



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO
DE MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS
INDUSTRIALES APLICADO EN EL PROCESO DE EMPACADO
EN LA EMPRESA TECH INGENIERÍA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: CARLOS ALEJANDRO CORONEL ANILEMA

KEVIN DAVID COLCHA SADVA

DIRECTOR: Ing. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Carlos Alejandro Coronel Anilema & Kevin David Colcha Sadva.

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

Nosotros, Carlos Alejandro Coronel Anilema & Kevin David Colcha Sadva 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, 15 de noviembre de 2022



Carlos Alejandro Coronel Anilema
060505858-5



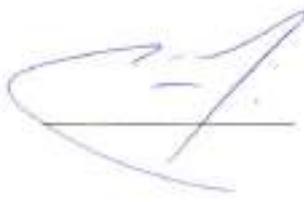
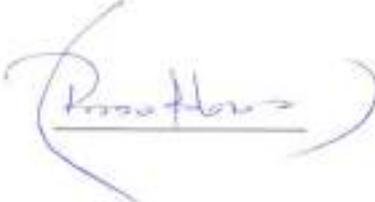
Kevin David Colcha Sadva
060484120-5

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 SISTEMA DE ENTRENAMIENTO DE MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES APLICADO EN EL PROCESO DE EMPACADO EN LA EMPRESA TECH INGENIERÍA**, realizado por las señores: **CARLOS ALEJANDRO CORONEL ANILEMA Y KEVIN DAVID COLCHA SADVA**, 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. Franklin Geovanni Moreno Montenegro PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-15
Ing. Marco Antonio Viteri Barrera DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-15
Ing. Pablo Eduardo Lozada Yáñez ASESOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-15

DEDICATORIA

Principalmente es dedicado a Dios por concederme la sabiduría y entendimiento para llegar al cumplimiento de mis metas. A mi familia por ser el soporte ante toda adversidad y por su apoyo incondicional en todo el recorrido de mis estudios académicos.

Carlos

Este trabajo es dedicado a toda mi familia, en especial a mis padres Milton y María los cuales siempre fueron un pilar fundamental a lo largo de todo este trayecto de mi vida que gracias a sus consejos y apoyo incondicional estoy cumpliendo una meta más con éxito.

Kevin

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que han contribuido para que el presente trabajo pudiera llevarse a cabo con éxito. A mis padres por ser los pilares fundamentales en mi vida, por cada palabra de aliento que me han sabido decir en los momentos difíciles y que me impulsa a seguir adelante.

Carlos

El agradecimiento principalmente con papá Dios, por darme salud a mí y a toda mi familia a lo largo de toda esta etapa de mi vida, a mis padres y hermanos, por siempre estar ahí en los buenos y malos momentos por no dejarme solo, a los docentes por todas sus enseñanzas compartidas que han sido un ente fundamental en mi formación académica

Kevin

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xii
ÍNDICE DE GRAFICOS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del Problema	4
1.3. Justificación.....	4
1.3.1. <i>Justificación teórica</i>	4
1.3.2. <i>Justificación aplicativa</i>	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	6
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	6

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Sistema de entrenamiento	7
2.1.1. <i>Características</i>	7
2.1.2. <i>Protecciones</i>	8
2.1.3. <i>Descripción de normas de diseño</i>	8
2.1.3.1. <i>Norma Internacional IEC-61439</i>	9
2.1.3.2. <i>Norma Internacional IEC-60529</i>	10
2.2. Simulación y modelamiento	11
2.2.1. <i>Modelos de simulación de sistemas</i>	11
2.2.2. <i>Construcción de un modelo de simulación</i>	11
2.2.3. <i>Simulación en la industria</i>	12
2.2.4. <i>Simulando un entorno de procesos</i>	12
2.2.5. <i>Software de modelamiento y simulación</i>	13
2.3. Controlador lógico programable	14
2.3.1. <i>Estructura general</i>	14
2.3.2. <i>Tipos de PLC</i>	15

2.3.2.1.	<i>Compactos</i>	15
2.3.2.2.	<i>Modulares</i>	15
2.3.2.3.	<i>Montaje en rack</i>	15
2.3.3.	<i>Tipos de lenguajes de programación según la norma IEC-61131-3</i>	16
2.3.3.1.	<i>Diagrama de Contactos (LD)</i>	16
2.3.3.2.	<i>Diagrama de Bloque Función (FBD)</i>	16
2.3.3.3.	<i>Lista de Instrucciones (IL)</i>	17
2.3.3.4.	<i>Gráfico Secuencial de Funciones (SFC)</i>	17
2.3.4.	<i>Softwares de programación</i>	18
2.4.	<i>Redes de Comunicación Industrial</i>	18
2.4.1.	<i>Protocolos de comunicación</i>	19
2.4.1.1.	<i>Sistema Profibus:</i>	19
2.4.1.2.	<i>Sistema ProfiNet:</i>	19
2.4.1.3.	<i>Sistema Modbus:</i>	19
2.4.1.4.	<i>OPC</i>	19
2.4.1.5.	<i>HTTP (REST/JSON)</i>	20
2.4.1.6.	<i>MQTT</i>	20
2.5.	<i>IIOT</i>	20
2.5.1.	<i>La Industria 4.0 y la cuarta revolución industrial</i>	20
2.5.2.	<i>Gateway (pasarelas)</i>	21
2.6.	<i>Empaque y Embalaje</i>	21
2.6.1.	<i>Embalaje</i>	21
2.6.2.	<i>Empaque</i>	21
2.6.2.1.	<i>Empaque primario</i>	21
2.6.2.2.	<i>Empaque secundario</i>	22
2.6.2.3.	<i>Empaque terciario</i>	22

CAPITULO III

3.	<i>MARCO METOLÓGICO</i>	23
3.1.	<i>Requerimientos del sistema</i>	23
3.2.	<i>Concepción de la arquitectura general del sistema</i>	23
3.3.	<i>Diseño de la arquitectura del sistema</i>	24
3.3.1.	<i>Bloque de alimentación y protección eléctrica</i>	25
3.3.2.	<i>Bloque de mando y señalización</i>	26
3.3.3.	<i>Bloques de Modelamiento y Procesamiento</i>	26
3.3.4.	<i>Bloques de comunicación e IOT</i>	27
3.3.5.	<i>Bloque de control y visualización</i>	27
3.3.6.	<i>Bloque de Control de movimiento</i>	27
3.4.	<i>Diseño de la distribución de elementos del sistema de entrenamiento</i>	27

3.5.	Descripción de los elementos de <i>hardware</i> del sistema	28
3.5.1.	<i>Elementos de protección y alimentación</i>.....	28
3.5.1.1.	<i>Interruptor termomagnético unipolar</i>	28
3.5.1.2.	<i>Interruptor termomagnético bipolar</i>	29
3.5.1.3.	<i>Fuente de alimentación</i>	30
3.5.1.4.	<i>Transformador 110/220 VAC</i>	30
3.5.2.	<i>Elementos de control</i>.....	31
3.5.2.1.	<i>PLC TM221CE24T</i>	31
3.5.2.2.	<i>PLC TM221CE16T</i>	32
3.5.2.3.	<i>PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1215C compacta DC/DC/DC</i>	33
3.5.2.4.	<i>Controlador logo V8.3 siemens</i>	34
3.5.3.	<i>Elemento de control y monitorización</i>.....	34
3.5.3.1.	<i>Pantalla HMI</i>	34
3.5.4.	<i>Elementos de comunicación e IOT</i>.....	35
3.5.4.1.	<i>Switch CNET CSH-1600</i>	35
3.5.4.2.	<i>V-BOX E-00</i>	36
3.5.4.3.	<i>Ewon Flexy 205</i>	37
3.5.5.	<i>Elementos de control de movimiento</i>.....	37
3.5.5.1.	<i>VDF ATV32H055M2</i>	37
3.5.5.2.	<i>Motor</i>	38
3.5.6.	<i>Dimensionamiento de conductores</i>	39
3.6.	Herramientas del software del sistema	40
3.6.1.	<i>Factory IO</i>.....	40
3.6.1.1.	<i>Entorno de trabajo</i>	40
3.6.2.	<i>Cade Simu</i>	41
3.6.2.1.	<i>Entorno de trabajo</i>	41
3.6.3.	<i>Festo FluidSim</i>.....	42
3.6.3.1.	<i>Entorno de trabajo</i>	42
3.6.4.	<i>V-Net</i>.....	43
3.6.5.	<i>eCatcher</i>.....	43
3.6.6.	<i>EcoStruxure Machine Expert</i>.....	44
3.6.6.1.	<i>Entorno de programación</i>	44
3.6.7.	<i>TIA Portal V16</i>.....	45
3.6.7.1.	<i>Entorno de programación</i>	45
3.6.8.	<i>LogoSoft Confort</i>	45
3.6.8.1.	<i>Entorno de programación</i>	46
3.6.9.	<i>PIStudio</i>.....	46
3.6.9.1.	<i>Entorno de programación</i>	47
3.7.	Construcción e implementación del sistema de entrenamiento	47

3.7.1.	<i>Soporte metálico del módulo</i>	47
3.7.2.	<i>Montaje e instalación del sistema de entrenamiento</i>	48
3.8.	Desarrollo del Modelado del proceso industrial de empaçado	51
3.8.1.	<i>Modelado 3D de la Estación de Pick & Place</i>	52
3.8.2.	<i>Modelado 3D de la Estación de Sellado</i>	55
3.8.3.	<i>Modelado 3D de la Estación de Etiquetado</i>	56
3.8.4.	<i>Modelado 3D de la Estación Paletizadora</i>	58
3.8.5.	<i>Modelado 3D de la estación de almacenamiento inteligente</i>	59

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	62
4.1.	Pruebas de comunicación entre dispositivos localmente y remotamente	62
4.2.	Consumo de corriente del proyecto de sistema	63
4.3.	Elaboración guías de laboratorio	64
4.3.1.	<i>Validación de Software a Hardware</i>	65
4.3.2.	<i>Validación de Software a Software</i>	65
4.3.3.	<i>Validación respecto a la integración de elementos</i>	66
4.4.	Estructura de las Guías Prácticas	67
4.4.1.	<i>Guía Práctica 1</i>	67
4.4.2.	<i>Guía Práctica 2</i>	70
4.4.3.	<i>Guía Práctica 3</i>	73
4.4.4.	<i>Guía Práctica 4</i>	77
4.4.5.	<i>Guía Práctica 5</i>	79
4.4.6.	<i>Guía Práctica 6</i>	82
4.4.7.	<i>Guía Práctica 7</i>	84
4.4.8.	<i>Guía Práctica 8</i>	86
4.5.	Análisis de Funcionalidad del sistema	88
4.6.	Evaluación Financiera	91

CONCLUSIONES.....	93
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	94
----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Tipos de fallas en un sistema de entrenamiento.....	8
Tabla 2-2:	Comparación de los softwares de simulación.....	13
Tabla 3-2:	Características de la estructura del PLC.	14
Tabla 4-2:	Principales marcas de PLC y software de programación.....	18
Tabla 1-3:	Características: Interruptor termomagnético unipolar.	29
Tabla 2-3:	Características interruptor termomagnético bipolar.....	30
Tabla 3-3:	Características fuente de alimentación EVL.....	30
Tabla 4-3:	Características transformador de voltaje 110/220 VAC	31
Tabla 5-3:	Características: PLC TM221CE24T.....	32
Tabla 6-3:	Características: PLC TM221CE16T.....	32
Tabla 7-3:	Características: PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1215C	33
Tabla 8-3:	Características: ¡Logo! 12/24RC.	34
Tabla 9-3:	Características: pantalla HMI Wecon PI3070N.....	35
Tabla 10-3:	Características: Switch CNET CSH-1600.	36
Tabla 11-3:	Características: Pasarela V-Box E-00.....	36
Tabla 12-3:	Características: Ewon Flexy 205.	37
Tabla 13-3:	Características: VDF ATV32H055M2	38
Tabla 14-3:	Características: Motor WEG.....	39
Tabla 15-3:	Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación de Pick &Place.	52
Tabla 16-3:	Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación de Sellado.	55
Tabla 17-3:	Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación de Etiquetado.....	56
Tabla 18-3:	Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación Paletizadora.	58
Tabla 19-3:	Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación de Almacenamiento. .	60
Tabla 1-4:	Conectividad de dispositivos mediante comando ping.....	62
Tabla 2-4:	Direcciones IP de los dispositivos de la práctica 1.	69
Tabla 3-4:	Entradas y Salidas digitales asignadas a memorias del M221CE24T	69
Tabla 4-4:	E/S Analógicas asignadas a memorias MWORD del M221CE24T	70
Tabla 5-4:	Contadores asignados a memorias del M221CE24T	70
Tabla 6-4:	Direcciones IP de los dispositivos de la práctica 2.	72
Tabla 7-4:	Entradas y Salidas digitales asignadas al PLC S7-1200.	73
Tabla 8-4:	Direcciones IP de los dispositivos de la práctica 7.	75
Tabla 9-4:	Entradas y Salidas digitales asignadas al controlador LOGO v8.3.....	76
Tabla 10-4:	Contadores asignados al controlador LOGO V8.3.	76
Tabla 11-4:	Entradas y Salidas asignadas para los softwares.....	78
Tabla 12-4:	Direcciones IP de los dispositivos de la práctica 5.	81
Tabla 13-4:	Entradas y Salidas digitales asignadas a memorias del M221CE16T	81

Tabla 14-4:	E/S Analógicas asignadas a memorias MWORD del M221CE16T	82
Tabla 15-4:	Direcciones IP de HMI.	83
Tabla 16-4:	Direcciones de entradas y salidas para creación de botones/ interruptores	84
Tabla 17-4:	Memorias asignadas para la creación de los tags.	85
Tabla 18-4:	Memorias MWORD asignadas para la creación de los tags.....	86
Tabla 19-4:	Costo sistema de entrenamiento	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Disposición del Código IP.	10
Ilustración 2-2:	Estructura básica de un PLC	14
Ilustración 3-2:	Diagrama Ladder.....	16
Ilustración 4-2:	Diagrama Bloque de Función.....	16
Ilustración 5-2:	Lista de Instrucciones.....	17
Ilustración 6-2:	Gráfico Secuencial Funciones.....	17
Ilustración 1-3:	Esquema general del sistema de entrenamiento	24
Ilustración 2-3:	Esquema del sistema de entrenamiento.....	25
Ilustración 3-3:	Diagrama de bloques de alimentación y protección eléctrica	26
Ilustración 4-3:	Diagrama de Bloques de Modelamiento y Procesamiento.....	26
Ilustración 5-3:	Diagrama de Bloque de control de movimiento.....	27
Ilustración 6-3:	Distribución de los elementos del sistema de entrenamiento.....	28
Ilustración 7-3:	Interruptor Termomagnético Unipolar	29
Ilustración 8-3:	Interruptor Termomagnético Bipolar	29
Ilustración 9-3:	Fuente de alimentación EVL.....	30
Ilustración 10-3:	Transformador de voltaje	31
Ilustración 11-3:	PLC TM221CE24T.....	31
Ilustración 12-3:	PLC TM221CE16T.....	32
Ilustración 13-3:	PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1215C	33
Ilustración 14-3:	Logo! 8.3 12/24RCE	34
Ilustración 15-3:	Pantalla Wecon PI3070N	35
Ilustración 16-3:	Switch CNET CSH-1600	35
Ilustración 17-3:	V-Box E-00	36
Ilustración 18-3:	Ewon Flexy 205	37
Ilustración 19-3:	VDF ATV32H055M2	38
Ilustración 20-3:	Motor WEG.....	39
Ilustración 21-3:	Ventana de trabajo del software Factory IO.....	41
Ilustración 22-3:	Ventana de trabajo del software CadeSimu	42
Ilustración 23-3:	Ventana de trabajo del software FluidSim	43
Ilustración 24-3:	Entorno de programación EcoStruxure Machine Expert	44
Ilustración 25-3:	Entorno de programación Tia Portal	45
Ilustración 26-3:	Entorno de programación LogoSoft Confort.	46
Ilustración 27-3:	Entorno de programación PISstudio.	47
Ilustración 28-3:	Soporte metálico del módulo	47
Ilustración 29-3:	Montaje de canaletas	48
Ilustración 30-3:	Montaje selectores y luces piloto	48

Ilustración 31-3:	Montaje de riel DIN	49
Ilustración 32-3:	Montaje de Termomagneticos PLCs, ATV y Fuente de Poder.....	49
Ilustración 33-3:	Montaje Switch , Pasarelas y Conexión de componetes.	49
Ilustración 34-3:	Montaje Transformador y Motor.	50
Ilustración 35-3:	Sistema de entrenamiento.	50
Ilustración 36-3:	Escena general del proceso de empacado.	51
Ilustración 37-3:	Diagrama de bloques Proceso de empacado.....	51
Ilustración 38-3:	Entorno de Trabajo Factory IO.	54
Ilustración 39-3:	Modelado 3D de la Estación de Pick & Place en el Software Factory I/O.....	54
Ilustración 40-3:	Modelado 3D de la Estación de Sellado en el Software Factory I/O.....	56
Ilustración 41-3:	Modelado 3D de la Estación de Etiquetado en el Software Factory I/O. ..	57
Ilustración 42-3:	Modelado 3D de la Estación Paletizadora en Factory I/O.	59
Ilustración 43-3:	Modelado 3D de la estación almacenamiento en Factory I/O.	61
Ilustración 1-4:	Medición realizada al sistema de funcionamiento.	63
Ilustración 2-4:	Funcionamiento del variador de frecuencia.	63
Ilustración 3-4:	Secuencia para resolución de prácticas.....	64
Ilustración 4-4:	Enlace de Software a Hardware.	65
Ilustración 5-4:	Enlace de Software a Software.	66
Ilustración 6-4:	Enlace de la integración de elementos.	66
Ilustración 7-4:	Tablero de control del proceso pick and place.....	68
Ilustración 8-4:	Conexiones de los dispositivos de la práctica 1.	69
Ilustración 9-4:	Tablero de control proceso de Paletizado.	71
Ilustración 10-4:	Conexiones de los dispositivos de la práctica 2.	72
Ilustración 11-4:	Tablero de control del Proceso de Almacenamiento.	74
Ilustración 12-4:	Conexiones de los dispositivos de la práctica 3.....	75
Ilustración 13-4:	Tablero de Control del proceso de Etiquetado.....	78
Ilustración 14-4:	Comunicación de los softwares de la práctica 4.	78
Ilustración 15-4:	Tablero de control de la estación de sellado de cajas.	80
Ilustración 16-4:	Conexiones de los dispositivos de la práctica 5.....	81
Ilustración 17-4:	Conexiones de los dispositivos de la práctica 6.....	83
Ilustración 18-4:	Conexiones de los dispositivos de la práctica 7.....	85
Ilustración 19-4:	Conexiones de los dispositivos de la práctica 8.....	87

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1-4:	Análisis porcentual pregunta 1 de la encuesta	89
Gráfico 2-4:	Análisis porcentual pregunta 2 de la encuesta	89
Gráfico 3-4:	Análisis porcentual pregunta 3 de la encuesta	90
Gráfico 4-4:	Análisis porcentual pregunta 4 de la encuesta	90
Gráfico 5-4:	Análisis porcentual pregunta 5 de la encuesta	90
Gráfico 6-4:	Análisis porcentual pregunta 6 de la encuesta	91
Gráfico 7-4:	Análisis porcentual pregunta 7 de la encuesta	91

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** IEC- 60529: Elementos del Código IP, sus significados y ejemplos
- Anexo B:** Tabla de conductores eléctricos
- Anexo C:** Diagrama Eléctrico: Sistema de entrenamiento proceso de Empacado
- Anexo D:** Desarrollo de la práctica 1
- Anexo E:** Desarrollo de la práctica 2
- Anexo F:** Desarrollo de la práctica 3
- Anexo G:** Desarrollo de la práctica 4
- Anexo H:** Desarrollo de la práctica 5
- Anexo I:** Desarrollo de la práctica 6
- Anexo J:** Desarrollo de la práctica 7
- Anexo K:** Desarrollo de la práctica 8
- Anexo L :** Pruebas ping a los Dispositivos
- Anexo M:** Encuesta de funcionalidad del sistema de entrenamiento de modelado y simulación

RESUMEN

La presencia de la COVID – 19 generó un antes y después en la educación a nivel mundial, este suceso inesperado obligo a la humanidad a adoptar nuevas formas de enseñanza pedagógicas, los espacios físicos tradicionales se transformaron en escenarios virtuales y la telemática se convirtió en el nuevo canal de comunicación e información. El presente trabajo de integración curricular concebido en épocas de pandemia busca asegurar la calidad educativa mediante la construcción de un sistema de entrenamiento de modelado y simulación de procesos industriales aplicado en el proceso de empacado en la empresa TECH Ingeniería, que a más de ser un distribuidor de equipos de control brinda capacitaciones en el área de automatización y control industrial. La implementación del sistema se basó en el control de cinco estaciones del proceso industrial de empacado mediante el software Factory IO que se conectó con controladores lógicos programables (PLCs) de marca Schneider y Siemens, para el establecimiento de la comunicación se utilizan los protocolos Ethernet TCP/IP, Modbus y OPC. El sistema incorpora una pantalla de interfaz humano máquina (HMI) para control y monitorización local, y cuenta con pasarelas IIoT para mantenimiento y supervisión remota del proceso industrial virtual. Las pruebas de funcionamiento realizadas, indican que el sistema de entrenamiento es eficaz para la integración virtual y los dispositivos industriales físicos dando el realismo que el usuario necesita para su aprendizaje en conexión y programación de cada uno de ellos, además de su interacción con otros simuladores como FluidSim que permitió la utilización de un mayor número de componentes mejorando la visualización e intercambio de datos.

