	3.5[ohms]
Longitud de eje	20 [mm]

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.2.3. Controlador de motores paso a paso TB6600

El módulo didáctico consta de dos motores a paso por lo que necesariamente deben tener un driver para controlar el funcionamiento de los mismos se seleccionó el controlador TB6600 el mismo que es compatible con microcontroladores que puedan generar señales de pulsos de 5V además soporta voltajes de entrada de 9 a 42V DC, puede suministrar hasta 3.5A de corriente de forma continuada y 4A de pico por cortos períodos de tiempo.

El controlador TB6600 permite el control del motor a pasos, ayuda a cambiar la dirección del motor según la necesidad que se requiera en el módulo además permite habilitar o deshabilitar el suministro de energía en el motor, sus especificaciones técnicas se muestran en la tabla 3-10.



Ilustración 3-9: Controlador TB6600

Fuente: (DFROBOT, 2020).

Tabla 3-10: Especificaciones del controlador TB6600

Especificaciones	
Corriente de entrada	0-5A
Salida de corriente	0.5 a 4A (ajustable)
Señales de control	3.3 a 24V
Potencia máxima	160W
Micro Step	1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32
Temperatura de funcionamiento	-10 a 45°C
Humedad	Sin condensación
Dimensiones	96x56x33 mm
Peso	200 gramos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.2.4. *Generador de señal de pulso de motores paso a paso*

La selección de este generador de señales se lo hizo para la etapa de clasificación y transporte ya que constan de motores a paso, se necesita regular la velocidad con el fin que el módulo no sufra alteraciones al momento que cumplan con el objetivo transportar y clasificación, por otra parte es necesario que el motor invierta su giro sobre todo en la etapa de clasificación ya que una vez posicionada la carrocería a escala el cilindro encargado del acercamiento de la pinza y la pinza para la sujeción deberían estar lista para una nueva carrocería entrante, las conexiones de este generador de señales depende el método de trabajo ya que funciona en ánodo y cátodo común según sea el caso , las especificación se encuentran en la tabla 3-11.

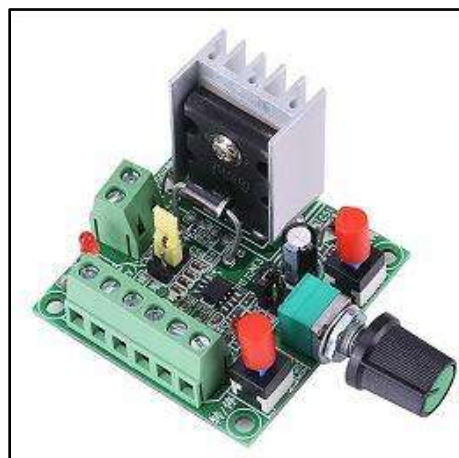


Ilustración 3-10: Generador PWM

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 3-11: Especificaciones del generador PWM

Especificaciones	
Voltaje de la fuente de alimentación	15-160V / 5-12V
Frecuencia	Alta: 5.8KHZ-127KHZ, Medio: 590HZ-15.8KHZ, Bajo: 82HZ-2.3KHz
Tamaño aproximado	2.874 x 2.008 x 1.457 in.
Fabricante	Nannigr
Peso	1.76 oz.

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.2.5. Controlador lógico programable (PLC)

El PLC es la computadora que se encargará de automatizar todo el módulo de tal manera que reciba y emita señales a lo diferentes actuadores finales en cada transición del proceso. Al momento de elegir el controlador lógico programable se tomó en cuenta el número de entradas y salidas.

Tabla 3-12: Entradas y salidas del PLC

Entradas digitales		Salidas digitales	
Nº	Descripción	Nº	Descripción
1	Paro	1	Pulso motor banda transportadora
2	Paro de emergencia	2	Motor Banda transportadora derecha
3	Inicio	3	Motor banda transportadora izquierda
4	Reset	4	Pulso motor puente grúa
5	Sensor inductivo (llegada autobús a escala)	5	Motor puente grúa derecha
6	Sensor óptico (determina el color del autobús a escala)	6	Motor puente grúa izquierda
7	Sensor magnético determina la posición 1 del puente grúa.	7	Electroválvula dirección X puente grúa
8	Sensor magnético determina la posición 2 del puente grúa.	8	Electroválvula dirección Y puente grúa

9	Sensor magnético determina la posición 3 del puente grúa.	9	Electroválvula pinza neumática
10	Sensor Inductivo (llegada autobús a escala a posición 1)	10	Luz piloto verde
11	Sensor magnético que determina la posición de la pinza neumática	11	Luz piloto roja
		12	Luz piloto amarilla

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se determinó el número de entradas y salidas teniendo un total de 10 entradas y 12 salidas además de tomar en cuenta el precio, escalabilidad y comunicación con el resto de módulos relacionados con el ensamble de autobuses a escala se seleccionó el PLC de marca Wecon LX5S-1616MR el mismo que es un controlador lógico programable de característica modular con 16 entradas y 16 salidas de tipo relé, a continuación, se presenta las características técnicas del componente en la tabla 3-13.

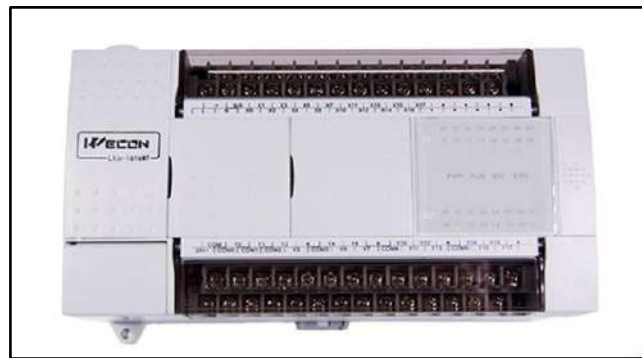


Ilustración 3-11: PLC Wecon

Fuente: (WECON, 2021).

Tabla 3-13: Características del PLC Wecon

Descripción	Características
Modelo	LX5S-1616MR
Tipo de Alimentación	110 [VAC], 24[VDC]
Tipo de salida	Relé
Contador de pulsos	6
Dimensión (mm)	175*107*87
Salida de pulso	0
Comunicación	RS485 (2), Ethernet
Entradas Digitales	16

Salidas digitales	16
Software de programación	LX5V
Velocidad de ejecución	0.03us-0.08us

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.2.6. Sensor inductivo

Se seleccionó dos sensores de tipo inductivo por el pallet que transporta la carrocería a escala consta de una parte metálica por lo tanto el sensor inductivo reconocerá la llegada al módulo de clasificación, así como la llegada al puente grúa el mismo que determinará qué acción tomar al momento que la carrocería a escala se encuentre en una posición determinada, las características de este elemento se muestran en la tabla 3-14.



Ilustración 3-12: Sensor inductivo LJ12A3-4-Z/AY

Fuente: (HETPRO, 2023).

Tabla 3-14: Características del sensor inductivo

Descripción	Características
Serie	LJ12A3-4-Z/AY
Tipo de sensor	Inductivo
Tipo de salida	PNP normalmente cerrado
Diámetro del componente de detección	12 mm
Diámetro de detección	4 mm (10%)
Voltaje de alimentación	6 a 36 V
Corriente de salida	300 mA
Objetos de detección	Hierro
Frecuencia de respuesta	0.5Hz
Temperatura de trabajo	-25° a +55°C

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.2.7. Sensor magnético

El sensor magnético se seleccionó para determinar la posición del puente grúa es decir al momento de la llegada de la carrocería, así como las dos posiciones de clasificación de esta manera se logrará automatizar la clasificación de la carrocería a escala en los diferentes cubículos de almacenamiento, así también consta de un sensor magnético para determinar la posición de la pinza neumática para que de esta manera se logre obtener un dato de la posición de la pinza en el proceso de clasificación.

- Sensor para determinar la posición de la grúa se muestra en la tabla 3-15.



Ilustración 3-13: Sensor magnético CS1-U

Fuente: (Industriales Andes, 2023).

Tabla 3-15: Característica del sensor CS1-U

Descripción	Características
Tipo	Reed Switch
Tipo de contacto	Normalmente abierto
Voltaje	DC: 5V-240
Corriente	DC: 5-60mA
Tiempo de respuesta	1 ms
Indicador	Led
Longitud del cable	2 m
Grado de Protección	IP-67

Fuente: (Industriales Andes, 2023).

- Sensor para determinar la posición del cilindro que controla la apertura de la pinza neumática se muestra en la tabla 3-16.



Ilustración 3-14: Sensor magnético CS1-M

Fuente: (Industriales Andes, 2023).

Tabla 3-16: Características del sensor CS1-M

Descripción	Características
Tipo	Reed Switch
Tipo de contacto	Normalmente abierto
Voltaje	DC: 5V-240
Corriente	DC: 5-50mA
Tiempo de respuesta	0.3 ms
Indicador	Led
Longitud del cable	2 m
Grado de Protección	IP-67

Fuente: (Industriales Andes, 2023).

3.4.2.8. Sensor óptico

El módulo didáctico se basa en producción flexible pero además se trata de buscar autonomía en el mismo para lo cual se seleccionó un sensor óptico que determina dos colores para la posterior clasificación, de esta manera el módulo se independizara de los demás módulos que intervienen en la línea de producción.

El dispositivo que se muestra en la ilustración 3-15 es programable se colocó en una posición determinada para así poder censar el color y poder posteriormente elegir el cubículo de almacenamiento al que se vaya a clasificar, las especificaciones técnicas se muestran en la tabla 3-17.



Ilustración 3-15: Sensor óptico CSM1-P1114

Fuente:(SICK, 2023)

Tabla 3-17: Características del sensor óptico

Descripción	Características
Serie	CSM1-P1114
Dimensiones	12mm*40mm*22mm
Alcance de detección	12.5 mm
Tolerancia de detección	2mm
Salida de luz	Rectangular
Fuente de luz	LED, RGB
Longitud de onda	640nm, 525nm, 470 nm
Ajuste	Tecla teach-in
Método de aprendizaje	Punto estático

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.2.9. Fuente de alimentación

Para la alimentación del módulo de clasificación de autobuses a escala se realizó con una fuente que me proporciona 5[A], 24 [V] y 120 [W] para el suministro de energía al PLC y al igual que sus módulos de transporte, identificación, clasificación y panel de control la fuente seleccionada se muestra en la ilustración 3-16 al igual que sus características técnicas en la tabla 3-18.



Ilustración 3-16: Fuente de alimentación

Fuente: (MECATRONICA, 2023).

Tabla 3-18: Características de la fuente de alimentación

Descripción	Características
Voltaje de entrada	110[V]-264[V] AC
Frecuencia de alimentación	50/60 [Hz]
Voltaje de salida	24 [VDC]
Corriente de salida máxima	5 [A]
Potencia máxima	120 [W]
Conectores	Tipo bornera
Dimensiones	(120'') (98'') * 38mm
Modelo	120W-24V

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.2.10. Interfaz de comunicación DB25 y DB9

Ya que es módulo didáctico basado en producción flexible y montado en el laboratorio de automatización de la facultad de electrónica se realizó cada parte del módulo independiente con el fin de montar y desmontar los dispositivos eléctricos y electrónicos para su posterior uso en otros módulos para ello se colocó interfaces de comunicación de tipo DB9 para el segmento de banda transportadora y DB25 para el segmento de clasificación y actuados eléctricos y neumáticos que contiene el módulo.

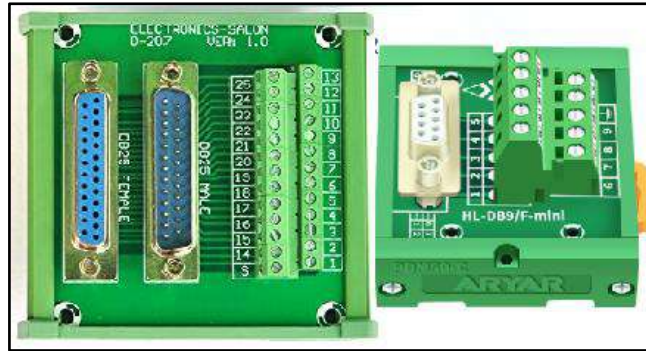


Ilustración 3-17: Interfaz de comunicación DB25 y DB9 respectivamente para riel DIN

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.3. Diagramas de conexiones

En este apartado se muestran los esquemas eléctricos de conexión que se realizó para el funcionamiento del módulo didáctico, se le ha dividido por secciones para un mejor entendimiento.

3.4.3.1. Esquema eléctrico de la banda transportadora

En la ilustración 3-18 se da a conocer las conexiones que se realizó para el avance de la banda transportadora, empezando por la fase y neutro que viene siendo la fuente de alimentación AC en general, pasando por un termo magnético para la protección de todo el circuito, alimentado así al PLC y un convertidor de corriente alterna a corriente continua brindando así la energía requerida para alimentar los sensores, generador de pulsos y motor DC paso a paso con su respectivo controlador.

Una vez alimentado de corriente continua los sensores son conectados a entradas del PLC, al igual que los elementos de control como son los pulsadores de inicio, paro, paro de emergencia y selector de posiciones para el funcionamiento manual o automático.

En cuanto a la conexión de los módulos generador de pulso PWM, controlador y el motor de pasos, observamos que del driver TB6600 salen cuatro conductores (A+ A- B+ B-) para las fases del motor, recomendando evitar conectar de manera cruzada ya que en ese caso el motor tenderá a vibrar, pero no a arrancar, los cuatro conductores restantes se dirigen hacia el generador de pulsos y a la vez a la interfaz de comunicación DB9 que lleva dichas señales hacia las salidas del PLC.

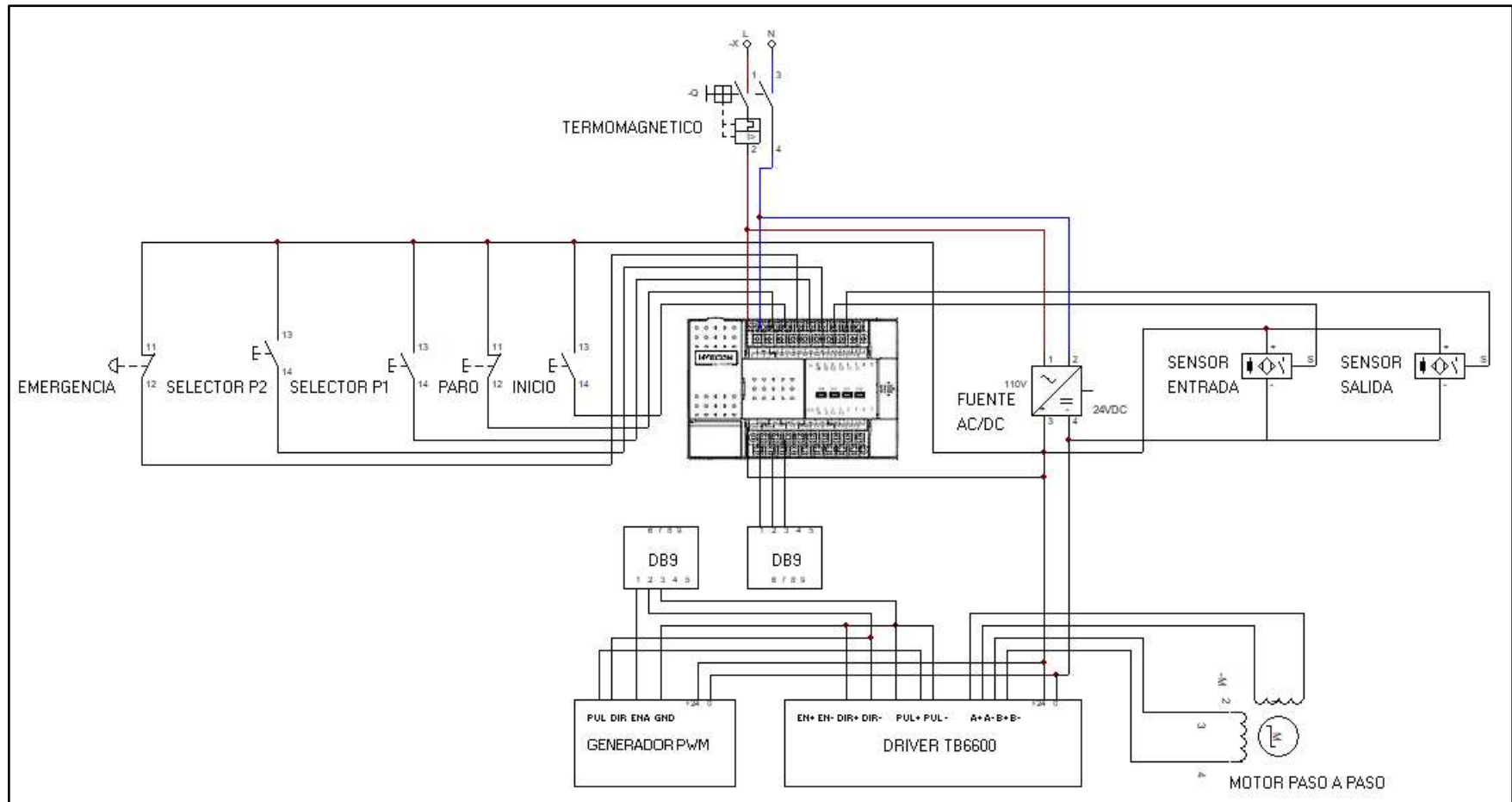


Ilustración 3-18: Diagrama de conexiones eléctricas de la banda transportadora

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.4.3.2. Esquema eléctrico de electroválvulas y motor de portal de cargas

En la ilustración 3-19 se muestra el diagrama de conexiones eléctricas para las tres electroválvulas que accionan los cilindros neumáticos y para el motor paso a paso destinado para el avance en el eje Y del portal de cargas, como se evidencia la conexión para el motor paso a paso es de manera similar ocupada para el motor de la banda transportadora debido a que ocupa los mismos componentes eléctricos como el generador de pulsos PWM y el controlador TB6600, en este caso los sensores inductivos, son reemplazados por sensores magnéticos ubicados a lo largo del eje Y del portal de cargas y sirven para posicionar el motor por encima de los cubículos de almacenamiento, estos sensores son alimentados de 24V por el convertidor AC/DC y sus señales son enviadas hacia el PLC, las electroválvulas son conectadas a la salidas por relé del PLC recibiendo un pulso positivo de 24V y por otro lado son conectadas al negativo del convertidor AC/DC.

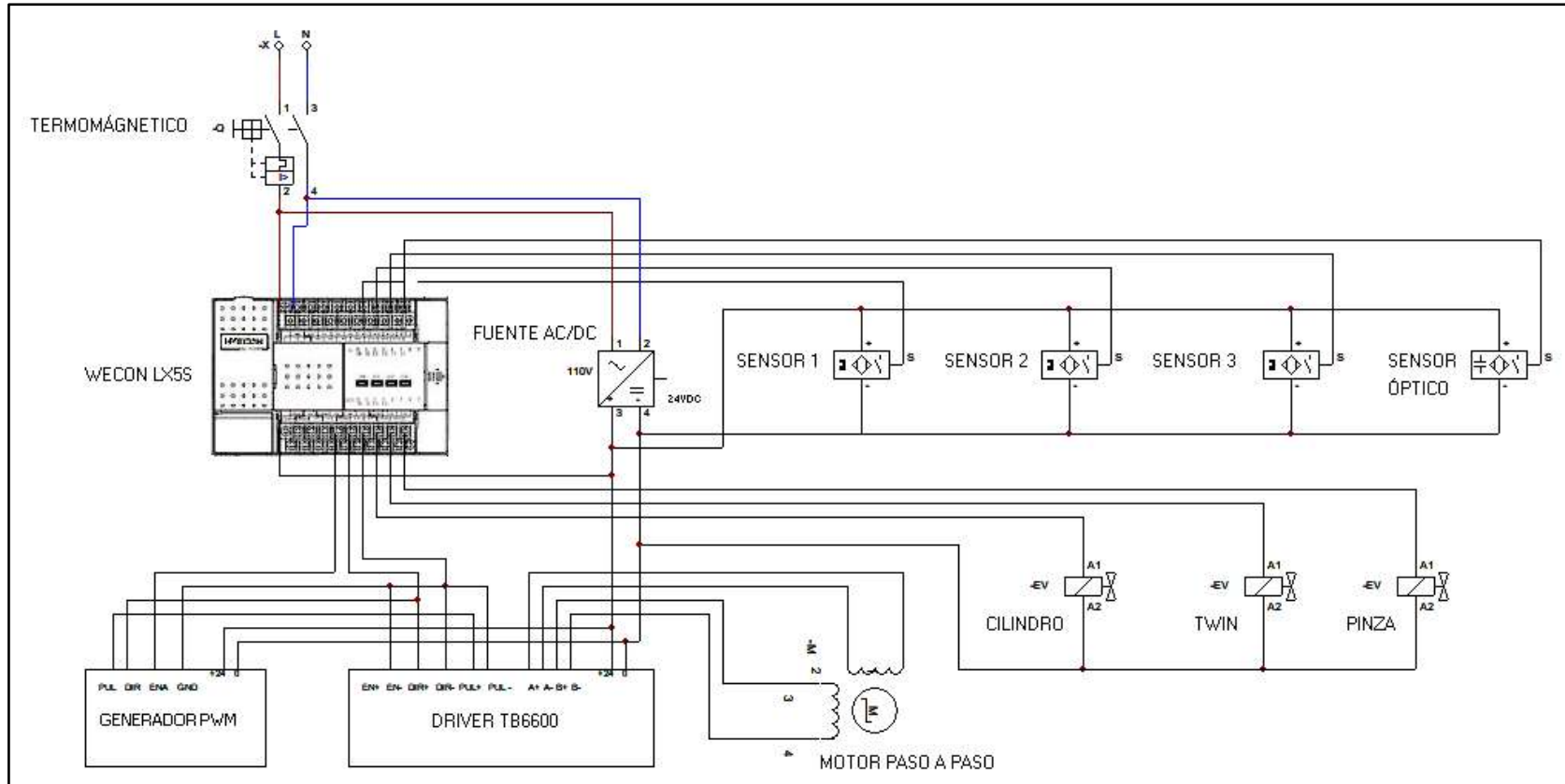


Ilustración 3-19: Diagrama de conexiones eléctricas para electroválvulas y motor del portal de cargas.

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.5. Diseño mecánico - estructural del módulo didáctico

Para el diseño mecánico - estructural del módulo didáctico en su mayoría se utilizó aluminio como principal componente, debido a las propiedades físicas que presta este material, como lo es su maleabilidad, ligereza y la resistencia a la corrosión, además se usó otros componentes que aportaron para obtener un terminado con un alto nivel de estética.

3.5.1. Diseño de la estructura

El aluminio utilizado para la composición mecánica del módulo didáctico es de tipo V de 20*20 mm y aluminio tipo v de 40 *20 mm, la estructura mecánica consta básicamente del módulo de la banda transportadora, la clasificación que se realiza mediante un puente grúa montado como base 6 soportes de aluminio, y los segmentos en donde se montaran los componentes eléctricos tienen el soporte de acrílico y las bases de aluminio.

3.5.1.1. Banda transportadora

La banda transportadora ha sido diseñada con aluminio para su soporte y acrílico para el montaje de los rodillos colocados a los extremos de la banda de tal forma que permita mover el pallet portador con facilidad mediante el accionamiento de un motor como se muestra en la ilustración 3-20.

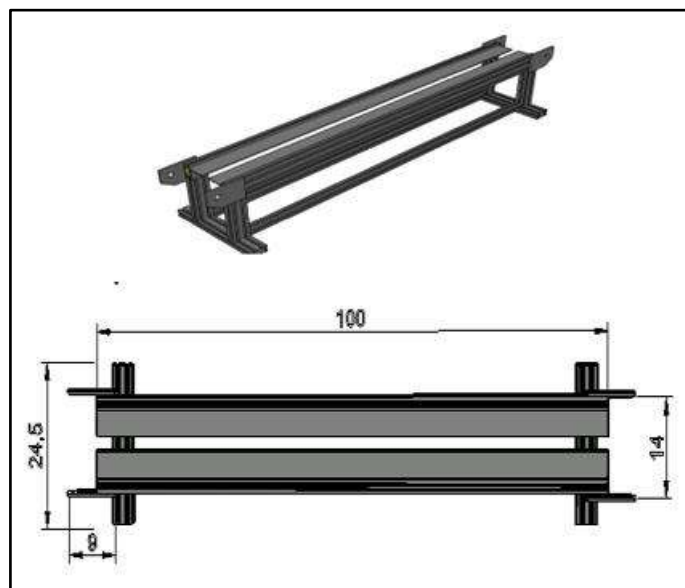


Ilustración 3-20: Estructura mecánica de la banda transportadora

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.5.1.2. Portal de carga XYZ

Para el montaje del portal de carga se utilizó aluminio para el soporte sobre la banda transportadora y acrílico para la colocación de las piezas neumáticas encargadas de clasificar los autobuses a escala, además de un tornillo sin fin para que la pinza neumática pueda desplazarse a través del portal como se muestra en la ilustración 3-21.

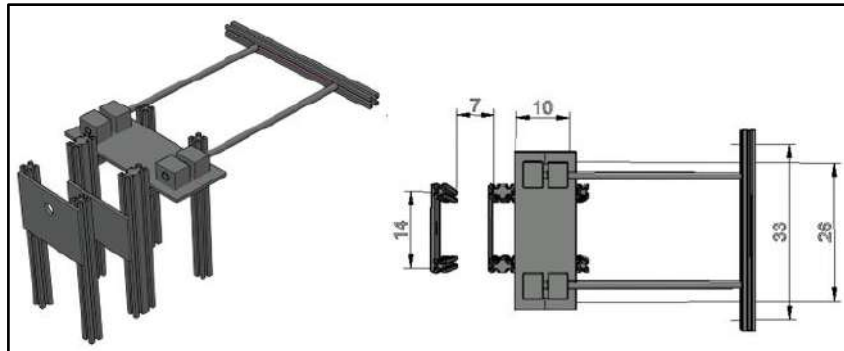


Ilustración 3-21: Estructura mecánica para el portal de cargas

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.5.1.3. Cubículos de almacenamiento

Los cubículos de almacenamiento son de acrílico de 5mm consta de dos los mismos que estas colocados delante de la banda transportadora para que el módulo se encargue de clasificar según criterio establecidos como se muestra en la ilustración 3-22.

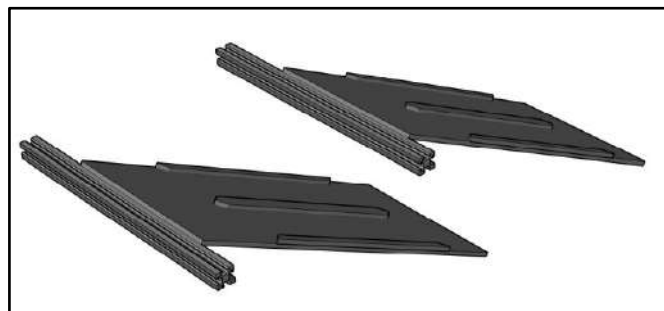


Ilustración 3-22: Estructura para los cubículos de almacenamiento

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- Soporte para componentes eléctricos y electrónicos.

El módulo didáctico debe contar con un soporte por tanto el diseño se lo hizo para la colocación de electroválvulas, drivers, motores y botones de control para el proceso de clasificación.

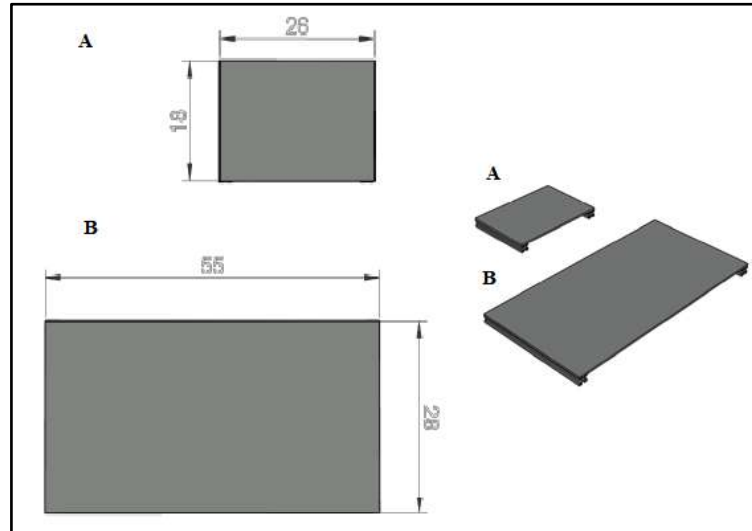


Ilustración 3-23: Soporte para componentes eléctricos y electrónicos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- El módulo didáctico para clasificación de carrocerías a escala diseñado se encuentra en la ilustración 3-24.

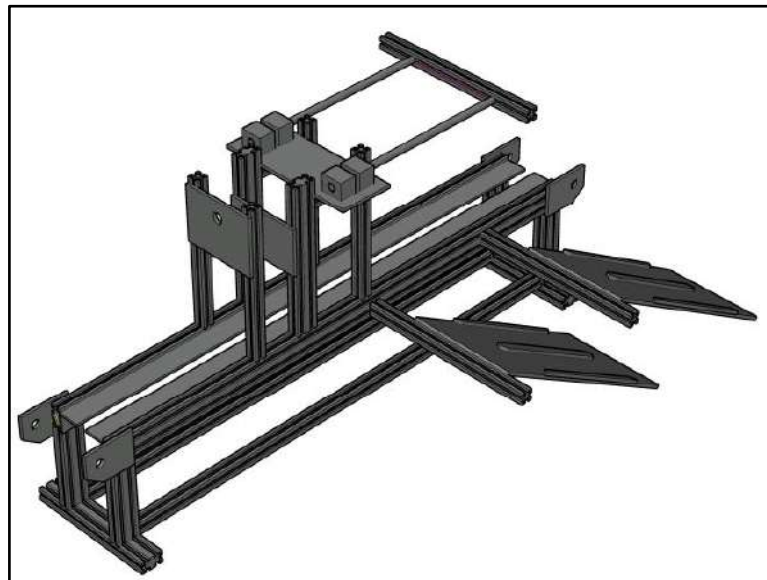


Ilustración 3-24: Estructura mecánica del módulo didáctico de clasificación

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.6. Estructura de programación

En este apartado se da a conocer el proceso que se llevó para realizar la programación del controlador lógico programable, mediante lenguaje Ladder acompañado de su respectivo Grafcet, así como el software que se utilizó.

3.6.1. Definición de entradas y salidas del PLC

Al momento de programar el PLC se debe tomar en cuenta las entradas del PLC, que reciben una etiqueta con letra X y vienen siendo componentes como sensores y pulsadores, que posteriormente activaran las salidas etiquetadas con la letra Y, las mismas que se encargan del accionamiento de los actuadores como el motor paso a paso, las electroválvulas y luces piloto presentes en el módulo didáctico, acompañadas de las memorias que se usaron en el PLC como se muestra en la tabla 3-19.