Palabras clave: <AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL>, <INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS (IIOT)>, <MODELADO Y SIMULACIÓN>, <MONITORIZACIÓN LOCAL>, <MONITORIZACIÓN REMOTA>, <PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN>, <PROCESOS INDUSTRIALES>.



SUMMARY

The presence of COVID - 19 created a before and after in education across the world; this unexpected event forced humanity to adopt new forms of pedagogical teaching, traditional physical spaces were changed into virtual scenarios, and telematics became the new channel of communication and information. This curricular integration research project conceived in times of pandemic seeks to ensure educational quality through the construction of a training system for modeling and simulation of industrial processes used in the packaging process in the TECH Ingeniería company, which in addition to being a distributor control equipment provides training in the area of automation and industrial control. The implementation of the system was based on the control of five stations of the industrial packaging process through the Factory IO software connecting with programmable logic controllers (PLCs) of Schneider and Siemens brands for the establishment of communication the Ethernet TCP/IP, Modbus, and OPC protocols are used. The system incorporates a human-machine interface (HMI) screen for local control and monitoring and has IIoT gateways for remote maintenance and supervision of the virtual industrial process. The functional tests indicate that the training system is effective for integrating virtual and physical industrial devices, providing the realism that the user needs for their learning in connection and programming, in addition to the interaction with other simulators, such as FluidSim that allowed the use of a more significant number of components, improving the visualization and data exchange.

Keywords: <INDUSTRIAL AUTOMATION>, <INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS (IIOT)>, <MODELING AND SIMULATION>, <LOCAL MONITORING>, <REMOTE MONITORING>, <COMMUNICATION PROTOCOLS>, <INDUSTRIAL PROCESSES>.



Lemn Iván Lara Olivo
0602546103

INTRODUCCIÓN

En la actualidad sería erróneo desconocer el gran impacto que tiene la tecnología en la educación, y aún más desaprovechar todos los beneficios que brinda. La experiencia vivida frente a la pandemia del Covid -19 demostró que gran parte de la población no estaba preparada para afrontar este tipo de situaciones y en especial la Educación paso por una fuerte crisis que ha obligado a realizar una transformación en sus métodos de enseñanza-aprendizaje, comenzando por el uso de los entornos interactivos de simulación constructivistas (Cabero, Julio; & Costas, Jesús, 2016).

TECH Ingeniería a más de ser una empresa dedicada al suministro de equipos de control, cuenta con un equipo técnico de profesionales que brindan capacitaciones en área de la ingeniería de automatización y control industrial donde se ha visto la necesidad de contar con un módulo de entrenamiento para el modelado de los diferentes procesos industriales mediante la simulación aprovechando al máximo los entornos tecnológicos.

Disponer de equipos físicos como PLC's, pasarelas, bandas, balanzas, cilindros neumáticos, brazos robóticos y otros elementos que componen una planta industrial demanda altos precios y en muchos de los casos su adquisición toma un tiempo considerable, también es claro que al ser un módulo de entrenamiento se entiende que será maniobrado por estudiantes que podrían hacer un uso incorrecto provocando daños permanentes en cada uno de los componentes lo que representaría grandes pérdidas para la empresa.

Por tal razón se opta por la implementación de un módulo de entrenamiento simulado como una estrategia de enseñanza con el fin de generar nuevas relaciones entre didáctica, tecnología y conocimiento en los estudiantes.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El desarrollo de la automatización en procesos industriales ha permitido generar una competitividad en el sector productivo, implicando el uso de diversas tecnologías donde es necesario que todos los elementos, parámetros, variables y recursos que se empleen para aprovechar de forma eficaz un proceso industrial se produzcan o se realicen en forma controlada siguiendo y verificando los valores de cada una de las etapas involucradas.

Se analiza un crecimiento en cuanto a la automatización y control de procesos, por lo que varias empresas se dedican a realización de proyectos e innovación tecnológica en empresas a nivel nacional, e invirtiendo en equipos de automatización para ofrecer cursos de asesoría y capacitación.

Considerando los avances en cuanto a la aplicación de la simulación en procesos industriales, la simulación de fábrica modelado en una PC, permite el entendimiento y mejoras de un sistema de producción real. La tecnología de simulación permite a las organizaciones de la industria analizar y probar procesos en un entorno virtual, lo que reduce el tiempo y los costos asociados con las pruebas físicas. Se pueden incluir materiales, equipos y personal en la simulación para tomar decisiones para mantener o mejorar el rendimiento al menor costo (Fullana et al., 2009, p.37).

La evolución de softwares en el mercado de modelado y simulación hace posible que se evalúe el aporte de éstos en el aprendizaje de automatización. En el trabajo de grado desarrollado en Valladolid en España, acerca de diseño y programación de estaciones y uso de PLC, concluye que el software de Factory IO ofrece una facilidad del software para adquirir conceptos para programación de PLC, además de una rápida detección de errores mediante la simulación conforme se va programando el PLC y no al final donde resultaría difícil hallar dichos errores, refuerza el aprendizaje en campos de redes de comunicación, la simulación reduce costos y mantenimiento en cuanto a evitar tener un sistema físico para observar los efectos de estrategias de control que experimentemos y recomienda como complemento de enseñanza en instituciones educativas (Barrio, 2017).

En Ecuador, la tesis desarrollada en Ibarra de una implementación de herramienta virtual para la simulación de procesos industriales destaca múltiples ventajas del software Factory IO y su compatibilidad con el PLC-1200, y la importancia de un módulo físico portable implementado para un aprendizaje mucho más práctico y didáctico. En el mercado existen variedad tecnologías de PLC y entornos de programación, la implementación de un módulo para un solo tipo, limita el aprendizaje y no permitiría que el usuario identifique, integre y programe distintos lenguajes de programación y realice el enlace al PLC con diferentes redes de comunicación.

La empresa TECH Ingeniería cuenta con asesoría y capacitación técnica-profesional en diferentes áreas de ingeniería en Automatización y Control industrial. Cuenta con estaciones de trabajo y según análisis de la gerencia son obsoletos o incompletos para realizar una capacitación integral. Debido a que hoy en día es necesario que todas las personas profesionales, operarios y personas interesadas en el aprendizaje de esta innovación tecnológica puedan interpretar, analizar y realizar control de procesos flexibles, se requiere de nuevas herramientas de capacitación y entrenamiento capaces de reproducir en laboratorios el mismo comportamiento que el proceso industrial que se analiza.

Los sistemas de empaque a diferencia de otro tipo de maquinaria utilizada en la industria presentan grandes variaciones en su diseño según el proceso para el cual sea utilizado y las características de este, y a pesar de la gran oferta que existe en el mercado, es de gran dificultad para las empresas encontrar un producto que se ajuste en detalle a su proceso. Por esta razón, en los últimos años en diferentes universidades se han desarrollado avances en el tema, reforzando la línea de investigación y promoviendo el diseño abierto mencionado anteriormente. Por medio del modelado y simulación del proceso de empacado, sellado y etiquetado se buscará la línea de proceso óptimo que se ajuste a este tipo de proceso industrial, además de ser una automatización completa (Gómez y Sánchez, 2018, p.16).

De esta manera, cada vez toma mayor fuerza la necesidad de la utilización de entornos de aprendizaje virtuales que facilitan la formación en las distintas ramas del conocimiento, sobre todo, en aquellas donde el uso de herramientas industriales demanda costosas adecuaciones y grandes inversiones, dando lugar a que tanto del desarrollo del sistema de entrenamiento como el modelado y simulación de procesos industriales resulten totalmente eficaces para capacitaciones en la empresa TECH.

1.2. Planteamiento del Problema

¿Cómo implementar un sistema de entrenamiento para el modelado y simulación de procesos industriales aplicado a un proceso de empaclado en la empresa TECH Ingeniería?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

La situación actual en lo que a aislamiento y pandemia mundial se refiere, ha sido el impulso que le hacía falta a los fabricantes de todo el mundo para incursionar en la ya tan conocida cuarta revolución industrial, donde la producción automatizada y la asistencia robótica, combinada con el trabajo remoto, son el principal frente de acción para mitigar el impacto de la crisis económica mundial en la industria productiva.

Cinco tendencias mundiales marcan actualmente el desempeño de las empresas en todo el mundo y en todos los sectores. Estas son: innovación tecnológica, integración económica mundial, cambios demográficos y generacionales, cambio climático y escasez de profesionales cualificados. Así lo indica un estudio sobre transformación empresarial de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Internacional de Empleadores (OIE).

De 500 empresas encuestadas en los cinco continentes, el 56% señaló que la innovación tecnológica es la tendencia con mayor repercusión. Las razones son que la tecnología facilita el acceso a mercados, crea modelos empresariales digitales, acelera el desarrollo de productos y servicios y permite nuevas modalidades de empleo.

Los procesos de automatización entran en esta tendencia pues ayuda a reducir errores, aumentar la velocidad, la calidad de la producción y a recortar costos, explica el estudio publicado en octubre de 2019. Muchas empresas del Ecuador son testigos de estas ventajas. Así, las firmas y los trabajadores deben afrontar en conjunto los desafíos de la transformación digital con capacitación constante, creación de nuevos modelos de trabajo y predisposición al cambio (El Telégrafo, 2022).

La industria del empaclado y el envasado viene atravesando grandes cambios en los últimos años: la exigencia de materiales biodegradables y/o sostenibles que sigan ofreciendo las mismas prestaciones que los que se han venido utilizando hasta el momento y el aprovechamiento de la tecnología como digitalizar para optimizar, invertir en digitalización es vital, pues el futuro que

se aproxima a mediano y largo plazo exige una gran capacidad de producción a tiempos mucho menores (El Empaque, 2022).

Con base a los antecedentes mencionados se ve la necesidad de implementar un sistema de entrenamiento de modelado y simulación de procesos industriales aplicado en el proceso de empaçado, debido a que en el calendario de capacitaciones realizado por TECH Ingeniería, se puede obtener un 70% de satisfacción del cliente con las estaciones de trabajo antiguos, lo que genera este proyecto totalmente integrativo con el fin de dar una capacitación lo más completa posible, incluyendo que el personal técnico realice trabajos normativos, como etiquetados, dimensionamiento y métodos de programación.

1.3.2. Justificación aplicativa

Los procesos de fabricación que se implementan a nivel industrial tienen un alto costo por lo que es muy importante realizar primero el modelamiento del proceso. Para conseguir este objetivo se debe utilizar hardware y software que permita el desarrollo proyectos que integren control, comunicación, accionamiento y supervisión de procesos que permita intercomunicar distintos sistemas (dispositivos físicos o sistemas Software) en un entorno industrial, de forma que se pueda intercambiar la información necesaria para que cada sistema haga lo que tenga que hacer, de la forma más eficiente posible, lo que permite identificar tanto la mejor red de comunicación como el método de programación que genere un proceso eficiente.

En cuanto al modelado se pretende desarrollar el proceso industrial de empaçado en el software Factory IO, que permite crear ambientes acordes a procesos industriales más comunes, contando con la posibilidad con escenarios acorde a nuestra necesidad, dispositivos como sensores, transportadores, ascensores, estaciones y muchos otros, la mayoría de ellos orientados al transporte de piezas y logística. Todos los componentes se pueden configurar con señales analógicas o digitales, y la utilización de drivers para interaccionar con estos dispositivos y muchas otras tecnologías.

La comunicación se lo realiza de software-hardware y de software a software, en el primero se comunica mediante protocolos de comunicación especificados en los drivers del software Factory IO como Modbus TCP/IP Cliente, Siemens S7-1200, Siemens LOGO, a sus respectivas marcas de PLCs, además que se realiza en distintos métodos de programación como grafcet, lenguaje ladder y funciones lógicas. Especificando la comunicación de software a software tenemos en enlace mediante OPC Cliente con Fluid SIM dando lugar a la simulación de un PLC de no tenerlo físicamente y aprovechar los elementos neumáticos que contiene en su librería. El contar con

pasarelas para conectividad hacia la nube y realizar un mantenimiento remoto y visualizar variables del proceso en una WebSCADA, mientras que una pantalla HMI permitirá enviar señales de accionamiento, activación y desactivación de ciertos sensores y actuadores del proceso de manera local. El control de la velocidad y cambio de giro tiene grandes aplicaciones en la industria por lo que cuenta con estos elementos para ser controlados desde el ambiente virtual 3D modelado en Factory IO.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Implementar un sistema de entrenamiento de modelado y simulación de procesos industriales aplicado en el proceso de empaquetado en la empresa TECH Ingeniería.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Investigar los referentes bibliográficos de modelado y simulación de procesos industriales.
- Identificar los requerimientos normativos que debe cumplir para el diseño del sistema de entrenamiento.
- Implementar el sistema de modelado y simulación para el proceso de empaquetado.
- Validar el sistema modelado y simulado del proceso de fabricación de empaquetado realizados en Factory IO, FluidSim y PLC.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

En el presente apartado se analiza la revisión bibliográfica de los conceptos, parámetros y componentes tomados en cuenta para llevar a cabo el trabajo de investigación.

2.1. Sistema de entrenamiento

Los sistemas de entrenamiento también se conocen como tableros eléctricos, pero estos tienen un propósito diferente al de los paneles eléctricos, ya que estos sistemas capacitan a los usuarios de manera académica en probables escenarios que puedan encontrarse en la industria. El sistema de entrenamiento debe tener múltiples características de varios tableros eléctricos en uno solo, por lo que los sistemas de entrenamiento a menudo son un sistema multifuncional que proporciona múltiples escenarios de la industria en un solo módulo (Asimbaya y Viteri, 2020, p.9).

El sistema de entrenamiento consta de una estructura metálica que protege todos los dispositivos de control, motores eléctricos, equipos hidráulicos, neumáticos, etc. Estos están conformados por protecciones, señalización y alarmas con sus respectivos soportes (Asociación Electrotécnica Argentina, 2016, p.46). El sistema de entrenamiento debe instalarse en un lugar de fácil acceso, que cumpla con los estándares ambientales definidos, esté bien iluminado y permita un mantenimiento adecuado (Asimbaya y Viteri, 2020, p.10). Cada instalación del sistema de entrenamiento debe presentar instrucciones de conexión que pueden ser:

- Diagrama de interconexión.
- Diagrama unifilar.
- Diagrama de control.

2.1.1. Características

Un sistema de entrenamiento debe contar con las siguientes características fundamentales:

- Seguridad de las personas quien opera el sistema de entrenamiento.
- Continuidad del servicio.
- Solidez estructural.
- Modularidad de sus componentes.
- Correcto funcionamiento eléctrico y mecánico.
- Grado de protección (normas).

- Ergonómicos.

Para todos los tipos de sistemas de entrenamiento, se deben tomar en cuenta las características descritas anteriormente, las normas indican las pautas de diseño y especificaciones para garantizar seguridad y calidad (Farina, 2017).

2.1.2. Protecciones

Son componentes de maniobra que localizan parámetros incorrectos en la línea eléctrica, estos componentes permiten interrumpir y conducir la corriente. Los porcentajes de falla que suceden en los sistemas de entrenamiento se evidencia en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Tipos de fallas en un sistema de entrenamiento

Elemento	Fallas %
Líneas de transmisión a tierra	28
Líneas de transmisión más de una fase	5
Cable	9
Equipo de maniobra	10
Equipo de generación	7
Equipo de transformación	12
Redes de distribución	29

Fuente: Tamasco, 2007.

Realizado por: Carlos, C. & Kevin, C., 2022.

2.1.3. Descripción de normas de diseño

Para los módulos eléctricos existen normas industriales que permiten mejorar la seguridad, definir los niveles mínimos de rendimiento del producto y aumentar la eficiencia del diseño. Por estas razones, se hacen cumplir varias normas en las industrias de Norteamérica y Europa. En el mercado mundial, estas u otras normas pueden seguirse o no, lo que genera grandes diferencias en el rendimiento y el costo del producto. En muchos casos, el cliente final no conoce o no entiende claramente estas normas y, por lo tanto, no insiste en pedirle a su proveedor productos que las cumplan. Sin una comprensión adecuada y la aplicación de las normas industriales, un enfoque en el precio bajo por sí solo puede verse como un costo inicial bajo para un producto, pero en última instancia puede conducir a altos costos de mantenimiento, fallas y, lo peor de todo, problemas de seguridad de los trabajadores (Hoffman, 2009).

Para evitar riesgos y reducir la inseguridad frente a las consecuencias de un accidente eléctrico se debe hacer el cumplimiento de las normativas y reglamentaciones. Los tableros hechos bajo las

normativas permiten garantizar la seguridad del operario ante contactos directos e indirectos, además la estandarización del diseño y la calidad de fabricación permite hacer modificaciones, ampliaciones de manera sencilla, rápida y fiable durante su utilización (Asimbaya y Viteri, 2020, p.11).

Sin embargo, el diseño técnico de cualquier especialidad sujeta a normativas internacionales, de acuerdo con la investigación técnica hecha por la división eléctrica de Schneider, el 80% de los módulos eléctricos de bajo voltaje no cumplen con las normativas. En esta sección se especificará las normativas planteadas por la IEC, que asigna los requisitos técnicos que se debe cumplir para el diseño de un módulo eléctrico de baja tensión (Díaz & Vizcaíno, 2016, p.36).

2.1.3.1. Norma Internacional IEC-61439

Es el estándar establecido por la Comisión Electrotécnica Internacional para asegurar el diseño óptimo y el correcto funcionamiento de los tableros armados, se aplica a circuitos con tensiones nominales inferiores o iguales a 1000 V CA o 1500 V CC. Los objetivos del cumplimiento de esta normativa es garantizar la seguridad de la instalación y del personal, así como también disminuir la tasa de fallas asociadas a su concepción (Legrand, 2018).

La norma está conformada por dos partes que contienen varios segmentos que son:

➤ Parte 1

- IEC 61439-1 "Reglas generales"

➤ Parte 2

- IEC 61439-2 " Tableros de potencia"
- IEC 61439-3 "Tableros de distribución"
- IEC 61439-4 " Tablero para obras"
- IEC 61439-5 " Tablero para redes de distribución públicas"
- IEC 61439-6 "Sistemas de canalizaciones eléctricas prefabricadas"

Los segmentos de la Norma IEC-61439 mencionadas anteriormente no tienen igual ponderación ya que hay una jerarquía formal y cada segmento no puede ser utilizado individualmente.

2.1.3.2. Norma Internacional IEC-60529

Esta norma describe un sistema para la clasificación de los grados de protección otorgados por las envolventes de equipos eléctricos con una tensión asignada que sea menor o igual a 72.5kV. Aunque el sistema es adecuado para su uso con la mayoría de los tipos de equipos eléctricos, no se debe suponer que todos los niveles de protección son aplicables a un tipo particular de equipo (IEC-60529, 2001), esto con respecto a:

- La protección del personal contra el acceso a partes peligrosas ubicadas en el interior de la envolvente.
- La protección de los materiales ubicados al interior de la envolvente contra los daños causados por la penetración de cuerpos sólidos extraños.
- La protección de los equipos ubicados al interior de la envolvente contra los daños perjudiciales causados por la penetración de agua.

El nivel de protección otorgado por una envoltura, se indica por medio del código IP como se observa en la Ilustración 1-2.

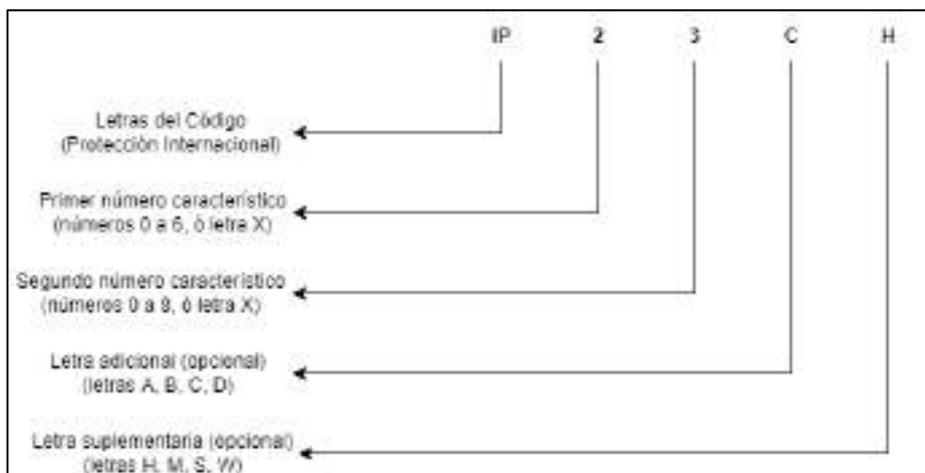


Ilustración 1-2: Disposición del Código IP.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Donde un número característico no es requerido para ser especificado, será sustituido por la letra “X” (“XX” si los dos números son omitidos), ver el Anexo A para mayor información detallada.

2.2. Simulación y modelamiento

La simulación y modelamiento se basa en el trabajo con el computador y, más específicamente, en el trabajo con el desarrollo de software precisamente para modelar y simular. Lo que es importante es reconocer que el modelamiento y la simulación demandan un trabajo conceptual y/o teórico previo que conduce precisamente a la necesidad de considerar problemas computacionales o algorítmicos, tratados computacionalmente (Maldonado & Gómez, 2010, p.7).

2.2.1. Modelos de simulación de sistemas

Los modelos de simulación son herramientas, que pueden reproducir (imitar) el comportamiento de un sistema simulado con detalles representativos y esenciales, que deben construirse de acuerdo con la realidad del sistema u objeto, la correspondencia entre el modelo y el objeto real debe ser reversible, capaz de traducir el comportamiento del modelo a la realidad (Álvarez & García, 2005, p.13).

2.2.2. Construcción de un modelo de simulación

Para realizar la construcción de del modelo se debe tener en cuenta lo siguiente (Álvarez & García, 2005, p.15) :

- Los modelos de simulación deben ser lo más simples posible, lo que permite una mejor comprensión del modelo y sus resultados, reduciendo el costo de desarrollo, depuración y mantenimiento del código de programación, así como el tiempo requerido para ejecutarlo.
- Al implementar modelos de simulación, es conveniente tener tanta información como sea posible acerca del sistema. Puede ser útil discutir con expertos que conocen el sistema, revisar las teorías existentes acerca del mismo para no tener que reinventar lo que ya se ha demostrado, hacer observaciones experimentales.
- Si el modelo de simulación se divide en submódulos, todos ellos deben modelarse con un nivel de complejidad similar.
- Durante la construcción del modelo puede invitarse especialistas en el sistema, para que examinen datos de salida procedentes unos del modelo y otros del sistema real, y que intenten sin conocer la respuesta, identificar cuáles provienen del modelo y cuáles del sistema.
- Al construir un modelo, se puede invitar a expertos en el sistema, para que estudien los datos de salida del modelo y otros datos del sistema real, y sin saber la respuesta traten de determinar cuál es del modelo y cuál es del sistema.

2.2.3. Simulación en la industria

De acuerdo con Álvarez & García (2005, p.26-28), las simulaciones pueden intervenir en cualquier etapa de ciclo de vida de un sistema, tanto en el diseño preliminar como en la concepción del mismo, construcción y mantenimiento, para evaluar escenarios alternativos y hallar respuestas a interrogantes como “qué pasaría si”, logrando así formar parte del estudio en cualquier etapa de un proyecto industrial.

Los modelos imprescindibles para realizar experimentos de simulación no se usan solamente para predecir comportamientos de sistema reales, si no que se pueden usar en otras tareas, algunas de las cuales son:

- **Diagnos:** el modelo se utiliza como una presentación profunda del sistema, en la que se pueden identificar las causas creadas por una desviación respecto a un comportamiento teórico.
- **Control basado modelos:** el modelo se utiliza para establecer las posibles acciones que se pueden hacer en un sistema, que conducirá al mismo a una situación determinada.
- **Optimización:** el modelo se utiliza para establecer situaciones del proceso, en donde se logra una mejoría del rendimiento.
- **Enseñanza:** el modelo se emplea para que los usuarios estudien el comportamiento del sistema al que modela.

La simulación juega un papel muy importante en la industria, porque permite probar con éxito diferentes alternativas y gracias a la ayuda de los sistemas industriales se pueden identificar los cuellos de botella, ajustar la producción a parámetros esenciales y tomar decisiones correctivas si es necesario.

2.2.4. Simulando un entorno de procesos

Uno de los objetivos de un modelo de simulación de procesos es identificar posibles mejoras en los procesos. El propósito del análisis de procesos es:

- Mejorar la comprensión de los procesos, especialmente su estructura y comportamiento dinámico.
- Identificar las opciones de mejora del proceso.

En cualquier caso, la simulación es un método apropiado porque permite experimentar con modelos de procesos en lugar de procesos del mundo real. Se centran en los requisitos y los parámetros de simulación necesarios para probar las condiciones de cumplimiento de la interfaz del proceso y analizar los aspectos de comunicación del software en un entorno de proceso determinado (Álvarez & García, 2005, p.28).

2.2.5. *Software de modelamiento y simulación*

Son softwares de simulación 3D, el cual nos ayuda a construir y controlar procesos industriales en tiempo real. Este tipo de simulación es totalmente interactiva e incluye gráficos de alta calidad y sonido, proporcionando un entorno realista industrial. A su vez utiliza tecnología innovadora, la cual permite la creación fácil y rápida de los sistemas automatizados en 3D, que pueden ser controlados en tiempo real mediante protocolos industriales (Modbus, OPC UA, OPC DA, etc.) al PLC que controla el proceso (Factory I/O, 2021).

Para el modelamiento y simulación de procesos industriales se encuentran otros ambientes virtuales muy reconocidos por las extensas aplicaciones que ofrecen como, Flexsim y Promodel. En la tabla 2-2 se detalla las características de los softwares mencionados.

Tabla 2-2: Comparación de los softwares de simulación

Aspecto por comparar	FACTORY IO	FLEXIM	PROMODEL
Variedad de librerías	Más de 80 componentes industriales	Cientos de componentes	Cientos de componentes
Orientado a que tipo de industria	Orientado a la educación	Fabricación, minería, logística, petrolera, etc.	Aeroespacial, defensa, salud, farmacéuticas, servicios, etc.
Método de Simulación	Conexión con PLC real o simulado	Tags internos con funciones	Modelo gráfico interno
Complejidad de uso	Baja	alta	Alta
Comparativa gráfica			

Fuente: Beutelspacher & Calderón, 2014.

Realizado por: Carlos, C. & Kevin, C., 2022.

2.3. Controlador lógico programable

El Autónoma Programable (AP) o PLC es un dispositivo de maniobra y control, que fue creado para sustituir los circuitos secuenciales de relés empleados en el control de máquinas, este dispositivo trabaja manipulando el estado de sus salidas ya sea prendiéndolas o apagándolas, dependiendo del estado de las entradas. El usuario debe introducir un programa con la ayuda de un software, el mismo que determinará los resultados de operación deseados (Ramírez, 2001, p.1).

De acuerdo con Prades (2020, p.22), entre los beneficios de usar estos dispositivos está la capacidad de ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos al poder realizar cambios sin costos adicionales., además son de tamaño reducido, tienen un bajo costo de mantenimiento y permiten controlar más de una máquina con el mismo equipo.

2.3.1. Estructura general

El sistema del PLC tiene los elementos funcionales básicos de un procesador generalmente, la Ilustración 2-2, presenta la estructura básica. En la tabla 3-2, indica las principales características de la estructura básica del PLC.

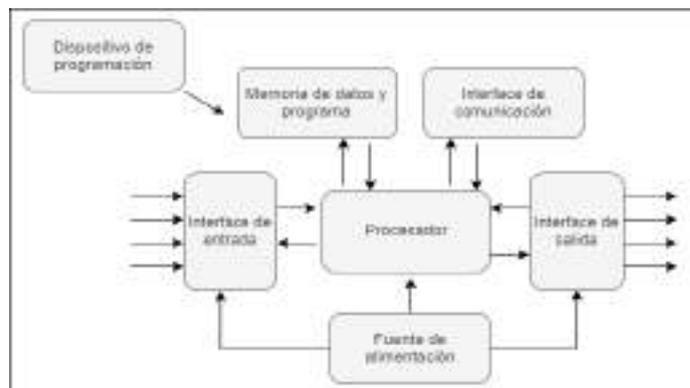


Ilustración 2-2: Estructura básica de un PLC

Fuente (Guzmán Luna et al., 2015)

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022

Tabla 3-2: Características de la estructura del PLC.

ESTRUCTURA PLC	CARACTERÍSTICAS
Fuente de Alimentación	<ul style="list-style-type: none"> Proporciona energía a las tarjetas que tenga el PLC y al CPU.
CPU (Unidad de Procesamiento Central)	<ul style="list-style-type: none"> Está diseñado en base a memorias y microcontroladores. Contiene memoria RAM, Memoria tipo relé, una Unidad de control, Contadores y Temporizadores.

Interfaces de E/S o Módulos	<ul style="list-style-type: none"> • Enlazan a los dispositivos de campo (actuadores y sensores) con el CPU. • Los diferentes tipos de módulos son: Módulos de entradas y salidas analógicas, Módulos de entradas y salidas discretas
Módulo de Memorias	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenan información ya sea de forma provisional o permanente de acuerdo al tipo de memoria que se vaya a usar. • Existen dos tipos de memoria: Volátiles (RAM) y no volátiles (EEPROM y EPROM)
Dispositivo de Programación	<ul style="list-style-type: none"> • Es el medio de comunicación entre el usuario y el PLC.

Fuente: Asimbaya & Viteri , 2020

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2.3.2. Tipos de PLC

De acuerdo a lo expuesto por Chiluisa (2020, p.11) hay una gran variedad y cantidad de tipos PLC en la actualidad, ya sean estos de acuerdo a su capacidad, memoria, números de E/S , por su función etc. Por lo mencionado anteriormente se darán a conocer las categorías de PLC más conocidos.

2.3.2.1. Compactos

Se les conoce así porque este tipo de autónomas programables integra CPU, PS, módulos de E/S en el mismo segmento, este tipo de PLC se lo usa para sustituir a los relés. Por lo general es fijo el número de E/S digitales ya que no suelen superar los 30 puertos, además tienen uno o dos canales como conexión para la programación del PLC y se distingue por tener interfaz HMI (Domínguez & Marín , 2017, p.49).

2.3.2.2. Modulares

Se caracterizan por tener una mayor capacidad de potencia con respecto al PLC compacto, además poseen un gabinete individual montado sobre un riel para cada elemento de su arquitectura, conectado por buses de datos, lo que lo hace capaz de tener mayor capacidad para albergar programas que necesiten alta robustez y versatilidad (Chiluisa, 2020, p.12).

2.3.2.3. Montaje en rack

Se caracteriza por tener un rack en el cual se colocan los módulos del PLC y su capacidad de velocidad al rato de intercambiar información y datos entre sus módulos (Chiluisa, 2020, p.12).

2.3.3. Tipos de lenguajes de programación según la norma IEC-61131-3

Los lenguajes de programación que plantea la norma IEC-61131-3 según la semántica y sintaxis son diagrama de contactos, diagrama de bloques de funciones, texto estructurado, diagrama de funciones secuenciales y lista de instrucciones (Quezada et al., 2014).

2.3.3.1. Diagrama de Contactos (LD)

Se lo conoce también con el nombre de diagrama Ladder (escalera), es un lenguaje de programación tipo gráfico, está representado por contactos que cumplen la función de entradas los cuales pueden estar normalmente abiertos o cerrados y bobinas que vienen a ser las memorias o salidas. Cuando los contactos están en serie estos representan la operación lógica AND y cuando se encuentran en paralelo representaran la operación lógica OR como se observa en la Ilustración 3-2 (Mancheno & Cuvi, 2016, p.33).

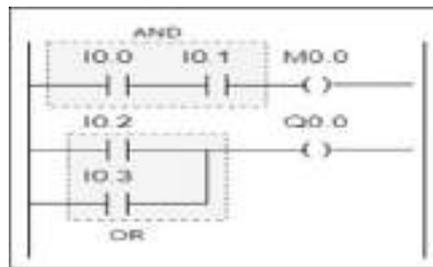


Ilustración 3-2: Diagrama Ladder

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2.3.3.2. Diagrama de Bloque Función (FBD)

Es un lenguaje de programación tipo gráfico, está representado mediante bloques aritméticos y lógicos que simbolizan las características funcionales del programa. La lógica escalera es sustituida totalmente en los PLC por los diagramas de bloques y posibilita el procesamiento de datos en paralelo gracias a su lenguaje de programación específica (De Castro Rivera et al., 2017, p.9).

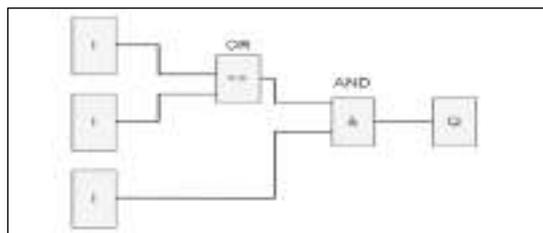


Ilustración 4-2: Diagrama Bloque de Función

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2.3.3.3. Lista de Instrucciones (IL)

Este lenguaje de programación se encuentra basado considerablemente en el álgebra de Boole, las variables declaradas por medio de las operaciones booleanas son vinculadas al lenguaje máquina que son líneas de programas que abarcan las instrucciones de control (Mancheno & Cuvi, 2016, p.34).

009	LD	%10.1	Bp. inicio ciclo
	AND	%10.0	Bp. Presencia vehiculo
	AND	%M3	Bit autorización reloj calendario
	AND	%10.5	Fc. Alto rodilla
	AND	%10.4	Bp. detrás pteico-
005	S	%M0	Memo inicio ciclo
	LD	%M2	
	AND	%10.5	
	OR	%10.2	Bp. paradas ciclo
	R	%M0	
010	LD	%M0	
	ST	%Q0.0	Piloto ciclo

Ilustración 5-2: Lista de Instrucciones

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2.3.3.4. Gráfico Secuencial de Funciones (SFC)

También se lo conoce comúnmente como Grafcet, este lenguaje de programación tipo gráfico permite a los usuarios representar programas y describir la automatización secuencial en forma de diagramas, está conformado por etapas, transiciones y acciones, además debido a su simplicidad son muy utilizados en los procesos industriales (Domínguez & Marín, 2017, p.52).

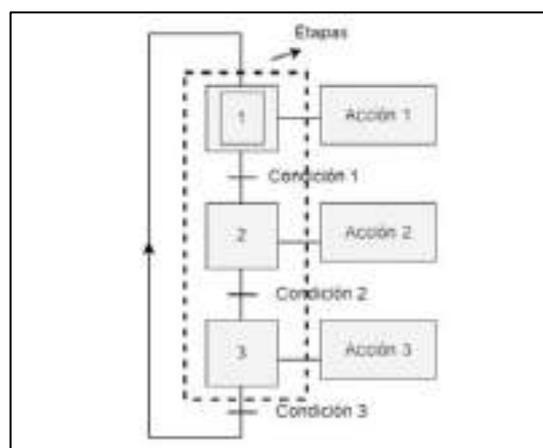


Ilustración 6-2: Gráfico Secuencial Funciones

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2.3.4. Softwares de programación

Actualmente, los fabricantes de PLC han preferido la norma IEC1131-3, reduciendo así la incompatibilidad por el cambio de plataforma, pero según el fabricante, se utilizan diferentes programas, aunque existen incompatibilidades por dispositivo todos funcionan de manera similar con los mismos principios de programación (Chiluisa, 2020, p.33).

Dependiendo de la marca de PLC es necesario conocer el software de programación, en la Tabla 4- 2, se observa el autómatas programable con su respectivo software para la programación.

Tabla 4-2: Principales marcas de PLC y software de programación.

Marca	Software
Siemens	TIA Portal, LOGO, Soft Comfort
Omron	CX-Programmer, Sysmac Studio
Mitsubishi	Melsoft, IQ Works
B&R	Automation Studio
Rockwell	CCW Workbench
Beckhoff	TwinCat, CODESYS
Scheider Electric	TwidoSuite, SoMachine, Zelio Soft, PL7, Unity Pro, Concept
Unitronics	Visilogic
ABB	CODESYS
Eaton	
Wago	

Fuente: Asimbaya & Viteri , 2020

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2.4. Redes de Comunicación Industrial

Antes del siglo XX, el progreso tecnológico ha ido al mismo tiempo que la revolución industrial, en donde los sistemas mecánicos son fundamentales para la industria y el desarrollo de procesos industriales, pero ya en el siglo XX resurgieron con mayor fuerza los sistemas de automatización, sustentados en la primera mitad por sistemas eléctricos basados en relés electromagnéticos, y en la segunda mitad por sistemas electrónicos de estado sólido. La introducción del controlador programable se ha convertido en un hito importante en los procesos de ensamblaje, almacenamiento, línea de producción, control de calidad, etc. Este equipo ha simplificado los procesos industriales, haciéndolos más eficientes, precisos y reprogramables, disminuyendo los altos costos que se daban al sustituir el sistema de control complejo basado en relés y contactores, tanto en términos de tamaño como de vida útil (Hurtado, 2012).

El avance tecnológico de la automatización está asociado, por tanto, al desarrollo de las redes de comunicación, las mismas que mejoran los procesos de fabricación en las empresas, por más complejas que estas sean, disminuyendo así costos e incrementando la calidad del proceso y del producto (Albán & Paguay, 2017, p.5).

2.4.1. Protocolos de comunicación

Los protocolos que se usan en la industria provienen, por un lado, de la evolución de los antiguos protocolos basados en comunicaciones serie, y, por otro, de la creación de nuevos estándares basados en nuevas tecnologías.

2.4.1.1. Sistema Profibus:

Este es el sistema más usado en la industria porque está estandarizado, en su mayoría a nivel europeo, con hasta 127 puntos de conexión, tasa de transferencia de 9,6 kbit/s-12 Mbit/s, tiempo de ciclo de 9 ms hasta 246 bytes a una distancia de 9,6 kilómetros a 150 kilómetros, comúnmente utilizado para conexiones de instrumentación o entre diferentes equipos (Chiluisa, 2020, p.24).

2.4.1.2. Sistema ProfiNet:

Sistema industrial, con tecnología Profibus mejorada, tiene número ilimitado de nodos, mayor compatibilidad y estabilidad entre protocolos TCP/IP, cuenta con Web en tiempo real, presenta comunicación inalámbrica con protocolos seguros y se encuentra estandarizado a través de ethernet (Pigan & Metter, 2015, p.18).

2.4.1.3. Sistema Modbus:

Este sistema de comunicación es muy utilizado en las industrias y fue creado por Modicon para comunicar sus redes de PLC, este protocolo cuenta con distintas versiones: Modbus TCP/IP, Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus plus, Pemex Modbus y Enron Modbus, con una distancia de hasta 15m máximo a través de puertos serie RS485 y RS232 (Bollaín, 2019, p.477).

2.4.1.4. OPC

Provee una interfaz estándar para comunicarse con los PLC. Una de sus principales funciones es la traducción de datos/mapping, es decir, cambiar datos nativos en un formato OPC compatible con uno o más equipos (Semle, 2016, p.33).

2.4.1.5. *HTTP (REST/JSON)*

Protocolo cliente/servidor sin conexión ubicuo en las TIC y la web. Dado que existen incontables herramientas de código abierto que usan HTTP, y que todo lenguaje de codificación tiene bibliotecas HTTP, es muy accesible. Además, HTTP proporciona transporte, pero no define la presentación de la información. Así, un requerimiento HTTP puede contener HTML, JSON (Notación de Objeto JavaScript), JavaScript, XML, etc. En la mayor parte de los casos, IoT está estandarizando JSON para HTTP (Semle, 2016, p.33).

2.4.1.6. *MQTT*

Protocolo de publicación/suscripción diseñada para sistemas SCADA y Redes Remotas, el énfasis está en los encabezados mínimos (2 bytes de cabeza) y comunicación confiable. Además, es muy simple. Al igual que HTTP, la carga MQTT es específica de la aplicación y la mayor parte de las implementaciones utilizan formato JSON binario o personalizado (Semle, 2016, p.34).

2.5. **IIOT**

El Internet industrial de las cosas (IIoT) es un término que se refiere al uso de dispositivos conectados en las fábricas, empresas de energía y otras industrias. Es muy importante lograr un alto grado de automatización y autocontrol de la maquinaria industrial, ya que permite mejorar la eficiencia (Red Hat, 2022).

La automatización también ayuda a administrar una gran cantidad de dispositivos del IIoT, especialmente en áreas geográficas extensas. El software de automatización no solo administra servidores y dispositivos de red, sino que también mantiene al día las actualizaciones y validaciones de los dispositivos del IIoT.

2.5.1. *La Industria 4.0 y la cuarta revolución industrial*

Los equipos o maquinarias adecuados con pasarelas abren camino a la industria 4.0, que permita la interconexión con otros sistemas a través de internet.

Las maquinarias Baker Perkins usan el enrutador modular y la pasarela de datos, para enlazarse a los sistemas de control del cliente en cualquier parte del mundo cuando los clientes se comunican para consultas remotas. La industria 4.0 es una tecnología de rápida evolución que los fabricantes pueden personalizar para adaptarse a sus exclusivas situaciones (Food New Latam, 2021).