Tabla 3-19: Asignación de entradas y salidas para el PLC

ENTRADAS		SALIDAS		MEMORIAS	
X0	Paro	Y0	Giro Banda	M1	M1
X1	Inicio	Y1	Encendido Motor	M2	M2
X2	Paro emergencia	Y2	Giro Motor	M3	M3
X3	Selector derecho	Y3	Encendido banda	M4	M4
X4	Selector izquierdo	Y4	Válvula 1 (Cilindro)	M5	M5
X5	Sensor entrada	Y5	Válvula 2 (Twin)	M6	M6
X6	Sensor salida	Y6	Válvula 3 (Pinza)	M7	M7
X7	Sensor 1	Y7	Luz verde	M8	M8
X10	Sensor 2	Y10	Luz rojo	M9	M9
X11	Sensor 3	Y11	Luz naranja	M10	M10
X12	Sensor pinza			M11	M11
X13	Sensor óptico			M12	M12
				M13	M13
				M14	M14
				M15	M15
				M16	M16
				M50	Color
				M75	Luces
				M100	Llantas

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.6.2. Diagrama grafcet

Para desarrollar el algoritmo de programación se realizó un diagrama Grafcet usando el software de simulación y conexión FluidSIM, permitiendo esquematizar y tener una secuencia lógica de las fases del proceso que se va usar, valiéndonos de las entradas, salidas y memorias mencionadas en la tabla 3-19.

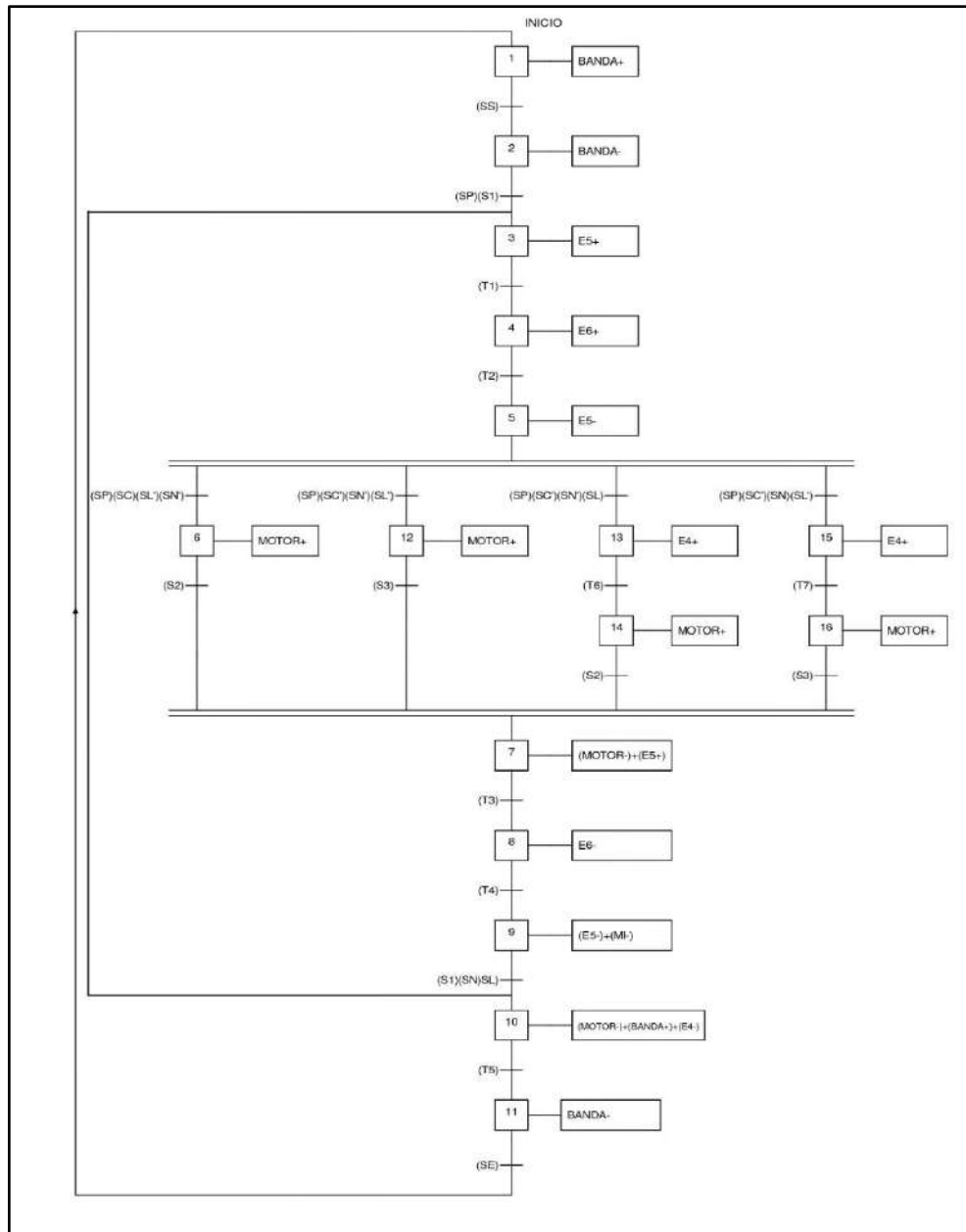


Ilustración 3-25: Diagrama Grafcet del proceso

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

El proceso inicia con la llegada del autobús a escala ubicada en un pallet a través de la banda transportadora, para ello el motor de la banda transportadora es activada (BANDA +) una vez detectado el autobús por el sensor de entrada (SE) y después de dar un pulso en el botón de inicio.

Una vez que empieza la acción de la banda transportadora debe detenerse (BANDA -), cuando por su paso el autobús a escala es detectado por el sensor de salida (SS).

Cuando se cumpla la condición que el sensor de la pinza (SP) y el primer sensor (S1) ubicado en el lado derecho sobre el portal de cargas estén activados, indican que el autobús a escala está posicionado en un lugar correcto para iniciar la clasificación, y de esta manera la electroválvula que corresponde al cilindro twin se acciona (E5+) y su vástago tiende a salir.

Después de un tiempo establecido (T1) la electroválvula que acciona el cilindro de la pinza se activa (E6+) y de esta manera realiza una sujeción al autobús a escala.

A continuación, después de un tiempo (T2) y que el sensor de la pinza (SP) haya detectado nuevamente, la electroválvula que esté ligado al cilindro twin tiende a realizar su descenso de esta manera el autobús a escala asciende una altura hacia el portal de cargas para su próxima clasificación.

Determinamos los parámetros de clasificación ya sea el color (SC) , las luces (SL) o neumáticos (SN), en el caso que se desee clasificar tomando en cuenta el sensor de color, deben estar activados el sensor de la pinza (SP) el sensor de color (SC) y deben estar desactivados el sensor destinado a la luces (SL) al igual que el sensor que determina la presión en los neumáticos (SN) y de esta manera se acciona el motor avanzando únicamente hasta el sensor 2 (S2) que está ubicado en la parte intermedia del portal de cargas destinado para el almacenamiento sobre la ubicación 1 en el cubículo de almacenamiento.

Para el caso que el sensor de color detecte otro color diferente del amarillo debe estar únicamente activado el sensor de la pinza (SP) y desactivado los demás sensores, de esta manera el motor avanza hasta llegar a la posición del sensor 3 (S3), que está ubicado en la parte final del portal de cargas posicionando el autobús a escala sobre la ubicación 2 en el cubículo de almacenamiento.

Si se desea clasificar por criterio de luces (SL), se obtiene una señal que activa la electroválvula del cilindro (E4+) y se desplaza sobre el eje x avanzando hacia los cubículos ubicados por delante, después de un tiempo (T6) que tome esta posición, el motor tiende avanzar hasta encontrarse con

el sensor 2 (S2) ubicado en el portal de cargas y de esta manera posiciona el autobús a escala sobre la ubicación 3 en el cubículo de almacenamiento.

Finalmente, si se desea clasificar con criterio de neumáticos (SN) se emitirá una señal que activa la electroválvula del cilindro (E4+) desplazando el autobús a escala en el eje X hacia una nueva posición, después un tiempo (T7) se activa el motor y empieza su acción hasta encontrarse con el sensor (S3) en donde finalmente está situado sobre la ubicación 4 en el cubículo de almacenamiento.

Una vez posicionado al autobús a escala sobre los cubículos de almacenamiento, dependiendo del criterio de clasificación, el motor del portal de cargas debe detenerse (MOTOR-) y la electroválvula twin debe activarse (E5+) de esta manera haciendo el descenso del bus hacia el cubículo, después de un tiempo (T3) la electroválvula de la pinza se desactiva (E6-) abriéndose y soltando al autobús a escala.

Posteriormente de realizar la clasificación transcurre un tiempo (T4) para que la electroválvula del twin se desactive (E5-) y el motor empieza a girar en sentido contrario (MI-) hasta encontrarse con el sensor 1 (S1), se desactiva la electroválvula del cilindro que avanza en el eje x del portal de cargas (E4-) con el fin de volver a su posición inicial, y la banda transportadora avanza (BANDA +) con el pallet vacío, después de un tiempo (T5) la banda transportadora se detiene (BANDA -) esperando un nuevo pallet con una nueva carrocería de autobús a escala, con el fin de repetir el mismo proceso.

3.6.2.1. Ecuaciones de diagrama Grafset

Las ecuaciones presentadas en la tabla 3-20, se obtuvieron del Grafset anteriormente indicado y descrito y es de gran ayuda para poder realizar la programación del PLC, para interpretar estas ecuaciones se siguió condiciones propias del mismo Grafset,” etapa anterior por la transición anterior más la etapa actual por la etapa siguiente negada”.

Tabla 3-20: Ecuaciones obtenidas a partir del Grafset del proceso

ETAPA	ECUACIÓN
1	$(INICIO)(SE) + M1\overline{M2}$
2	$(M1)(SS) + M2\overline{M3}$
3	$(M2)(SP)(S1) ((SN)(\overline{SL}) + (SL)(\overline{SN}) + (\overline{SL})(\overline{SN})) + M3\overline{M4}$

4	$(M3)(T1) + M4\overline{M5}$
5	$(M4)(T2) + M5\overline{M6} \overline{M12} \overline{M13} \overline{M15}$
6	$(M5)(SP)(SC)(\overline{SL})(\overline{SN}) + M6\overline{M7}$
7	$(M6)(S2) + (M12)(S3) + (M14)(S2)$ $+ (M16)(S3) + M7\overline{M8}$
8	$(M7)(T3) + M8\overline{M9}$
9	$(M8)(T4) + M9 \overline{M10}$
10	$(M9)(S1) + (SN)(SL)M2 + M10 \overline{M11}$
11	$(M10)(T5) + M11 \overline{M1}$
12	$(M5)(SP)(\overline{SC})(\overline{SL})(\overline{SN}) + M12 \overline{M7}$
13	$(M5)(SL) + M13 \overline{M14}$
14	$(M13)(T6) + M14 \overline{M17}$
15	$(M5)(SN) + M15 \overline{M16}$
16	$(M15)(T7) + M16 \overline{M7}$

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.6.3. Programación del PLC

El software que se usó para realizar la programación del PLC es Wecon PLC Editor2, el cual es propio de la marca del PLC que vamos a emplear.



Ilustración 3-26: Software de programación de PLC

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.6.3.1. Reconocimiento de la interfaz del software Wecon PLC editor 2

La interfaz principal de este software cuenta con algunos complementos que se explican a continuación:

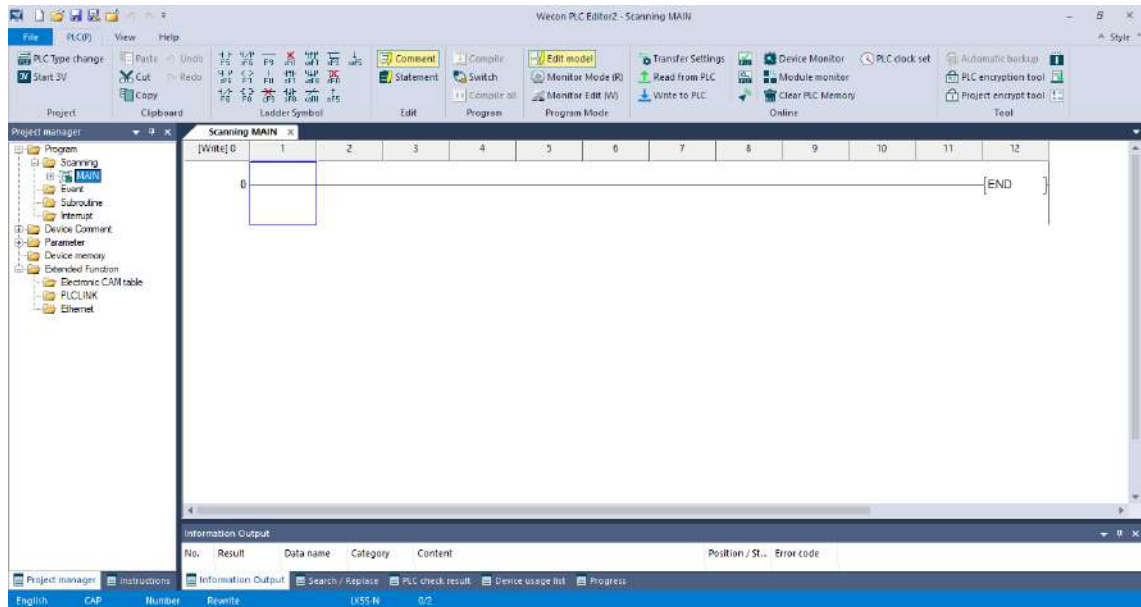


Ilustración 3-27: Interfaz principal de Wecon PLC Editor2

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- Barra de herramientas

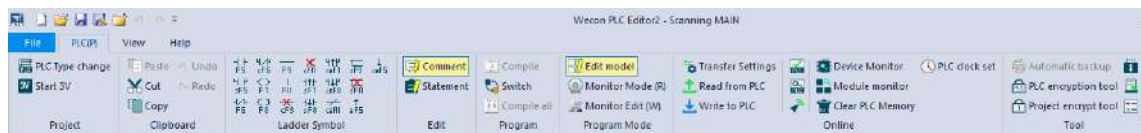


Ilustración 3-28: Barra de herramientas de Wecon PLC Editor2

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

En este panel se encuentra la mayoría de las funciones, que permiten la creación del Ladder, la compilación y comunicación con el PLC.

Entre las principales funciones de esta barra se encuentra los símbolos de escalera, que nos permite la generación del diagrama como tal, en la tabla 3-21 se muestra los símbolos más empleados a lo largo de la generación de nuestro proyecto y la acción que cumple cada uno.

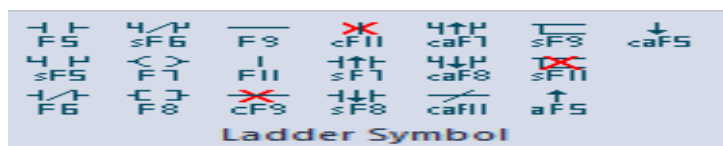













Ilustración 3-29: Símbolo de escalera en Wecon PLC Editor2

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 3-21: Descripción de los símbolos de escalera más usados

Símbolo	Función	Acceso rápido por teclado
	Serie de entrada normalmente abierta	F5
	Serie de entrada normalmente cerrada	F6
	Línea horizontal de entrada de diagrama de escalera	F9
	Línea vertical de entrada de diagrama de escalera	F11
	Bobina de salida de diagrama de escalera	F7
	Instrucciones de aplicación de entrada	F8
	Serie de entrada normalmente abierta	F5
	Serie de entrada normalmente cerrada	F6
	Línea horizontal de entrada de diagrama de escalera	F9
	Línea vertical de entrada de diagrama de escalera	F11

	Bobina de salida de diagrama de escalera	F7
---	--	----

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Para poder compilar un programa realizado nos dirigimos al menú de programas en donde se encuentran tres formas de compilación, el que vamos a usar es el primero y bastará con dar un clic para que el programa se compile, y de esta manera supervisar si no existen errores que se hayan causado durante la generación del diagrama ladder.

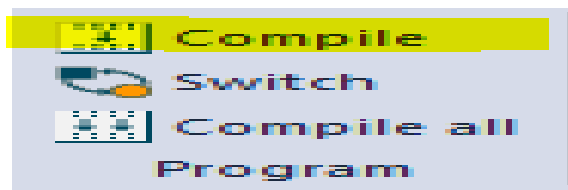


Ilustración 3-30: Menú para compilar un programa en Wecon Editor

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

En el caso de que no exista errores durante la compilación se indicará el siguiente cuadro de dialogo afirmando que el programa es correcto.

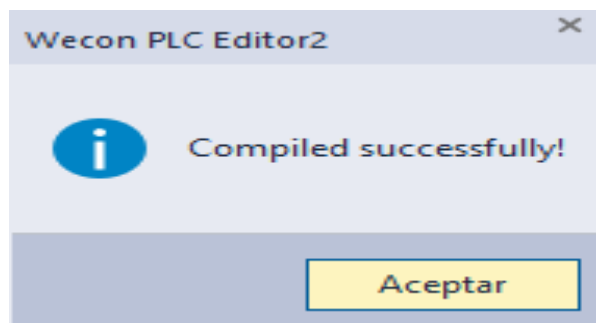


Ilustración 3-31: Compilación satisfactoria en Wecon Editor PLC2

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Para poder comunicar el PLC con la PC debemos acudir al menú “en línea” en donde existen funciones destinadas a cumplir con este objetivo.

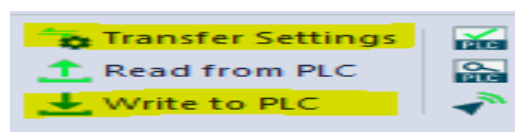


Ilustración 3-32: Menú “en línea” Wecon Editor PLC2

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Las funciones más usadas en este menú son la configuración de transferencia y escribir a PLC, la configuración de transferencia permite tener una buena conexión del PLC y PC garantizando la estabilidad y evitando fallos durante la transmisión de datos, cuando seleccionamos esta opción nos aparecerá la siguiente ventana que se puede observar en la ilustración 3-33, dependiendo del medio de comunicación empleado ya sea a través de USB, Ethernet o Serial, se indicará una configuración previa, y una vez detectado el dispositivo PLC se emite un mensaje de confirmación.

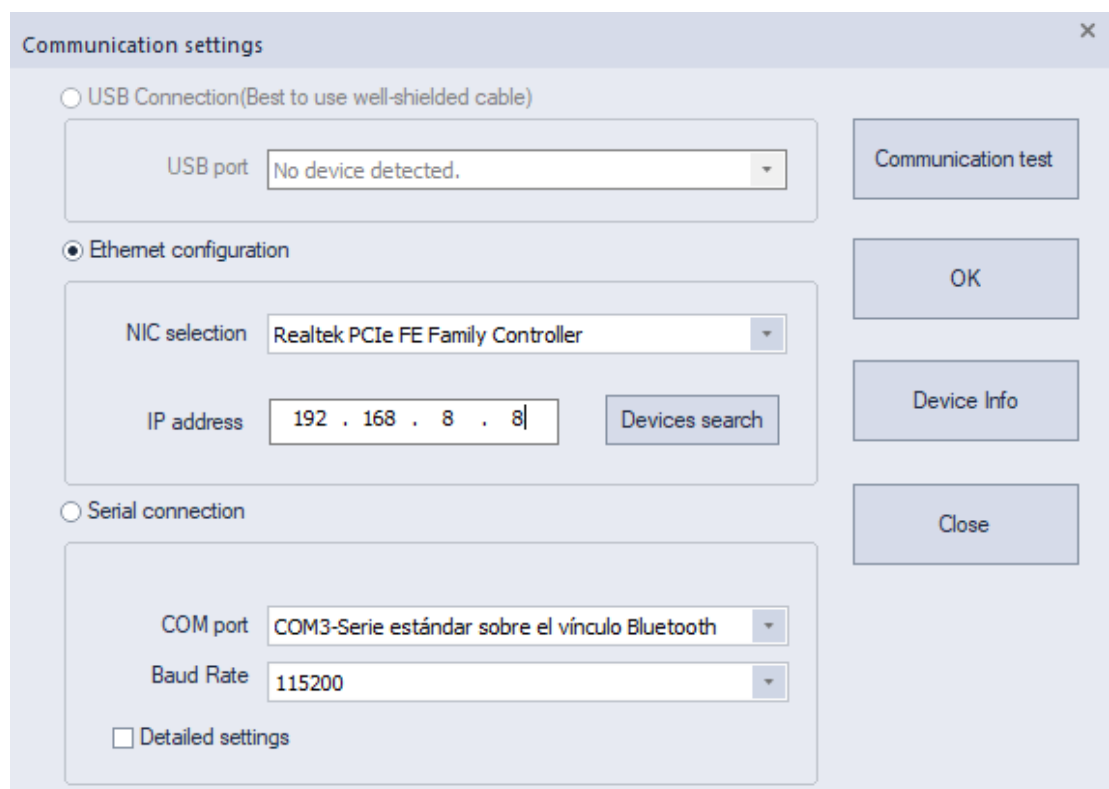


Ilustración 3-33: Configuración de comunicación

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Escribir a PLC nos ayuda cargar el programa de diagrama escalera compilado y sin errores hacia el PLC, en la ilustración 3-34 se indica la ventana de operación en línea, en donde seleccionamos “Param+Program(P)” para elegir la configuración predeterminada de los datos a cargar, a continuación, seleccionamos “ejecutar”.

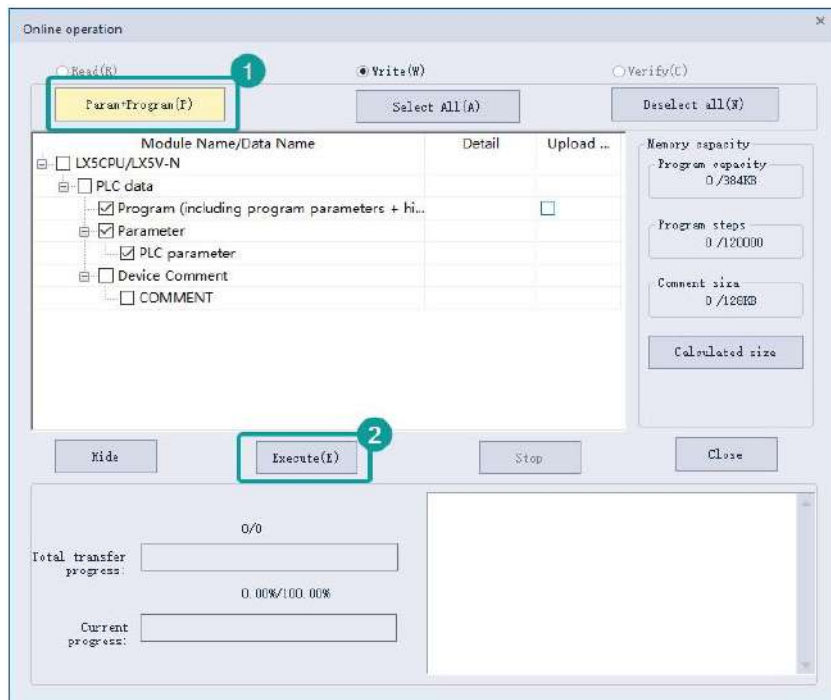


Ilustración 3-34: Configuración de escritura a PLC

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

El PLC debe estar en modo de parada al momento de descarga del programa, mantenemos la comunicación hasta que termine este proceso, finalmente surgirá una ventana con el mensaje de que se ha descargado satisfactoriamente, como se puede evidenciar en la ilustración 3-35.

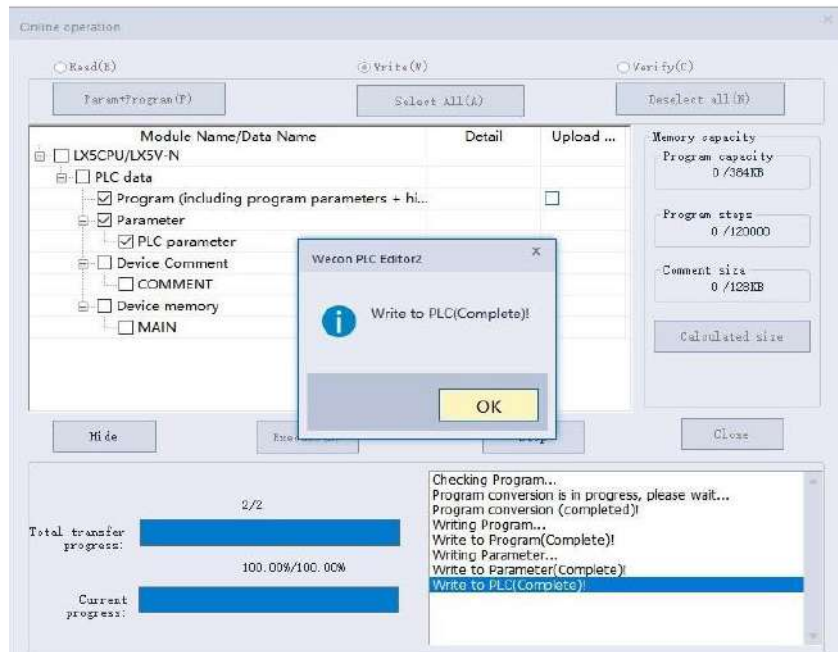


Ilustración 3-35: Descarga a PLC completo

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- Gestión de proyectos

Se utiliza para la creación, operación y manipulación de nuevos proyectos, además de configurar ciertos parámetros del PLC.

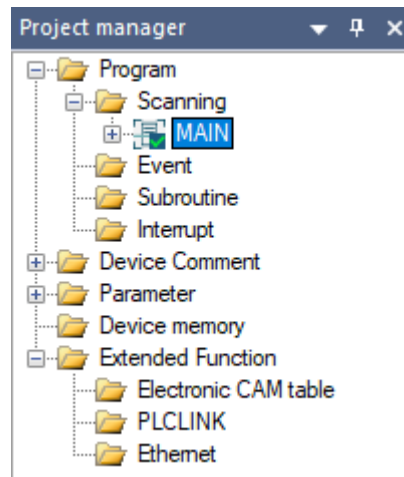


Ilustración 3-36: Gestor de proyectos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- Edición de escalera

Es el espacio en donde se puede diseñar el diagrama de escalera, configurar parámetros del PLC entre otras opciones.

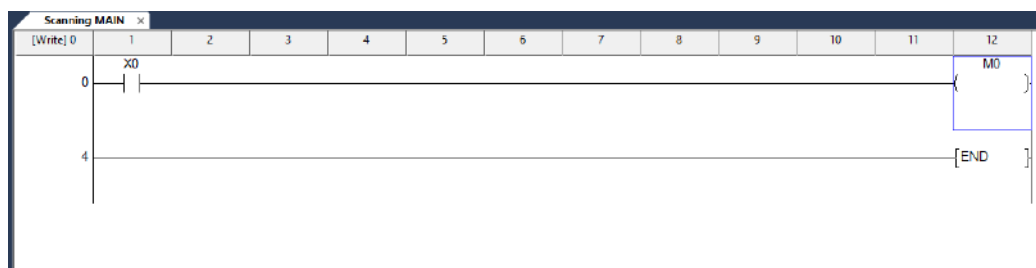


Ilustración 3-37: Edición de escalera

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.6.3.2. Nomenclatura del software wecon PLC editor2

Para asignar un nombre a los diferentes dispositivos ya sean de entrada, salida o funciones propias del PLC como contadores, temporizadores, el PLC reconoce una nomenclatura específica, en la tabla 3-22 se muestra las principales o las más usados en este módulo.

Tabla 3-22: Descripción de nomenclatura usado en Wecon PLC Editor2

Símbolo	Función	Puntos	Rango de dispositivo
X	Entrada por relé	1024	0-1777
Y	Salida por relé	1024	0-1777
M	Memoria	8000	0-7999
T	Temporizador	512	0-511
C	Contador	256	0-255
D	Registro de dato	8000	0-7999

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.6.3.3. Programación de PLC en wecon PLC editor2

Una vez dado a conocer una descripción del software de programación, realizamos la programación del PLC como tal, para ello seguimos los siguientes pasos:

- Ejecutamos el software

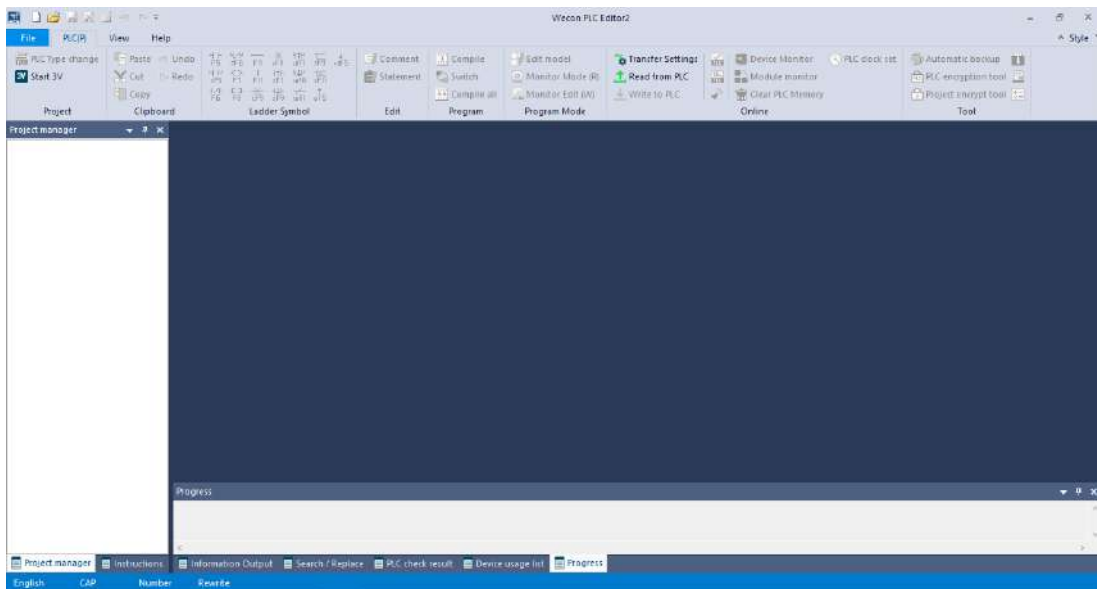


Ilustración 3-38: Interfaz de inicio en Wecon PLC Editor2

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- Creamos un nuevo proyecto y seleccionamos el modelo y la serie del PLC en nuestro caso es de la serie LX5 y modelo LX5S-N como se puede evidenciar en la ilustración 3-39.