2.5.2. Gateway (pasarelas)

Las industrias de procesos se deben actualizarse periódicamente. Esto, frecuentemente, significa reemplazar los sistemas de control antiguos y usar nuevas tecnologías para diseñarlo con vistas al futuro. Es importante que los operadores de planta reduzcan los costos de modernización manteniendo el nivel de campo en su totalidad (Interempresas, 2022).

Dado que el potencial de peligros aumenta como resultado de la gran cantidad de datos y el aumento de la red de plantas industriales, el Gateway cumple con los requisitos de seguridad apropiados, por lo cual en el mercado existen diversas marcas que continúan aumentando el nivel de seguridad.

2.6. Empaque y Embalaje

El embalaje y empaque deben garantizar que no exista ningún riesgo para la salud de los consumidores. En la mayor parte de los países se han implementado normas para proteger a los consumidores que requieren empaques funcionales, que tengan información e instrucciones claras, objetivas y seguras que sean fáciles de manipular, almacenar, transportar, abrir, cerrar e incluso desechar (Cámara de Comercio, 2010).

2.6.1. Embalaje

Se entiende por embalaje todo medio de material destinado a proteger las mercancías para su envío (manipulación, carga, descarga, transporte nacional e internacional, etc.) y/o almacenamiento en bodegas o depósitos.

2.6.2. Empaque

Es todo componente o elemento elaborado con material de cualquier tipo que sirve para contener, proteger, distribuir y presentar un producto (desde el producto crudo hasta el producto terminado), en cualquier etapa de la cadena logística. También se lo conoce como contenedor o envase, y es válido la utilización de cualquiera de estos conceptos. Los empaques se clasifican en empaque primario, secundario y terciario (Cámara de Comercio, 2010).

2.6.2.1. Empaque primario

Es el envase o recipiente el cual contiene el producto. Ejemplo: La botella que tiene en su interior una bebida.

2.6.2.2. *Empaque secundario*

Es el que contiene al empaque primario, está destinado a brindar protección y facilitar el manejo del producto para su debida distribución en los puntos de venta. Una de las características de este empaque es que puede separarse del producto sin afectar sus características. Ejemplo: La caja que contiene una botella de champagne.

2.6.2.3. *Empaque terciario*

Este empaque es aquel que agrupa tanto a los empaques primarios como secundarios y está destinado a facilitar el transporte y manipulación del producto. Ejemplo: La caja de cartón que contiene varias unidades de empaques secundarias, las mismas que contienen en su interior al empaque primario.

CAPITULO III

3. MARCO METOLÓGICO

En este capítulo se expone los temas relacionados a los requerimientos que debe cumplir, diseño del Hardware y Software del sistema, detallando cada parte que lo conforma, sus componentes, sus características técnicas, el esquema de conexiones, herramientas software, diagrama de flujo y diseño e implementación de la estructura.

3.1. Requerimientos del sistema

Las principales necesidades encontradas son relacionadas en el aspecto técnico, debido al desarrollo e innovación de nuevas tecnologías conforme avanza el tiempo, lo que hacía que los módulos dispuestos para capacitación resulten obsoletos debido a dispositivos con versiones antiguas y menor capacidad de comunicación. Al analizar las condiciones del área de capacitación de la empresa TECH Ingeniería se pretende dar solución a varias necesidades técnicas.

- Contar con una protección eléctrica para dispositivos y para el usuario.
- Contar con PLCs que ofrezcan una compatibilidad con los controladores de E/S que cuenta el software de simulación Factory IO.
- Contar con un variador y motor para realización de control de velocidad y sentido de giro.
- Dispositivo que permitan descarga remota de programas a PLC desde cualquier lugar para facilitar el aprendizaje semipresencial.
- Control local mediante HMI que permita al usuario verificar visualmente el estado de variables.
- Dispositivo que permita enlazarse a una web SCADA para supervisión y monitorización de señales de manera remota desde dispositivos inteligentes.
- Capacidad de garantizar que un paquete sea enviado y recibido en un determinado período de tiempo, y evitar pérdida de datos.
- Permitir integrar nuevos dispositivos sin perder capacidad de rendimiento.
- Generación de guías prácticas que permitan identificar, configurar, programar e integrar distintos dispositivos de control y comunicación por parte de las personas a capacitarse.

3.2. Concepción de la arquitectura general del sistema

El sistema de entrenamiento como se observa en la Ilustración 1-3, consta de varios PLCs de diferentes tecnologías de uso industrial, que controlarán el ambiente de proceso referente al

empacado que será modelado en el programa Factory IO. El usuario podrá controlar cada uno de los objetos del ambiente 3D como sensores, actuadores, cilindros neumáticos, entre otros, con cada PLC y sus diferentes softwares de lenguajes de programación lo que dará una eficiente capacitación y un aprendizaje integro en el módulo de capacitación a implementarse. Se cuenta con un variador de frecuencia y motor para control de movimiento que son imprescindibles en cualquier maquinaria de la industria. La integración de elementos como pasarelas y HMI permite al usuario realizar tareas de monitorización y mantenimiento de manera local y remota, por su facilidad de enlace a plataformas en la nube.

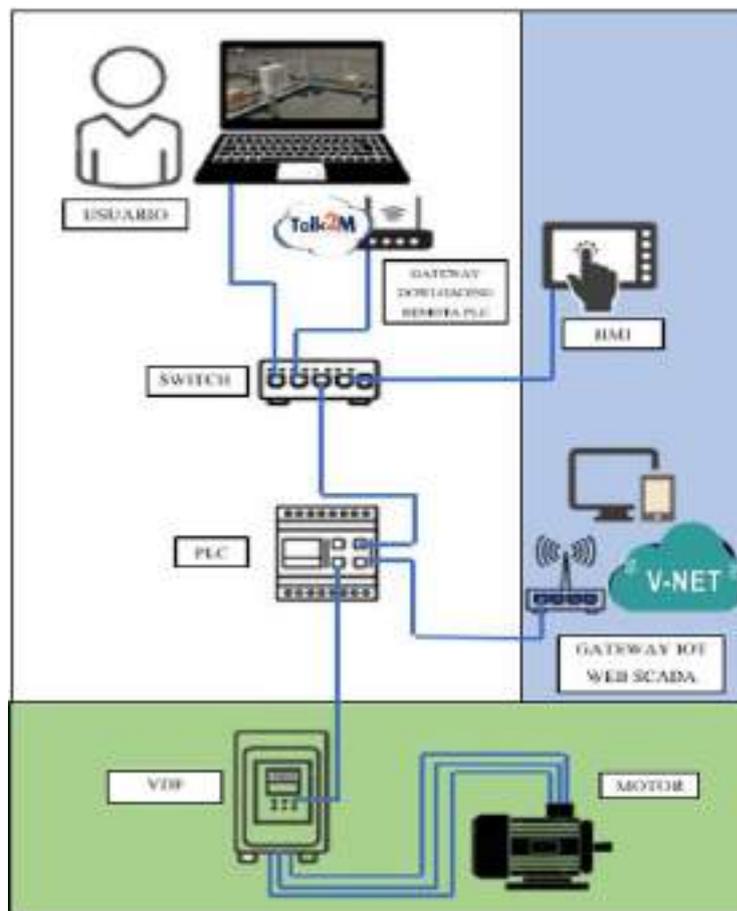


Ilustración 1-3: Esquema general del sistema de entrenamiento

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.3. Diseño de la arquitectura del sistema

En este apartado se detalla la arquitectura del prototipo mediante un esquema de conexión entre los distintos bloques que comprende el sistema de entrenamiento, como se observa en la Ilustración 2-3, el *bloque de alimentación* que suministra la energía eléctrica que se necesita para que funcione los elementos que componen el sistema. El *bloque de mando y señalización* para

controlar que elementos se van a utilizar y su respectiva señalización del funcionamiento de estos, en el *bloque de procesamiento* se encuentran los PLCs de diferentes tecnologías y distintos lenguajes de programación de los fabricantes, adquieren señales de E/S del *bloque de modelamiento* conformado por la PC con la planta virtual modelada y realizar el respectivo procesamiento de señales y ejecutar un control lógico. Además, se cuenta con un *bloque de control de movimiento* para la activación y control de un motor trifásico. El *bloque de comunicación e IIoT* permite integrar los elementos necesarios para el usuario por medio de un switch, y mediante las pasarelas una monitorización y supervisión de datos. Finalmente, el *bloque de control y visualización local/remoto* conformado por una pantalla HMI y los distintos dispositivos tecnológicos inteligentes (PCs, tablets, celulares, entre otros).

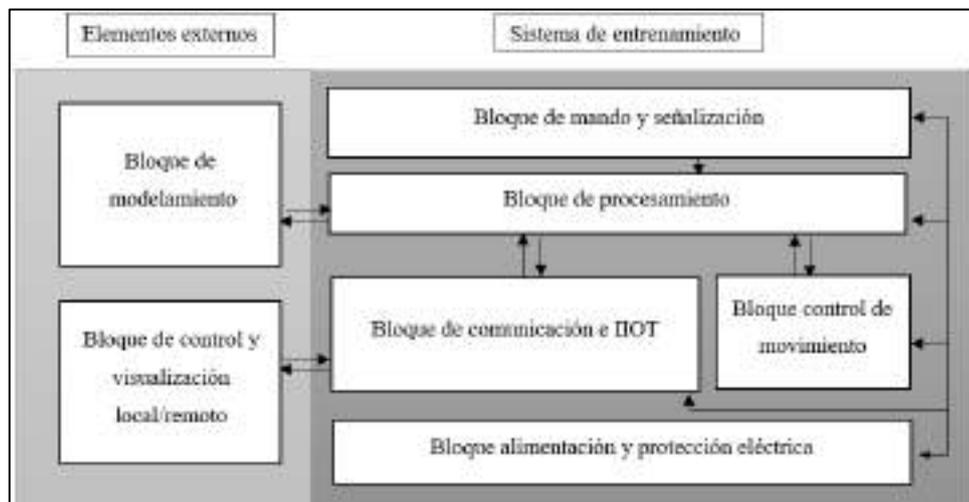


Ilustración 2-3: Esquema del sistema de entrenamiento

Realizado por: Colcha, K. & coronel, C., 2022.

3.3.1. *Bloque de alimentación y protección eléctrica*

En la Ilustración 3-3, se observa el bloque de alimentación compuesto por elementos como el medidor de energía eléctrica que provee 110 VAC hacia los dispositivos de protección eléctrica, los cuales se distribuyen tanto para la fuente de 24VDC y para el transformador 110/220 VAC para el bloque de control de movimiento.

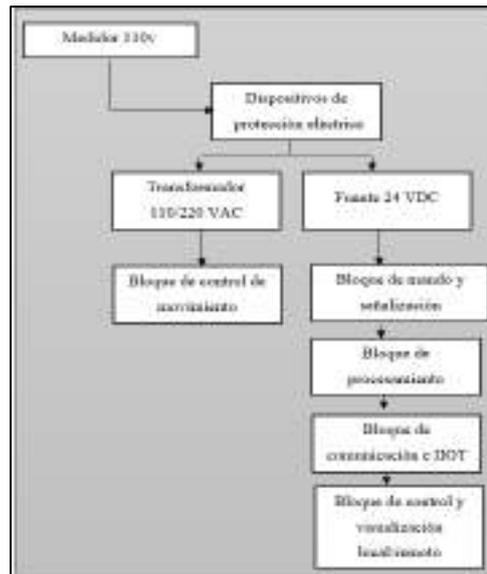


Ilustración 3-3: Diagrama de bloques de alimentación y protección eléctrica

Realizado por: Colcha, K. & coronel, C., 2022.

3.3.2. *Bloque de mando y señalización*

Este bloque comprende selectores que permitirán al usuario elegir los PLCs y demás elementos que se usarán para las distintas prácticas manteniendo un equilibrio de cargas, además de luces piloto que indiquen el estado de encendido o apagado de estos elementos.

3.3.3. *Bloques de Modelamiento y Procesamiento*

El *bloque de modelamiento* comprende la PC con el ambiente 3D del proceso industrial de empacado que mediante sus E/S se realizará un control mediante el *bloque de procesamiento* donde los PLCs con sus distintos lenguajes de programación que nos ofrece cada fabricante. En la Ilustración 4-3, se puede visualizar el diagrama de bloques de estas etapas.

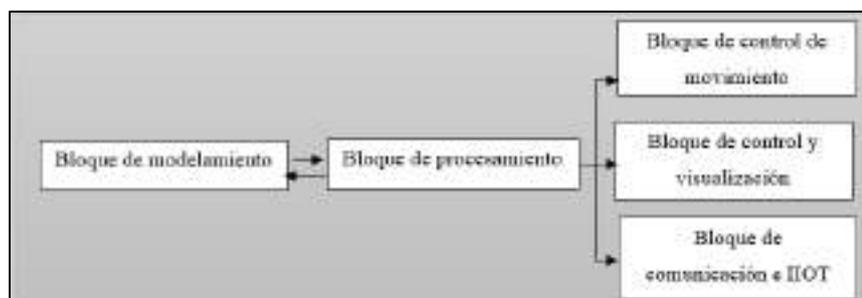


Ilustración 4-3: Diagrama de Bloques de Modelamiento y Procesamiento

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.3.4. *Bloques de comunicación e IOT*

El *bloque de comunicación* tiene como elemento principal el switch que hace una fácil integración de los elementos para las distintas prácticas y las pasarelas *IIoT* comprende las pasarelas usadas para descarga y monitorización remota, creando una VPN y un enlace a una web SCADA.

3.3.5. *Bloque de control y visualización*

Tiene elementos como pantalla HMI para mandos de control local y visualización de variables, y los dispositivos tecnológicos para de la misma forma realizar una monitorización y supervisión de datos remotamente que se envían desde el *bloque de comunicación e IIoT*.

3.3.6. *Bloque de Control de movimiento*

Como se visualiza en la Ilustración 5-3, comprende un variador de frecuencia y motor para prácticas de variación de velocidad y cambios de giro.

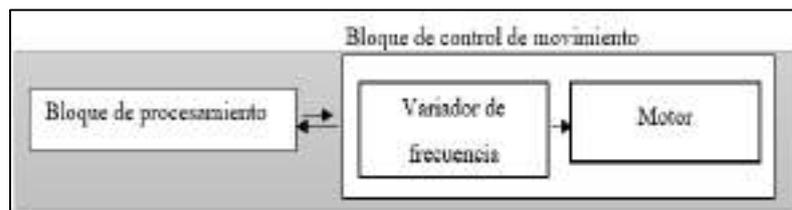


Ilustración 5-3: Diagrama de Bloque de control de movimiento

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.4. **Diseño de la distribución de elementos del sistema de entrenamiento**

Tomando en cuenta la división de bloques que se especificaron en el anterior punto, se realiza una ubicación estratégica de todos los elementos como se observa en la Ilustración 6-3. El bloque de alimentación y protección eléctrica conformada por dos termomagnéticos (unipolar y bipolar) y borneras para distribución de cargas, el bloque de mando y visualización conformado por selectores y luces piloto para verificación del funcionamiento, el bloque de procesamiento conformado por todos los PLCs, el bloque de comunicación e IOT que comprende un switch y dos pasarelas *IIoT*, el bloque de control de movimiento integra un transformador, variador de frecuencia y motor trifásico. Por otra parte, para los elementos externos en el bloque de modelamiento implica el uso específico de una PC con el escenario virtual a controlar, en el bloque de control y visualización local-remoto constituido por una pantalla HMI y los distintos dispositivos tecnológicos que se puedan utilizar para el control y monitorización remoto desde cualquier lugar.

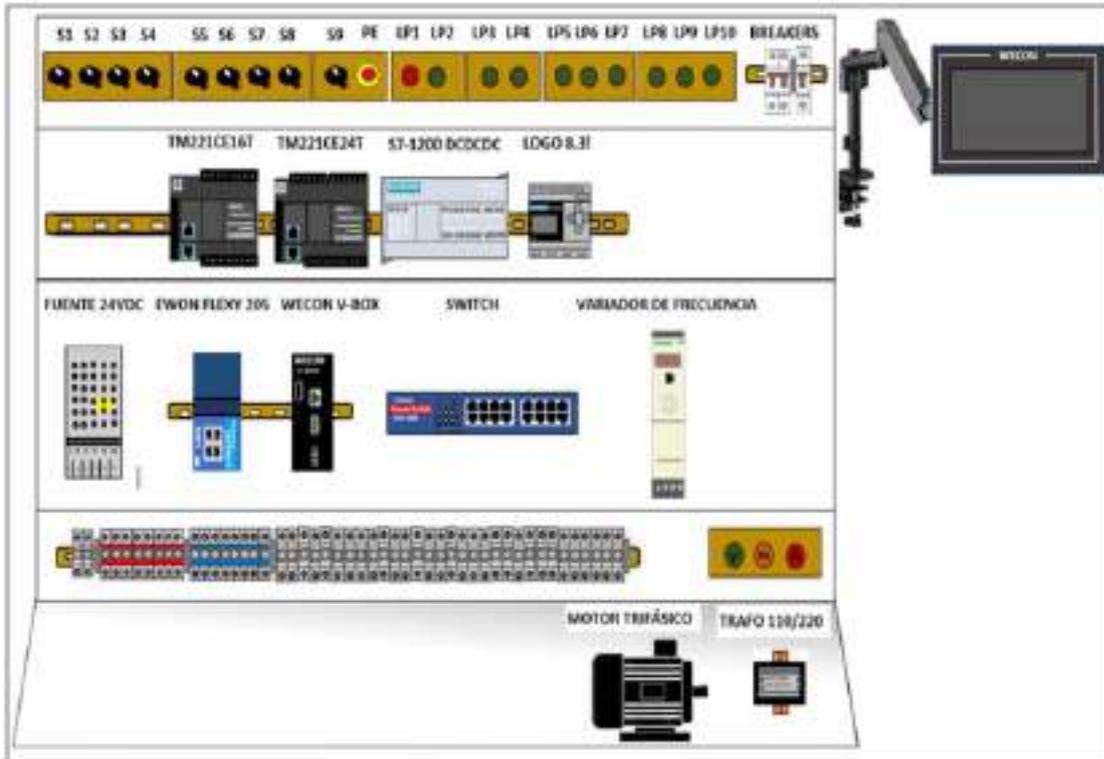


Ilustración 6-3: Distribución de los elementos del sistema de entrenamiento

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5. Descripción de los elementos de *hardware* del sistema

Los elementos de hardware utilizados en el sistema se detallan a continuación, junto con sus características más importantes.

3.5.1. Elementos de protección y alimentación

Para evitar riesgos al trabajar con energía eléctrica se ha considerado un sistema de protección que contiene los siguientes elementos.

3.5.1.1. Interruptor termomagnético unipolar

El breaker termomagnético que se observa en la Ilustración 7-3, de montaje en riel DIN actúa en caso de una sobre corriente, el sistema de entrenamiento consume una corriente de 1A con todos los dispositivos de control y comunicación en funcionamiento por lo cual se ha optado por un interruptor que soporte hasta 2A, debido a que se considerará la integración de cargas más adelante. En la tabla 1-3 se detallan las principales características.



Ilustración 7-3: Interruptor Termomagnético Unipolar

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 1-3: Características: Interruptor termomagnético unipolar.

Características	Termomagnético EBASEE
Voltaje [V]	240 - 415
Corriente [A]	2

Fuente: EBASEE, 2022

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.1.2. Interruptor termomagnético bipolar

En la Ilustración 8-3, se observa el breaker termomagnético que servirá de protección para un variador de frecuencia y su respectivo motor.



Ilustración 8-3: Interruptor Termomagnético Bipolar

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 2-3: Características interruptor termomagnético bipolar.

Características	Termomagnético EBASEE
Voltaje [V]	240-415
Corriente [A]	6

Fuente: (EBASEE, 2022)

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.1.3. Fuente de alimentación

La fuente de malla de panel Ac a 24VDC mostrada en la Ilustración 9-3, es de alta eficiencia y larga vida útil, además tiene bajas temperaturas de funcionamiento, excelente propiedad de aislamiento y alta resistencia dieléctrica (Aliexpress, 2022.) . Cuyas características se describen en la tabla 3-3.



Ilustración 9-3: Fuente de alimentación EVL

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 3-3: Características fuente de alimentación EVL

Descripción	Características
Voltaje de entrada [V AC]	100-240
Corriente de entrada [A]	1.8
Voltaje de salida [V DC]	24
Corriente de salida [A]	2.5

Fuente: Aliexpress, 2022.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.1.4. Transformador 110/220 VAC

En la Ilustración 10-3, se observa el transformador de corriente universal el cual convierte de 110 a 220 VAC y viceversa, este modelo es ligero de tan solo 1200 gramos ideal para ser transportado. En la tabla 4-3 se detallan sus características más relevantes.