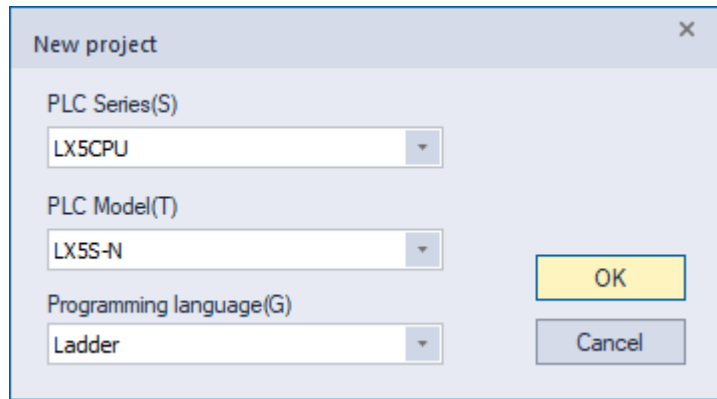


Ilustración 3-39: Creación de un nuevo proyecto

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- Basándonos en el diagrama Grafcet previamente realizado en la 0 y de las ecuaciones obtenidas, procedemos a implementar el diagrama ladder, el proyecto completo se encuentra en el ANEXO P.

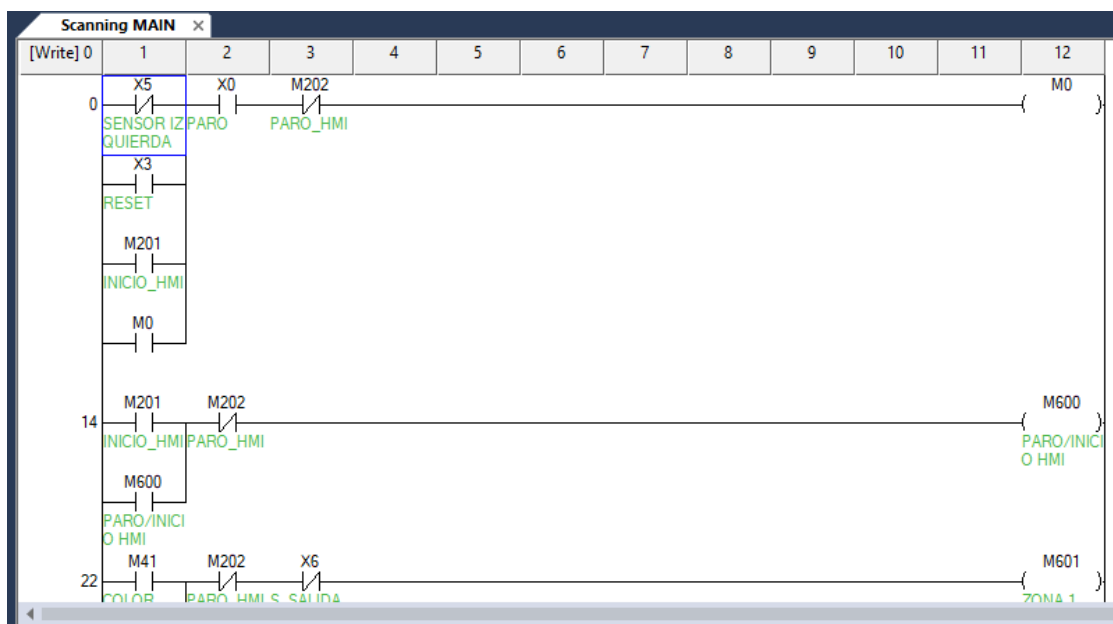


Ilustración 3-40: Diagrama ladder del módulo didáctico

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- A continuación, procedemos a compilar el proyecto, para evitar errores durante la carga al PLC.
- Establecemos comunicación con el PLC.
- Finalmente cargamos el programa al PLC.

De esta manera tenemos a nuestro PLC programado con el proyecto creado en Wecon PLC Editor2.

3.7. Diseño de HMI

Para el diseño del HMI se utilizó el software PIStudio, disponible para varios sistemas operativos de Windows, es propio de la serie PI de Wecon, permite realizar el diseño de manera sencilla y su observancia, se comunica mediante cable USB o Ethernet.



Ilustración 3-41: Ventana de inicio de PIStudio

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.7.1. Desarrollo de HMI

Para crear un nuevo proyecto seguimos los pasos que se describen a continuación:

- Ejecutamos el software PIStudio y elegimos “Nuevo proyecto”.

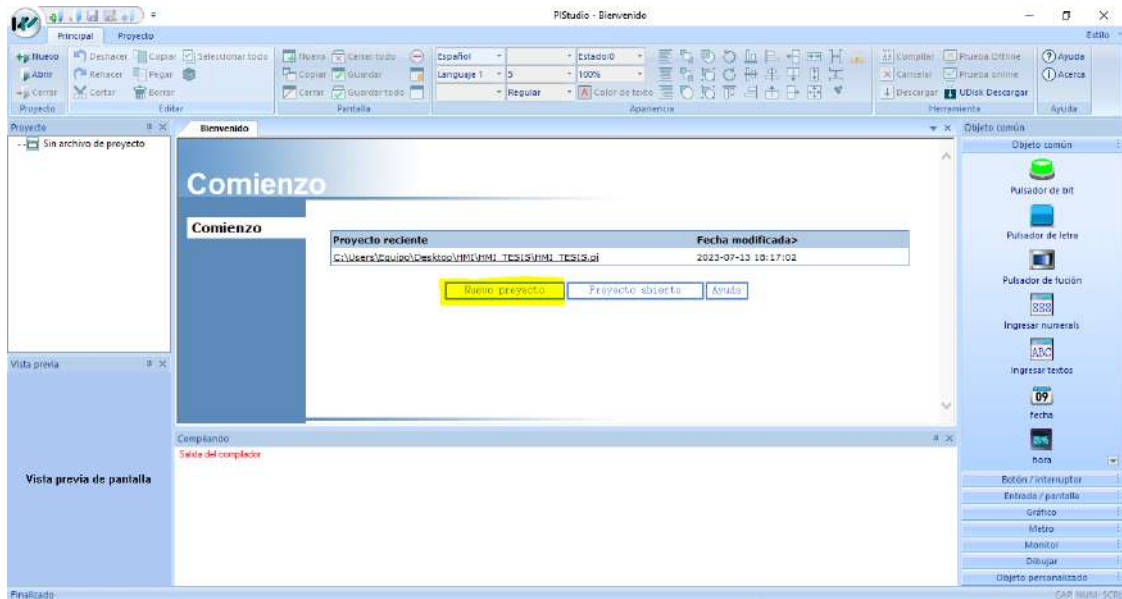


Ilustración 3-42: Crear nuevo proyecto

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- Asignamos un nombre al proyecto, seleccionamos el modelo de HMI y el protocolo por el cual se va a comunicar, como se observa en la 0

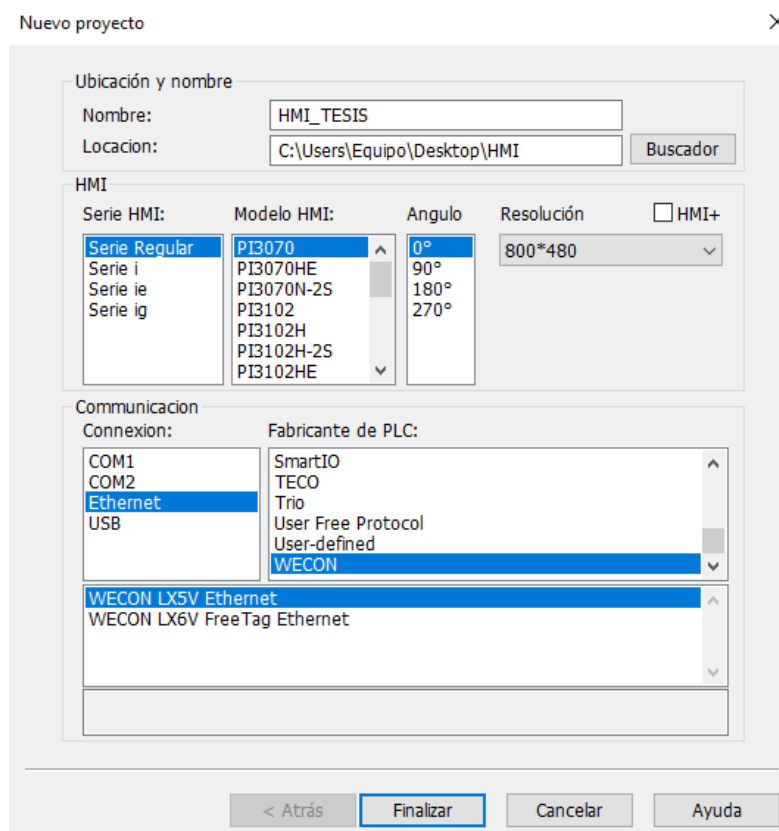


Ilustración 3-43: Selección de HMI y protocolo de comunicación

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- A continuación, aparecerá la interfaz de PIStudio para el desarrollo del HMI que se puede visualizar en la 0, se muestra las barras de herramientas, el gestor de proyecto, vista previa, compilador y botones que son de uso común en el diseño.

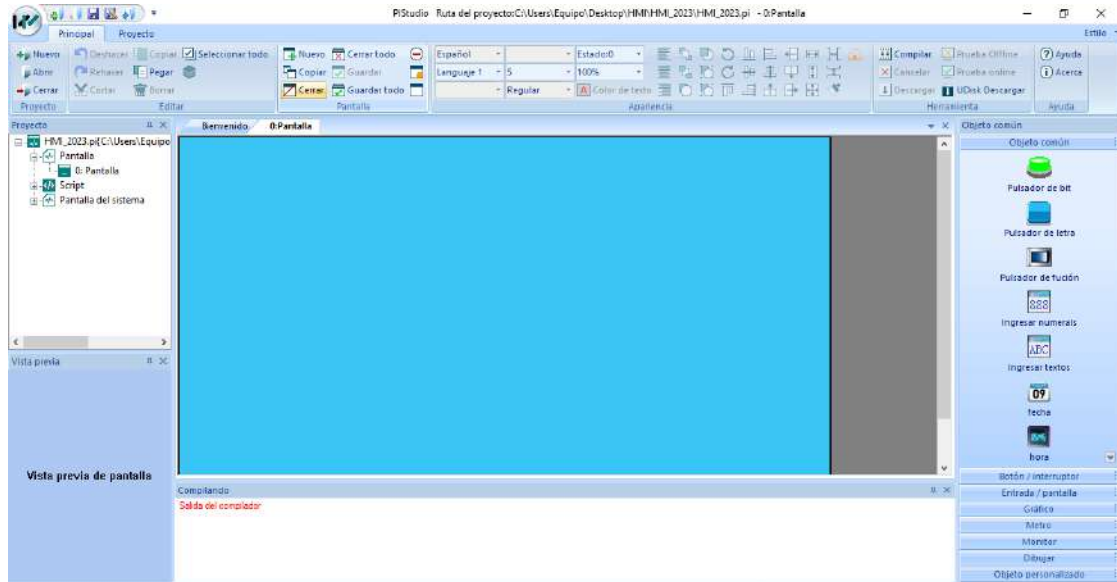


Ilustración 3-44: Interfaz de desarrollo de HMI en PIStudio

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- Con las herramientas disponibles en el software creamos una carátula de bienvenida como se muestra en la 0

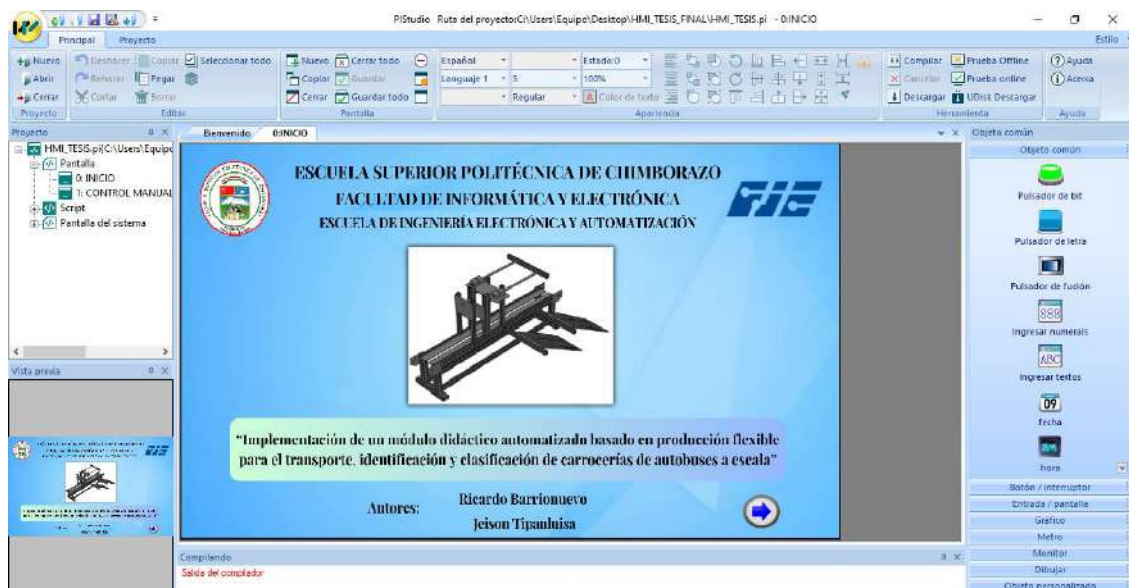


Ilustración 3-45: Diseño de caratula de HMI

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

- De manera similar creamos botones e indicadores para el control manual y automático del módulo didáctico como se observa en la 0

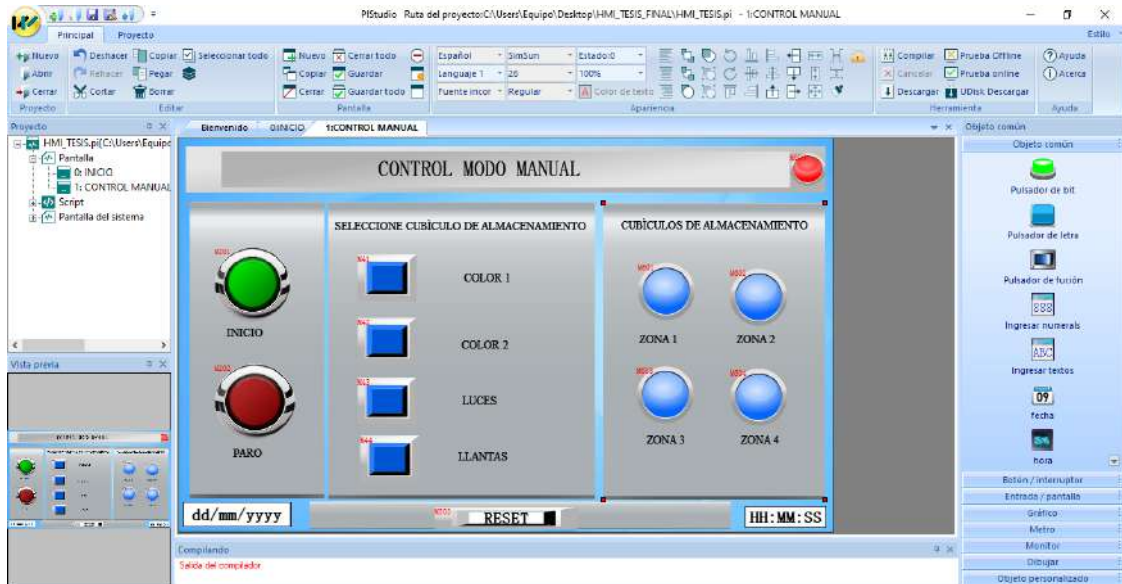


Ilustración 3-46: Diseño control manual de HMI

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

En la tabla 3-23 se dan a conocer las memorias que se usaron para tener una comunicación desde el PLC hacia el HMI.

Tabla 3-23: Memorias usadas en la comunicación entre HMI y PLC

Memoria	Descripción
M41	Pulsador para color 1
M42	Pulsador para color 2
M43	Pulsador para luces
M44	Pulsador para llantas
M601	Indicador zona 1
M602	Indicador zona 2
M603	Indicador zona 3
M604	Indicador zona 4
M201	Botón de inicio
M202	Botón de paro
M503	Botón de reset

M75	Sensor para luces
M100	Sensor para neumáticos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Típanluisa, J., 2023.

3.7.2. Descripción del funcionamiento de HMI

Al momento de ejecutar el HMI se presenta la interfaz de inicio que cuenta con información acerca del módulo didáctico y botones para poder dirigir al modo de control manual o automático.



Ilustración 3-47: Interfaz de inicio del módulo didáctico

Realizado por: Barrionuevo, R.; Típanluisa, J., 2023.

3.7.2.1. Funcionamiento en modo manual de HMI

Una vez puesto en línea el HMI, pulsamos el botón inicio y se encenderá un indicador luminoso, con lo cual la banda transportadora empieza su acción, avanzando al bus a escala conjuntamente con el pallet hacia el módulo de clasificación en donde es sujetado y elevado por los actuadores neumáticos, en este punto el usuario debe elegir el lugar en donde quiere que sea almacenado, valiéndose del criterio de clasificación, ya sea por color de la carrocería (color 1 y color 2) o por algún defecto en su ensamblaje (defecto de luces o defecto de llantas).

Para ello debe dar clic sobre el botón a escoger, y automáticamente el motor del portal de cargas avanza hacia el lugar seleccionado y para poder visualizar el cubículo seleccionado se enciende un indicador hasta que se haya culminado el proceso, en el caso que se presente algún inconveniente durante la clasificación se procede a dar clic en el botón de paro, deteniendo el proceso y para poder reiniciar el proceso se debe dar clic en el botón de reset.



Ilustración 3-48: HMI para el control manual del módulo didáctico

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

3.7.2.2. *Funcionamiento en modo automático de HMI*

De manera similar al funcionamiento en modo manual el HMI cuenta con botones de control de inicio, paro y reset, en este caso el autobús a escala cumplirá con su objetivo valiéndose de sensores ubicados en el módulo, y mediante luces indicadores se evidencia la zona en cual se va ubicará la pieza de trabajo, con fines didácticos se colocaron dos sensores virtuales adicionales en el HMI que emulan cuando una pieza no conforme hace su ingreso ya sea por falla de neumáticos o luces, si el usuario desea regresar a la interfaz de inicio puede realizarlo con las flechas ubicadas en el costado inferior izquierda.



Ilustración 3-49: HMI para el modo automático del módulo didáctico

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el cuarto capítulo se expone la evaluación del módulo didáctico automatizado con el objetivo de interpretar y analizar el correcto funcionamiento de la propuesta, además de validar el funcionamiento mediante un análisis cuantitativo de los datos obtenidos de implementación del módulo didáctico.

El análisis de normalidad de datos fue empleado tomando tiempos para cada uno de los procesos de almacenamiento en los diferentes cubículos, se empleó el método de Shapiro-Wilk para contrastar su normalidad, según (Tapia et al., 2021) este método se lo usa para muestras menores o iguales a 50 , para determinar la normalidad de datos se realizó una toma de 25 muestras para cada proceso como se muestra en la tabla 4-10 para los tiempos de almacenamientos, tabla 4-5 y tabla 4-8 para los tiempos de funcionamiento de la banda transportadora y del motor implementado para la clasificación de carrocerías de autobuses a escala respectivamente cuando esta recibe diferentes rangos de frecuencia con el objetivo de calibrar a su mejor operatividad tomando en cuenta la simulación del procesos es decir que el módulo funcione correctamente esto implica que el autobús a escala no se estropeeé y sufra averías en el proceso de transporte, identificación y clasificación.

4.1. Validación de sensores

En la validación de sensores se realizó pruebas de distanciamiento para cada uno de los diferentes tipos de sensores que fueron implementados en el módulo de clasificación, de esta manera ubicarlos a la distancia correcta y obtener lectura de datos con el menor error posible.

4.1.1. Sensor inductivo

En la tabla 4-1, se evidencia las pruebas realizadas al sensor inductivo, valiéndonos de la hoja de datos el sensor capta una señal hasta 4mm de distancia, por lo tanto, hemos realizado mediciones de distancia utilizando un flexómetro como instrumento de medida, cuando el sensor detecta se toma con un valor de 1 y en caso contrario se toma como 0.

Tabla 4-1: Prueba de repetibilidad del sensor inductivo

Prueba	Distancia (mm)				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0
3	1	1	1	1	0
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	0
7	1	1	1	1	0
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
11	1	1	1	1	0
12	1	1	1	1	0
13	1	1	1	1	0
14	1	1	1	1	0
15	1	1	1	1	0
16	1	1	1	1	0
17	1	1	1	1	0
18	1	1	1	1	0
19	1	1	1	1	0
20	1	1	1	1	0
21	1	1	1	1	0
22	1	1	1	1	0
23	1	1	1	1	0
24	1	1	1	1	0
25	1	1	1	1	0
Repetibilidad	100%	100%	100%	100%	-

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Como podemos evidenciar el sensor inductivo en distancias menores de 4mm tiene una aceptabilidad del 100%, por tanto, fue ubicado a una distancia de 3mm para tener mayor precisión en casos de que el pallet del autobús a escala se aleje del sensor por movimiento producidos por banda transportadora.

4.1.2. Sensor magnético

En la 0 se muestra las pruebas realizadas al sensor magnético, basándonos en la hoja de datos el sensor capta una señal hasta 7mm de distancia, por lo tanto, hemos realizado mediciones de distancia utilizando un flexómetro como instrumento de medida, observando el funcionamiento del mismo. Cuando el sensor detecta se toma como 1 y en caso contrario se anota como 0.

Tabla 4-2: Prueba de repetibilidad del sensor magnético

Prueba	Distancia (mm)				
	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0
3	1	1	1	1	0
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	0
7	1	1	1	1	0
8	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
11	1	1	1	1	0
12	1	1	1	1	0
13	1	1	1	1	0
14	1	1	1	1	0
15	1	1	1	1	0
16	1	1	1	1	0
17	1	1	1	1	0
18	1	1	1	1	0
19	1	1	1	1	0
20	1	1	1	1	0
21	1	1	1	1	0
22	1	1	1	1	0
23	1	1	1	1	0
24	1	1	1	1	0
25	1	1	1	1	0

Repetibilidad	100%	100%	100%	100%	-
----------------------	------	------	------	------	---

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se puede evidenciar que el sensor magnético en distancias menores de 7mm tiene una aceptabilidad del 100%, por tanto, fue ubicado a una distancia de 4 mm del imán de neodimio ubicado en el portal de cargas con el fin de tener mayor precisión.

4.1.3. Sensor óptico

En la tabla 4-3, se muestra las pruebas realizadas al sensor óptico, para ello realizamos el aprendizaje del sensor con el tono de color determinado por las carrocerías, y comparamos con distintos tonos derivados del color amarillo, de esta manera verificamos hasta qué punto el sensor puede identificar el tono de color definido. Cuando el sensor detecta se toma como 1 y en caso contrario se anota como 0.

Tabla 4-3: Prueba de repetibilidad del sensor óptico

Prueba	Tono de amarillo (Código hexadecimal)				
	#FFFF00	#FFC000	#F9F434	#FFFF75	#FFFF99
1	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0
16	1	0	0	0	0
17	1	0	0	0	0

18	1	0	0	0	0
19	1	0	0	0	0
20	1	0	0	0	0
21	1	0	0	0	0
22	1	0	0	0	0
23	1	0	0	0	0
24	1	0	0	0	0
25	1	0	0	0	0
Repetibilidad	100%	-	-	-	-

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se puede observar que existe repetibilidad del 100% únicamente en el color del autobús a escala, pero en tonos similares el sensor no capta ni emite ninguna señal.

4.2. Prueba de conectividad entre PC y PLC wecon

Para comprobar la conexión entre el PLC del módulo didáctico y PC situado en el laboratorio de automatización de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH se realizó varias pruebas tomando en cuenta la distancia del cable UTP como se observa en la 0, considerando de que el módulo puede ser ubicado en otro sitio dentro del laboratorio y la comunicación debe mantenerse.

Tabla 4-4: Prueba de conectividad entre PLC Y PC

PRUEBA	DISTANCIA (m)				Comentario
	20m	10m	5m	1m	
1	1	1	1	1	Conexión Exitosa
2	1	1	1	1	Conexión Exitosa
3	1	1	1	1	Conexión Exitosa
4	1	1	1	1	Conexión Exitosa
5	1	1	1	1	Conexión Exitosa
6	1	1	1	1	Conexión Exitosa
7	1	1	1	1	Conexión Exitosa
8	1	1	1	1	Conexión Exitosa
9	1	1	1	1	Conexión Exitosa
10	1	1	1	1	Conexión Exitosa
11	1	1	1	1	Conexión Exitosa

12	1	1	1	1	Conexión Exitosa
13	1	1	1	1	Conexión Exitosa
14	1	1	1	1	Conexión Exitosa
15	1	1	1	1	Conexión Exitosa
16	1	1	1	1	Conexión Exitosa
17	1	1	1	1	Conexión Exitosa
18	1	1	1	1	Conexión Exitosa
19	1	1	1	1	Conexión Exitosa
20	1	1	1	1	Conexión Exitosa
21	1	1	1	1	Conexión Exitosa
22	1	1	1	1	Conexión Exitosa
23	1	1	1	1	Conexión Exitosa
24	1	1	1	1	Conexión Exitosa
25	1	1	1	1	Conexión Exitosa
Repetibilidad	100%	100%	100%	100%	

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Para las distancias establecidas la comunicación se realiza de manera satisfactoria, por lo tanto, existe repetibilidad del 100% en los datos, asegurando la comunicación de los dispositivos mencionados.

4.3. Prueba de funcionamiento de la banda transportadora

El funcionamiento de la banda transportadora depende de su generador de señales ya que este funciona en diferentes rangos de frecuencia y se realizó pruebas de tiempos en base a la distancia recorrida en la banda transportadora y la frecuencia del generador alta baja y media.

En la 0, se evidencia la toma de datos obtenidos en la banda transportadora tomando en cuenta la baja frecuencia en rango de 5.8KHz hasta 127 KHz, frecuencia media en el rango de 590 HZ hasta 15.8 KHz y los valores en frecuencia alta son nulos ya que el motor encargado de transportar el autobús a escala no soporta esta frecuencia y solamente genera vibraciones en su funcionamiento.

Tabla 4-5: Tiempos de funcionamiento de la banda transportadora

Prueba	Distancia(m)	Frecuencia
--------	--------------	------------

		Baja		Media	
		5.8 Khz	127 Khz	590 Hz	15.8 Khz
1	0,80	115,78	3,87	11,79	1,53
2	0,80	110,13	4,14	11,95	1,85
3	0,80	112,28	3,95	11,73	1,76
4	0,80	112,29	4,01	11,68	1,98
5	0,80	113,79	3,94	11,54	1,51
6	0,80	112,07	3,54	11,53	1,51
7	0,80	111,17	3,49	11,49	1,52
8	0,80	112,59	3,55	11,19	1,88
9	0,80	112,00	3,42	11,11	1,96
10	0,80	111,39	3,2	11,48	1,95
11	0,80	112,61	3,41	11,43	1,52
12	0,80	111,61	3,61	11,87	1,93
13	0,80	112,15	3,41	11,87	1,78
14	0,80	113,91	3,62	11,03	1,64
15	0,80	114,62	3,86	11,82	1,57
16	0,80	114,24	3,67	11,79	1,56
17	0,80	114,50	3,09	11,55	1,92
18	0,80	113,19	3,02	11,55	1,89
19	0,80	111,02	3,61	11,14	1,42
20	0,80	114,93	3,8	11,93	1,50
21	0,80	112,34	3,22	11,3	1,67
22	0,80	113,38	3,18	11,58	1,90
23	0,80	113,78	3,68	11,79	1,65
24	0,80	111,22	3,62	11,4	1,63
25	0,80	112,88	3,28	11,02	1,55

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

4.3.1. Análisis de normalidad de funcionamiento de la banda transportadora

Para comprobar el funcionamiento del motor que acciona el sistema de transporte del autobús a escala se seleccionó una frecuencia de 590 Hz porque el tiempo de duración oscila entre 11 y 12 segundos, tiempo correcto para que el pallet portador de autobús se posicione de manera correcta y los sensores inductivos colocados a los extremos de la banda transportadora censen y detenga la banda de manera instantánea, además se comprobó que al trabajar a mayor o menor frecuencia

que la mencionada anteriormente se transporta demasiado rápido entonces el posicionamiento para la etapa de clasificación sería incorrecto pudiendo así sufrir daños o desperfectos en el proceso y de trabajar a menor frecuencia no se optimiza tiempo además del desgaste de energía; con ese criterio se posicionó el generador de señales con su potenciómetro al mínimo y en posición de frecuencia media obteniendo así los datos mostrados en la 0.

Para el análisis de normalidad se utilizó el método de Shapiro-Wilks con un error del 5% es decir aplicando una significancia de 0.05, en la 0 se puede evidenciar los valores estadísticos descriptivos para los tiempos de la 0 cuando la banda transportadora trabaja a 590 Hz.

Tabla 4-6: Cálculo de valores estadísticos descriptivos del funcionamiento de la banda transportadora

Banda transportadora		
	Estadístico	Error estándar
Media	11,54	0,06
Límite inferior	11,42	
Límite superior	11,66	
Media recortada al 5%	11,55	
Mediana	11,55	
Varianza	0,08	
Desviación estándar	0,29	
Mínimo	11,02	
Máximo	11,95	
Rango	0,93	
Rango intercuartil	0,44	
Asimetría	-0,42	0,46
Curtosis	-0,86	0,90

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-7: Normalidad de funcionamiento de banda transportadora

Estadístico	N	Sig.
-------------	---	------

Banda_transportadora	0,94	25	0,13
----------------------	------	----	------

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Como se puede evidenciar para una muestra de 25 tiempos tomados el nivel de significancia es de 0.13 mayor a 0.05 por lo que se puede deducir que la distribución de los tiempos de funcionamiento de la banda transportadora es normal.