Ilustración 10-3: Transformador de voltaje

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 4-3: Características transformador de voltaje 110/220 VAC

Descripción	Características
Operación de frecuencia [Hz]	50-60
Capacidad [VA]	150
Máxima temperatura ambiente	40 ⁰

Fuente: Maz, 2022

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.2. Elementos de control

3.5.2.1. PLC TM221CE24T

El Logic Controller mostrado en la Ilustración 11-3, es un dispositivo que sirve para una extensa gama de aplicaciones ya que cuenta con una amplia variedad de potentes funciones. La programación, configuración y puesta en funcionamiento del software se lo realiza con el software EcoStruxure Machine Expert - Basic, el mismo que es compatible con los siguientes IEC 61131-3 lenguajes de programación: Diagrama de contactos, Grafcet (lista), Grafcet (SFC) y Lista de instrucciones (Schneider Electric, 2020). Sus características más importantes se observan en la Tabla 5-3.



Ilustración 11-3: PLC TM221CE24T

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 5-3: Características: PLC TM221CE24T.

Descripción	Características
Entradas Digitales	<ul style="list-style-type: none">• 10 entradas normales ⁽¹⁾• 4 entradas rápidas (HSC) ⁽²⁾
Salidas Digitales	<ul style="list-style-type: none">• Salidas de común positivo• 8 salidas de transistor normales• 2 salidas rápidas (PLS/PWM/PTO/FREQGEN) ⁽³⁾
Entradas Analógicas	<ul style="list-style-type: none">• 2
Puertos de Comunicación	<ul style="list-style-type: none">• 1 puerto de línea serie• 1 puerto de programación USB• 1 puerto Ethernet
Fuente de Alimentación	24 V CC

Fuente: Schneider Electric, 2020

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.2.2. PLC TM221CE16T

El Logic Controller mostrado en la Ilustración 12-3, es un dispositivo que cuenta con una amplia variedad de potentes funciones. La programación, configuración y puesta en funcionamiento del software se lo realiza con el software EcoStruxure Machine Expert - Basic, el mismo que es compatible con los siguientes IEC 61131-3 lenguajes de programación: Diagrama de contactos, Grafcet (lista), Grafcet (SFC) y Lista de instrucciones (Schneider Electric, 2020). Sus características más importantes se observan en la Tabla 6-3.



Ilustración 12-3: PLC TM221CE16T

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 6-3: Características: PLC TM221CE16T.

Descripción	Características
Entradas Digitales	<ul style="list-style-type: none">• 5 entradas normales ⁽¹⁾• 4 entradas rápidas (HSC) ⁽²⁾

Salidas Digitales	<ul style="list-style-type: none"> • 5 salidas normales de transistor de común positivo • 2 salidas rápidas (PLS/PWM/PTO/FREQGEN) ⁽³⁾
Entradas Analógicas	<ul style="list-style-type: none"> • 2
Puertos de Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • 1 puerto de línea serie • 1 puerto de programación USB • 1 puerto Ethernet
Fuente de Alimentación	24 V CC

Fuente: Schneider Electric, 2020

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.2.3. PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1215C compacta DC/DC/DC

Este PLC s7-1200 mostrada en la Ilustración 13-3, mediante su flexibilidad y potencia permite el control de diferentes tipos de dispositivos para automatización de procesos. Mediante el programa STEP 7 (TIA PORTAL) ofrece un manejo fácil de programación, configuraciones de visualización HMI y escoger una red de comunicación adecuada (Siemens, 2018). Sus características más importantes se observan en la Tabla 7-3.



Ilustración 13-3: PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1215C

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 7-3: Características: PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1215C

Descripción	Características
Entradas Digitales	<ul style="list-style-type: none"> • 14 entradas • 6 son HSC (High Speed Counting)
Salidas Digitales	<ul style="list-style-type: none"> • 10 salidas • 4 salidas rápidas
Entradas Analógicas	<ul style="list-style-type: none"> • 2 entradas analógicas 0-10V
Salidas Analógicas	<ul style="list-style-type: none"> • 2 salidas analógicas 0-20 mA
Puertos de Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • 2 puertos PROFINET
Fuente de Alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • 24 DC

Fuente: Siemens, 2018

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.2.4. Controlador logo V8.3 siemens

El Micro PLC de la marca Siemens expuesto en la Ilustración 14-3, es un dispositivo al que se le puede aumentar sus E/S analógicas o digitales con la ayuda de módulos DM/AM respectivamente, además tiene una interfaz Ethernet integrada la misma que le permite realizar la comunicación con otros módulos Logo o sistemas de Simatic S7, su programación puede ser en Lenguaje de contactos y BDF (Siemens, 2020). Sus características más relevantes se ilustran en la Tabla 8-3.



Ilustración 14-3: Logo! 8.3 12/24RCE

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 8-3: Características: Logo 12/24RC.

Características	¡Logo! 12/24RC
Voltaje de entrada	24 V DC
Consumo de corriente	20 – 75 mA
Entradas D/A	8 / 2, [0 – 10 V]
Salidas	4, Relé
Tipo de comunicación	S7, Ethernet, GPRS, KNX, Modbus TCP/IP

Fuente: Siemens, 2020

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.3. Elemento de control y monitorización

3.5.3.1. Pantalla HMI

La pantalla Wecon PI3070N mostrada en la Ilustración 15-3, este dispositivo tiene un diseño de marco estrecho, acepta diversas comunicaciones de red y funciones multimedia. Se configura y programa con el software PIStudio (WECON, 2021). Sus características más importantes se observan en la Tabla 9-3.



Ilustración 15-3: Pantalla Wecon PI3070N

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 9-3: Características: pantalla HMI Wecon PI3070N.

Descripción	Características
Hardware	CPU CORTEX A8 600MHZ, 128M FLASH, 128M RAM
Tamaño de pantalla	<ul style="list-style-type: none"> • 7 pulgadas
Resolución	<ul style="list-style-type: none"> • 800x482 TFT LCD
Interfaz	<ul style="list-style-type: none"> • RS232/RS485/RS422 (2 puertos COM disponibles), un puerto Ethernet
Voltaje de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • 24 V CC

Fuente: WECON, 2021

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.4. Elementos de comunicación e IOT

3.5.4.1. Switch CNET CSH-1600

En la Ilustración 16-3 se muestra el Switch de la marca CNET, este es un dispositivo conmutador Ethernet rápido con 16 puertos, que gracias a los mismos se logra realizar la expansión del ancho de la banda ya que crean una red independiente de 10 o 100 Mbps (CNet, 2018). En la tabla 10-3 se muestran las características técnicas más relevantes de este switch.



Ilustración 16-3: Switch CNET CSH-1600

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 10-3: Características: Switch CNET CSH-1600.

Descripción	Características
Estándares	<ul style="list-style-type: none">• IEEE 802.3: 10BASE-T• IEEE 802.3u: 100BASE-TX
Puertos	<ul style="list-style-type: none">• 16 puertos 10BASE -T / 100BASE-TX
Banda ancha	<ul style="list-style-type: none">• 10BASE -T: 10/20 Mbps• 100BASE-TX: 100/200 Mbps
Interfaz ethernet	<ul style="list-style-type: none">• 1 puerto ⁽¹⁾, detección automática de 10/100 Mbps
Fuente de alimentación	<ul style="list-style-type: none">• 100 – 240 VCA, 50/60 Hz

Fuente: CNet, 2018.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.4.2. V-BOX E-00

Como se muestra en la Ilustración 17-3, es una pasarela que nos ayuda a obtener datos por medio de comunicación Serial-Ethernet desde controladores de dispositivos, la misma que es compatible con los protocolos de comunicación de los controladores y PLC de las principales marcas. Se conecta a la plataforma en la nube a través de Ethernet y tiene: acceso OPC, interfaz de desarrollador HTTP, supervisión remota del PLC y descarga remota del programa, acceso a la aplicación de Android/ios, navegación en el escritorio. En la tabla 11-3 se detalla las características más relevantes (Wecon, 2019).



Ilustración 17-3: V-Box E-00

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 11-3: Características: Pasarela V-Box E-00.

Descripción	Características
CPU	<ul style="list-style-type: none">• ARM9 3000 MHz
Fuente de alimentación	<ul style="list-style-type: none">• 24 V DC (12-28 VDC)
Puertos	<ul style="list-style-type: none">• Puerto Serial: RS232/RS485/RS422• Ethernet
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none">• RAM DDR3 128 MB y Tarjeta SD

Fuente: Wecon, 2019.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.4.3. Ewon Flexy 205

Es una pasarela modular compacta de IIoT como se muestra en la Ilustración 18-3, para recopilar datos remotos y proporcionar acceso remoto a sus equipos industriales. Cuenta con una configuración basada en la web y herramientas de scripting integrados para su personalización, además tiene 2 ranuras disponibles para insertar tarjetas de extensión y así beneficiarse de una amplia conectividad flexible (Ewon, 2022). En la tabla 12-3 se muestran las características técnicas más relevantes de esta pasarela.



Ilustración 18-3: Ewon Flexy 205

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 12-3: Características: Ewon Flexy 205.

Descripción	Características
Switch	<ul style="list-style-type: none">• WAN/LAN configurable
Fuente de alimentación	<ul style="list-style-type: none">• 12-24 V CC +/- 24%, LPS
Sincronización	<ul style="list-style-type: none">• Reloj en tiempo real integrado, configuración manual vía http o automática vía NTP
Protocolos de adquisición de datos	<ul style="list-style-type: none">• OPC UA, MODBUS/RTU, MODBUS/TCP, Unitelway, DF1, PPI, MPI (S7), PROFIBUS (S7), FINS Hostlink, FINS TCP.
Alarmas	<ul style="list-style-type: none">• Notificación de alarmas por correo electrónico, SMS, FTP.

Fuente: Ewon, 2022.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.5. Elementos de control de movimiento

3.5.5.1. VDF ATV32H055M2

Es un variador de velocidad para motor asíncrono y síncrono 1 fase EMC 0.55kW - 200V como se muestra en la Ilustración 19-3, facilidad de conexión con PLCs de la misma marca (Schneider Electrical, 2022). Sus características más importantes se observan en la Tabla 13-3.



Ilustración 19-3: VDF
ATV32H055M2

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 13-3: Características: VDF ATV32H055M2

Descripción	Características
Destino del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Motores asíncronos • Motores síncronos
Número de fases de la red	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fase
Tensión de alimentación asignada	<ul style="list-style-type: none"> • 200...240 V - 15...10 %
Frecuencia de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • 50...60 Hz - 5...5 %
Potencia del motor en HP	0,75 hp 200...240 V
Número de salida digital	3
Número de entrada digital	7
Protocolo del puerto de comunicación	CANopen, Modbus
Tipo de conector	1 RJ45 Modbus/CANopen en cara frontal
Interfaz física R	RS 485 de dos hilos Modbus
Marco de transmisión	RTU Modbus

Fuente: Schneider Electrical, 2022.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.5.5.2. Motor

El motor marca WEG, que se visualiza en la Ilustración 20-3, este motor ofrece una gran flexibilidad y facilidad en el cambio de configuración, sin necesidad de mecanizado o modificaciones adicionales. Su caja de conexión puede girar de 90 en 90 grados, lo que permite la conexión de los cables del motor en cualquier lado (WEG, 2020). En la Tabla 14-3 se observan las características más importantes de este motor.



Ilustración 20-3: Motor WEG

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 14-3: Características: Motor WEG.

Descripción	Características
Voltaje de entrada [v]	• 220/380-440
Tipo de voltaje	• Trifásico
Potencia [HP]	• 0.25
Corriente [A]	• 1.02/0.592-0.620
Velocidad [Rpm]	• 1705/1720
Factor de potencia	• 0.68/0.56

Fuente: WEG, 2020

Realizado por: Colcha, K. & coronel, C., 2022.

3.5.6. *Dimensionamiento de conductores*

Tiene como objetivo lograr una transferencia de energía eficiente considerando la sección transversal mínima que soporta el conductor en términos de voltaje, corrientes y potencias (Chiluisa, 2020, p.34).

Para dimensionar los circuitos de fuerza y control se debe tomar en consideración la corriente del motor de acuerdo a los parámetros de la Ecuación 1-2, y la corriente de los elementos de control de acuerdo a los parámetros de la Ecuación 2-2. La norma NEC-SB-IE nos dice que estos conductores deben ser sobredimensionados al 125% de su capacidad.

Ecuación 1-2: Dimensionamiento de conductores: circuito de fuerza.

$$P=\sqrt{3} * V * I * \text{Cos } \varphi$$

Ecuación 2-2: Dimensionamiento de los conductores de circuito de control y señalización.

$$I_{control} = \sum \text{elementos}$$

Donde:

- $I_{control}$ = Corriente a considerar para la elección del conductor.
- Elementos = Corriente de todos los elementos de control y señalización.

Con la Ecuación 1-2, se determinó que la corriente máxima es de 1.02 Amperios, de acuerdo a la tabla de conductores del Anexo B, el conductor a elegir es de tipo flexible #21 AWG, pero según la norma NEC-SB-IE.

Para realizar el dimensionamiento del conductor que corresponde a la etapa de control y señalización, en base a la Ecuación 2-2 Se determinó que el consumo de corriente es de 0.96 Amperio, por lo que el conductor elegido es de tipo THW flexible #22 AWG.

3.6. Herramientas del software del sistema

En este punto se especifican los softwares utilizados para realizar la simulación del proceso industrial de empaclado, para la configuración y programación de los diferentes tipos de controladores y equipos de comunicación con el que este sistema de entrenamiento cuenta.

3.6.1. Factory IO

Software para crear ambientes acordes a procesos industriales más comunes, contando con escenarios acorde a nuestra necesidad, dispositivos como sensores, transportadores, ascensores, estaciones y muchos otros, la mayoría de ellos orientados al transporte de piezas y logística, además tiene una variedad de escenarios inspirados en aplicaciones industriales típicas, que van desde niveles de dificultad principiantes hasta avanzados. Todos los componentes se pueden configurar con señales analógicas o digitales, y la utilización de drivers para interactuar con PLC, SoftPLC, Modbus y muchas otras tecnologías (Factory I/O, 2021).

3.6.1.1. Entorno de trabajo

La Ilustración 21-3, muestra cuatro bloques principales dentro de la ventana de trabajo: el primer bloque hace referencia a las propiedades del programa donde se configura principalmente los drives, el segundo corresponde al área de configuración donde se elige si se quiere que se muestre o no las etiquetas de todos los elementos, que se encuentran en el área de trabajo, el bloque tres presenta a todos los elementos que tiene el software, y por último el cuarto bloque es el espacio de trabajo para realizar los procesos industriales.

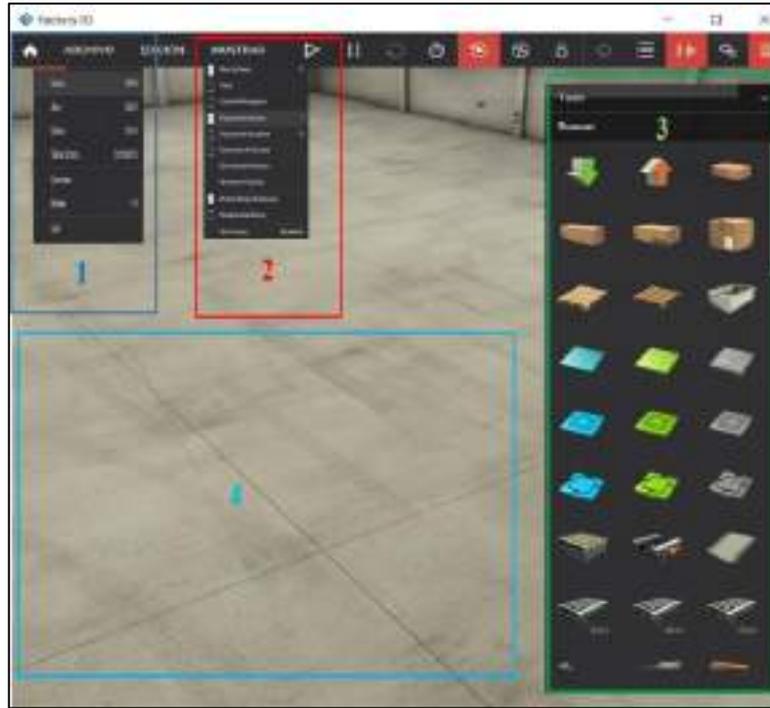


Ilustración 21-3: Ventana de trabajo del software Factory IO

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.6.2. *Cade Simu*

Programa para desarrollar diagramas eléctricos de control (simulador de control eléctrico), ofrece un sistema de simulación muy completo y fácil de usar. Este software en modo simulación muestra el estado de cada uno de los componentes eléctrico cuando se activan y también destaca a los conductores eléctricos expuestos al paso de una corriente eléctrica (CadeSimu, 2022).

3.6.2.1. *Entorno de trabajo*

La Ilustración 22-3, presenta los bloques principales dentro de la ventana de trabajo donde: el bloque 1 presenta el árbol del proyecto principalmente, el bloque 2 muestra todos los elementos eléctricos, el bloque 3 presenta el cuadro de texto o figuras geométricas básicas a introducir y por último el bloque 4 es el espacio de trabajo para realizar los esquemas eléctricos.

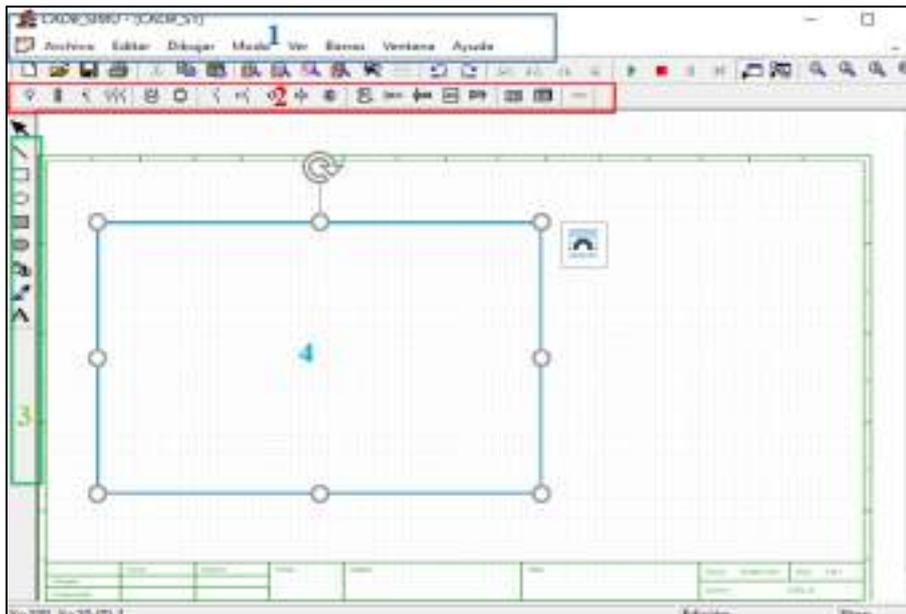


Ilustración 22-3: Ventana de trabajo del software CadeSimu

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.6.3. Festo FluidSim

Aplicación diseñada para la simulación, creación, instrucción y estudio electrohidráulico, electroneumático y de circuitos digitales. Este programa nos permitirá crear circuitos de forma muy sencilla mediante el clásico proceso de arrastrar y soltar. Basta con mover los elementos del circuito de un lugar a otro y conectarlos manualmente. Fluid SIM alberga una importante sección didáctica donde se puede familiarizar con algunos de los principios de la neumática. Este software ofrece una amplia variedad de posibilidades de comunicación con otros softwares por medio de OPC y por medio del soporte de Festo EasyPorts, también es posible un enlace con hardware real (Festo, 2022).

3.6.3.1. Entorno de trabajo

La Ilustración 23-3, muestra los bloques principales dentro de la ventana de trabajo donde: el primer bloque presenta el árbol del proyecto principalmente donde se encuentran los comandos de guardar, abrir, insertar, etc. El segundo bloque muestra todos los componentes para los diseños a simular y el tercer bloque presenta el área de trabajo para realizar los diseños.

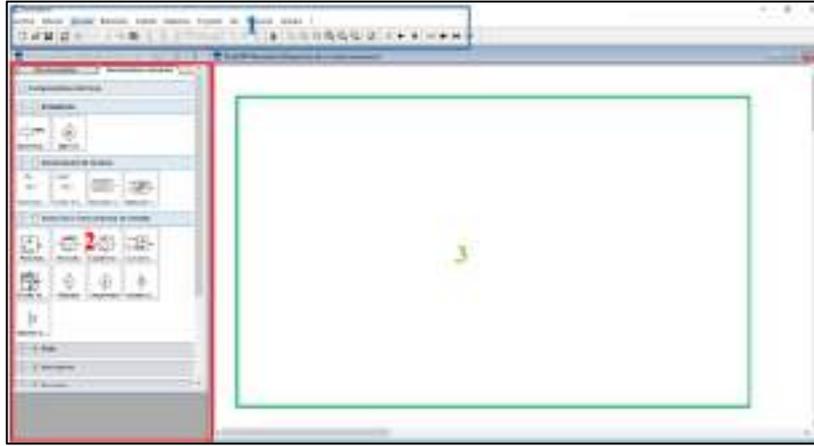


Ilustración 23-3: Ventana de trabajo del software FluidSim

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.6.4. V-Net

WECON V-NET constituye la API HTTP y herramienta OPC, para facilitar el acceso a datos para sistemas de terceros como MES, SCADA y ERP, muestra los datos en el sitio de forma objetiva y real, de tal manera que el personal no necesita estar en el sitio, además brinda la facilidad de descarga remota de programas y control remoto del PLC esto le hace un servicio a distancia. El sistema V-Net puede ser administrado y accedido por múltiples usuarios y dispositivos fijos y móviles previamente autorizados (Wecon, 2021).