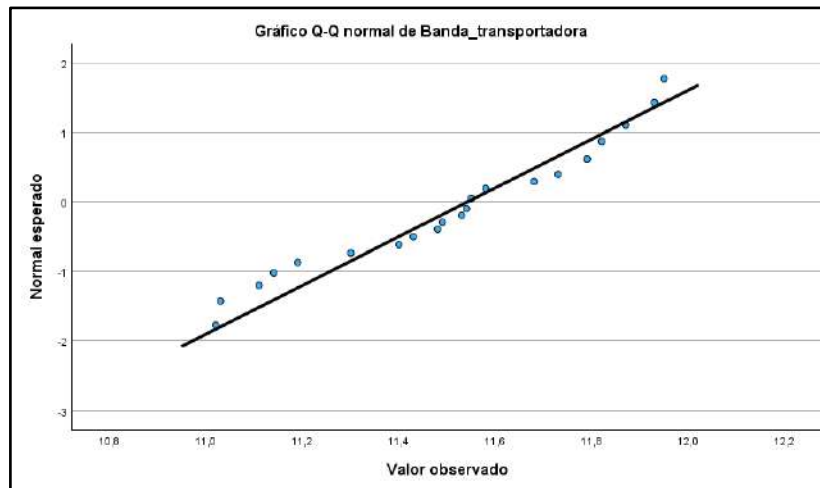


Ilustración 4-1: Normalidad de funcionamiento de banda transportadora

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

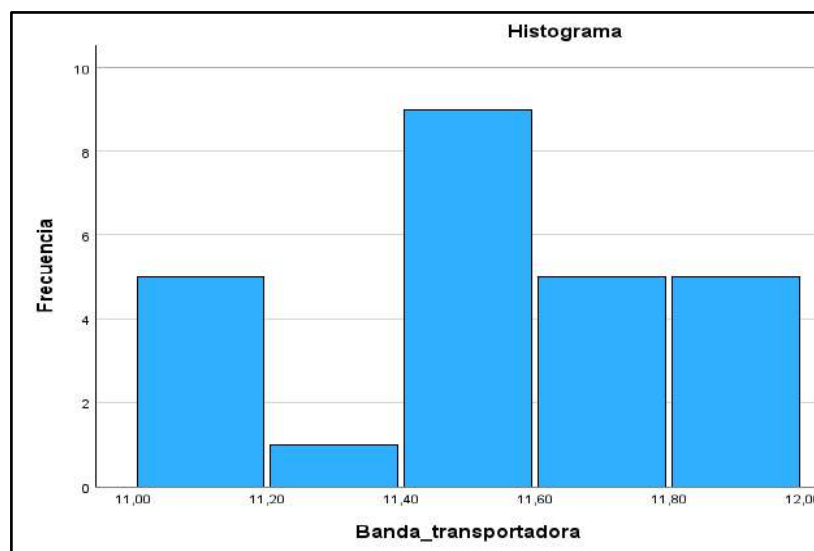


Ilustración 4-2: Histograma de normalidad de la banda transportadora

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

4.4. Prueba de funcionamiento del motor para la clasificación de autobuses a escala

Para demostrar el funcionamiento correcto del motor encargado de la etapa de clasificación de las carrocerías de autobuses a escala se realiza de manera similar como se hizo con la banda transportadora por tener el mismo generador de frecuencias; los tiempos tomados se muestran en la 0 para los almacenes uno y tres y en la 0 para el almacén dos y cuatro ya que el tiempo en el que tarde en posicionarse el portal de carga depende de la distancia que recorre se tomó dos muestras para relacionar los cuatro cubículos de almacenamiento debido a su posición como se muestra en la 0.

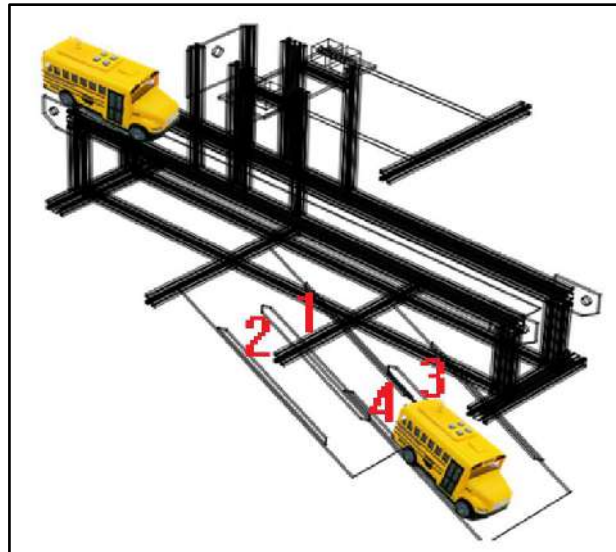


Ilustración 4-3: Numeración de los cubículos de almacenamiento

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-8: Tiempos de funcionamiento del motor de portal de cargas para los almacenes uno y tres

Módulo didáctico de transporte, identificación y clasificación					
Tiempos de funcionamiento de la banda transportadora					
Prueba	Distancia (m)	Frecuencia			
		Baja		Media	
		5.8 KHz	127 KHz	590 Hz	15.8 KHz
1	0,18	114,3	1,57	13,52	0,66
2	0,18	114,84	1,36	13,34	0,53
3	0,18	114,18	1,42	13,16	0,36
4	0,18	114,5	1,69	13,35	0,51
5	0,18	114,71	1,21	13,55	0,06
6	0,18	114,93	1,79	13,23	0,91
7	0,18	114,45	1,16	13,19	0,43

8	0,18	114,15	1,72	13,82	0,68
9	0,18	114,8	1,66	13,1	0,29
10	0,18	114,81	1,2	13,49	0,82
11	0,18	114,32	1,45	13,07	0,53
12	0,18	114,42	1,96	13,96	0,74
13	0,18	114,16	1,71	14	1
14	0,18	114,18	1,29	13,03	0,67
15	0,18	114,21	1,72	13,62	0,8
16	0,18	114,28	1,57	13,52	0,48
17	0,18	114,45	1,95	13,78	0,23
18	0,18	114,08	1,59	13,6	0,35
19	0,18	114,77	1,59	13,79	0,09
20	0,18	114,06	1,97	13,88	0,29
21	0,18	114,4	1,82	13,47	0,14
22	0,18	114,33	1,96	13,08	0,6
23	0,18	114,1	1,87	13,73	0,4
24	0,18	114,2	1,64	13,18	0,2
25	0,18	114,52	1,44	23,56	3,14

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-9: Tiempos de funcionamiento del motor de portal de cargas para los almacenes dos y cuatro

Módulo didáctico de transporte, identificación y clasificación					
Tiempos de funcionamiento de la banda transportadora					
Prueba	Distancia (m)	Frecuencia			
		Baja		Media	
		5.8 KHz	127 KHz	590 Hz	15.8 Khz
1	0,27	265,78	5,11	23,71	3,22
2	0,27	264,16	5,31	24,01	3,36
3	0,27	265,92	5,26	23,66	3,82
4	0,27	265,85	5,07	23,62	3,2
5	0,27	264,38	5,28	23,25	3,78
6	0,27	264,86	5,31	23,01	3,59
7	0,27	264,52	5	23,76	3,03
8	0,27	264,44	5,44	23,27	3,19
9	0,27	265,32	5,31	23,11	3,79

10	0,27	265,51	5,03	23,17	4
11	0,27	265,68	5,48	23,96	3,24
12	0,27	264,83	5,5	23,57	3,01
13	0,27	265,94	5,32	23,56	3,03
14	0,27	264,89	5,12	23,74	3,6
15	0,27	264,3	5,19	23,44	3,87
16	0,27	265,1	5,4	23,59	3,26
17	0,27	264,5	5,31	23,89	3,55
18	0,27	264,85	5,12	23,68	3,91
19	0,27	264,55	5,03	23,34	3,89
20	0,27	264,93	5,06	23,66	3,6
21	0,27	265,7	5,43	23,69	3,63
22	0,27	265,87	5,4	23,3	3,21
23	0,27	264,88	5,31	23,8	3,21
24	0,27	265,81	5,35	23,12	3,34
25	0,27	265,74	5,31	23,56	3,14

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Como se muestra en la 0 y 0 los tiempos dependen de la frecuencia que emita el generador de señales por tanto se escogió trabajar a frecuencia media con su potenciómetro fijado al mínimo es decir con una frecuencia igual a 590 Hz con el objetivo de que la carrocería a escala no sufra daño alguno en la etapa de clasificación y al momento de censar para su posicionamiento.

4.5. Análisis de normalidad de clasificación en los cubículos de almacenamiento

Para determinar una distribución normal de los tiempos tomados en el proceso de clasificación en cada cubículo de almacenamiento como se muestra en la 0, se tomó un número de 25 muestras obteniendo así los datos mostrados en la 0.

Tabla 4-10: Tiempos de almacenamiento

Módulo didáctico de transporte, identificación y clasificación				
Tiempos de clasificación				
Prueba	Color		Anomalía	
	Amarillo	Azul	Luces	Llantas
	Almacén 1	Almacén 2	Almacén 3	Almacén 4
1	39,15	41,24	56,78	57,23

2	38,89	40,98	56,61	57,2
3	39	41,06	56,84	57,16
4	38,75	41,13	56,71	57,13
5	38,46	41,05	56,65	57,2
6	38,42	41,27	57,01	57,01
7	38,74	41,19	56,11	57,16
8	38,41	41,01	56,77	57,18
9	39,35	41,23	56,12	57,27
10	38,3	41,26	57,23	57,24
11	38,86	41,12	56,87	57,11
12	38,59	40,99	56,38	57,18
13	38,54	41,17	56,14	57,35
14	38,57	41,08	56,63	57,21
15	39,1	41,23	56,72	57,13
16	38,67	40,77	56,82	57,1
17	39,21	41,17	56,64	57,19
18	38,36	41,04	56,86	57,24
19	38,63	41,08	56,32	57,27
20	38,45	41,21	56,78	57,17
21	38,57	41,16	56,88	57,19
22	38,9	41,2	56,23	57,15
23	38,35	40,95	56,88	57,26
24	38,76	40,99	56,45	57,32
25	38,69	40,86	56,87	57,28

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

4.5.1. Almacén 1

En la 0 se evidencia los valores estadísticos descriptivos calculados con los tiempos tomados del primer almacén.

Tabla 4-11: Cálculo de valores estadísticos descriptivos del primer almacén

Almacén 1

	Estadístico	Error estándar
Media	38,7088	0,05774
Límite inferior	38,5896	
Límite superior	38,828	
Media recortada al 5%	38,6969	
Mediana	38,67	
Varianza	0,083	
Desviación estándar	0,28872	
Mínimo	38,3	
Máximo	39,35	
Rango	1,05	
Rango intercuartil	0,44	
Asimetría	0,609	0,464
Curtosis	-0,427	0,902

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-12: Normalidad de clasificación en el almacén 1

	Estadístico	N	Sig.
Almacén 1	0,95	25	0,25

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Como se muestra en la 0 para una muestra de 25 tiempos tomados para el almacén uno el nivel de significancia es de 0.25 mayor a 0.05 por lo que se puede deducir que la distribución de los tiempos de clasificación en el primer almacén es normal.



Ilustración 4-4: Normalidad de clasificación en el primer almacén

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

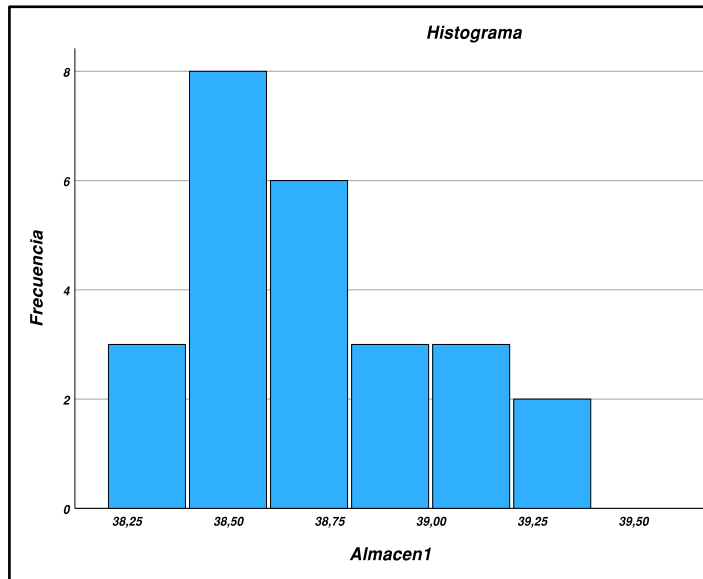


Ilustración 4-5: Histograma de clasificación en el almacén 1

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-13: Resumen de tiempos de clasificación en el segundo almacén

Tiempo de clasificación en almacén uno	
Acción	Tiempo (s)
Tiempo desde que detecta el pallet S1 hasta que detecta S2 con la banda transportadora encendida	4
Sujeción de carrocería	1,5
Tiempo que tarda el portal de carga en posicionarse en almacén uno	14
Tiempo que tarda en liberar carrocería	2
Tiempo que tarda el portal de carga en llegar a su posición inicial	14
Tiempo de banda transportadora encendida para liberación del pallet	3
TOTAL	38,5

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

4.5.2. Almacén 2

En la 0 se muestran los valores estadísticos calculados con los tiempos tomados en el proceso de clasificación del segundo almacén.

Tabla 4-14: Cálculo de valores estadísticos descriptivos del segundo almacén

Almacén 2		
	Estadístico	Error estándar
Media	41,098	0,02571822
Límite inferior	41,045	
Límite superior	41,151	
Media recortada al 5%	41,105	
Mediana	41,120	
Varianza	0,017	
Desviación estándar	0,129	
Mínimo	40,770	
Máximo	41,270	
Rango	0,500	
Rango intercuartil	0,205	
Asimetría	-0,760	0,4636835
Curtosis	0,252	0,90172055

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-15: Normalidad de clasificación en el almacén 2

	Estadístico	N	Sig.
Almacén 2	0,94	25	0,16

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Como se puede evidenciar en la 0 para una muestra de 25 tiempos tomados el nivel de significancia es de 0.16 mayor a 0.05 por lo que se puede deducir que la distribución de los tiempos de clasificación del segundo almacén es normal.

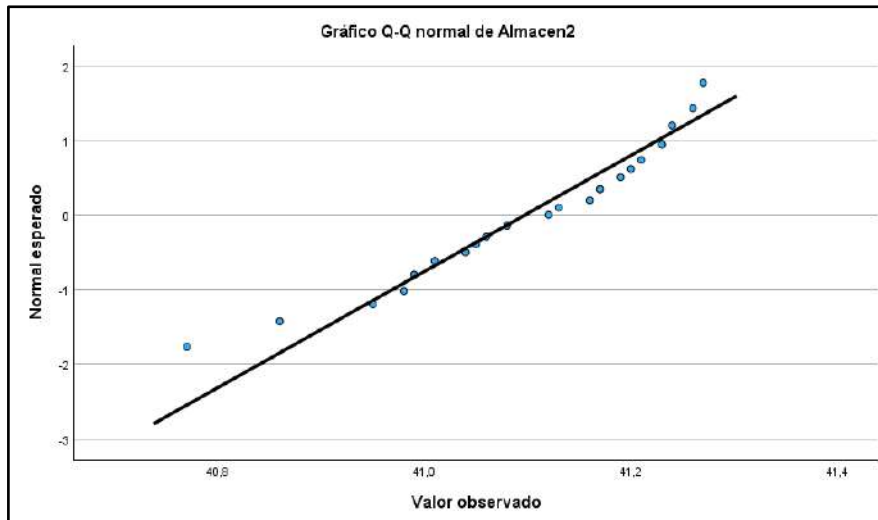


Ilustración 4-6: Normalidad de clasificación en el almacén 2

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

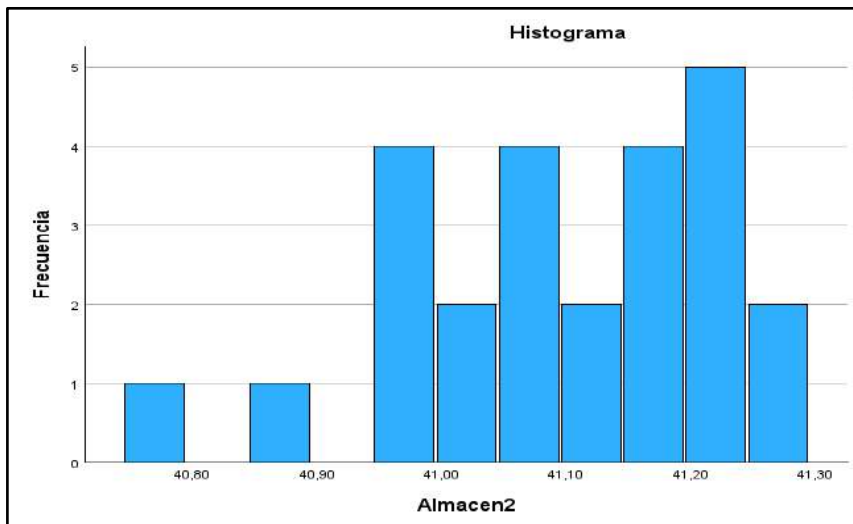


Ilustración 4-7: Normalidad de clasificación en el almacén 2.

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-16: Resumen de tiempos de clasificación en el segundo almacén

Tiempo de clasificación en almacén dos	
Acción	Tiempo (s)
Tiempo desde que detecta el pallet S1 hasta que detecta S2 con la banda transportadora encendida	4
Sujeción de carrocería	1,5
Tiempo que tarda el portal de carga en posicionarse en almacén uno	23

Tiempo que tarda en liberar carrocería	2
Tiempo que tarda el portal de carga en llegar a su posición inicial	23
Tiempo de banda transportadora encendida para liberación del pallet	3
TOTAL	56,5

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

4.5.3. Almacén 3

En la 0 se muestran los valores calculados con los tiempos de clasificación del segundo almacén.

Tabla 4-17: Cálculo de valores estadísticos descriptivos del tercer almacén

Almacén 3		
	Estadístico	Error estándar
Media	56,65	0,06
Límite inferior	56,53	
Límite superior	56,77	
Media recortada al 5%	56,65	
Mediana	56,72	
Varianza	0,09	
Desviación estándar	0,29	
Mínimo	56,11	
Máximo	57,23	
Rango	1,12	
Rango intercuartil	0,45	
Asimetría	-0,49	0,46
Curtosis	-0,32	0,90

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-18: Normalidad de clasificación en el almacén 3

	Estadístico	N	Sig.
Almacén 3	0,925	25	0,07

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Como se puede evidenciar en la tabla 4-18, para una muestra de 25 tiempos tomados el nivel de significancia es de 0.07 mayor a 0.05 por lo que se puede deducir que la distribución de los tiempos de clasificación del tercer almacén es normal.

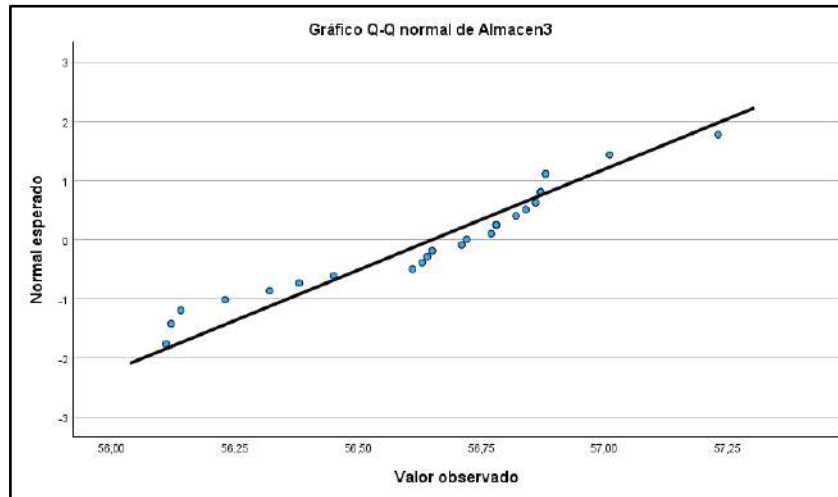


Ilustración 4-8: Normalidad de clasificación en el almacén 3

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

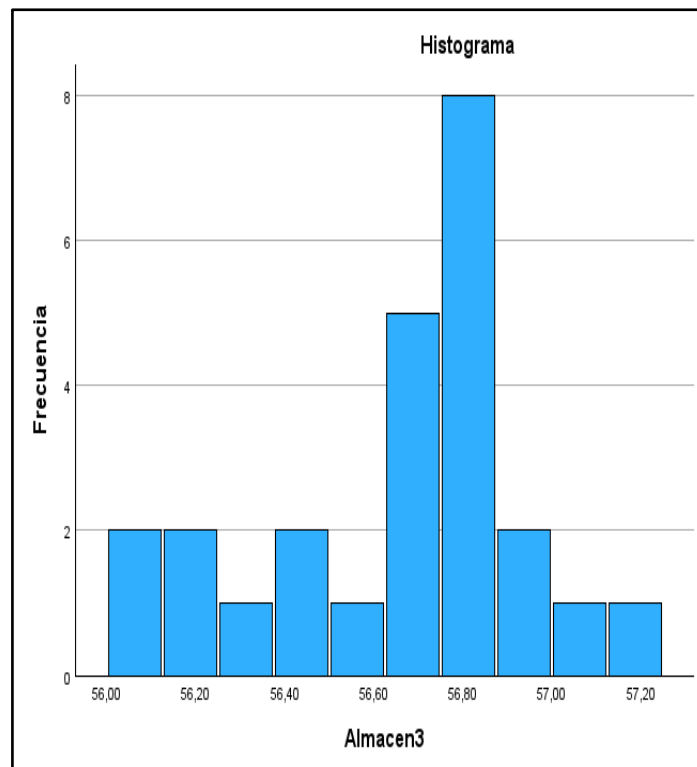


Ilustración 4-9: Histograma de clasificación en el almacén 3.

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-19: Resumen de tiempos de clasificación en el tercer almacén

Tiempo de clasificación en almacén tres	
Acción	Tiempo (s)
Tiempo desde que detecta el pallet S1 hasta que detecta S2 con la banda transportadora encendida	4
Sujeción de carrocería	1,5
Tiempo que tarda el vástago en salir en dirección del eje X	2,5
Tiempo que tarda el portal de carga en posicionarse en almacén uno	14
Tiempo que tarda en liberar carrocería	2
Tiempo que tarda el portal de carga en llegar a su posición inicial	14
Tiempo de banda transportadora encendida para liberación del pallet	3
TOTAL	41

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

4.5.4. Almacén 4

En la 0 se muestran los valores calculados con los tiempos de clasificación en el cuarto almacén.

Tabla 4-20: Cálculo de valores estadísticos descriptivos del tercer almacén

Almacén 4		
	Estadístico	Error estándar
Media	57,20	0,01
Límite inferior	57,17	
Límite superior	57,23	
Media recortada al 5%	57,20	
Mediana	57,19	
Varianza	0,01	
Desviación estándar	0,07	
Mínimo	57,01	
Máximo	57,35	
Rango	0,34	
Rango intercuartil	0,09	

Asimetría	-0,20	0,46
Curtosis	0,68	0,90

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-21: Normalidad de clasificación en el almacén 4

	Estadístico	N	Sig.
Almacén4	0,984704989	25	0,95

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Como se puede evidenciar en la 0 para una muestra de 25 tiempos tomados el nivel de significancia es de 0.95 mayor a 0.05 por lo que se puede deducir que la distribución de los tiempos de clasificación del cuarto almacén cuarto es normal.

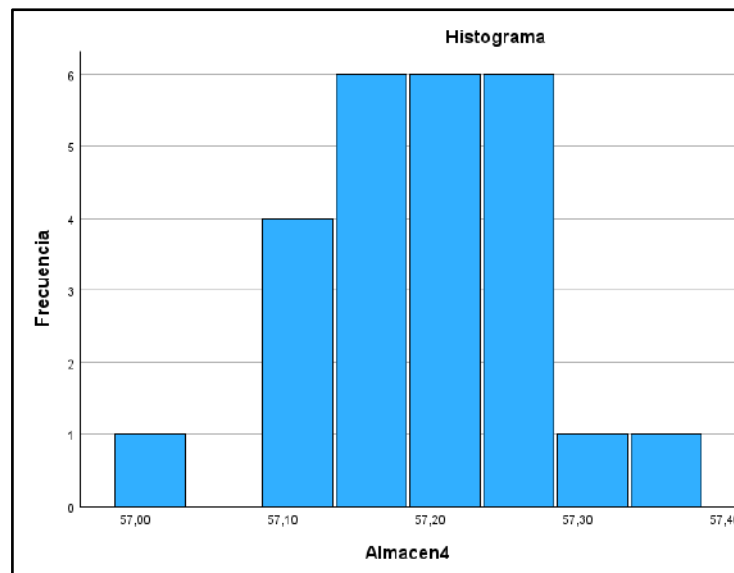


Ilustración 4-10: Normalidad de clasificación en el almacén 4

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

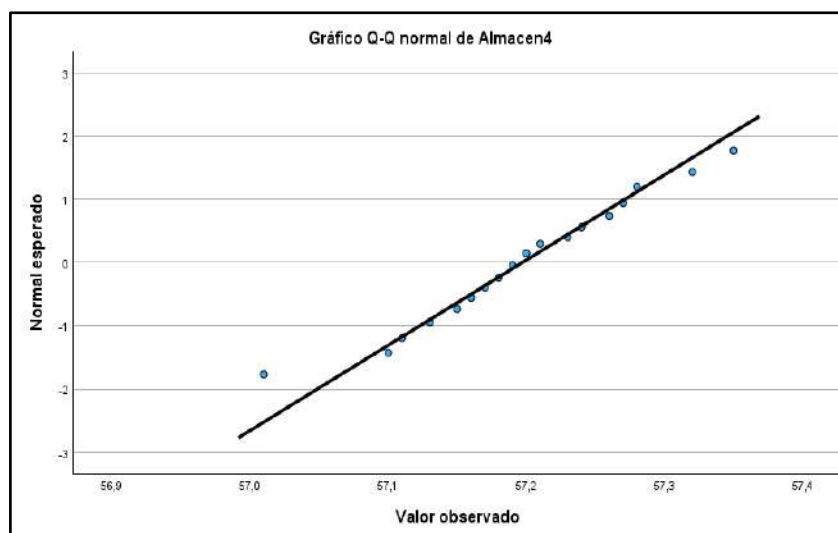


Ilustración 4-11: Normalidad de clasificación en el almacén 4

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Tabla 4-22: Resumen de tiempos de clasificación en el cuarto almacén

Tiempo de clasificación en almacén cuatro	
Acción	Tiempo(s)
Tiempo desde que detecta el pallet S1 hasta que detecta S2 con la banda transportadora encendida	4
Sujeción de carrocería	1,5
Tiempo que tarda el vástago en salir en dirección del eje X	2
Tiempo que tarda el portal de carga en posicionarse en almacén uno	23
Tiempo que tarda en liberar carrocería	2
Tiempo que tarda el portal de carga en llegar a su posición inicial	23
Tiempo de banda transportadora encendida para liberación del pallet	3
TOTAL	58,5

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

4.6. Análisis de funcionalidad

Para determinar la correcta lectura de los sensores y posterior clasificación de carrocerías de autobuses a escala se procedió a probar el módulo didáctico colocando un total de 25 buses a

escala con diferentes criterios de clasificación para posteriormente observar en que almacén son colocadas las muestras obteniendo así los resultados mostrados en la 0

Tabla 4-23: Prueba de funcionalidad

Módulo didáctico de transporte, identificación y clasificación						
Errores de clasificación						
Prueba	Parámetro de clasificación	Cubículos de almacenamiento				ERROR
		Color		Anomalía		
	Bus	Amarillo (1)	Azul (2)	Luces (3)	Neumáticos (4)	
1	Amarillo	1				NO
2	Azul		1			NO
3	Luces			1		NO
4	Luces			1		NO
5	Amarillo	1				NO
6	Neumáticos				1	NO
7	Azul		1			NO
8	Neumáticos				1	NO
9	Amarillo	1				NO
10	Azul		1			NO
11	Amarillo	1				NO
12	Luces			1		NO
13	Amarillo	1				NO
14	Luces			1		NO
15	Azul		1			NO
16	Amarillo	1				NO
17	Neumáticos				1	NO
18	Luces			1		NO
19	Neumáticos				1	NO
20	Neumáticos				1	NO
21	Luces			1		NO
22	Neumáticos				1	NO
23	Amarillo	1				NO
24	Luces			1		NO

25	Azul		1			NO
	Total	7	5	7	6	

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Como se evidencia se clasificó un total de 25 buses a escala de los cuales 7 son de color amarillo, 5 de color azul, 7 con falla en las luces y 6 con falla en los neumáticos de los cuales ninguno fue colocado en el cubículo de almacenamiento incorrecto por lo que se deduce que es un sistema confiable y no tiene falla en las lecturas de sensores y tampoco en la programación.

4.7. Encuesta de satisfacción del usuario

El módulo didáctico para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala es dirigido hacia los estudiantes de la “FIE-ESPOCH”, exclusivamente para aquellos que toman la materia de “Automatización Industrial” por tanto, se optó por realizar una encuesta de satisfacción del usuario con el fin de obtener datos que evidencien la familiarización con el módulo, y para ello hemos escogido el método CSAT.

El índice de satisfacción del usuario (CSAT) es una métrica usada para medir el nivel de satisfacción que experimentan los usuarios con un producto, servicio o interacción, puede evaluarse mediante encuestas, en donde se pide a los usuarios que califiquen su satisfacción en una escala que suele ir de “muy insatisfecho” a “muy satisfecho” añadiéndole un puntaje de 1 a 5, y de esta manera identificar los puntos débiles y poder tomar mejores decisiones, los resultados conseguidos se promedian para obtener un puntaje, como regla general un buen CSAT se encuentra por encima del 80% y debajo del 50% se recomienda realizar estrategias para poder mejorar el producto o servicio (Ortega, 2019, p.7).

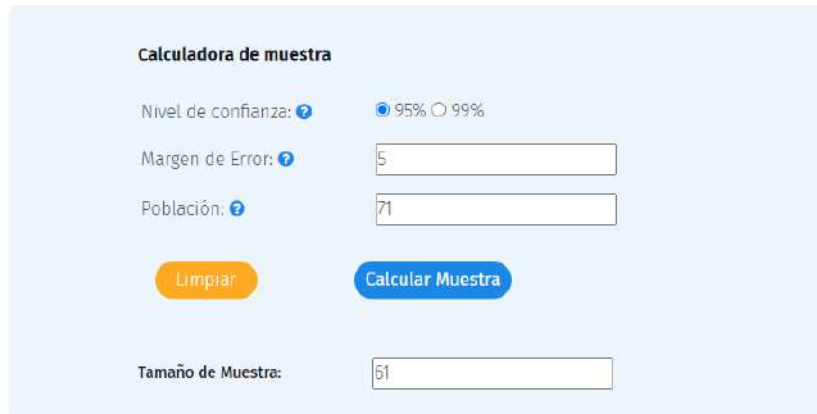
Para poder calcular esta métrica se toma el número de usuarios “satisfechos” considerando que son aquellos que evaluaron con una puntuación de 4 o 5, dividiendo por el número total de encuestados y finalmente multiplicarlo por 100 para obtener un valor porcentual.

$$CSAT = \frac{\text{Número de respuestas positivas (4 o 5)}}{\text{Número total de respuestas}} \times 100 \quad (1)$$

La cantidad de participantes dentro de un estudio es un parámetro importante en investigación, para poder determinar deducciones estadísticas acerca de una población. El tamaño de la muestra

ayuda a saber al investigador cuántos individuos es necesario estudiar, estimando un parámetro determinado con el grado de confianza deseado (García et al., 2013, p.3).

Para ello usamos una herramienta online que permite de una forma rápida y sencilla realizar este cálculo, como se puede observar en la 0



The image shows a web-based calculator titled "Calculadora de muestra". It has the following fields and controls:

- Nivel de confianza:** Radio buttons for 95% (selected) and 99%.
- Margen de Error:** A text input field containing the value "5".
- Población:** A text input field containing the value "71".
- Buttons:** An orange "Limpiar" button and a blue "Calcular Muestra" button.
- Tamaño de Muestra:** A text input field at the bottom containing the calculated value "61".