3.6.5. eCatcher

Software de acceso remoto de Talk2M (primer servicio de conectividad industrial segura en la nube) permite administrar su cuenta Talk2M y conectarse en un entorno altamente seguro con todos sus dispositivos que se encuentran en la LAN de Ewon. La gestión de la cuenta talk2M incluye las siguientes opciones (Ewon, 2022):

- Crear un nuevo usuario y/o dispositivo Ewon.
- Modificar la configuración existente del dispositivo y/o usuario de Ewon (como información personal, permisos del dispositivo o niveles de seguridad).
- Controlar la seguridad y privacidad de su cuenta.
- Informes de conectividad.

Dentro del entorno de este software la conexión es muy segura ya que cuenta con el túnel VPN, en donde por un extremo está el servidor Talk2M y el dispositivo Ewon, y por el otro extremo el

usuario y el servidor Talk2M. Esta conexión se utiliza para acceder de forma remota a dispositivos (cámara IP, PLC, HMI) y realizar operaciones como monitoreo remoto en estos dispositivos.

3.6.6. *EcoStruxure Machine Expert*

Es un software para desarrollar, programar, configurar y poner en funcionamiento una amplia gama de elementos de Flexible Machine Control de Schneider Electric en un único entorno de software, incluye lógica, control de movimiento, diagnóstico, simulación, gestión inteligente de motores y mandos de cargas, variadores, HMI, IIoT y redes de comunicación. Es compatible con los siguientes IEC 61131-3 lenguajes de programación: IL, LD, ST, SFC. Gracias a las plantillas predefinidas de EcoStruxure Machine Expert ahorra tiempo de ingeniería usando librerías completas o incluso módulos de máquina (Schneider Electrical, 2019). EcoStruxure Machine Expert integra:

- HMI Controllers: Megeils SCU HMI Controller.
- Logic Controllers: Modicom M421, Modicom M251y Modicom M262.
- Motion Controllers: Modicom M262, PacDrive LMC Eco.

3.6.6.1. *Entorno de programación*

La Ilustración 24-3, muestra cuatro bloques principales en el espacio de trabajo: el primer bloque hace referencia a las propiedades del programa si queremos poner una contraseña o no a la programación, el segundo corresponde al área de configuración donde podemos elegir el tipo de controlador a programar, el tercer bloque es el espacio de trabajo para realizar la programación en los diferentes lenguajes de programación y el último bloque puesta en funcionamiento en donde vamos a cargar y simular la programación.



Ilustración 24-3: Entorno de programación EcoStruxure Machine Expert

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.6.7. TIA Portal V16

Portal de automatización integrado para acceso ilimitado a la gama completa de servicios SIEMENS, desde planificación digital e ingeniería de aplicaciones hasta operaciones transparentes. Este software permite la integración de lenguajes de alto nivel como son: FUP, KOP, AWL, SCL y S7-GRAP. Combina muchas herramientas en el entorno de trabajo, lo que se traduce en un ahorro significativo en los costos de desarrollo y capacitación, así como en una mayor transparencia y sencillez en aplicaciones (Centeno, 2017, p.70).

3.6.7.1. Entorno de programación

La Ilustración 25-3, muestra cuatro bloques principales en el espacio de trabajo: el primero es el árbol del proyecto, que contiene una serie de menús y submenús que le permiten trabajar en el desarrollo de la interfaz. El segundo corresponde al espacio de trabajo para realizar la programación en los diferentes lenguajes de programación, el tercer bloque corresponde al espacio de trabajo y es una representación virtual de la pantalla HMI. El último bloque se llama "task cards" dentro del mismo hay varias pestañas de herramientas y objetos a utilizar en el bloque dos.

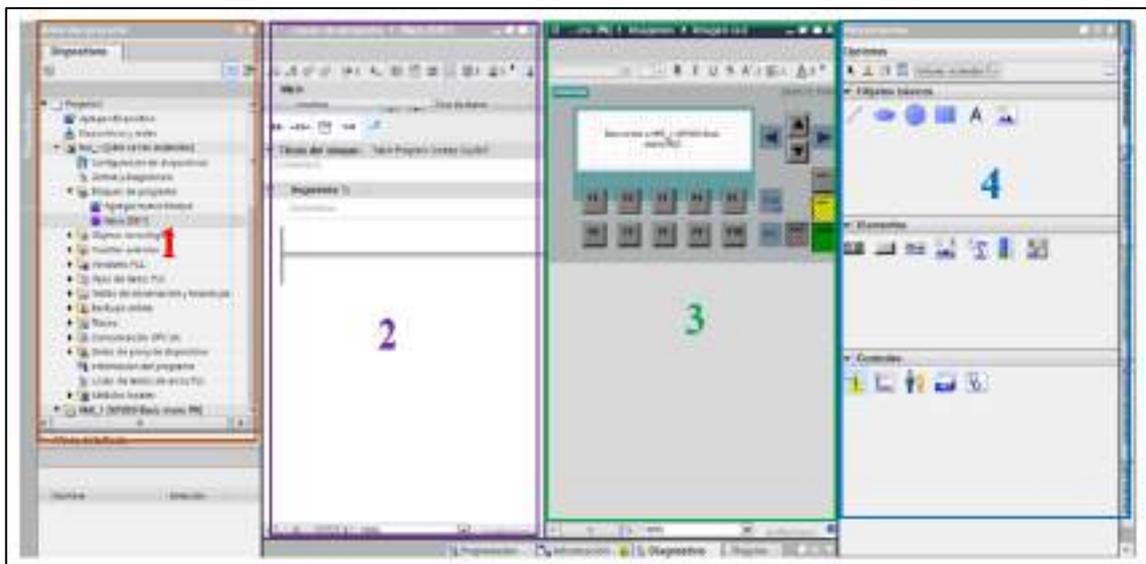


Ilustración 25-3: Entorno de programación Tia Portal

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.6.8. LogoSoft Confort

Es un software multilingüe que nos facilita la creación de programas en la PC ya sea en modo único o en red. Incluye funciones de simulación y pruebas en línea, y le permite controlar y

monitorear tareas creando páginas web personalizadas con Logo Web Editor, además admite dos lenguajes de programación, Diagrama de función (FBD) o Diagrama de contacto (LC). Este software proporciona documentación profesional a través de una variedad de funciones de comentarios e impresión, los mismos que hacen que el software sea versátil (Siemens, 2022).

3.6.8.1. Entorno de programación

La Ilustración 26-3, se observan los bloques principales en el espacio de trabajo: el primer bloque se le conoce como árbol del proyecto, que contiene una serie de menús y submenús. El segundo corresponde a la vista de red en la interfaz del proyecto en la que aparecen los dispositivos y las conexiones de red. El tercer bloque conocido también como árbol de operaciones aquí se encuentran todas las instrucciones que se usa en el área de trabajo y por último el cuarto bloque viene hacer el espacio de trabajo para realizar la programación en los diferentes lenguajes de programación.

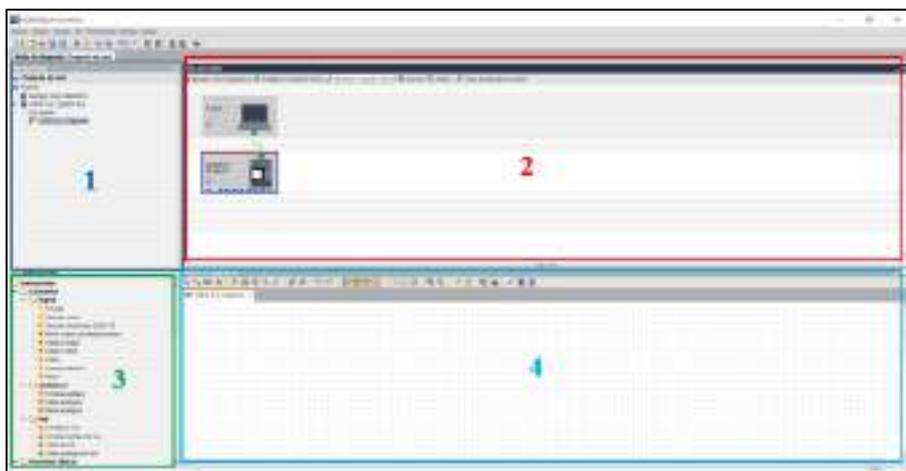


Ilustración 26-3: Entorno de programación LogoSoft Confort.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.6.9. *PIStudio*

Software para la HMI (interfaz hombre-máquina) de la serie PI de WECON, permite el funcionamiento y observancia de los procesos que se está realizando en una máquina, para realizar la comunicación entre el Software y el HMI es por medio de un cable USB o ethernet (WECON, 2021). PISstudio incluye las siguientes funciones.

- Acceso remoto
- Correo electrónico
- Cámara

- Reproductor de video
- Reproductor de audio
- Monitoreo de redes

3.6.9.1. Entorno de programación

La Ilustración 27-3, se observan los bloques principales en el espacio de trabajo: el primer bloque se le conoce como árbol del proyecto. El segundo bloque es el área de trabajo, el mismo que es una representación virtual de la pantalla HMI que se está configurando. El tercer bloque conocido también como objeto común, aquí se encuentran todas las instrucciones y operaciones que se usa en el área de trabajo y por último el cuarto bloque el área de compilación donde nos da información si existen errores o no a la hora de compilar los programas.



Ilustración 27-3: Entorno de programación PISstudio.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.7. Construcción e implementación del sistema de entrenamiento

3.7.1. Soporte metálico del módulo

En la Ilustración 28-3, se puede observar las medidas del soporte metálico del módulo, el mismo que está adaptado para un fácil transporte.



Ilustración 28-3: Soporte metálico del módulo

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.7.2. *Montaje e instalación del sistema de entrenamiento*

Se procede al montaje e implementación del módulo del sistema de entrenamiento, como se observa en la Ilustración 29-3, se colocan y aseguran las canaletas con tornillos para madera #8 de 1-1/4" y para facilitar las tareas de nivelación y medición se utilizó el nivel láser de líneas.



Ilustración 29-3: Montaje de canaletas

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Posterior a la colocación de canaletas se procede a la implementación de nueve selectores de dos posiciones, un paro de emergencia y diez indicadores de luz 22mm luz piloto que corresponde al bloque de mando y señalización como se observa en la Ilustración 30-3.



Ilustración 30-3: Montaje selectores y luces piloto

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2021.

En la Ilustración 31-3 y 32-3, se observa la colocación de rieles DIN mediante tornillos rosca para madera y borneras para distribución de la alimentación para las cargas, la colocación de interruptores termomagnéticos, variador de frecuencia, fuente de poder y los PLCs respectivamente que conforman el bloque de procesamiento.



Ilustración 31-3: Montaje de riel DIN

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.



Ilustración 32-3: Montaje de Termomagnéticos PLCs, ATV y Fuente de Poder

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

En la Ilustración 33-3 se visualiza la colocación del switch, pasarela Ewon Flexy 205 y V-BOX Wecon correspondiente al bloque de comunicación e IIoT, cableado respectivo para la alimentación tomando en consideración los calibres de conductores y su resistencia al amperaje de acuerdo a su respectivo dispositivo electrónico.

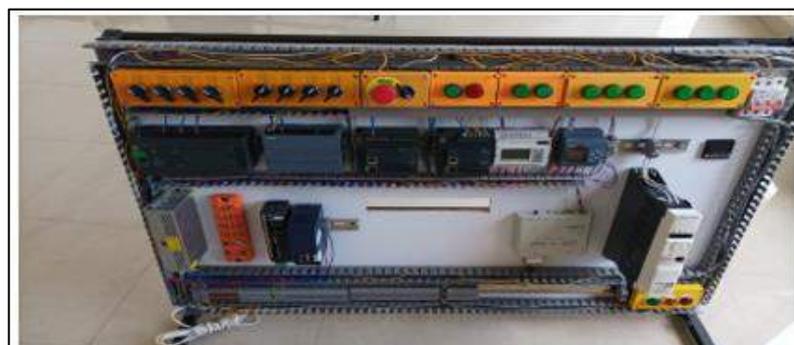


Ilustración 33-3: Montaje Switch y Pasarelas

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

En la Ilustración 34-3, se puede observar la colocación del transformador y el motor en una base de madera de 120x30 cm correspondiente al bloque de control de movimiento, y para la facilidad en el desplazamiento se colocó dos estructuras de aluminio.



Ilustración 34-3: Montaje Transformador y Motor.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Finalmente, en la Ilustración 35-3, se puede observar el sistema de entrenamiento terminado con todos los bloques que lo conforman, para empezar a verificar su funcionamiento mediante el desarrollo de prácticas posteriores.

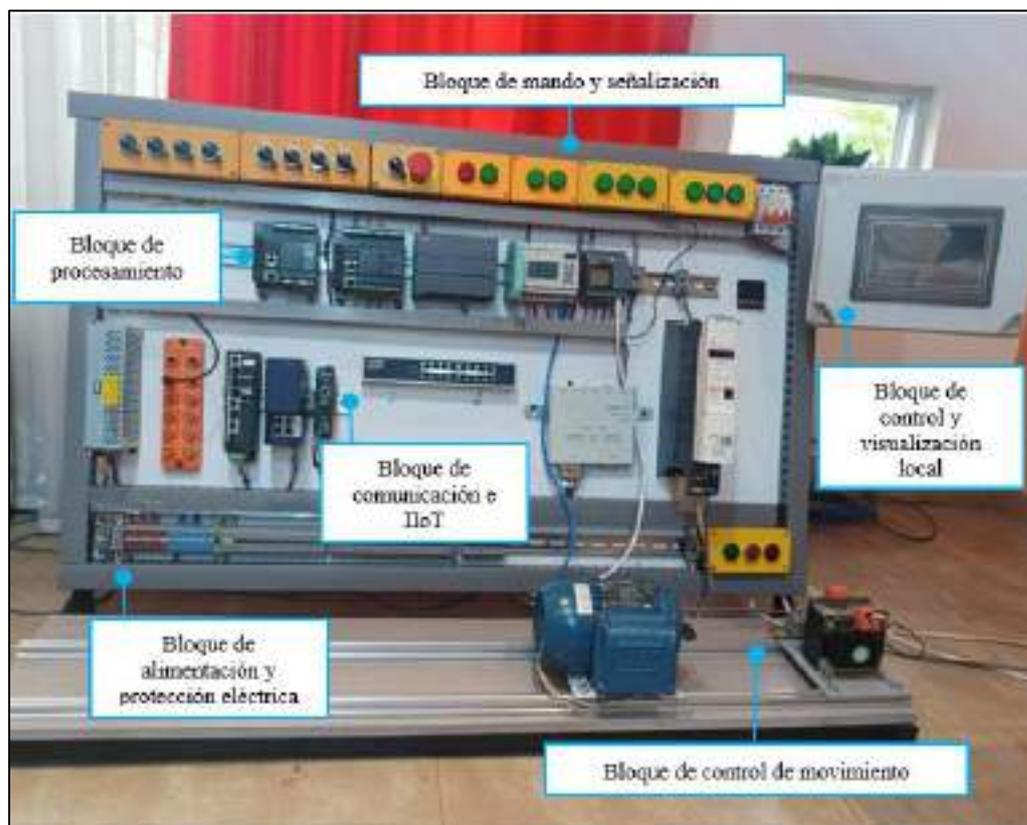


Ilustración 35-3: Sistema de entrenamiento.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022

3.8. Desarrollo del Modelado del proceso industrial de empacado

Se ha utilizado las herramientas que el software nos ofrece para el modelado de este proceso de fabricación, sus elementos tanto sensores como actuadores que serán identificadas como las entradas y salidas para controlar con los distintos PLCs. El proceso general se lo ha dividido por estaciones como se observa en la Ilustración 36-3, una vista superior general de todo el proceso de empacado.



Ilustración 36-3: Escena general del proceso de empacado.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Para un mejor entendimiento del proceso mostrado, se ha realizado un diagrama de bloques con las distintas estaciones como se muestra en la Ilustración 37-3, el cual nos servirá para utilizarlas en las distintas prácticas que se detalla en el siguiente capítulo.

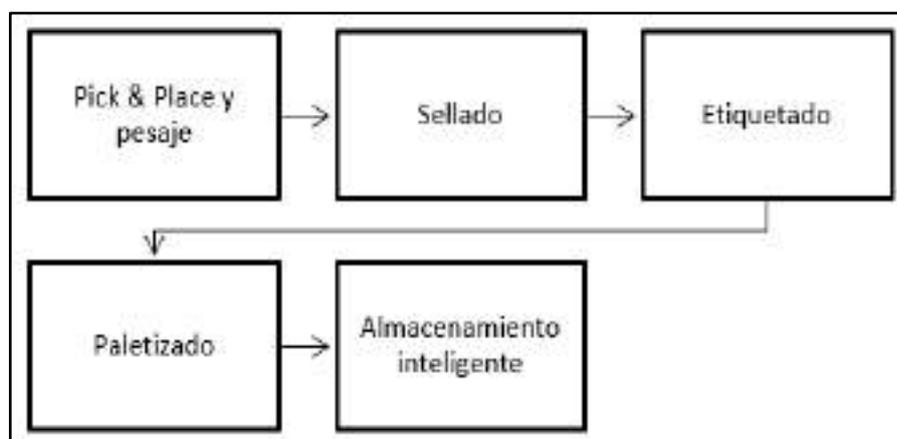


Ilustración 37-3: Diagrama de bloques Proceso de empacado

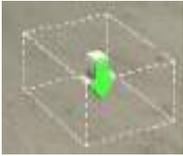
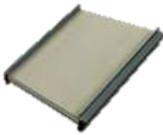
Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2021

Las estaciones correspondientes se modelaron con la mayoría de elementos predispuestos en el software, cada estación de manera general cuenta con un tablero de control, sensores, actuadores y otros elementos auxiliares o de seguridad.

3.8.1. Modelado 3D de la Estación de Pick & Place

En empresas que manejan grandes cantidades de producto, es conveniente contar con toda una línea automatizada de su proceso de manera específica en la línea final que comprende el packing. La primera etapa del proceso de packing, que de manera general consiste en cubrir el pedido de un cliente en este caso con el número de cajas con cierto número de productos que se solicite, se procede con el envase de un producto específico para colocar dentro la caja respectiva, para su posterior pesaje, dando por terminado esta estación una vez cumplida la orden de pedido, y pasar a una siguiente estación. En la tabla 15-3, se muestra todos los elementos y características que se emplearon en el software Factory IO:

Tabla 15-3: Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación de Pick & Place.

Elementos utilizados	Gráficos	Elementos utilizados	Gráficos
Materia Prima <ul style="list-style-type: none"> Verde: producto en buen estado Metálica: producto defectuoso 		Caja apilable (15Kg) Utilizable para la transportación de artículos como la materia prima.	
Transportador de banda Utilizados para transportar cargas. -2 transportadores de 6m. -1 transportador de 4m. -Velocidad máx. transporte: 0.6 m/s (digital)		Transportador de rodillos Utilizados para carga pesada. <ul style="list-style-type: none"> 1 transportador de 6m Radio de giro: 0,046 m Velocidad máx. transporte: 0.45 m/s (digital) 	
Emisor Para emitir la materia prima y las cajas apilables. Elección de elementos a emitir y tiempos de emisión.		Receptor Para eliminar algunos elementos de la escena.	
Transportador de canal bajo Utilizado para despachar objetos hacia abajo.		Luz de alerta Para emitir una señal audiovisual. En esta escena se utilizó para dar por terminada una estación.	

<p>Báscula transportadora</p> <p>Utilizado para control de peso, en la escena se equipó con un display analógico [0, 10] V para su visualización.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad máxima de transporte: 0,6 m/s • Capacidad de la báscula utilizada: 100 Kg 		<p>Pick & Place de dos ejes</p> <p>Para ensamblar o recoger y colocar objetos de un lugar a otro.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carrera eje X: 1.125 m • Carrera del eje Z: 0,625 m • Velocidad del brazo y recogedor: 2 m/s • Rotación del eje Z en incrementos de 90° (brazo y pinza) 	
<p>Sensor difuso</p> <p>Utilizado para detectar cualquier objeto sólido. En la escena identifica los productos y las cajas apilables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • LED: rojo (detección) • Materiales detectables: sólidos • Rango de detección: 0 - 1,6 m 		<p>Sensor de visión</p> <p>Utilizado en la escena para identificar la materia prima correcta por su color (verde) y los productos defectuosos (metal).</p> <ul style="list-style-type: none"> • LED: rojo (detección) • Rango de detección: 0,3 - 2 m 	
<p>Sensor retroreflejante</p> <p>Requiere de un reflector. Utilizado en la balanza para que pueda dar un tiempo de espera para que se realice el peso del objeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • LED verde: alineado con el reflector • LED amarillo: haz de luz no interrumpido • Materiales detectables: sólidos • Rango de detección: 0 - 6 m 		<p>Tablero de control</p> <p>Conformado por elementos de control como pulsadores, selector y displays digitales.</p>	

Realizado por: Colcha, K. & coronel, C., 2022.