Ilustración 4-12: Cálculo del tamaño de muestra

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Para el tamaño de la población se consideró los estudiantes matriculados en la materia de Automatización Industrial del periodo académico 03 abril 2023-16 agosto 2023, del séptimo semestre con 38 estudiantes y octavo semestre con 33 estudiantes, obteniendo un total de 71 estudiantes, el nivel de confianza recomendado por diversos investigadores es del 95%, el margen del error manejado para este cálculo es del 5%.

De 71 estudiantes matriculados en Automatización Industrial en el periodo académico 03 abril 2023-16 agosto 2023, se obtuvo un tamaño de muestra de 61, es decir que la encuesta va ser realizada por este subgrupo de estudiantes.

4.7.1. Análisis de la encuesta de satisfacción del usuario

Para la realizar la encuesta de satisfacción del usuario la mayoría de las respuestas se basan en una escala de Likert.

- 1. ¿Manejó o tiene conocimiento del módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala?**

En la 0 se puede evidenciar los resultados de las respuestas emitidas por los 61 estudiantes encuestados.

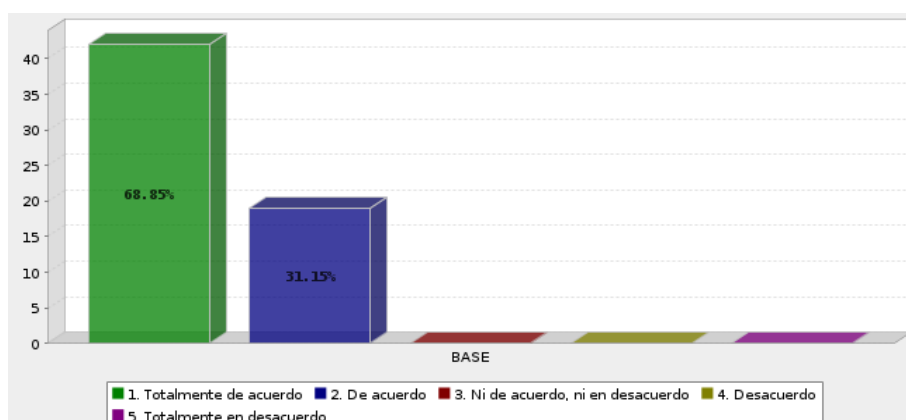


Ilustración 4-13: Gráfica de resultados pregunta

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los estudiantes encuestados, 42 estudiantes dijeron que están “totalmente de acuerdo” y 19 estudiantes están “de acuerdo” haber manejado o tener conocimiento del módulo didáctico como se observa en la 0.

Tabla 4-24: Resultados de la pregunta 1

Puntaje CSAT	Respuestas	Estudiantes	Porcentaje
5	Totalmente de acuerdo	42	68.85%
4	De acuerdo	19	31.15%
3	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	0	0.00%
2	Desacuerdo	0	0.00%
1	Totalmente en desacuerdo	0	0.00%
	Total	61	100%
Media: 1.311	Intervalo de confianza de 95%: [1.194 - 1.429]	Desviación estándar: 0.467	Error estándar: 0.060

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se obtuvo un CSAT del 100%, evidenciando que todos los usuarios usaron, manipularon o al menos tienen conocimiento del funcionamiento del módulo didáctico.

2. ¿Considera usted, que la implementación del módulo didáctico funciona de manera correcta?

En la ilustración 4-14 se puede evidenciar los resultados de las respuestas emitidas por los 61 estudiantes encuestados.

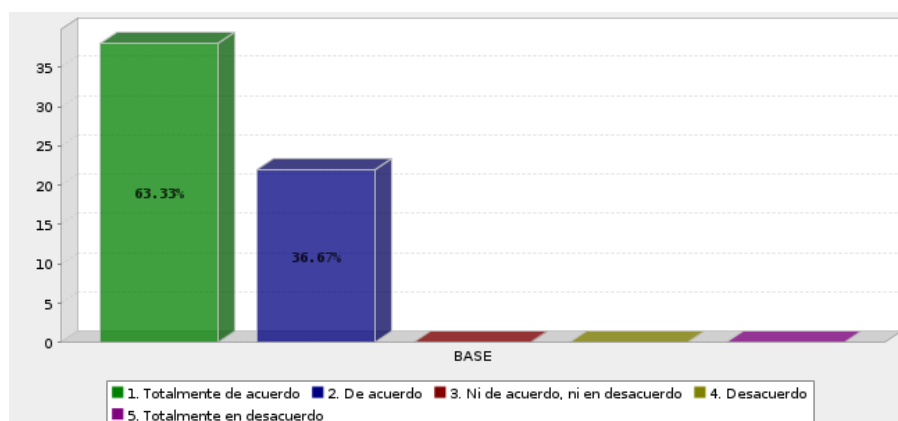


Ilustración 4-14: Gráfica de resultados pregunta 2

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los estudiantes encuestados, 38 estudiantes dijeron que están “totalmente de acuerdo” y 22 estudiantes están “de acuerdo” que el módulo didáctico funciona de manera correcta, como se observa en la tabla 4-25.

Tabla 4-25: Resultados de la pregunta 2

Puntaje CSAT	Respuestas	Estudiantes	Porcentaje
5	Totalmente de acuerdo	38	63.33%
4	De acuerdo	23	36.67%
3	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	0	0.00%
2	Desacuerdo	0	0.00%
1	Totalmente en desacuerdo	0	0.00%
	Total	61	100%
Media: 1.367	Intervalo de confianza de 95%: [1.244 - 1.490]	Desviación estándar: 0.486	Error estándar: 0.063

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se obtuvo un CSAT del 100%, evidenciando que todos los usuarios afirman que el módulo didáctico funciona de manera correcta.

3. ¿Considera usted, que es de fácil manejo y cualquier persona que tenga conocimiento de automatización sea capaz de operarlo?

En la ilustración 4-15 se puede evidenciar los resultados de las respuestas emitidas por los 61 estudiantes encuestados.

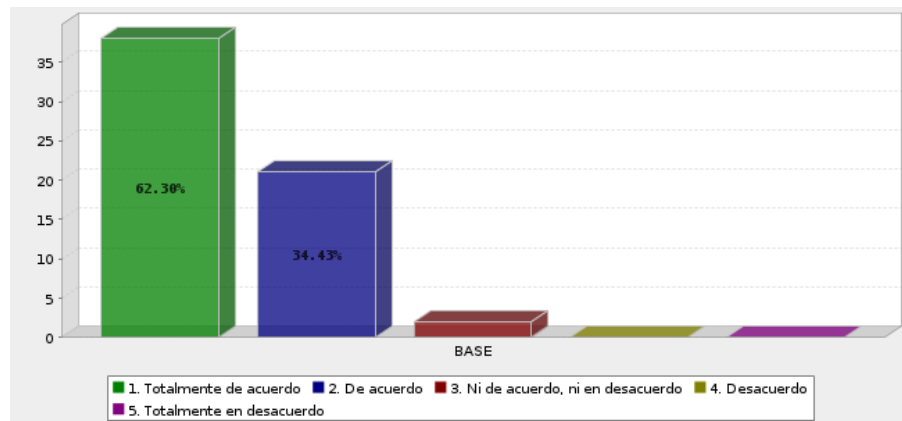


Ilustración 4-15: Gráfica de resultados pregunta 3

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los estudiantes encuestados, 38 estudiantes dijeron que están “totalmente de acuerdo”, 21 estudiantes están “de acuerdo” y 2 estudiantes no están “ni de acuerdo ni en desacuerdo” que el módulo didáctico sea de fácil manipulación o manejo para personas que tengan conocimientos de automatización, como se observa en la tabla 4-26.

Tabla 4-26: Resultados de la pregunta 3

Puntaje CSAT	Respuestas	Estudiantes	Porcentaje
5	Totalmente de acuerdo	38	62.30%
4	De acuerdo	21	34.43%
3	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	2	3.28%
2	Desacuerdo	0	0.00%
1	Totalmente en desacuerdo	0	0.00%
	Total	61	100%

Media: 1.410	Intervalo de confianza de 95%: [1.270 - 1.550]	Desviación estándar: 0.559	Error estándar: 0.072
---------------------	--	-----------------------------------	------------------------------

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se obtuvo un CSAT del 96.72% siendo un puntaje muy bueno, indicando que la mayoría de los encuestados están de acuerdo que el módulo es de fácil manejo.

4. ¿Considera usted, que el módulo cumple con las funciones de transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala?

En la ilustración 4-16 se puede evidenciar los resultados de las respuestas emitidas por los 61 estudiantes encuestados.

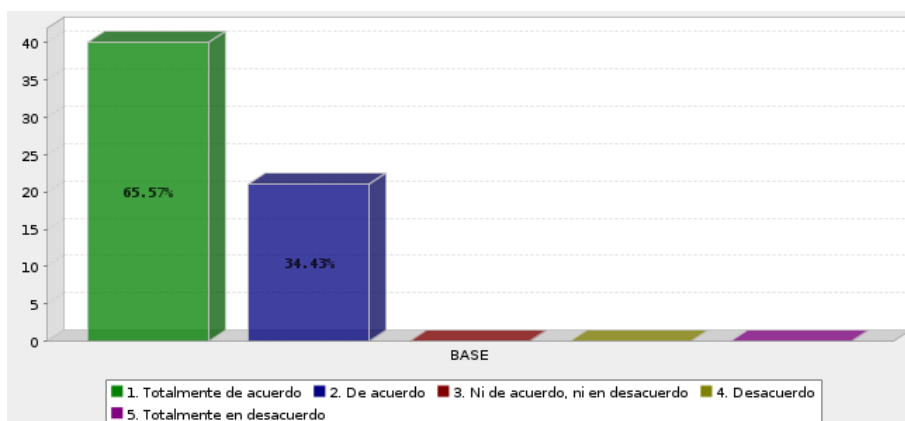


Ilustración 4-16: Gráfica de resultados pregunta 4

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los estudiantes encuestados, 40 estudiantes dijeron que están “totalmente de acuerdo” y 21 estudiantes están “de acuerdo” que el módulo didáctico funciona de manera correcta, como se observa en la tabla 4-27.

Tabla 4-27: Resultados de la pregunta 4

Puntaje CSAT	Respuestas	Estudiantes	Porcentaje
5	Totalmente de acuerdo	40	65.57%
4	De acuerdo	21	34.43%
3	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	0	0.00%

2	Desacuerdo	0	0.00%
1	Totalmente en desacuerdo	0	0.00%
	Total	61	100%
Media: 1.344	Intervalo de confianza de 95%: [1.224 - 1.464]	Desviación estándar: 0.479	Error estándar: 0.061

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se obtuvo un CSAT del 100%, evidenciando que todos los usuarios afirman que el módulo didáctico funciona de manera correcta, y cumple con las tareas de transporte, identificación y clasificación.

5. ¿Cree usted que el módulo didáctico se acerca a la realidad de una línea de producción automatizada para el transporte, identificación y clasificación de autobuses?

En la ilustración 4-17 se puede evidenciar los resultados de las respuestas emitidas por los 61 estudiantes encuestados.

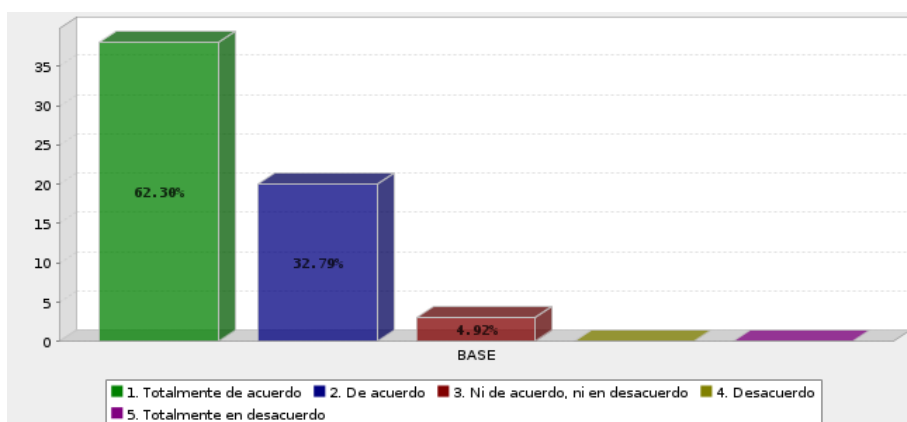


Ilustración 4-17: Gráfica de resultados pregunta 5

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los estudiantes encuestados, 38 estudiantes dijeron que están “totalmente de acuerdo”, 20 estudiantes están “de acuerdo” y 3 estudiantes no están “de acuerdo ni en desacuerdo”, que el módulo didáctico se asemeja a la realidad de una línea de producción automatizada dedicada al transporte, identificación y clasificación, como se observa en la tabla 4-28.

Tabla 4-28: Resultados de la pregunta 5

Puntaje CSAT	Respuestas	Estudiantes	Porcentaje
5	Totalmente de acuerdo	38	62.30%
4	De acuerdo	20	32.79%
3	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3	4.92%
2	Desacuerdo	0	0.00%
1	Totalmente en desacuerdo	0	0.00%
	Total	61	100%
Media: 1.426	Intervalo de confianza de 95%: [1.278 - 1.574]	Desviación estándar: 0.590	Error estándar: 0.076

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se obtuvo un CSAT del 95.08%, siendo un puntaje muy bueno, evidenciando que la mayoría de usuarios afirman que el módulo didáctico se acerca a la realidad de una línea de producción automatizada dedicada al transporte, identificación y clasificación.

6. Al utilizar el módulo didáctico, ¿Qué conocimientos cree usted que adquirió o fortaleció en su aprendizaje? Puede elegir varias opciones.

En la ilustración 4-18 se puede evidenciar los resultados de las respuestas emitidas por los 61 estudiantes encuestados.

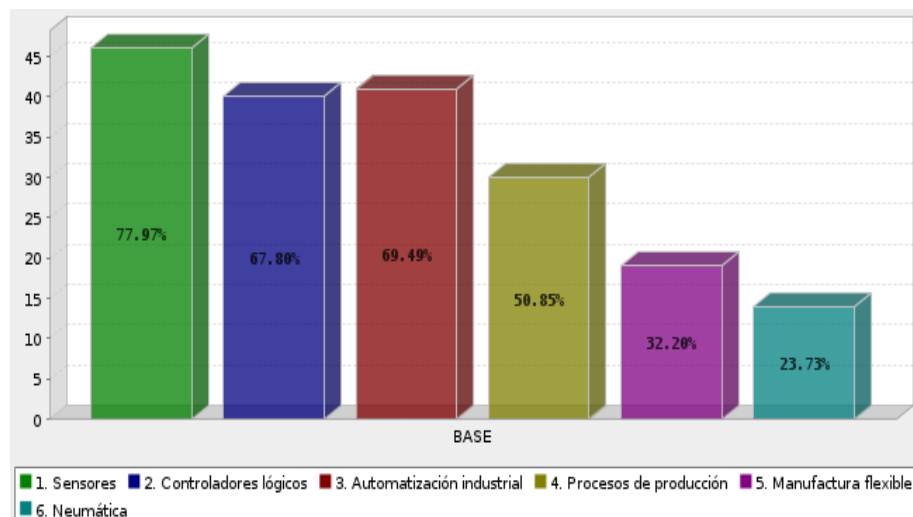


Ilustración 4-18: Gráfica de resultados pregunta 6

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

Al ser una pregunta de selección múltiple, los conocimientos adquiridos o reforzados con mayor puntuación es el tema de sensores, seguido de controladores lógicos, automatización industrial, procesos de producción, manufactura flexible y con menos puntuación el tema de neumática, como se observa en la tabla 4-29.

Tabla 4-29: Resultados de la pregunta 6

Puntaje CSAT	Respuestas	Estudiantes	Porcentaje
-	Sensores	46	77.97%
-	Controladores lógicos	40	67.80%
-	Automatización industrial	41	69.49%
-	Procesos de producción	30	50.85%
-	Manufactura flexible	19	32.20%
-	Neumática	14	23.73%
Media: 2.884	Intervalo de confianza de 95%: [2.664 - 3.104]	Desviación estándar: 1.549	Error estándar: 0.112

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se puede concluir que el módulo didáctico ayuda al estudiante a conocer o reforzar temas relacionados a la automatización.

7. En comparación de las clases teóricas impartidas tradicionalmente por parte del docente, ¿cree usted que obtuvo una mejor comprensión de los procesos de producción, manufactura flexible y automatización, mediante el uso del módulo didáctico?

En la ilustración 4-19 se puede evidenciar los resultados de las respuestas emitidas por los 61 estudiantes encuestados.

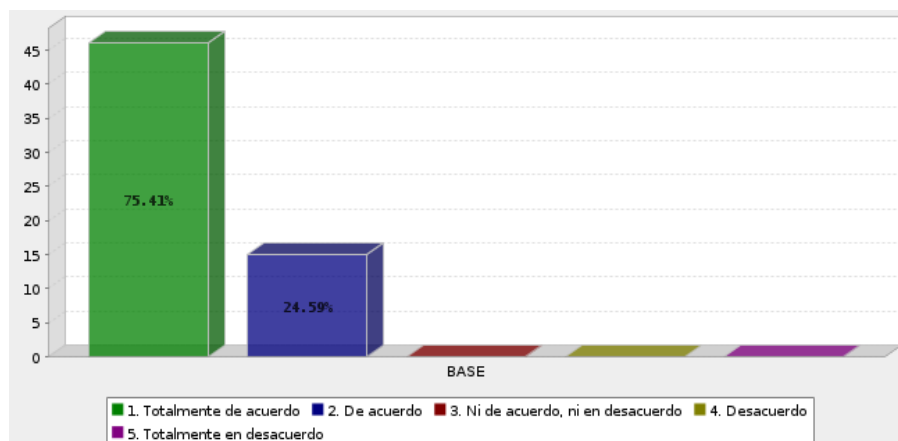


Ilustración 4-19: Gráfica de resultados pregunta 7

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los estudiantes encuestados, 46 estudiantes dijeron que están “totalmente de acuerdo” y 15 estudiantes están “de acuerdo”, que haciendo el uso del módulo didáctico obtuvieron una mejor comprensión de temas relacionados a automatización, saliendo de la línea tradicional de impartir clases por parte del docente, como se observa en la tabla 4-30.

Tabla 4-30: Resultados de la pregunta 7

Puntaje CSAT	Respuestas	Estudiantes	Porcentaje
5	Totalmente de acuerdo	46	75.41%
4	De acuerdo	15	25.59%
3	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	0	0.00%
2	Desacuerdo	0	0.00%
1	Totalmente en desacuerdo	0	0.00%
	Total	61	100%
Media: 1.246	Intervalo de confianza de 95%: [1.137 - 1.355]	Desviación estándar: 0.434	Error estándar: 0.056

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se obtuvo un CSAT del 100%, demostrando que con el uso del módulo didáctico los estudiantes obtuvieron una mejor comprensión de temas relacionados a automatización.

8. En general ¿qué tan satisfactorio estuvo su experiencia con el módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala?

En la ilustración 4-20 se puede evidenciar los resultados de las respuestas emitidas por los 61 estudiantes encuestados.

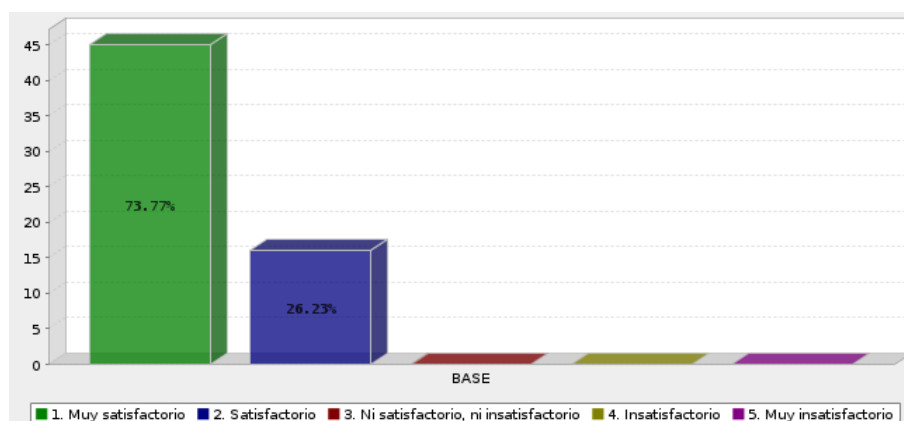


Ilustración 4-20: Gráfica de resultados pregunta 8

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los estudiantes encuestados, 45 estudiantes están “muy satisfechos” y 16 estudiantes están “satisfechos” con la experiencia que tuvieron con el módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala, como se observa en la tabla 4-31.

Tabla 4-31: Resultados de la pregunta 8

Puntaje CSAT	Respuestas	Estudiantes	Porcentaje
5	Muy satisfactorio	45	73.77%
4	Satisfactorio	16	26.23%
3	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	0	0.00%
2	Insatisfactorio	0	0.00%
1	Muy insatisfactorio	0	0.00%
	Total	61	100%
Media: 1.262	Intervalo de confianza de 95%: [1.151 - 1.374]	Desviación estándar: 0.444	Error estándar: 0.057

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Se obtuvo un CSAT del 100%, demostrando que los estudiantes tuvieron una experiencia satisfactoria con el módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala.

4.7.2. Análisis de encuesta de validación por expertos

En este apartado se da a conocer las preguntas planteadas a tres expertos de la temática relacionada a este trabajo de integración curricular, para ello se tomaron perfiles de ingenieros de la empresa ambateña CIAUTO relacionada al ensamblaje de vehículos Great Wall, mediante una línea automatizada, en el ANEXO E se adjuntan las evidencias de la encuesta.

1. Escoja el tiempo de experiencia laboral.

En la ilustración 4-21 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

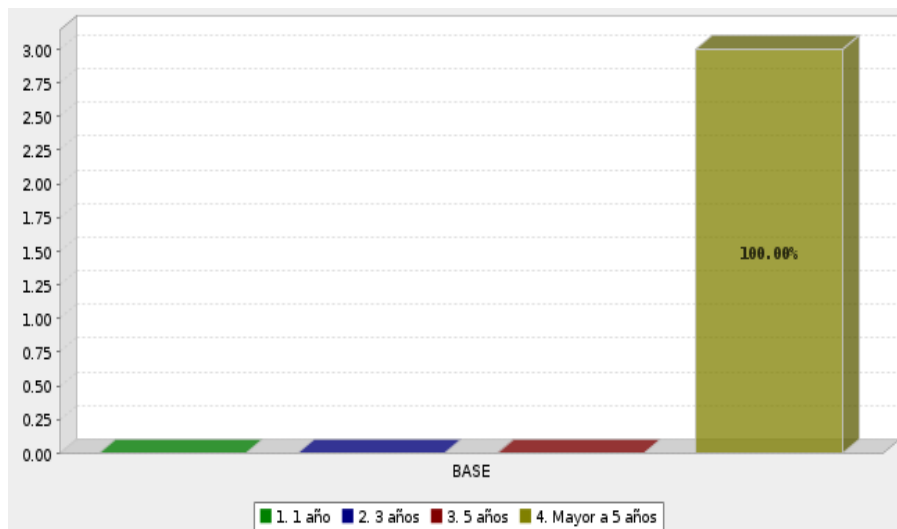


Ilustración 4-21: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

Como se evidencia en la ilustración 4-23, todos los expertos cuentan con una experiencia laboral mayor a 5 años, por tanto, cuentan con gran experticia en el ensamblaje de vehículos, y están al tanto de sistemas de producción automatizados reales.

2. Escoja los campos en los cuales se ha desempeñado durante su vida profesional.

En la ilustración 4-22 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

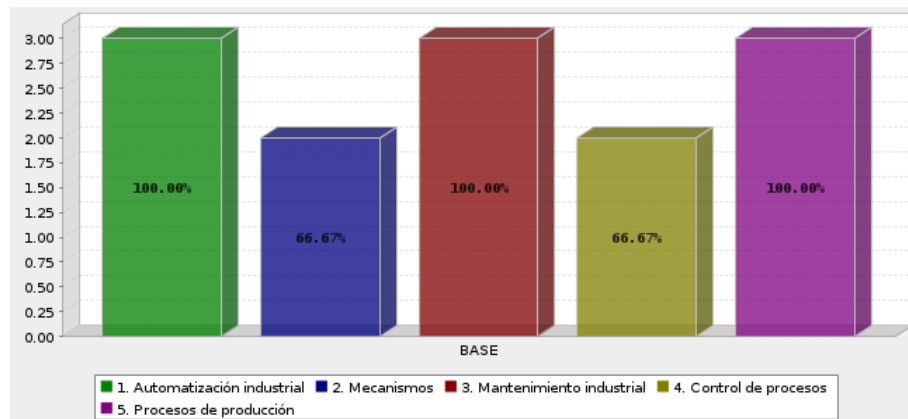


Ilustración 4-22: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los expertos encuestados, los tres ingenieros se han desempeñado en automatización industrial, mantenimiento industrial y procesos de producción y dos ingenieros se han desempeñado en mecanismo y control de procesos.

3. ¿Cuál es su nivel de preparación?

En la ilustración 4-23 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

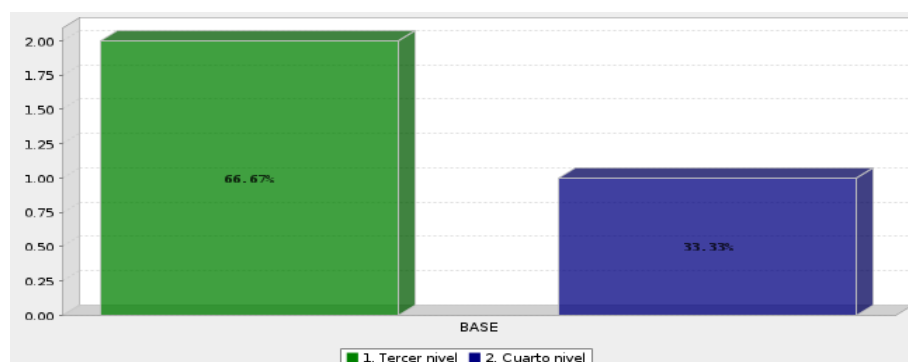


Ilustración 4-23: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los expertos encuestados, los tres ingenieros cuentan con un título de tercer nivel, pero un ingeniero cuenta adicionalmente con un título de cuarto nivel en “Gerencia integrada de la calidad e innovación”.

4. Utilizó el módulo didáctico denominado “Implementación de un módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala”

En la ilustración 4-24 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

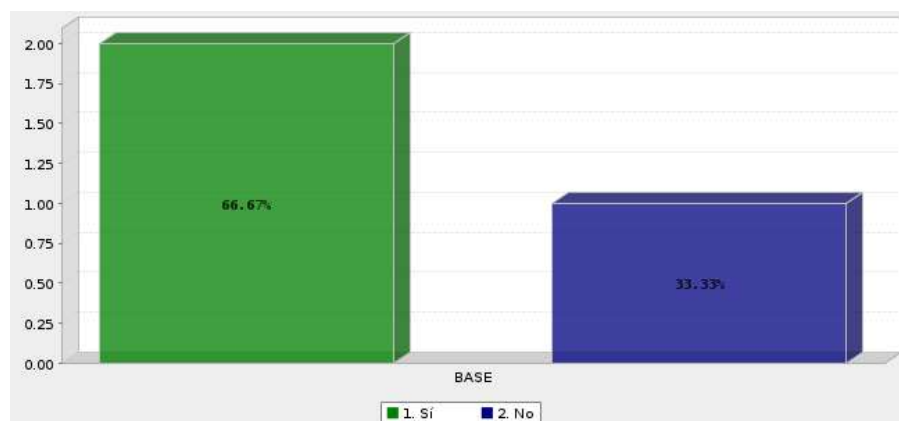


Ilustración 4-24: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los expertos encuestados, dos ingenieros afirman haber utilizado el módulo didáctico y un ingeniero responde que no, y esto se debe a que su experiencia con el módulo fue a través de una video llamada, constatando el funcionamiento del mismo.

5. ¿Considera usted que la implementación del módulo didáctico funciona de manera correcta?

En la ilustración 4-25 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

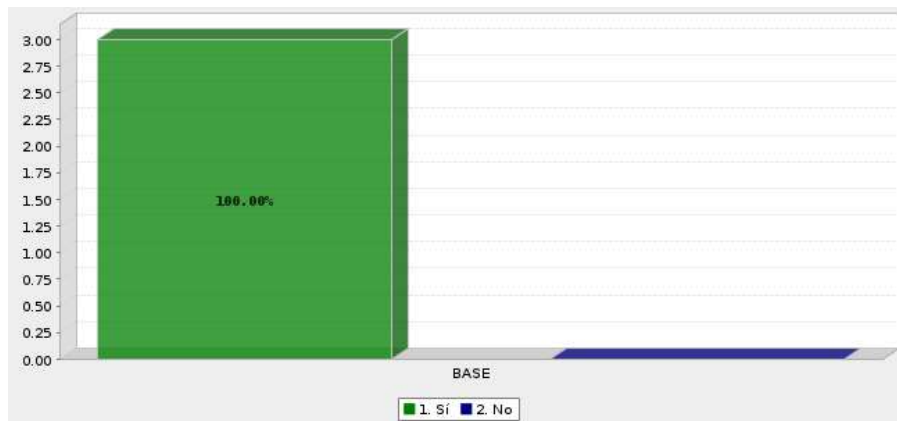


Ilustración 4-25: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los expertos encuestados, los tres ingenieros afirman que el módulo funciona correctamente, cumpliendo con su objetivo de transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala.

6. Considera usted que la implementación del módulo didáctico servirá como un método de enseñanza para estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización.

En la ilustración 4-26 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

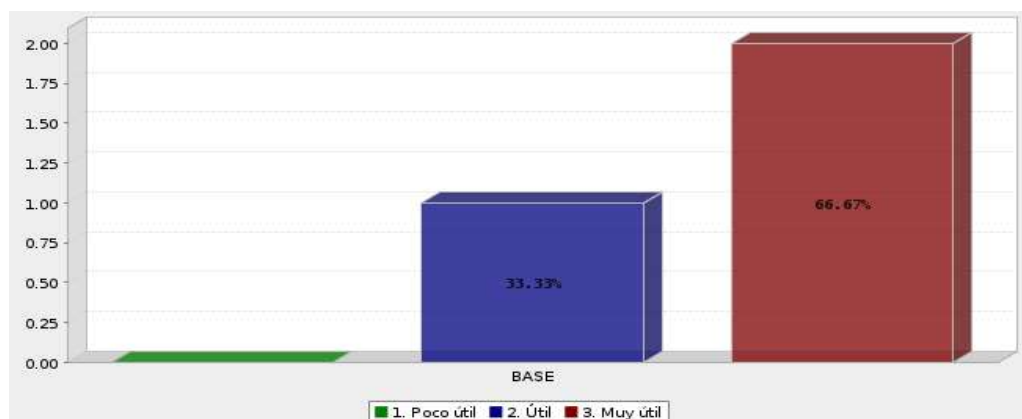


Ilustración 4-26: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los expertos encuestados, dos ingenieros consideran que es “muy útil” y un ingeniero considera que es “útil” el módulo didáctico como método de enseñanza para los estudiantes de la Facultad de Informática y Electrónica.

7. Al utilizar el prototipo, que conocimientos ¿cree usted que se fortalecerán en un estudiante de pregrado?

En la ilustración 4-27 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

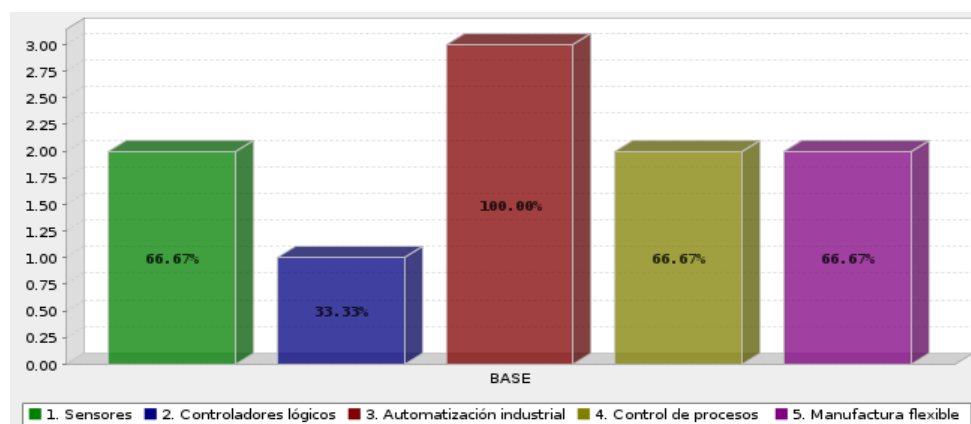


Ilustración 4-27: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los expertos encuestados, los tres ingenieros consideran que el estudiante fortalecerá conocimientos de automatización industrial, dos ingenieros consideran que se aprenderá más de sensores, control de procesos y manufactura flexible, y un ingeniero considera que también se estudia controladores lógicos.

8. ¿Ha visto usted este tipo de clasificación en otros procesos de producción?

En la ilustración 4-28 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

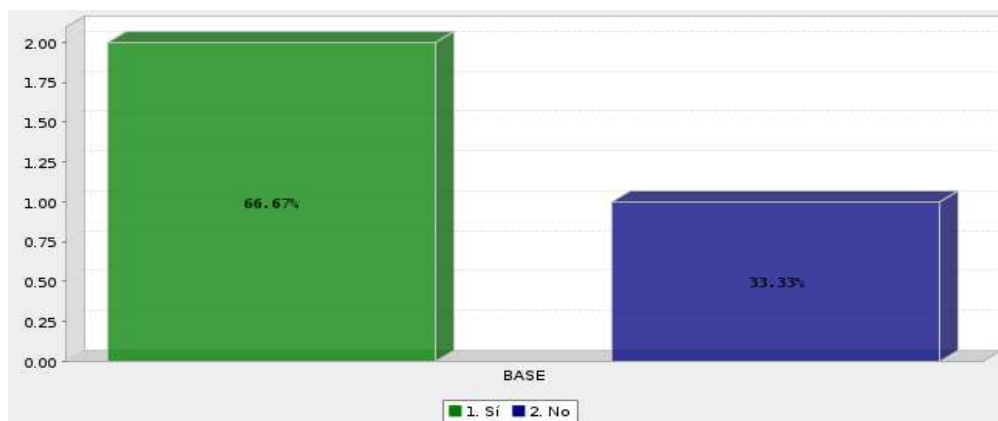


Ilustración 4-28: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los expertos encuestados, dos ingenieros afirman haber visto este tipo de clasificación en otros procesos industriales, y un ingeniero indica no haber visto algo similar en su formación.

9. ¿Considera usted que el módulo didáctico es escalable y pudiera ser modificado para cumplir diferentes criterios de clasificación o incluso otro proceso de producción?

En la ilustración 4-29 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

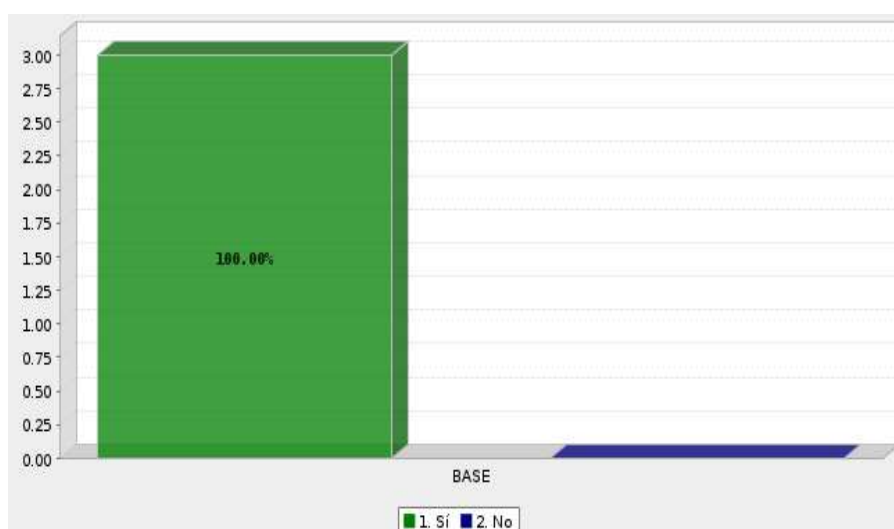


Ilustración 4-29: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos

Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los expertos encuestados, los tres ingenieros indican que el módulo didáctico es escalable y puede ser modificado para cumplir diferentes criterios de clasificación o incluso otro proceso de producción

10. ¿Considera usted que el módulo cumple con las funciones de transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala?

En la ilustración 4-30 se puede evidenciar los resultados obtenidos por parte de tres expertos en la temática relacionada.

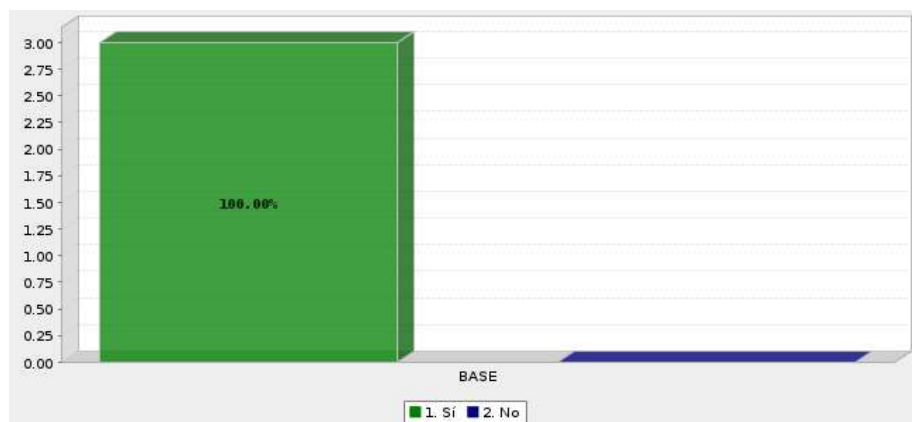


Ilustración 4-30: Gráfica de resultados de la pregunta 1 de la validación por expertos
Realizado por: Barrionuevo, R.; Tipanluisa, J., 2023.

Análisis

De los expertos encuestados, los tres ingenieros indican que el módulo cumple con las funciones de transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala, por tanto, la implementación del módulo didáctico tiene aceptación de los expertos cumpliendo con las tareas requeridas, además de ser una herramienta de aprendizaje que los estudiantes pueden emplear para reforzar sus conocimientos de automatización y temáticas relacionadas.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se implementó un módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala obteniendo un sistema automatizado que aportará en la adquisición y refuerzo de conocimientos de los estudiantes de la escuela de ingeniería electrónica y automatización de la ESPOCH.

El módulo didáctico realiza cuatro clasificaciones sobre el cubículo de almacenamiento, que dependen de señales enviadas por los sensores, siendo 58 segundos el mayor tiempo que se demora en colocar el autobús a escala sobre la zona más lejana.

Una vez implementado el diseño mecánico y eléctrico del módulo didáctico automatizado no presenta errores de lectura de los diferentes parámetros de la carrocería por tanto no ocasiona errores de clasificación, con las pruebas de funcionamiento se determina un 100% de efectividad en su implementación es decir cumple con el propósito planteado.

De las encuestas realizadas a los estudiantes en todas las preguntas se obtuvieron un índice de satisfacción de usuario mayor del 95% mostrando que los estudiantes tuvieron una experiencia positiva con el módulo didáctico, además de reforzar sus conocimientos con clases más interactivas.

De las encuestas realizadas a expertos, los tres ingenieros indican que el módulo cumple con los requerimientos establecidos, cumpliendo con las tareas requeridas, mostrando que el módulo didáctico es una herramienta de aprendizaje que los estudiantes pueden emplear para reforzar sus conocimientos de automatización y temáticas relacionadas.

5.2. Recomendaciones

Implementar un HMI físico que sea parte del módulo didáctico, para no tener la necesidad de usar una interfaz desde una computadora.

Realizar pruebas comparativas con sistemas automatizados similares que cuenten con manipuladores cartesianos, con el fin de determinar cuán eficiente es el utilizado en el prototipo.

Añadir etiquetas industriales adhesivas en los conductores eléctricos, para de esta manera facilitar la identificación en una posible reprogramación del módulo didáctico.

Minimizar los tiempos de desplazamiento sobre el portal de cargas, mediante el uso de otros actuadores eléctricos y/o neumáticos.

BIBLIOGRAFÍA

AYRFUL. *Oportunidades de Mejora en el Sector de Demanda de Aire Comprimido: La Importancia de un Adecuado Control de la Presión del Sistema* [en línea]. Argentina: Copyright, 2022. [Consulta: 15 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.ayrful.com.ar/oportunidades-de-mejora-en-el-sector-de-demanda-de-aire-comprimido-la-importancia-de-un-adecuado-control-de-la-presion-del-sistema/>.

BLANDÓN LONDOÑO, S. et al. “La gamificación como herramienta para el acercamiento de estudiantes de ingeniería industrial a las celdas de manufactura flexible”. *Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI* [en línea], 2021, 1(10), pp.1-10. [consulta: 20 agosto 2023]. ISBN. 9789-5868. Disponible en: 10.26507/ponencia.1611.

BRUNETE, A. et al. *Introducción a la Automatización Industrial* [en línea]. España: Universidad Politécnica de Madrid, 2020. [Consulta: 15 agosto 2023]. Disponible en: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/.

CHAVARRIAGA LÓPEZ, C.C. et al. Diseño y fabricación de un módulo didáctico para practicas neumáticas [en línea] (Trabajo de titulación). (Titulación) Universidad de Pascual Bravo, Madrid, España, 2018. pp.1-89. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/531>.

CHILUISA, CRISTIAN. Implementación de un sistema automatizado con control HMI-SCADA para el proceso de embotellado de líquidos [en línea] (Trabajo de titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2020. pp.1-95. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/13936>.

COLETTI ROMERO, E. & RIOJAS CAÑARI, A.C. “Balance de línea de producción en una empresa de calzado mediante la metaheurística búsqueda tabú”. *Revista peruana de computación y sistemas*, [en línea], 2018, 1(1), pp.1-45. [Consulta: 20 agosto 2023]. ISSN. 1015-9514. Disponible en: 10.15381/rpcs.v1i1.14853.

CORONA, L. et al. *Sensores y actuadores; aplicaciones con arduino* [en línea]. 2a. México: Grupo Editorial Patria, 2019. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/bibliotecaups/titulos/121284>.

DELGADO, R. *¿Sabes qué es un sistema HMI y para qué se utiliza?* [en línea]. España: INESEM, 2019. [Consulta: 20 julio 2023]. Disponible en: <https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/que-es-un-sistema-hmi/>.

DFROBOT. *TB6600_Stepper_Motor_Driver_SKU__DRI0043-DFRobot* [en línea]. EE.UU: Dfrobot, 2020. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: https://wiki.dfrobot.com/TB6600_Stepper_Motor_Driver_SKU__DRI0043.

EDS ROBOTICS. *Automatización de líneas de producción, packaging, final de línea* [en línea]. España: Editorial EDS, 2020. [Consulta: 7 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.edsrobotics.com/blog/automatizacion-final-linea-produccion/>.

ELECTRONIC COMPONENTS. *Motor paso a paso – tipos y ejemplos del uso de motores paso a paso | Distribuidor de componentes electrónicos.* Argentina: Transfer Multisort Elektronik. 2020, pp.1-89.

EMJUVI. *Cinta transportadora* [en línea]. Ecuador: Editorial Nuevo Amanecer, 2016. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://emjuvi.com/cintas-transportadoras-industriales/cinta-transportadora-curva-90.html>.

ESCRIG, O. et al. 2020. “Distributed implementation of Grafccets through”. *International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation* [en línea], 2020, 1(3), pp. 402-409. [Consulta: 10 julio 2023]. ISBN 7281-8956. Disponile en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9212087>.

FESTO. *Cilindro de simple efecto* [en línea]. España: Festo, 2023. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: https://www.festo.com/co/es/p/cilindro-redondo-de-simple-efecto-id_ESNU_PUB/?page=0&q=cilindro simple~%3AfestoSortOrderScored.

FESTO AG & C, O. *Sistemas de manipulación cartesiana: comparación técnica con robots clásicos* [en línea]. España: Libro blanco, 2013. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/301263/White_Paper_Kartesische_Handling_Systeme_ES.pdf.

FONSECA, M. *Amplificador Chopper como acondicionador de señales para sensores magnéticos.* [en línea]. Buenos Aires: San Martín, 2020. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en:

<https://ri.unsam.edu.ar/handle/123456789/1758>.

GARCÍA, E., 2020. *Automatización de procesos industriales: robótica y automática* [en línea]. España: Universitat Politecnica de Valencia, 2020. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/129686>.

GARCÍA, J. et al. “Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica”. *Investigación en Educación Médica* [en línea], 2013, 2(8), p.5. [Consulta: 16 agosto 2023]. ISSN. 2007-5057. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-investigacion-educacion-medica-343-articulo-calculo-del-tamano-muestra-investigacion-S2007505713727157>.

HANDOKO, F. et al. “A green-based manufacturing system to solve pallet shortage problems”. *Heliyon* [en línea], 2021, 7(4), pp.4-7. [consulta: 20 agosto 2023]. ISSN. 2405-8440. Disponible en: 10.1016/j.heliyon.2021.e06823.

INDUSTRIALES ANDES. *Sensor Airtac Switch CSI-M* [en línea]. México: Industriales Andes, 2023. [Consulta: 18 julio 2023]. Disponible en: <https://industrialesandes.co/neumatica/226-sensor-airtac-switch-cs1-m.html>.

LOAYZA, JAHDAL. *Rediseño del sistema de aire comprimido para la empresa laboratorios farmaceuticos Vita* [en línea]. La Paz: Mayor de San Andrés, 2023. [Consulta: 15 agosto 2023]. Disponible en: <https://umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/31479/PG-8387.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LÓPEZ, P. *Sistemas de control integrados en bienes de equipo y maquinaria industrial y elaboración de la documentación técnica* [en línea]. España: IC Editorial, 2019. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/54337>.

MARTÍNEZ, Á. et al. *Capacidad de absorción y tecnología flexible: influencias en empresas innovadoras.* Ecuador: Economía Industrial, 2018, p.6.

MECATRONICA. *Fuente de Alimentación 24V 5A 120W* [en línea]. Argentina: Megatronica, 2023. [Consulta: 9 junio 2023]. Disponible en: <https://megatronica.cc/producto/fuente-de-alimentacion-24v-5a-120w/>.

MONTOYA, J. *Procedimiento jerárquico basado en optimización y simulación para la gestión*

de vehículos en sistemas automatizados de manufactura. Ecuador: Revista Pontificia Universidad Javeriana, 2010, p.1.

MOURTZIS, D. et al. “The Future of the Human–Machine Interface (HMI) in Society 5.0”. *Future Internet* [en línea], 2023, 15(5), pp.6-89. [Consulta: 1 agosto 2023]. ISSN 1999-5903. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1999-5903/15/5/162>.

NELCO. *Cilindros neumáticos - Nelco - Fabricación y en stock - Piston pneumatic* [en línea]. México: Revista Nelco, 2016. [Consulta: 7 julio 2023]. Disponible en: <http://nelco.com.mx/cilindros-neumaticos2/>.

ORTEGA, C. *¿Qué es CSAT o Customer Satisfaction Score?* [en línea]. España: Editorial QuestionPro, 2019. [Consulta: 9 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-csat/#:~:text=El>.

PARDO, J. *Montaje y puesta en marcha de sistemas robóticos y sistemas de visión en bienes de equipo y maquinaria industrial*[en línea]. España: Editorial FMEE0208, 2022. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/226993?page=11>.

PARRA, F. & DÍAZ, A. *Máquina automática envasadora de resina base en agua en presentación de litro y galón mediante PLC e interfaz HMI*. [en línea] (Trabajo de titulación). (Titulación) Universidad Israel, Quito, Ecuador, 2019. pp.1-29. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2101>.

PEDRAZA SÁNCHEZ, E. et al. “La aplicación del conocimiento por los trabajadores en los sistemas productivos. Un análisis desde el taylorismo, el fordismo y la producción”. *Revista Innovaciones de Negocios* [en línea], 2018, 14(27), pp.1-87. [consulta: 20 agosto 2023]. ISSN. 1541-1012. Disponible en: <https://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/264>

REA, S. y BASANTES, D. *Sistema de manufactura flexible orientado a industria 4.0*. Ambato: Editorial UTA. 2019, p.1.

RIVADENEIRA, C. *Propuesta de un modelo de simulación en el laboratorio de ingeniería de producción industrial de la Universidad de las Américas, para mejorar la productividad en procesos industriales*. Quito: Editotial Las Américas, 2017, p.4.

RIVERA, L.J.R. *Módulo de prueba con servomotores, motores paso a paso, motores de corriente directa utilizando tarjeta raspberry pi para mejorar el desarrollo de las prácticas de robótica*. Quito: Editorial Ciencias Técnicas, 2018, p.1.

ROJAS, J. et al. “Diseño de un sistema robótico cartesiano para aplicaciones industriales”. *Revista Facultad de Ingeniería* [en línea], 2003, 11(2), pp.1-74. [Consulta: 14 agosto 2023]. ISSN 0717-1072. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11411102>.

ROSAS ALMEIDA, D.I. et al. “Control Robusto de un Actuador Neumático Basado en la Estructura de Control con Compensación Activa de Perturbaciones para Seguimiento de Trayectorias”. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial* [en línea], 2019, 16(2) pp.1-16. Disponible en: 10.4995/riai.2018.9073.

SÁNCHEZ, G., et al. *Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones en el Balanceo de Líneas de Manufactura Flexible con un Enfoque de Gestión del Conocimiento*. Ecuador: Ediciones inti Libros, 200, pp.1-54.

SANTAMARÍA, J. et al. “Implementación de nuevos procesos de fabricación y ensamble de carrocerías para buses tipo BRT”. *Ingeniería y competitividad*. [en línea], 2021, 24(1), p.12. [Consulta: 20 agosto 2023]. ISSN. 0123-3033. Disponible en: 10.25100/iyc.v24i1.10889.

SCHNEIDER ELECTRIC. *Pulsador rojo Ø 22mm, retorno de resorte nivelado, 1 NC / Schneider Electric* [en línea]. Colombia: Nuevas publicaciones, 2023. [Consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.se.com/co/es/product/XB4BA42/pulsador-rojo-ø-22mm-retorno-de-resorte-nivelado-1-nc/?%3Frange=632-harmony-xb4&parent-subcategory-id=89188&selected-node-id=12106249574>.

SCHNEIDER ELECTRIC. *Motor paso a paso de 3 fases*. [en línea]. México: Editorial Nuevo Mexéxico, 2023. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.se.com/es/es/product/BRS366H030AAA/3phase-stepper-motor-1-02-nm-shaft-ø6-35-mm-156-mm-without-brake-wire/?%3Frange=2227-lexium-sd3-y-motores&node=12367270650-motores-paso-a-paso&parent-subcategory-id=2955&selected-node-id=12367270682>.

SDINDUSTRIAL. *Línea De Producción ¿Qué Es Y Cómo Funciona?* [en línea]. México: Ediciones SDI, 2022. [Consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en:

<https://sdindustrial.com.mx/blog/linea-de-produccion/>.

SERRANO, C. La automatización avanza en el Ecuador[en línea] Ecuador: Vistazo, 2020. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.vistazo.com/enfoque/la-automatizacion-avanza-en-el-ecuador-PDVI211691>.

SICK. *Sensores de color* [en línea]. España: Editorial Sick, 2023. [Consulta: 9 junio 2023]. Disponible en: <https://www.sick.com/es/es/sensores-de-color/sensores-de-color/csm1/csm1-p1114/p/p138051>.

SMC. *Pinza SMC MHZ2-16D tipo paralelo* [en línea]. España: Edi. SMC [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.smc-pneumatics.com/MHZ2-16D.html>.

STEPPERONLINE. *Nema 23 Bipolar 1.8grados 1.9Nm (269oz.in) 2.8A 57x57x76mm 4 Hilos - 23HS30-2804S/STEPPERONLINE* [en línea]. España: Editorial Stepperonline, 2023. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.omc-stepperonline.com/es/nema-23-bipolar-1-8grados-1-9nm-269oz-in-2-8a-3-2v-57x57x76mm-4-hilos-23hs30-2804s>.

TAMESON. *Pinzas neumáticas - Cómo funcionan* [en línea]. España: Tameson, 2023. [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <https://tameson.es/pages/pinzas-neumaticas-como-funcionan>.

TAPIA, F. et al. “Pruebas para comprobar la normalidad de datos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk Y Kolgomorov-Smirnov”. *Periodicidad: Semestral*, vol. 1, n°2 (2021), pp.1-85.

VALBUENA, C. *La innovación de procesos y el papel de los indicadores de desempeño*. Ecuador: Kawak, 2021, pp.1-24.

VALLEJO, M. *Introducción a la adquisición y acondicionamiento de señales* [en línea]. Ecuador: Ereader, 2022. [Consulta: 8 junio 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/216779/>.

VARGAS, M. “Estrategias educativas y tecnología digital en el proceso enseñanza aprendizaje” *Scielo* [en línea], 2020, 1(4), p.6-32. [Consulta: 20 agosto 2023]. ISBN. 1562-6776. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1652-67762020000100010&nrm=iso.

WECON. *Better Team, Better Products, Contribute to Intelligent Manufacturing* [en línea]. Ecuador: Edit. WECON, 2021. [Consulta: 16 agosto 2023]. Disponible en: https://www.wecon.com.cn/en/product_page/1796.html.

XCPC. *Series - Pneumatic Cylinder.Air Source Treatment Units.Direction Valve.Fluid Solenoid Valve.Pneumatic Accessories.China, factory,manufacturer, Supplier* [en línea]. Argentina: XCPC, 2019. [Consulta: 25 junio 2023]. Disponible en: <http://www.china-pneumatic.com/4V-3V-100-4A-3A-100-Series.html>.

ANEXOS

ANEXO A: HOJA DE DATOS DE PLC WECON LX5S 1616MR



LX5S 1616M/2416M

Admite modificar la frecuencia y la posición durante la ejecución del pulso;
 Admite la tasa de bruidos más alta: 921600;
 Soporta interrupción de temporizador de alta velocidad 100us;
 Admite hasta 100 interrupciones de contador de alta velocidad;
 Soporta E-CAM;
 Soporta equipos electrónicos;
 Admite autoajuste eficiente y estable de PID y CCPID;
 Admite módulos de la serie LX 3V;
 fuente de alimentación USB;
 Software LX5V;
 0.03us-0.08us velocidad de ejecución.

GENERAL

Artículo	Serie LX 5 S
Modo de ejecución	Escanear redondo / Interrupción / Evento
Programación	Lista de instrucciones (diagrama de escalera)
Instrucciones Totales	Instrucciones básicas: 29 / Instrucciones de aplicación: 170
tiempo de ejecución	Instrucciones Básicas: 0.03-0.08 us
Almacenamiento del sistema	512 KB
Descarga/ Monitoreo	Cable de programación (tipo serie) / Micro USB
Salida de pulsos de alta velocidad	tipo de transistor, 2 canales/200KHz
Interrupción de entrada externa	X0-X 5 admite flancos ascendentes y descendentes
interrupción del temporizador	100 canales, admite interrupción de 0,1 ms
Entrada de alta velocidad única	6 canales 150 K Hz;
Fase AB de entrada de alta velocidad	3 canales 100 K Hz, admite 2 o 4 tiempos de frecuencia;
Direcciones de tenencia	Ajustado por software
Almacenamiento	DESTELLO
Filtrar	Para todos los terminales de entrada X
Puerto serial	COM1 (RS422/RS485), COM2 (RS485)

FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Artículo	C.A.	corriente continua
Fuente de alimentación	CA 85 ~2 65 V 50 ~ 60 Hz	24 V CC \pm 10 %
Tiempo de corte de energía	10ms	10ms
Fusible de potencia	250V 3.15A	250V 3.15A
Corriente de punta	<15A 5ms / CA 100V; <30A 5ms / CA 200V	<15A 1ms / CC 24V
El consumo de energía	< 60W _	<30W
Salida de potencia	CC 24 V 700 mA	<30w (no incluye la fuente de alimentación externa para módulos)

ANEXO B: HOJA DE DATOS DE SENSOR INDUCTIVO LJ12A3-4-Z/AY

LJ12A3-4-Z/BX

(A-RF-C-00014)

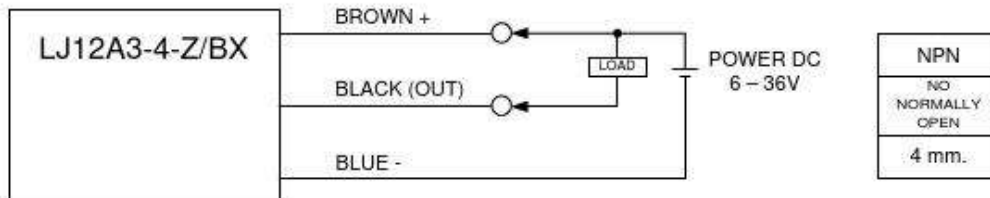
*** 140.-**



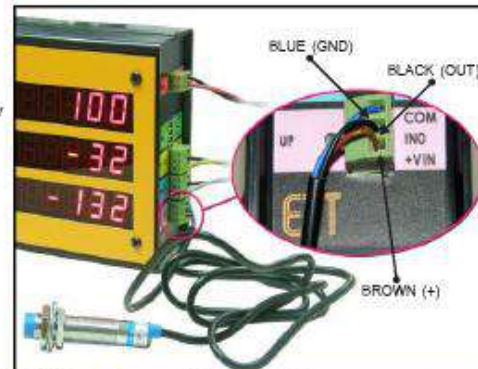
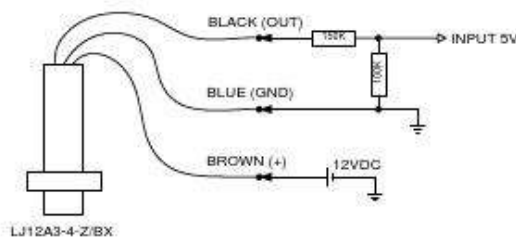
INDUCTIVE PROXIMITY SENSOR LJ12A3-4-Z/BX
 NPN, 3 WIRE ON, DIAMETER 12 mm.,
 PROXIMITY SW. (ใช้ได้กับโลหะเท่านั้น ในการตรวจจับ),
 ระยะตรวจจับ 4 mm.,
 พร้อม LED สีสแดง แสดงผลสถานะการตรวจจับ



MODEL	LJ12A3-4-Z/BX
OUTPUT	NPN, 3 WIRE, NO (NORMAL OPEN)
WORK VOLTAGE	6VDC - 36VDC
OUTPUT CURRENT	300mA. (SINK)
SIZE	DIA. 12 mm. L : 64 mm.(BODY)
CABLE LENGTH	100 cm.
DETECTION RANGE	4 mm.
DETECTION OF BOJECT	METAL (COPPER, IRON, ALUMINIUM ETC.)



• การต่อกับระบบ 5V TTL ไมครนชิปไฟเลี้ยง SENSOR 12VDC



ETT บริษัท อีทีที จำกัด
 ETT CO., LTD.

Tel : 02-7121120
 e-mail : sales@ettteam.com
 www.ettteam.com

Fax : 02-3917215
 Line ID : ettteam1

• ราคาสินค้าในใบรวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% บริษัทขอสงวนสิทธิ์ในการ
 เปลี่ยนแปลงรายละเอียดสินค้าโดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

ANEXO C: HOJA DE DATOS DE SENSOR MAGNÉTICO

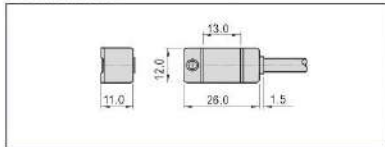
Sensor switch



CS1-U Series



Dimensions



The ordering code of mounting accessories

Bore size/Series	SC SCL	SU, SUL	SI, SIL	JSI
32	F-SC32H	F-SU32H	F-SI32H	F-JSI32H
40	F-SC40H	F-SU40H	F-SI40H	F-JSI40H
50	F-SC50H	F-SU50H	F-SI50H	F-JSI50H
63	F-SC63H	F-SU63H	F-SI63H	F-JSI63H
80	F-SC80H	F-SU80H	F-SI80H	F-JSI80H
100	F-SC100H	F-SU100H	F-SI100H	F-JSI100H
125	-	-	F-SI125H	F-JSI125H
160	-	-	F-SI160H	-
200	-	-	F-SI200H	-

Specification

Item/Type	CS1-U	CS1-UX
Switch logic		STSP Normally opened type
Switch type		Reed switch with contact
Operating voltage(V)		5-240V AC/DC
Max. Switching current(A)		100
Switching rating(W)		Max. 10
Current consumption		No
Voltage drop		2.5V Max. @100mA DC
Cable		φ4.0,2C Gray oil resistant PVC (Flame retardant)
Indicator	Red LED	No
Leakage current		No
Sensitivity(Cause)		60-75
Max. Frequency(Hz)		200
Shock(m/s ²)		300
Vibration(m/s ²)		90
Temperature range(°C) (T)		-10~70
Enclosure classification		IP67(NEMA6)
Protection circuit		No

† Note: Please contact us for high temperature resistant(125°C), low temperature resistant(-40~-25°C) and explosion-proof sensor switch.