Para la colocación de los elementos necesarios en la escena, se arrastra cada objeto para su posterior identificación mediante etiquetas de sensores y actuadores como se muestra en la Ilustración 38-3.

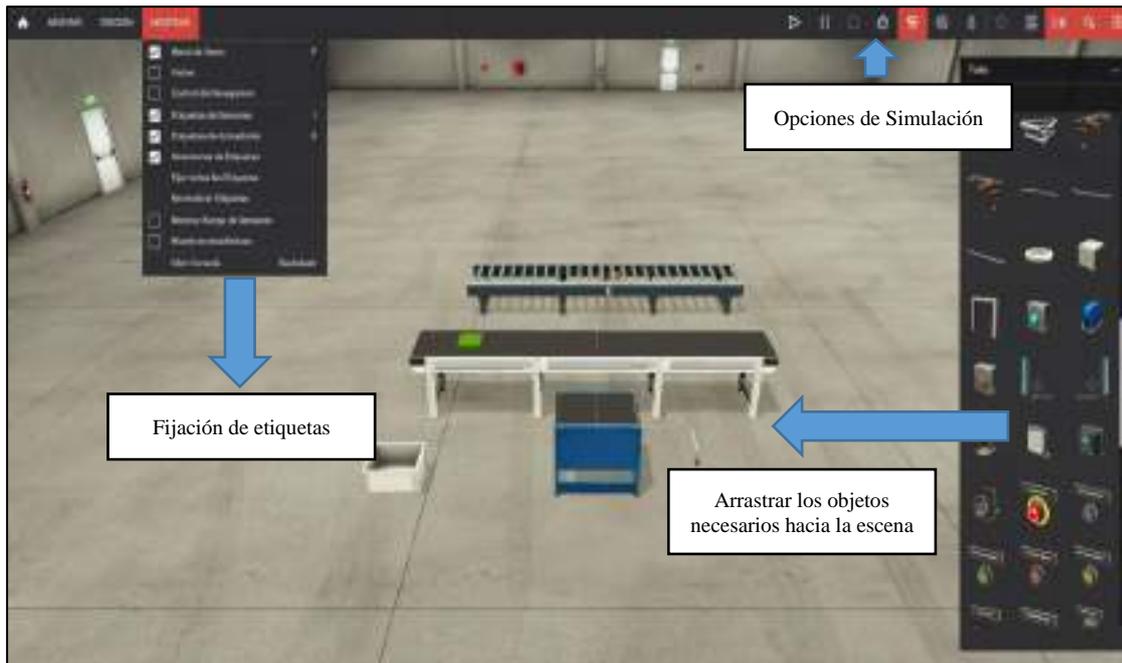


Ilustración 38-3: Entorno de Trabajo Factory IO.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

En la Ilustración 39-3, se muestra la distribución a detalle de los elementos en la estación 1 correspondiente a Pick & Place.

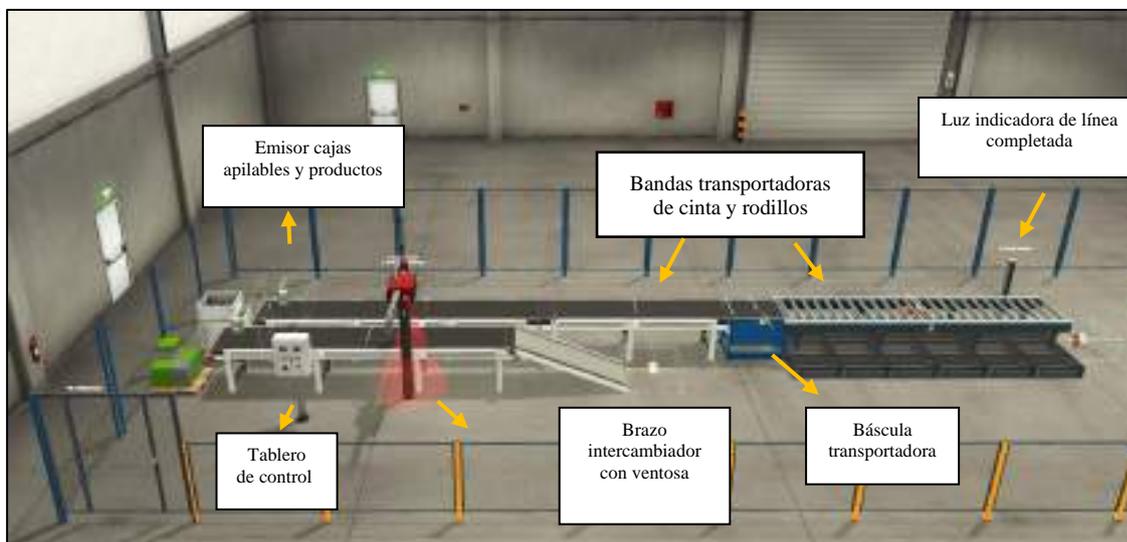


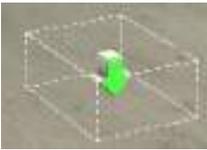
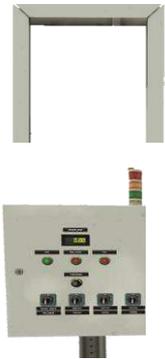
Ilustración 39-3: Modelado 3D de la Estación de Pick & Place en el Software Factory I/O.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.8.2. Modelado 3D de la Estación de Sellado

Mantener la integridad del producto y el envoltorio que lo protege resulta importante para ofrecer un servicio de alta calidad, el utilizar máquinas automatizadas facilitan el trabajo. La estación en términos generales consiste en la continuación del proceso anterior, que trata en el sellado de la caja que contiene los productos y un control en cuanto a las bandas de transporte por el cual circula las cajas. Para ello se ha utilizado los siguientes elementos del software Factory IO que se muestran en la Tabla 16-3.

Tabla 16-3: Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación de Sellado.

Elementos utilizados	Gráficos	Elementos utilizados	Gráficos
<p>Materia Prima</p> <p>Cartones: contiene producto en buen estado.</p>		<p>Caja apilable (15Kg)</p> <p>Utilizable para la transportación de artículos como la materia prima.</p>	
<p>Transportador de banda</p> <p>Utilizados para transportar cargas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 transportadores de 6m. • 1 transportador de curva. 		<p>Transportador de rodillos</p> <p>Utilizados para carga pesada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 transportador de 6m • Radio de giro: 0,046 m 	
<p>Emisor</p> <p>Para emitir la materia prima y las cajas apilables.</p> <p>Elección de elementos a emitir y tiempos de emisión.</p>		<p>Receptor</p> <p>Para eliminar algunos elementos de la escena.</p>	
<p>Sensor difuso</p> <p>Utilizado para detectar cualquier objeto sólido. En la escena identifica los productos y las cajas apilables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • LED: rojo (detección) • Materiales detectables: sólidos • Rango de detección: 0 - 1,6 m 		<p>Soporte</p> <p>Utilizado para colocar sensores</p> <p>Tablero de control</p> <p>Conformado por elementos de control como pulsadores, selector y displays digitales.</p>	

Realizado por: Colcha, K. & coronel, C., 2022.

A continuación, se muestra la distribución a detalle de los elementos en la estación 2 correspondiente al Sellado, como se observa en la Ilustración 40-3.

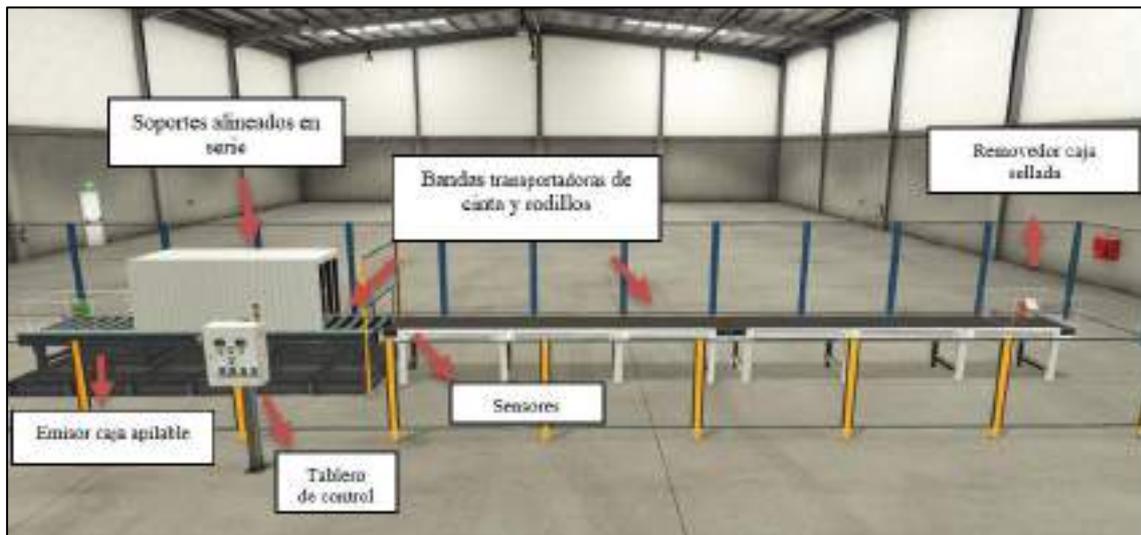


Ilustración 40-3: Modelado 3D de la Estación de Sellado en el Software Factory I/O.

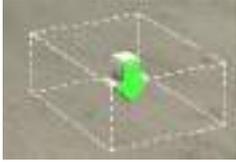
Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.8.3. Modelado 3D de la Estación de Etiquetado

Los sistemas de etiquetado se utilizan para aplicar etiquetas preimpresas a productos, envases individuales, cartones, cajas y cargas de palés para identificar los elementos únicos. Mediante el cilindro neumático permite la aplicación en la parte superior de la caja. Para ello se ha utilizado los siguientes elementos del software Factory I/O que se observan en la Tabla 17-3:

Tabla 17-3: Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación de Etiquetado.

Elementos utilizados	Gráficos	Elementos utilizados	Gráficos
Materia Prima Cartones: contiene producto en buen estado.		Cilindro Neumático Utilizado para realizar el etiquetado en la materia prima.	
Transportador de banda Utilizados para transportar cargas. <ul style="list-style-type: none"> • 1 transportador de 6m. 		Sensor difuso Utilizado para detectar cualquier objeto sólido. En la escena identifica los productos y las cajas apilables. <ul style="list-style-type: none"> • LED: rojo (detección) • Materiales detectables: sólidos 	

<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad máx. transporte: 0.6 m/s (digital) 		<ul style="list-style-type: none"> • Rango de detección: 0-1.6 m. 	
<p>Emisor</p> <p>Para emitir la materia prima y las cajas apilables.</p> <p>Elección de elementos a emitir y tiempos de emisión.</p>		<p>Soporte</p> <p>Utilizado para colocar el cilindro neumático</p>	
<p>Tablero de control</p> <p>Conformado por elementos de control como pulsadores, selector y displays digitales.</p>		<p>Sensor retroreflejante</p> <p>Requiere de un reflector.</p>	

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

A continuación, se muestra la distribución a detalle de los elementos en la estación 3 correspondiente al Etiquetado, como se observa en la Ilustración 41-3.

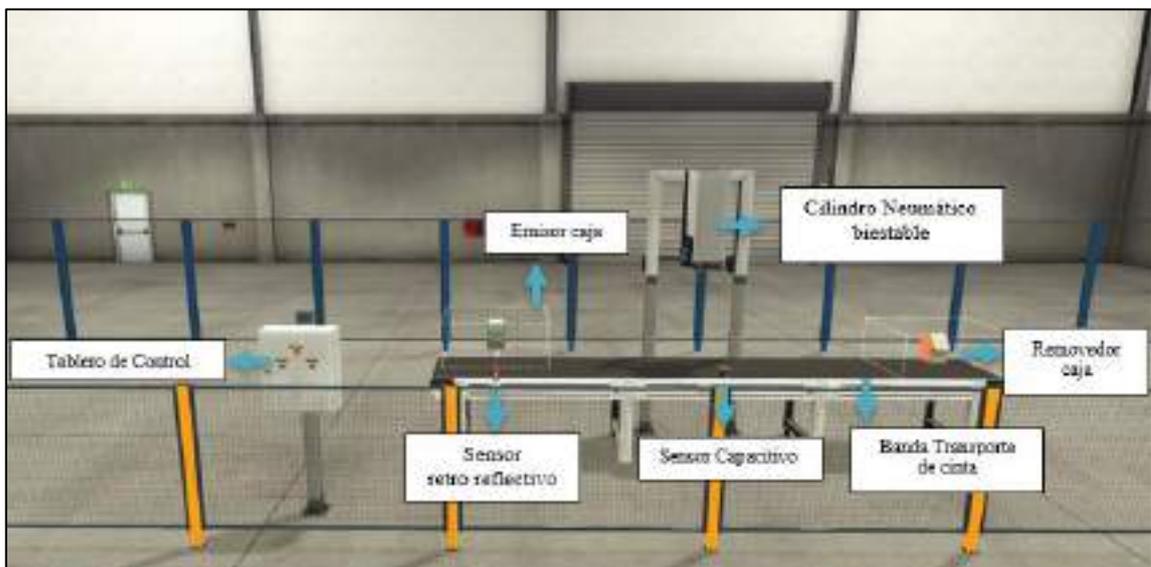


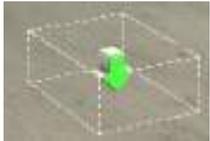
Ilustración 41-3: Modelado 3D de la Estación de Etiquetado en el Software Factory I/O.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.8.4. Modelado 3D de la Estación Paletizadora

Un paletizador de capas de entrada de alto valor de propiedad con una gama de capacidad adecuada para aplicaciones de final de línea y de carga múltiple centralizada. Gracias al uso de transportadores en espiral, el espacio total ocupado se reduce al mínimo. Los productos se transportan directamente hasta un nivel alto para que las personas y las carretillas elevadoras puedan moverse libremente. Para ello se ha utilizado los siguientes elementos del software Factory IO como se observan en la Tabla 18-3:

Tabla 18-3: Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación Paletizadora.

Elementos utilizados	Gráficos	Elementos utilizados	Gráficos
<p>Materia Prima</p> <p>Cartones: producto en buen estado.</p>		<p>Sensor retroreflejante</p> <p>Requiere de un reflector.</p>	
<p>Transportador de banda</p> <p>Utilizados para transportar cargas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 transportador de 6m. • 1 transportador de curva. • Velocidad máx. transporte: 0.6 m/s (digital) 		<p>Transportador de rodillos</p> <p>Utilizados para carga pesada.</p> <p>2 transportador de 6m</p> <p>Radio de giro: 0,046 m</p> <p>Velocidad máx. transporte: 0.45 m/s (digital)</p>	
<p>Emisor</p> <p>Para emitir la materia prima y las cajas apilables.</p> <p>Elección de elementos a emitir y tiempos de emisión.</p>		<p>Transportador de banda inclinada</p>	
<p>Sensor difuso</p> <p>Utilizado para detectar cualquier objeto sólido. En la escena identifica los productos y las cajas apilables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • LED: rojo (detección) • Materiales detectables: sólidos • Rango de detección: 0 - 1,6 m 		<p>Paletizador</p> <p>Utilizado para colocar las cajas en los pallets</p> <p>Para ser transportados a la siguiente estación.</p>	

<p>Tablero de control</p> <p>Conformado por elementos de control como pulsadores, selector y displays digitales.</p>		<p>Luz de alerta</p> <p>Para emitir una señal audiovisual. En esta escena se utilizó para dar por terminada una estación.</p>	
---	---	--	---

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

A continuación, se muestra la distribución a detalle de los elementos en la estación 4 correspondiente al Paletizado, como se observa en la Ilustración 42-3.

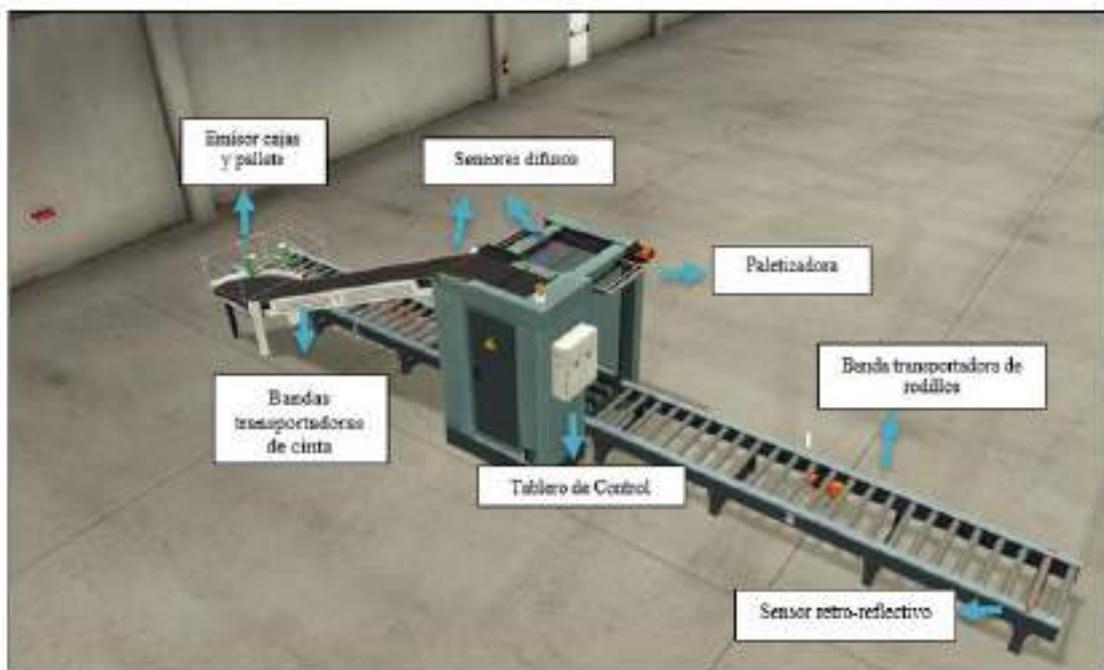


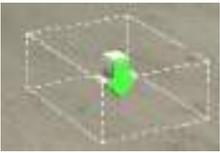
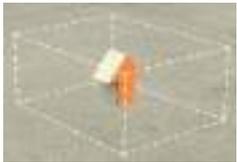
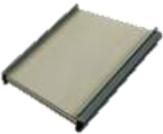
Ilustración 42-3: Modelado 3D de la Estación Paletizadora en Factory I/O.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3.8.5. *Modelado 3D de la estación de almacenamiento inteligente*

Realizado por transelevadores para pallets y su colocación en estantes de manera ordenada y automática, mejorando la capacidad y espacio de almacenamiento. Luego de haber finalizado las estaciones anteriores, procedemos a la etapa del proceso de almacenamiento, que de manera general consiste en que los productos por medio de un transelevador se vayan almacenando en estanterías y a su vez se muestre los números de productos almacenados. Para ello se ha utilizado los siguientes elementos del software Factory IO que se visualizan en la Tabla 19-3:

Tabla 19-3: Elementos utilizados para el modelado 3D de la estación de Almacenamiento.

Elementos utilizados	Gráficos	Elementos utilizados	Gráficos
<p>Materia Prima</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartones: producto en buen estado. 		<p>Palet</p> <p>Utilizable para la transportación de artículos como la materia prima.</p>	
<p>Transportador de rodillos</p> <p>Utilizados para transportar carga pesada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 transportador de 4m. • 2 transportadores de 2m. • 1 transportador de curva. • Radio de giro: 0,046 m • Velocidad máx. transporte: 0.45 m/s (digital) 		<p>Sensor difuso</p> <p>Utilizado para detectar cualquier objeto sólido. En la escena identifica los productos y las cajas apilables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • LED: rojo (detección) • Materiales detectables: sólidos • Rango de detección: 0 - 1,6 m 	
<p>Emisor</p> <p>Para emitir la materia prima y las cajas apilables. Elección de elementos a emitir y tiempos de emisión.</p>		<p>Receptor</p> <p>Para eliminar algunos elementos de la escena.</p>	
<p>Mesa Giratoria de rodillos</p> <p>Utilizado para el transporte de productos en diferentes direcciones las mismas que podrían ser hacia la izquierda, derecha y arriba.</p>		<p>Transportador de carga</p> <p>Utilizado para transportar carga.</p>	
<p>Transportador de canal bajo</p>		<p>Luz de alerta</p> <p>Para emitir una señal audiovisual. En esta escena se utilizó para</p>	

Utilizado para despachar objetos hacia abajo		dar por terminado el almacenado.	
Transelevador Utilizado para colocar los productos en las diferentes partes de la estantería.		Estantería Utilizado para almacenar los productos.	
Tablero de control Conformado por elementos de control como pulsadores, selector y displays digitales.			