Ordering code

CS1 U X 020

Number of sensor switch
CS1: Sensor switch

Specification of sensor switch
Specification Product Series
U: U type
SI/SU/SC/JSI/MI/MA50(S)

Model of sensor switch
Blank: two-line magnetic spring pipe with contact/normally opened
X: two-line magnetic spring pipe with contact, without indicator light/normally opened

Connecting way †
C08: M6 quick joint, length of wire is 150mm
C12: M12 quick joint, length of wire is 150mm
020: length of wire is 2m
030: length of wire is 3m
050: length of wire is 5m
100: length of wire is 10m

† Note: The quick joint that is attached at the end of wire is three-needle-male joint-linear-rotary screw thread type. The female joint plug has to be ordered additionally. Please refer to P442 for the specific data.

Mounting

Installation example	Installation method
<p>Fastening screw, Sensor switch, Mounting bracket, Fastening screw, Body</p> <p>Outline 1: Used with SU, SI, JSI series</p>	<p>When the CS1-U, CS1-UX series sensor switch used with different cylinders, different mounting accessories must be ordered. the details are below.</p> <ol style="list-style-type: none"> When it used with MI, MA50, E3 series cylinders, you must order the band unit(the ordering code is GXPAB-01), then depend on the below outline 3, fixed the sensor switch on the proper position of the cylinder's body with the band unit. When it used with SC series cylinders, you must order the Mounting bracket (the ordering code is below table), then depend on the below outline 2, fixed the sensor switch on the proper position of the cylinder's body with the mounting bracket. When it used with SU, SI, JSI cylinders, you must order the mounting bracket(the ordering code is below table), then depend on the below outline 1, fixed the sensor switch on the proper position of the cylinder's body with the mounting bracket.
<p>Sensor switch, Body, Mounting bracket, Fastening screw, Tie rod</p> <p>Outline 2: Used with SC series</p>	
<p>Fastening accessories, Fastening screw, Band unit, Sensor switch, Body</p> <p>Outline 3: Used with MI, MA series</p>	



Sensor switch

ANEXO D: HOJA DE DATOS DE SENSOR ÓPTICO

CSM1-P1114 | CSM1 COLOR SENSORS



Illustration may differ



Ordering information

Type	Part no.
CSM1-P1114	1022569

Other models and accessories → www.sick.com/CSM1

Detailed technical data

Features

Dimensions (W x H x D)	12 mm x 40 mm x 22 mm
Sensing distance	≤ 12.5 mm ¹⁾
Sensing distance tolerance	± 2 mm
Housing design	Rectangular
Light source	LED, RGB ²⁾
Wave length	640 nm, 525 nm, 470 nm
Light spot size	1.5 mm x 6.5 mm
Light spot direction	Vertical
Adjustment	Teach-in button
Teach-in mode	Static 1-point teach-in

¹⁾ From leading edge of lens.

²⁾ Average service life: 100,000 h at T_U = +25 °C.

Mechanics/electronics

Supply voltage	12 V DC ... 24 V DC ¹⁾
Ripple	< 5 V _{pp} ²⁾
Current consumption	< 35 mA ³⁾
Switching frequency	1.5 kHz ⁴⁾
Response time	500 μs ⁵⁾
Switching output	PNP

¹⁾ Limit values: DC 12 V (-10 %) ... DC 24 V (+20 %). Operation in short-circuit protected network max. 8 A.

²⁾ May not exceed or fall below U_V tolerances.

³⁾ Without load.

⁴⁾ With light/dark ratio 1:1.

⁵⁾ Signal transit time with resistive load.

⁶⁾ Reference voltage DC 50 V.

4V、3V Series Solenoid Valve, 4A、3A Series Pneumatic Control Valve



- Except the existing colours, now we have launched black valve body with laser printing model number.
- Other colours of body can be produced if order quantity meets our required.

Product instruction

This solenoid valve is our new developed product. All the installation dimension is the same as 3V, 4V series, and the valve spindle material is still aluminum, but we changed the material outside valve spindle into POM (polyformaldehyde). Then it will be not only the seal-ring that operate separately, which will bring the new product two advantages:

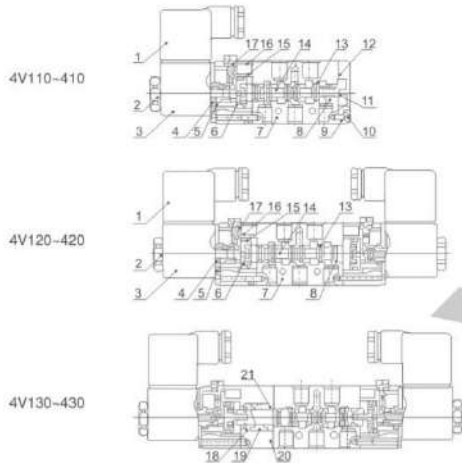
If you need this new product, please add the word "new" (abbreviation "N") after the ordering code, for example: 4V210-08-N.

1. High dust prevention, air-proof
2. One or twice lifetime than normals'

- ① Spool:material aluminum 6061
- ② O-ring:material NBR
- ③ White case:Material POM



4V Series Internal structure



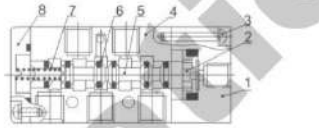
NO	Designation	NO	Designation
1	Connector	12	Seal ring
2	Nut	13	O-Ring
3	Coil	14	Spool
4	Active Amature	15	O-Ring
5	Steel Part	16	Spring
6	Piston	17	Pin
7	Body	18	Spring Seat
8	Wearing	19	Spring
9	End Cap	20	Side Cover
10	Screw	21	Spring Seat
11	Spring		

D

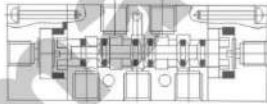
4V、3V Series Solenoid Valve, 4A、3A Series Pneumatic Control Valve

4A Series Internal structure

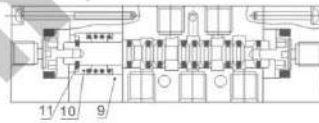
4A110-410



4A120-420



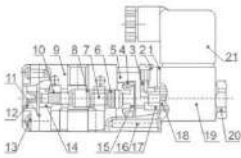
4A130-430



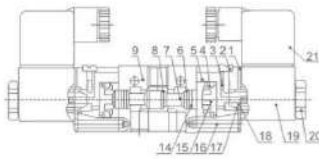
NO	Designation
1	Air control cover
2	Piston
3	Screw
4	Valve body
5	Spool
6	O-Ring
7	Spring
8	Rear cover
9	Back seat
10	Spring seat
11	C-type buckle

3V Series Internal structure

3V110-410



3V120-420



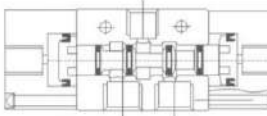
NO	Designation	NO	Designation
1	Washer	12	End Cap
2	Pin	13	Screw
3	Spring	14	Wearing
4	O-Ring	15	Piston
5	Body	16	Screw
6	O-Ring	17	O-Ring
7	Spool	18	Active Amature
8	O-Ring	19	Coil
9	Body	20	Nut
10	Spring	21	Connector
11	Seal		

3A Series Internal structure

3A110-410



3A120-420



NO	Designation
1	Air control cover
2	Piston
3	Screw
4	Valve body
5	Spool
6	O-Ring
7	Spring
8	Rear cover

ANEXO F: HOJA DE DATOS DE PINZA NEUMÁTICA MHZ2

Parallel Type Air Gripper/Standard Type MHZ2 Series

∅6, ∅10, ∅16, ∅20, ∅25, ∅32, ∅40

How to Order

Bore size

∅6 **MHZ2-6D** **M9BW**

Number of fingers
2 2 fingers

Bore size
6 6 mm

Action

D	Double acting
S	Single acting (Normally open)
C	Single acting (Normally closed)

Auto switch

Nil	Without auto switch (Built-in magnet)
S	1 pc.
2	2 pcs.

Made to Order
Refer to page 411 for details.

Number of auto switches

Auto switch

For the applicable auto switch model, refer to the table below.

Finger option

[Standard] Nil: Basic type

1: Side tapped mounting

2: Through-holes in opening/closing direction

3: Flat type fingers

Moisture Control Tube IDK Series

When operating an actuator with a small diameter and a short stroke at a high frequency, the dew condensation (water droplet) may occur inside the piping depending on the conditions. Simply connecting the moisture control tube to the actuator will prevent dew condensation from occurring. For details, refer to the [IDK series in the Best Pneumatics No. 6](#).

Applicable Auto Switches

Refer to pages 797 to 850 for further information on the auto switch.

Type	Special function	Electrical entry	Indicator light	Wiring (Output)	Load voltage		Auto switch model		Lead wire length (m) ^{**}				Pre-wired connector	Applicable load	
					DC	AC	Electrical entry direction	Perpendicular	In-line	0.5 (Nil)	1 (M)	3 (L)			5 (Z)
Solid state auto switch	—	Grommet	Yes	3-wire (NPN)	24 V	—	M9NV	M9N	●	●	●	○	○	IC circuit	Relay, PLC
				3-wire (PNP)					●	—	●	○	—		
				2-wire					●	●	●	○	○		
				3-wire (NPN)					●	●	●	○	○		
				3-wire (PNP)					●	●	●	○	○		
				2-wire					●	●	●	○	○		
	Diagnosis (2-color indicator)	Grommet	Yes	3-wire (NPN)	24 V	—	M9NVV	M9NV	●	●	●	○	○	IC circuit	Relay, PLC
				3-wire (PNP)					●	●	●	○	○		
				2-wire					●	●	●	○	○		
				3-wire (NPN)					●	●	●	○	○		
				3-wire (PNP)					●	●	●	○	○		
				2-wire					●	●	●	○	○		
Water resistant (2-color indicator)	Grommet	Yes	3-wire (NPN)	24 V	—	M9NAV**	M9NA**	○	○	●	○	○	IC circuit	Relay, PLC	
			3-wire (PNP)					○	○	●	○	○			
			2-wire					○	○	●	○	○			
			3-wire (NPN)					○	○	●	○	○			
			3-wire (PNP)					○	○	●	○	○			
			2-wire					○	○	●	○	○			

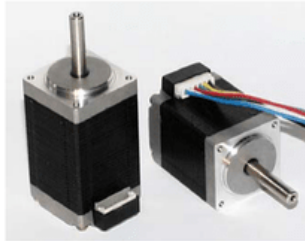
** Water resistant type auto switches can be mounted on the above models, but in such case SMC cannot guarantee water resistance.
 * Lead wire length symbols: 0.5 m..... Nil (Example) M9NW
 1 m..... M (Example) M9NWM
 3 m..... L (Example) M9NWL
 5 m..... Z (Example) M9NWZ
 * Solid state auto switches marked with ○ are produced upon receipt of order.

Note 1) When using a D-F8□ switch, mount it at a distance of 10 mm or more from magnetic substances such as iron, etc.
 Note 2) When using the 2-color indicator type, please make the setting so that the indicator is lit in red to ensure the detection at the proper position of the air gripper.

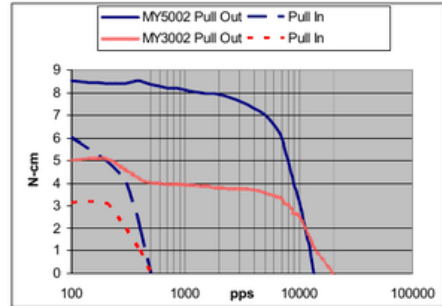
ANEXO G: HOJA DE DATOS DE MOTOR PASO A PASO 28D2407-11



Size 11 Mini Hybrid Stepper Motors



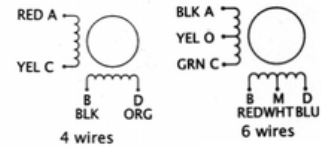
- High torque
- Light weight
- Compact size
- Low inertia
- High accuracy



General Specifications

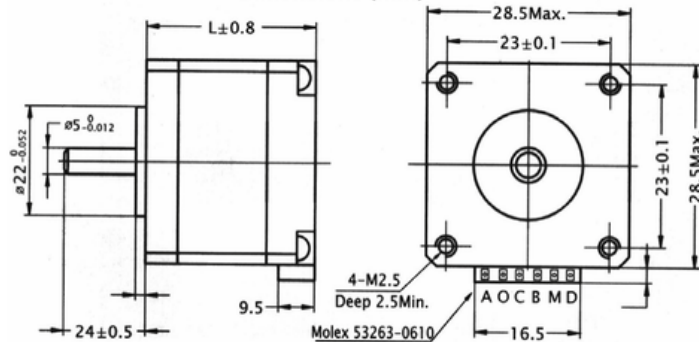
Step Accuracy: Maximum angular deviation is $\pm 5\%$ of one step
 Radial Play: Maximum 0.02mm at 450g
 End Play: Maximum 0.08mm at 450g
 Insulation Resistance: Minimum 100M Ω at 500V dc
 Insulation Class: B
 Temperature Rise: Maximum 80°C

Wiring Diagram



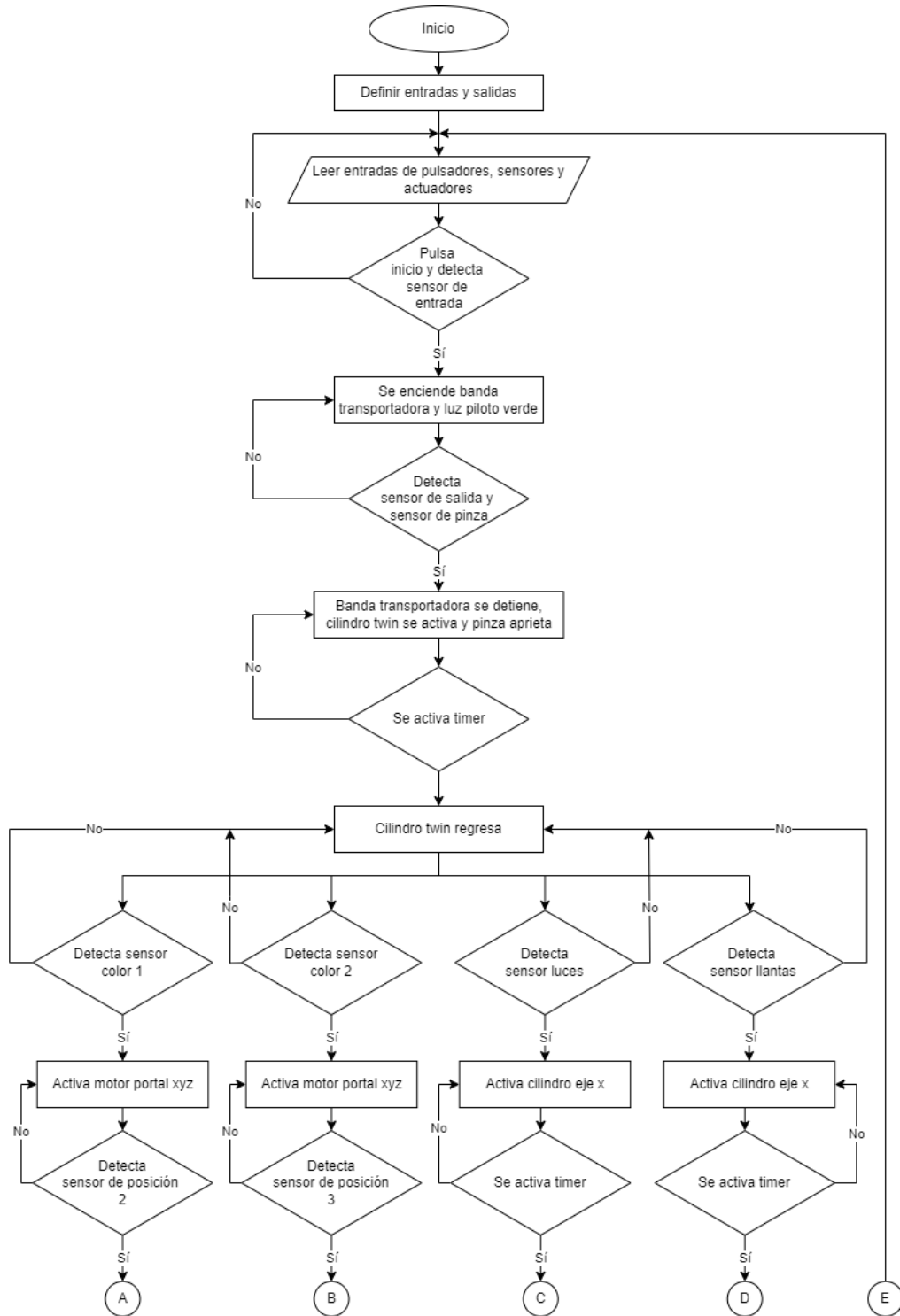
Model	Step Angle	Holding Torque	No. of Leads	Phase Current	Phase Resistance	Phase Inductance	Rotor Inertia	Detent Torque	Mass	Body Length (L)
	Deg	N-cm		A	Ω	mH	$g\text{-cm}^2$	$g\text{-cm}$	g	mm
MY3002	1.8	7	6	0.95	3.4	1.6	12	50	140	39.5
MY5002	1.8	9	6	0.95	4.6	2.3	18	80	200	50.3

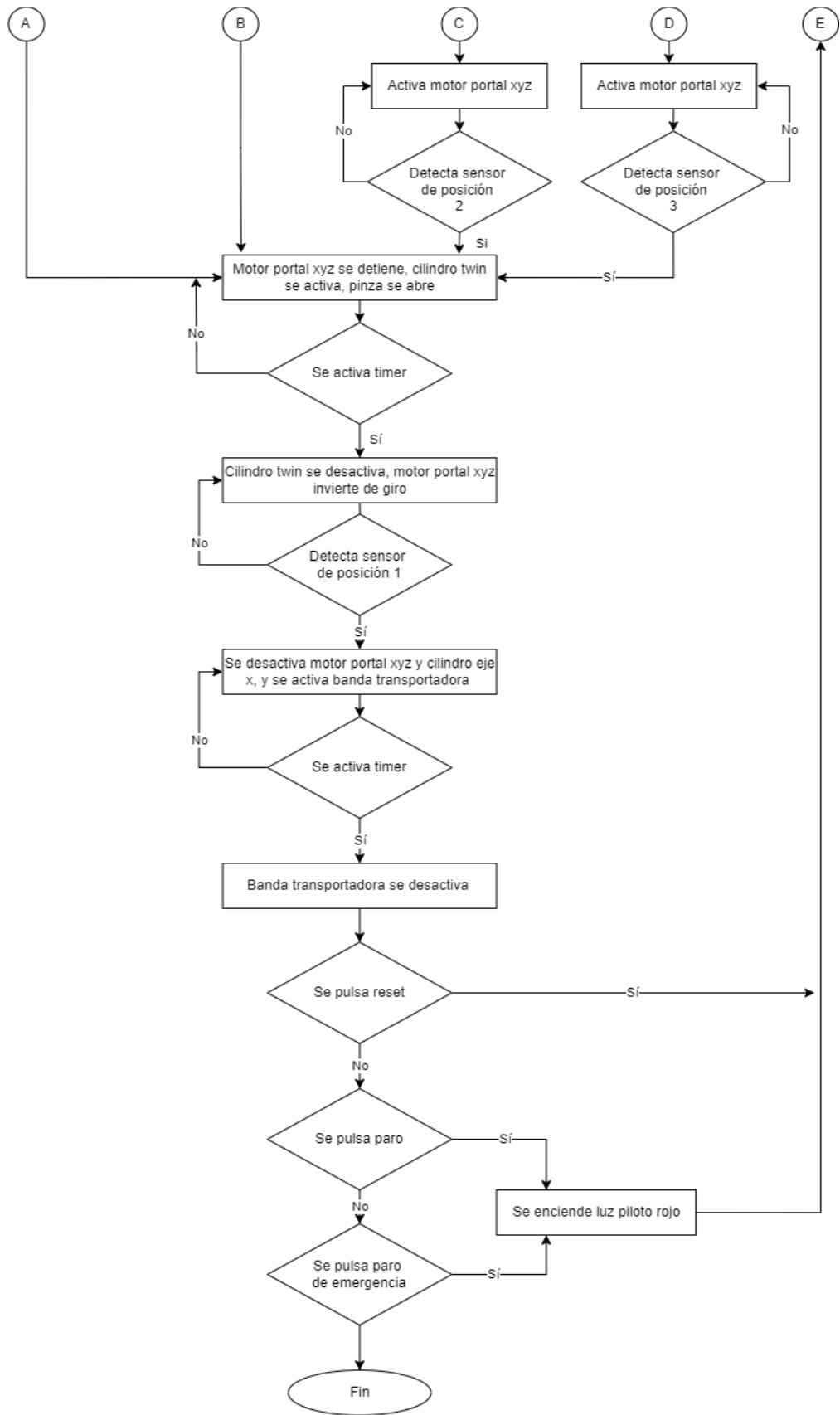
Dimensions (mm)



Astrosyn International Technology Ltd, The Old Courthouse, New Rd Ave, Chatham, Kent ME4 6BE, England
 Tel: +44(0)1634 815175 Fax: +44(0)1634 826552

ANEXO H: DIAGRAMA DE FLUJO DEL MÓDULO DIDÁCTICO AUTOMATIZADO

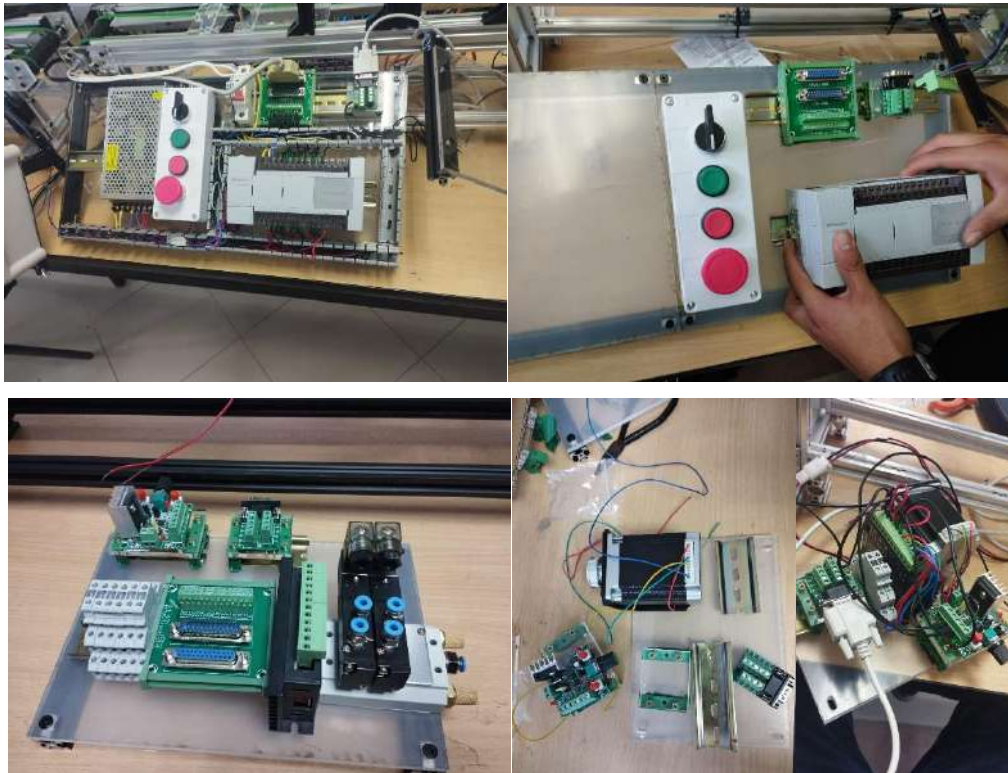




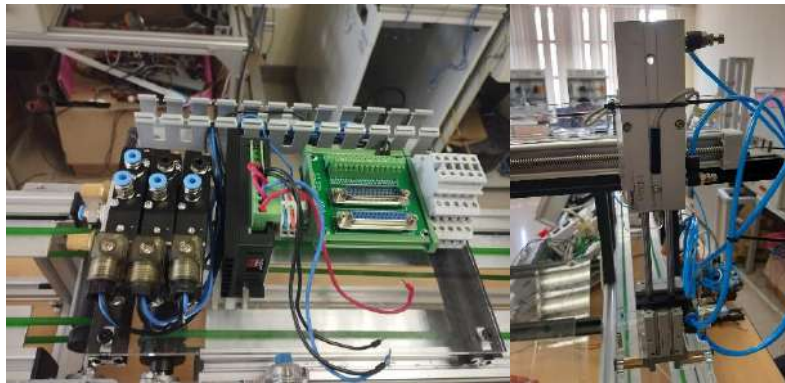
ANEXO I: IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE MECÁNICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO



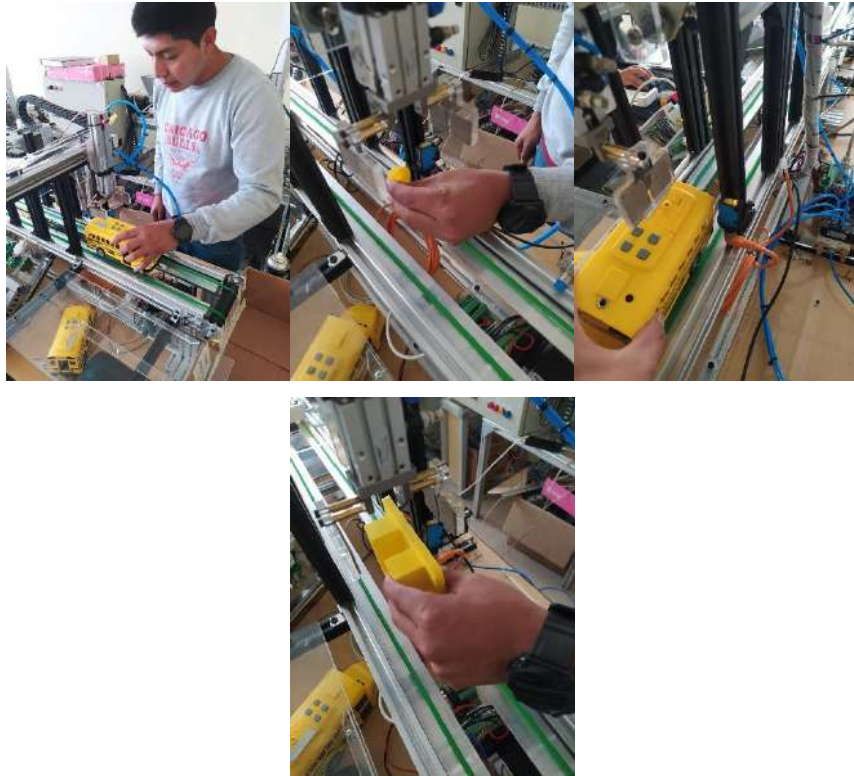
ANEXO J: IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO



ANEXO K: IMPLEMENTACIÓN DE LA LÍNEA NEUMÁTICA



ANEXO L: CALIBRACIÓN DE SENSORES



ANEXO M: PRUEBAS DE COMUNICACIÓN PC Y PLC POR CABLE ETHERNET



ANEXO N: VALIDACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO



ANEXO O: PREGUNTAS PARA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO

- 1. ¿Manejó o tiene conocimiento del módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala?**
 - Totalmente de acuerdo
 - De acuerdo
 - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
 - Desacuerdo
 - Totalmente en desacuerdo
- 2. ¿Considera usted, que la implementación del módulo didáctico funciona de manera correcta?**
 - Totalmente de acuerdo
 - De acuerdo
 - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
 - Desacuerdo
 - Totalmente en desacuerdo

3. ¿Considera usted, que es de fácil manejo y cualquier persona que tenga conocimiento de automatización sea capaz de operarlo?

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Ni de acuerdo, ni en desacuerdo

Desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

4. ¿Considera usted, que el módulo cumple con las funciones de transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala?

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Ni de acuerdo, ni en desacuerdo

Desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

5. ¿Cree usted que el módulo didáctico se acerca a la realidad de una línea de producción automatizada para el transporte, identificación y clasificación de autobuses?

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Ni de acuerdo, ni en desacuerdo

Desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

6. Al utilizar el módulo didáctico, ¿Qué conocimientos cree usted que adquirió o fortaleció en su aprendizaje? Puede elegir varias opciones.

Sensores

Controladores lógicos

Automatización industrial

Procesos de producción

Manufactura flexible

Neumática

7. En comparación de las clases teóricas impartidas tradicionalmente por parte del docente, ¿cree usted que obtuvo una mejor comprensión de los procesos de producción, manufactura flexible y automatización, mediante el uso del módulo didáctico?

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Ni de acuerdo, ni en desacuerdo

Desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

8. En general ¿qué tan satisfactorio estuvo su experiencia con el módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala?

Muy satisfactorio

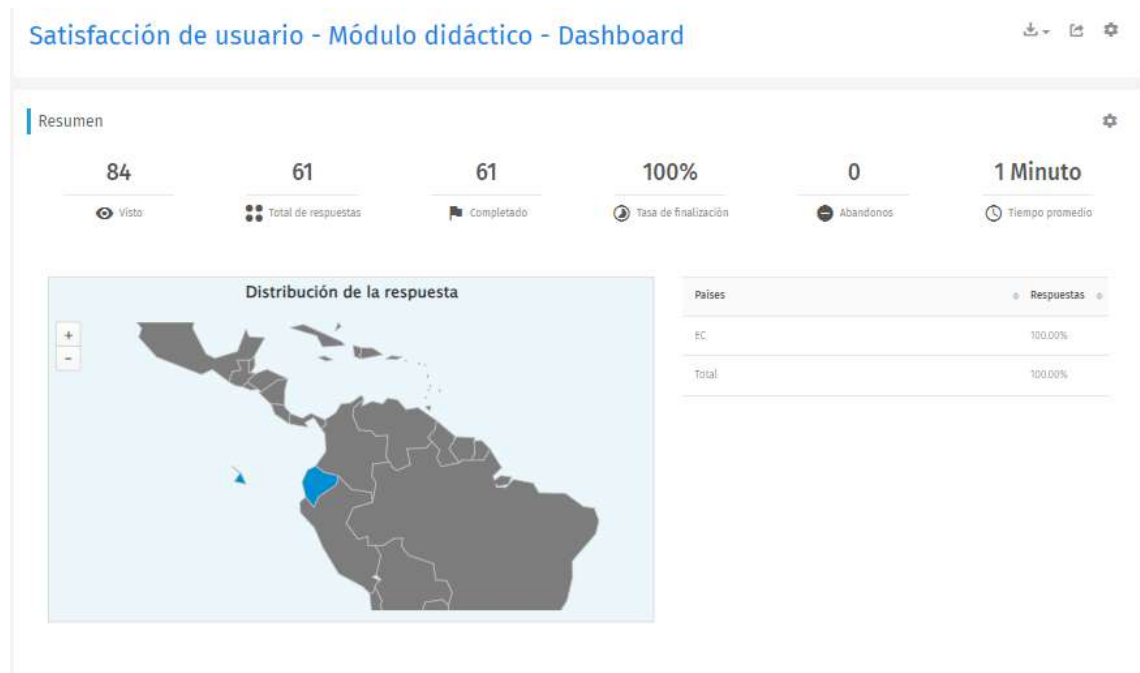
Satisfactorio

Ni satisfactorio, ni insatisfactorio

Insatisfactorio

Muy insatisfactorio

ANEXO P: DESARROLLO DE ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO



ANEXO Q: PREGUNTAS PARA ENCUESTA DE VALIDACIÓN REALIZADA A EXPERTOS

1. Escoja el tiempo de experiencia laboral.

1 año 3 años 5 años mayor a 5 años

2. Escoja los campos en los cuales se ha desempeñado durante su vida profesional.

Automatización industrial

Mecanismos

Mantenimiento industrial

Control de procesos

Procesos de producción

3. ¿Cuál es su nivel de preparación?

Tercer nivel

Cuarto nivel

Qué tipo de maestría tiene en caso de tenerla:

4. Utilizó el módulo didáctico denominado “Implementación de un módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala”

Sí

No

5. ¿Considera usted que la implementación del módulo didáctico funciona de manera correcta?

Sí

No

6. Considera usted que la implementación del módulo didáctico servirá como un método de enseñanza para estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización

Muy útil

Útil

Poco útil

7. Al utilizar el prototipo, que conocimientos ¿cree usted que se fortalecerán en un estudiante de pregrado?

Sensores

Controladores lógicos

Automatización industrial

Control de procesos

Manufactura flexible

8. ¿Ha visto usted este tipo de clasificación en otros procesos de producción?

Sí

No

9. ¿Considera usted que el módulo didáctico es escalable y pudiera ser modificado para cumplir diferentes criterios de clasificación o incluso otro proceso de producción?

Sí

No

10. ¿Considera usted que el módulo cumple con las funciones de transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala?

Sí

No

ANEXO R: DESARROLLO DE ENCUESTA DE VALIDACIÓN REALIZADA A EXPERTOS



IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO AUTOMATIZADO BASADO EN PRODUCCIÓN FLEXIBLE PARA EL TRANSPORTE, IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE CARROCERÍAS DE AUTOBUSES A ESCALA" ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA



1. **Escoja el tiempo de experiencia laboral que tiene usted**
1 año 3 años 5 años Mayor a 5 años
2. **Escoja los campos en los cuales se ha desempeñado durante su vida profesional**
 - Automatización industrial
 - Mecanismos
 - Mantenimiento industrial
 - Control de procesos
 - Procesos de producción
3. **¿Cuál es su nivel de preparación?**
 - Tercer nivel
 - Cuarto nivel

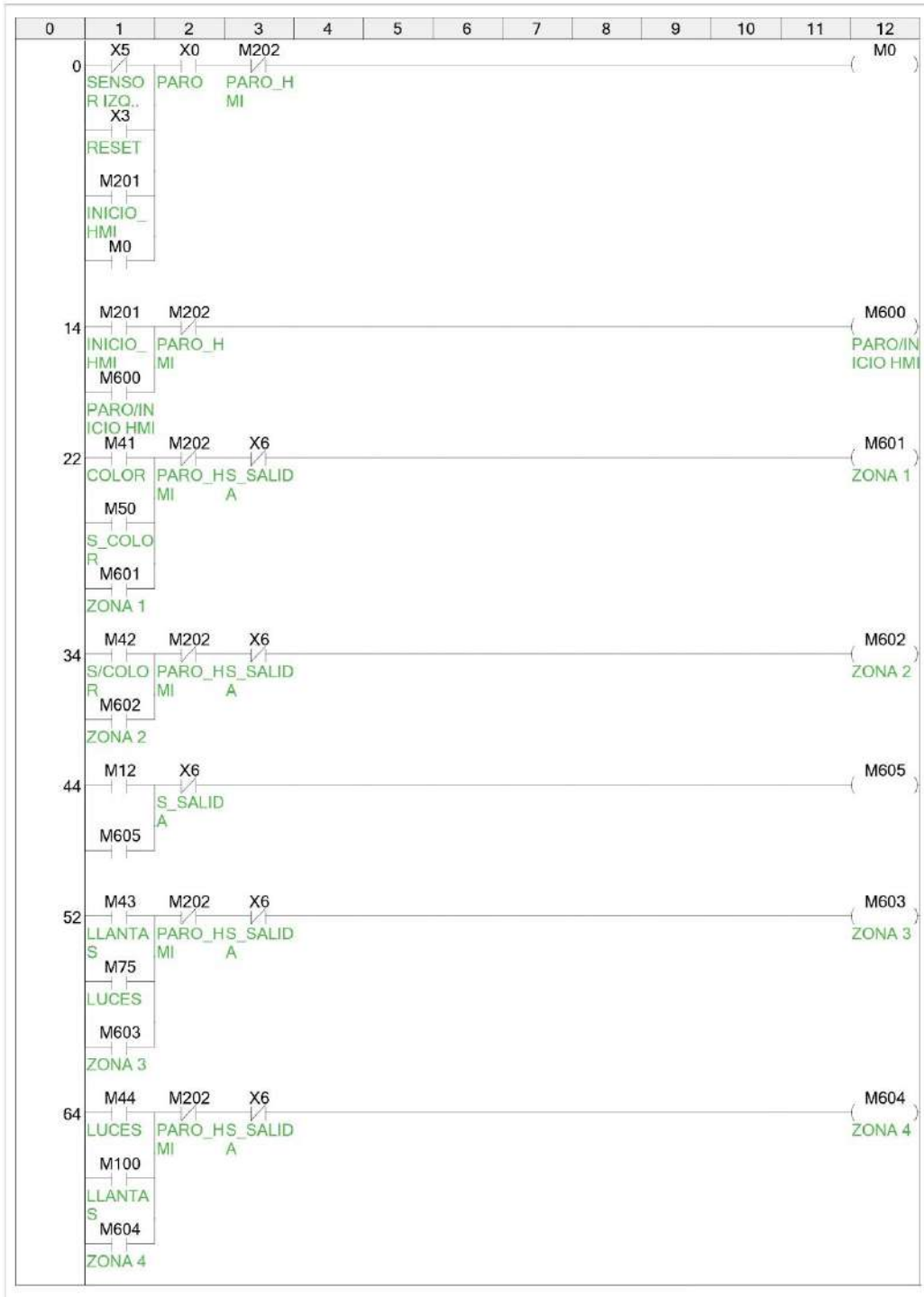
Qué tipo de maestría tiene
4. **Utilizó el módulo didáctico denominado "Implementación de un módulo didáctico automatizado basado en producción flexible para el transporte, identificación y clasificación de autobuses a escala"**
 Sí No
5. **¿Considera usted que la implementación del módulo didáctico funciona de manera correcta?**
 Sí No
6. **Considera usted que la implementación del módulo didáctico servirá como un método de enseñanza para estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización**
 Útil Muy útil Poco útil
7. **Al utilizar el prototipo, que conocimientos cree usted que se fortalecerán en un estudiante de pregrado**
 - Sensores
 - Controladores lógicos
 - Automatización industrial
 - Control de procesos
 - Manufactura flexible
8. **¿Ha visto usted este tipo de clasificación en otros procesos de producción?**
 Sí No
9. **¿Considera usted que el módulo didáctico es escalable y pudiera ser modificado para cumplir diferentes criterios de clasificación o incluso otro proceso de producción?**
 Sí No
10. **¿Considera usted que el módulo cumple con las funciones de transporte, identificación y clasificación de carrocerías de autobuses a escala?**
 Sí No

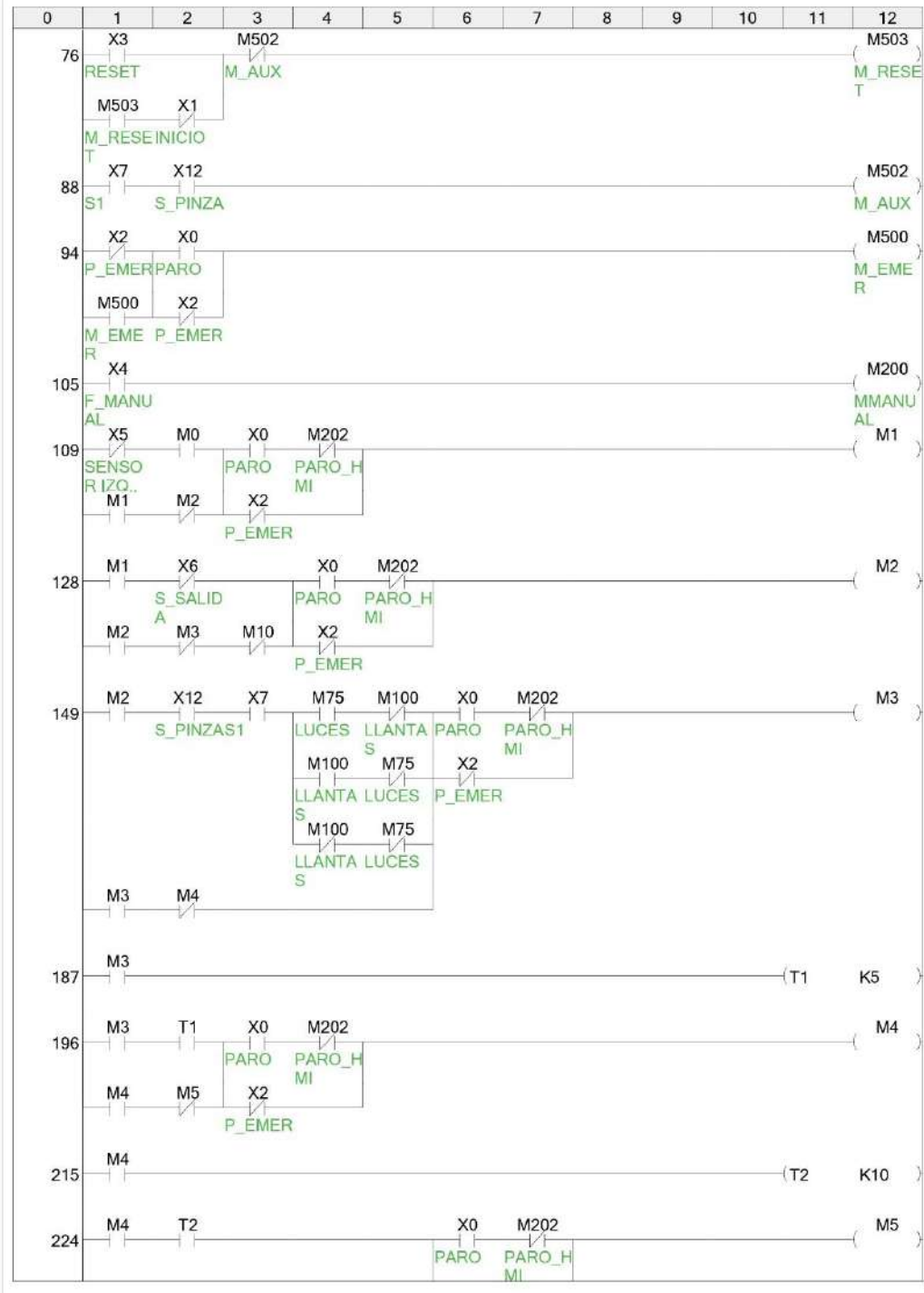
Jorge Hincaza

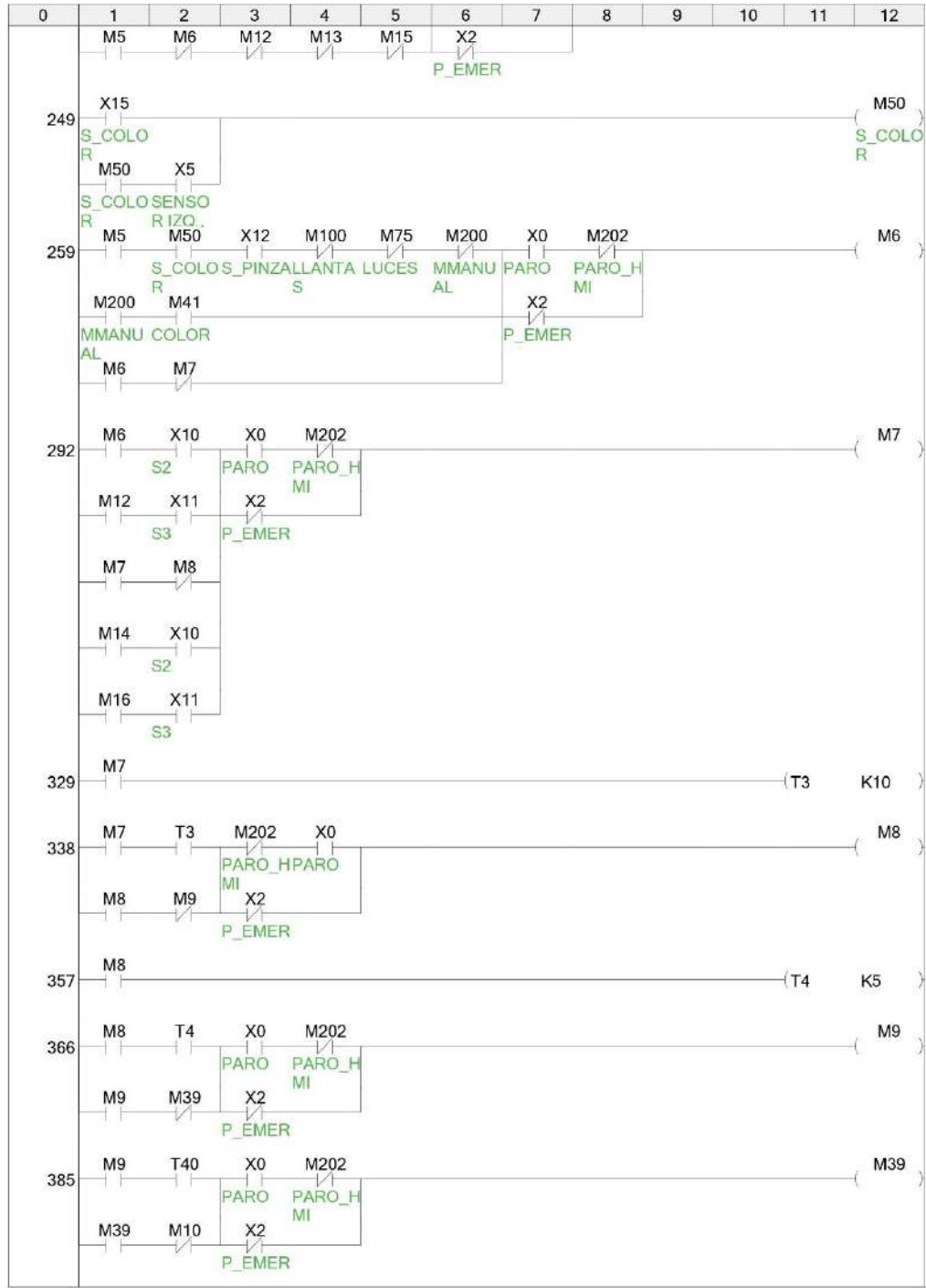
ANEXO S: PROGRAMACIÓN DE PLC

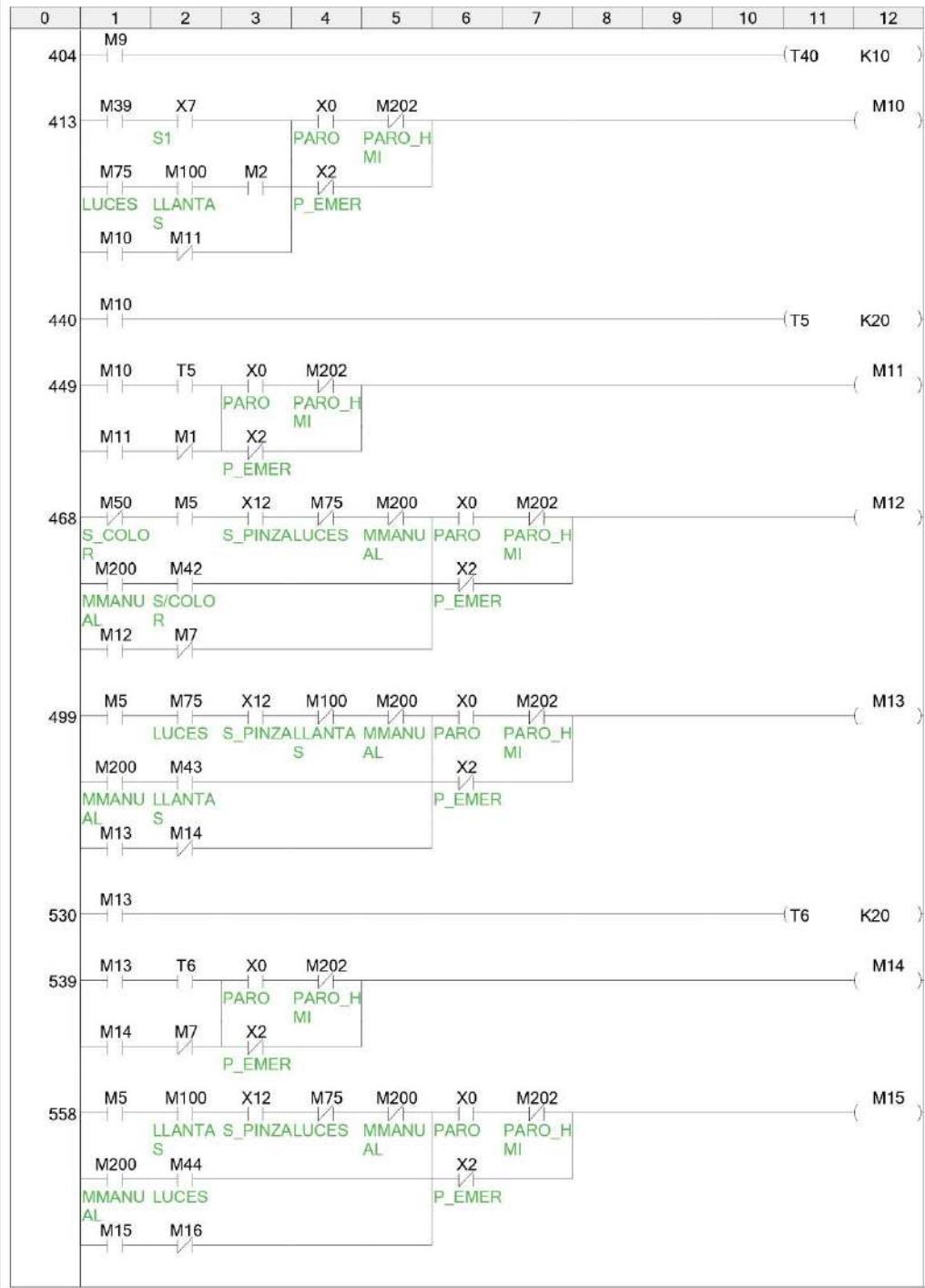
Program page:MAIN

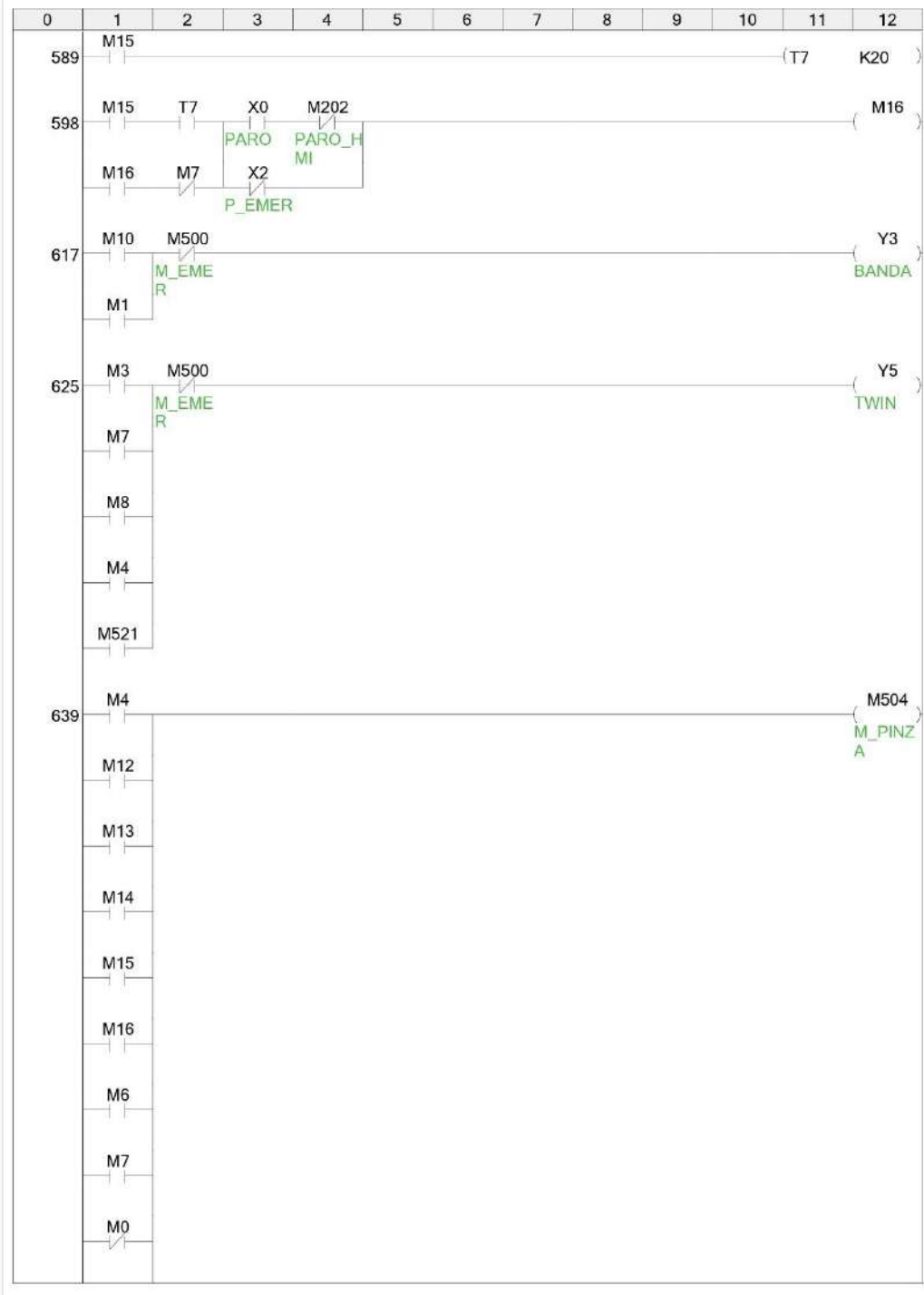
2023-08-09

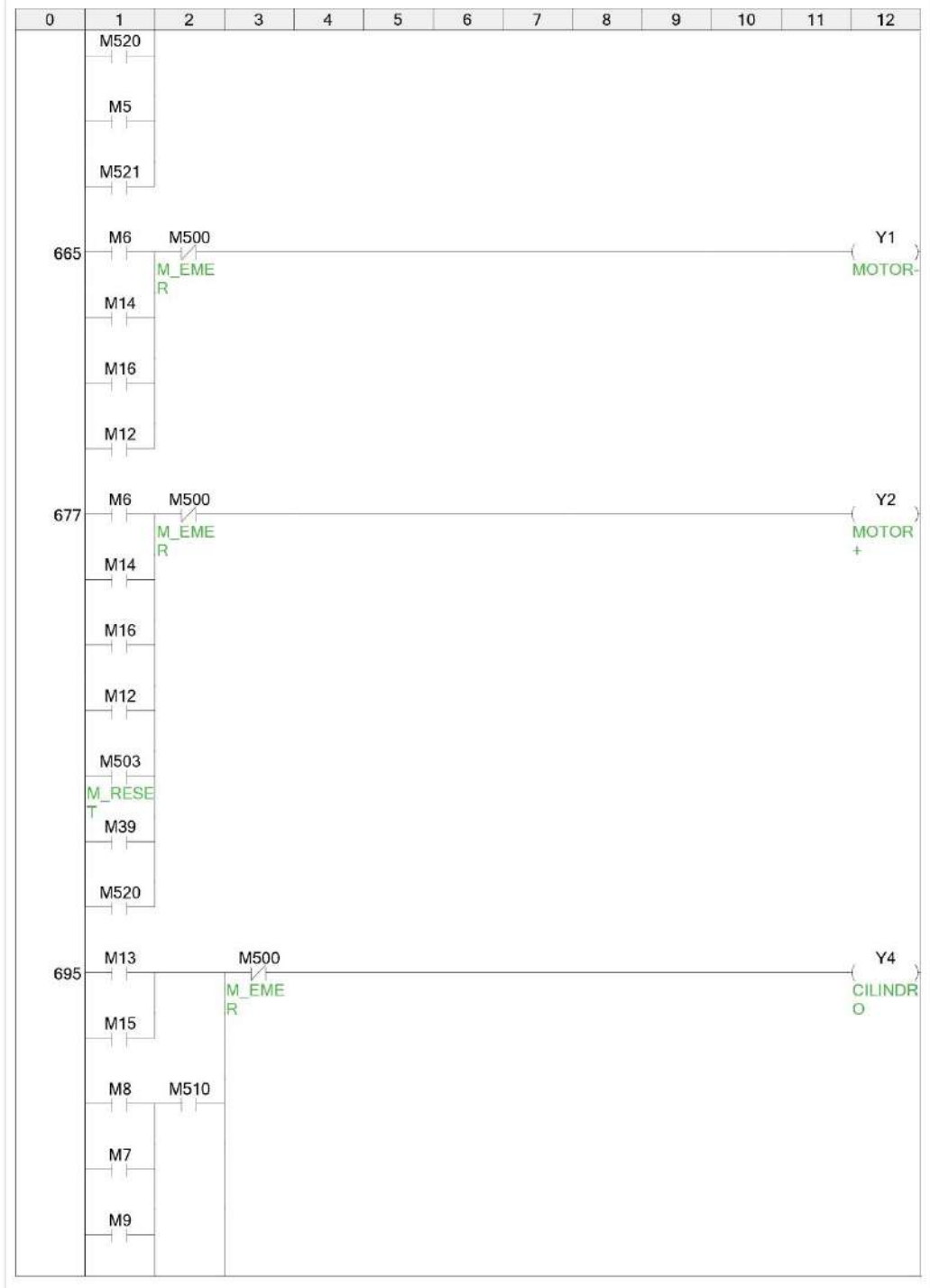


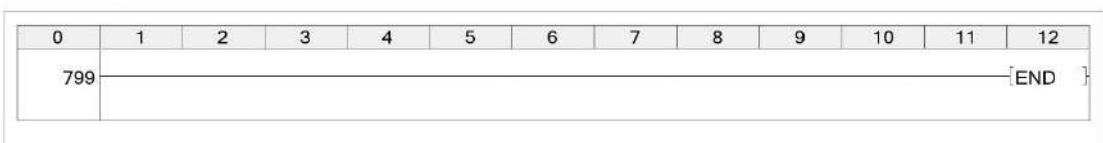
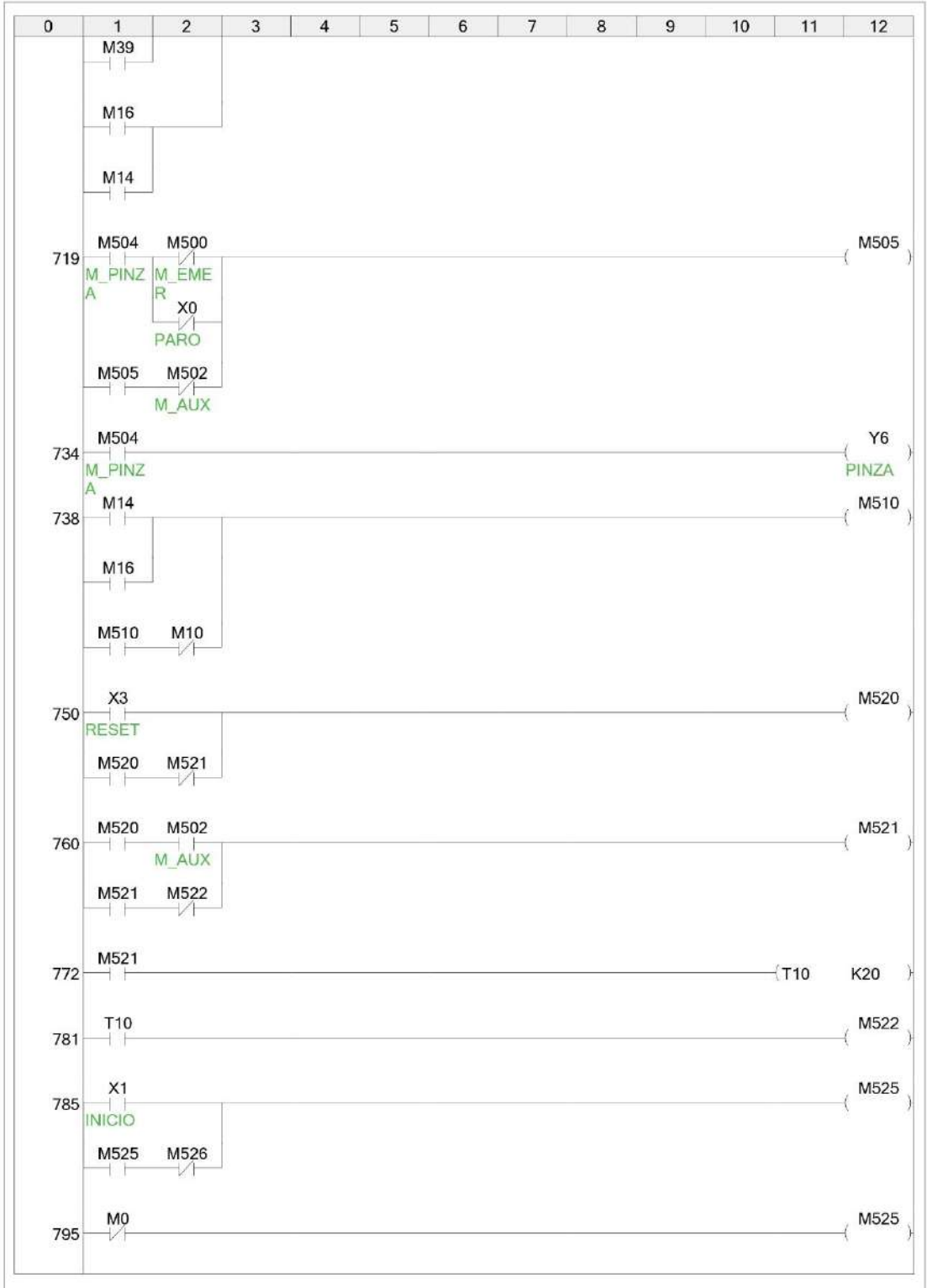














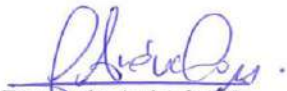
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09/ 11 / 2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES	
Nombres – Apellidos: RICARDO JAVIER BARRIONUEVO SAGÑAY JEISON FABRICIO TIPANLUISA TIPANLUISA	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Ing. Fernanda Arévalo M.