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

A continuación, se muestra la distribución a detalle de los elementos en la estación correspondiente al almacenamiento, como se observa en la Ilustración 43-3.

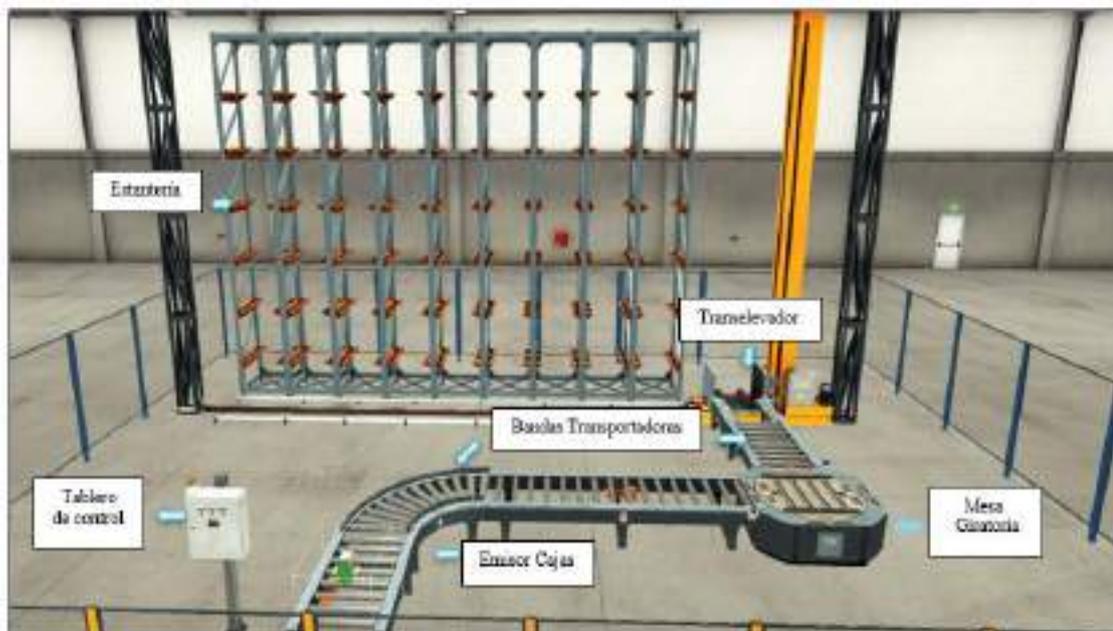


Ilustración 43-3: Modelado 3D de la estación de almacenamiento en el Software Factory I/O.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos de pruebas realizadas al sistema de entrenamiento, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de los requerimientos planteados. Las pruebas consistieron en medir: comunicación de PC y dispositivos, consumo de corriente, usabilidad del sistema de entrenamiento mediante la realización de prácticas, finalmente el análisis de costos del sistema implementado.

4.1. Pruebas de comunicación entre dispositivos localmente y remotamente

El objetivo de esta prueba fue determinar el estado de la comunicación entre los dispositivos ubicados en el sistema de entrenamiento y el PC, de tal manera que no se generen pérdidas de información. Para lo cual se utilizó el comando ping como herramienta de diagnóstico que permite verificar el estado de los equipos en una red TCP/IP como se observa en la Tabla 1-4. (Revisar Anexo L).

Tabla 1-4: Conectividad de dispositivos mediante comando ping.

Verificación de conectividad de Dispositivos					
Nombre dispositivo	IP Origen	IP Destino	Paquetes Enviados	Paquetes Recibidos	Tiempo Medio de Comunicación (ms)
Schneider M221CE24T	192.168.100.30	192.168.100.24	4	4	2 ms
Schneider M221CE16T	192.168.100.30	192.168.100.16	4	4	2 ms
Siemens 1200 DC/DC/DC	192.168.100.30	192.168.100.10	4	4	5 ms
Siemens LOGO v8.3	192.168.100.30	192.168.100.33	4	4	1 ms
HMI Wecon PI3070N	192.168.100.30	192.168.100.20	4	4	0 ms
V-BOX E-00	192.168.100.30	192.168.0.113	4	4	336 ms
Ewon Flexy 205	192.168.100.30	192.168.100.100	4	4	393 ms

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

4.2. Consumo de corriente del proyecto de sistema

Para determinar el consumo de energía del sistema se realizó mediciones de voltaje, corriente y frecuencia con instrumentos de medición de tablero, como muestra la Ilustración 1-4, esta figura es referencial como se realizó las medidas de los elementos. Estos datos nos ayudan para determinar y comprobar que el sistema no tenga problemas de energización que lleve a errores posteriores en el funcionamiento de todo el módulo. La corriente del sistema solo con los dispositivos de control en funcionamiento consume una corriente total de 0.9 A como se observa en la Ilustración 1-4.



Ilustración 1-4: Medición realizada al sistema de funcionamiento.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Se evidencia en la Ilustración 2-4, un funcionamiento correcto del variador de frecuencia, mediante el transformador, breakers de protección termomagnéticos que dan seguridad al usuario del sistema. Con la integración del motor en funcionamiento se observa un consumo de corriente de 1 A.



Ilustración 2-4: Funcionamiento del variador de frecuencia.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

4.3. Elaboración guías de laboratorio

De acuerdo a uno de los requerimientos planteados que pretende solventar el presente proyecto de investigación es el poder brindar ayuda al proceso de aprendizaje de las personas a capacitarse logrando captar su interés y mejor entendimiento de automatización industrial pues se podrá realizar simulaciones de eventos usuales en procesos de la industria en este caso como los es el proceso de empaclado, para lo cual se exponen ocho guías prácticas de laboratorio con su respectiva solución. Las guías de prácticas consisten en la identificación, configuración, programación e integración en red de los diferentes equipos que posee el sistema de entrenamiento; para esto se tiene de manera general una secuencia de pasos para la resolución de los mismos como se observa en la Ilustración 3-4.

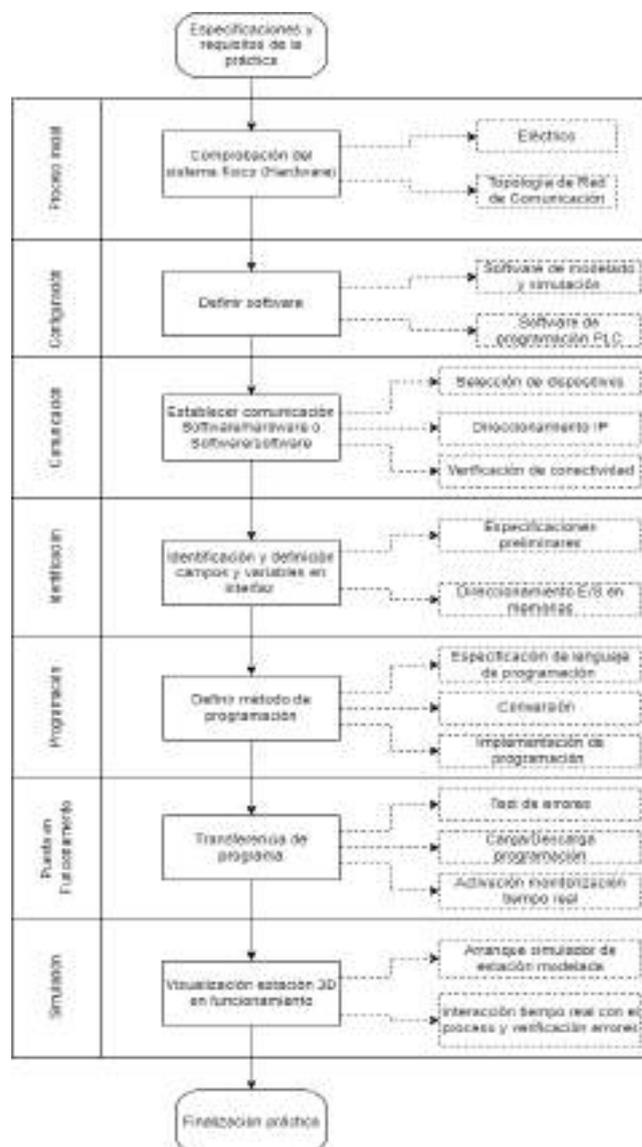


Ilustración 3-4: Secuencia para resolución de prácticas

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

A continuación, se lista las guías prácticas a desarrollarse, en el objetivo de validación se propone validar con Factory IO, fluidsim y PLC para lo cual se divide en:

4.3.1. Validación de Software a Hardware

El objetivo de esta prueba fue determinar el estado de la comunicación entre los dispositivos PLCs ubicados en el sistema de entrenamiento y el software de modelado, simulación Factory IO, para lo cual se desarrolla tres guías prácticas que permitan esta conexión local entre dispositivos, como se observa en la Ilustración 4-4.

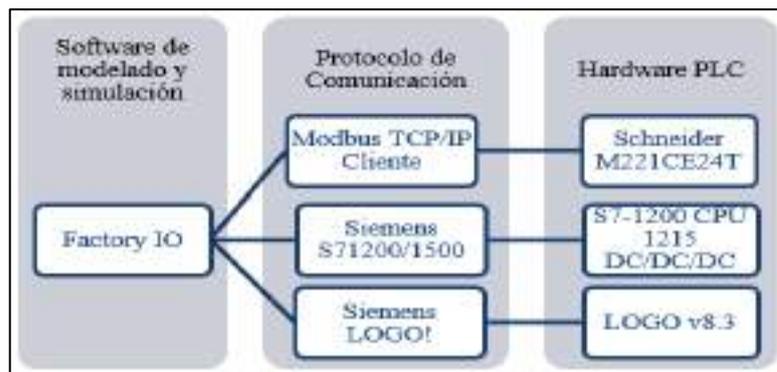


Ilustración 4-4: Enlace de Software a Hardware.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

- **Guía Nro. 1.** Enlace mediante el controlador modbus TCP/IP al PLC Schneider TM221CE24T y realizar el control de la estación de pick and place y pesaje.
- **Guía Nro. 2.** Enlace mediante el controlador s7-1200/1500 al PLC Siemens S7-1200 y realizar el control de la estación de paletizado.
- **Guía Nro. 3.** Enlace mediante el controlador LOGO al micro PLC Logo v8.3 y realizar el control de la estación de almacenamiento inteligente.

4.3.2. Validación de Software a Software

En la Ilustración 5-4, se observa que para la validación de la compatibilidad de software a software se desarrolla una comunicación con FluidSim, que de igual manera es un software de modelado y simulación virtual de diagramas de circuitos neumáticos, hidráulicos y electrónica que se complementan entre sí.

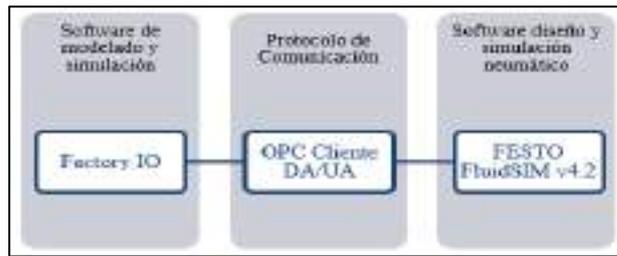


Ilustración 5-4: Enlace de Software a Software.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

- **Guía Nro. 4.** Enlace mediante controlador OPC DA/UA para realizar un análisis de anomalías en el cilindro neumático correspondiente a la estación de etiquetado.

4.3.3. Validación respecto a la integración de elementos

En cuanto a la validación respecto a la integración de elementos a las prácticas realizadas anteriormente donde se utilizan elementos de los bloques mencionados en el capítulo 2, para ello realizamos una práctica para cada bloque como se evidencia en la Ilustración 6-4.

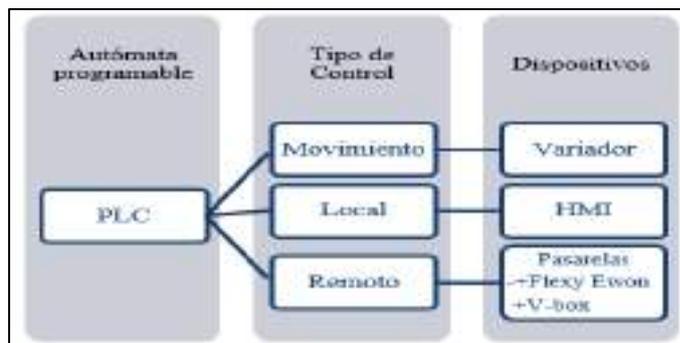


Ilustración 6-4: Enlace de la integración de elementos.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Control de Movimiento

- **Guía Nro. 5.** Mediante comunicación Modbus RTU se integra variador de frecuencia y motor trifásico para control de velocidad y cambio de giro en una banda de la estación de sellado.

Control Local

- **Guía Nro. 6.** Mediante comunicación Ethernet integramos una pantalla HMI Wecon a la estación de paletizado para un control de manera local que permita observar variables en tiempo real y tener un control aparte del tablero de control.

Control Remoto

- **Práctica Nro. 7.** Mediante comunicación RS-485 se integra la pasarela V-box a la estación de pick and place para enviar los datos hacia una web SCADA V-net para monitoreo y supervisión del proceso remotamente desde cualquier dispositivo tecnológico.
- **Práctica Nro. 8.** Mediante comunicación Ethernet/IP se integra la pasarela Ewon Flexy 205 para descarga de programa hacia la estación de paletizado para un mantenimiento remoto.

4.4. Estructura de las Guías Prácticas

4.4.1. Guía Práctica 1

Tema: Simulación y control de proceso Pick & Place

OBJETIVOS:

General

- Desarrollar el control y simulación de la estación virtual Pick & Place modelado en Factory IO.

Específicos

- Interactuar con el PLC Schneider M221CE24T mediante el controlador Modbus TCP/IP cliente.
- Identificar entradas y salidas de la estación indicada.
- Programar mediante el método graficet-ladder y cargar en el software de fabricante EcoStruxure Machine de Schneider.
- Verificar el funcionamiento en la simulación del proceso y posibles fallas de simulación.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Laptop con sistema operativo Windows 8/10/11
- Switch CNET CSH-1600
- PLC Schneider M221CE24T
- Cable Ethernet RJ45
- Software Factory IO v2.4.3
- Software EcoStruxure Machine expert-basic version 1.2

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

Pick & Place en procesos de empaqueo de piezas, productos o materias y su posterior pesaje.

SECUENCIA DE OPERACIÓN

Se tiene un proceso de pick & Place que requiere que se ubique un número específico de productos en una caja apilable, para ello se utiliza un robot recoge y coloca de dos ejes que realice este trabajo, y a continuación se realice el pesaje correspondiente en una báscula transportadora y visualizando el valor en un display analógico, dando así por terminado la estación 1 de Packing.

El operador mediante el tablero de control tendrá a su disposición los pulsadores por los cuales dará puesta en marcha, paro y reset. Se tendrá dos displays digitales para visualizar los valores de cajas listas y número de productos empacados en tiempo real, como se observa en la Ilustración 7-4.

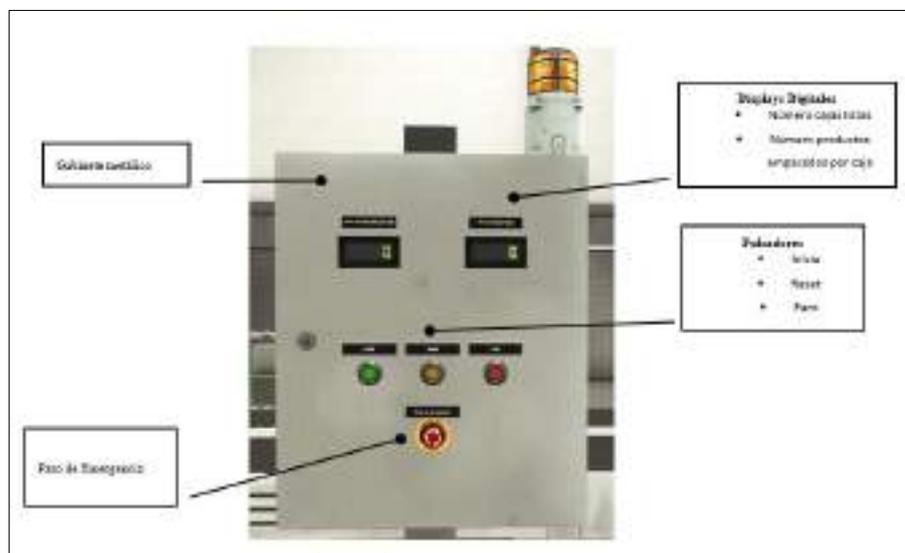


Ilustración 7-4: Tablero de control del proceso pick and place.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

El funcionamiento del sistema seguirá conforme los siguientes puntos:

1. Una banda se activará al momento de pulsar el botón de inicio hasta que un sensor de visión detecte el producto y dé paso al accionar del robot cartesiano.
2. El robot cartesiano tendrá una trayectoria en dos ejes (x, z) para realizar movimientos de subir y bajar mediante el eje z, y para llegar hasta la siguiente banda con el eje x, para mayor seguridad se colocará temporizadores que aseguren la llegada a cada posición.
3. La banda de cajas se activará una vez se detecte que exista producto listo para empacar, y se detenga justo en una posición adecuada para que el robot coloque el producto correctamente.
4. La ventosa tomará acción cuando se recoja y coloque los productos.

- Mediante un contador permitirá al operador elegir el número de productos a empacar y con otro contador conocer cuántos productos resultaron defectuosos y fueron quitados del proceso de producción.
- Una vez colocado los productos en las cajas apilables, pasará al área de pesaje dando un valor analógico importante en el packing.
- El proceso será repetitivo según se requiera y tendrá una luz de alerta una vez finalizado esta línea de producción.

PROCEDIMIENTO

- En base a la Ilustración 8-4, conecte los dispositivos dispuestos en su sistema de entrenamiento.

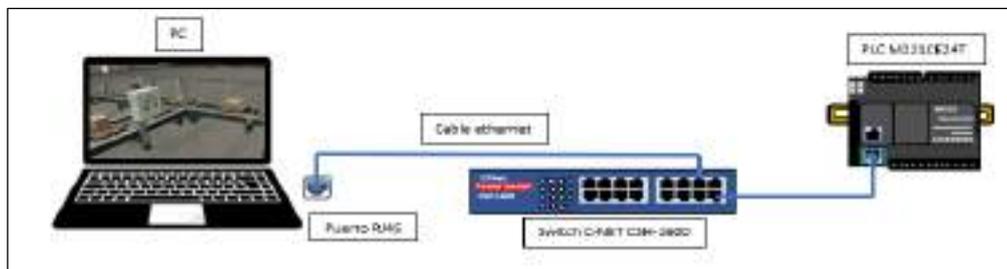


Ilustración 8-4: Conexiones de los dispositivos de la práctica 1.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

- Asignar las direcciones IP y máscaras de subred a los dispositivos.

Tabla 2-4: Direcciones IP de los dispositivos de la práctica 1.

Dispositivo	Dirección IP	Máscara de subred
PLC M221CE24T	192.168.100.24	255.255.255.0
PC	192.168.100.30	255.255.255.0

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

- Identificar las entradas, salidas y memorias que tenemos de acuerdo a los sensores y actuadores del ambiente 3D, las mismas que serán utilizadas en los softwares correspondientes.

Tabla 3-4: Entradas y Salidas digitales asignadas a memorias del M221CE24T

ENTRADAS		SALIDAS	
Dirección	Nombre	Dirección	Nombre
%M51	PARO	%M76	BANDA_PROD
%M52	INICIO	%M77	EMISOR_PROD
%M53	AUTO	%M78	EMISOR_CAJA

%M54	SENSOR_VISION_PRODUCTO	%M79	BANDA_CAJA
%M55	SENSOR_PROD_DEF	%M80	MOVIMIENTO_EJE_Z
%M56	SENSOR_CAJA	%M81	VENTOSA
%M57	PROD_LISTO	%M82	MOVIMIENTO_EJE_X
%M58	SENSOR_CAJA_LISTA	%M83	BANDA_TRANSPORTE1
%M59	SENSOR_BALANZA	%M84	BANDA_BALANZA_FW
		%M85	BANDA_SALIDA
		%M86	ESTACION1_FINALIZADA

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 4-4: Entradas y Salidas Analógicas asignadas a memorias MWORD del M221CE24T

Entradas		Salidas	
Dirección	Nombre	Dirección	Nombre
%MW0	PESO	%MW1	NUMERO DE CAJAS LISTAS
		%MW2	NUMERO DE PRODUCTOS POR CAJA
		%MW3	PESO EN KG

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 5-4: Contadores asignados a memorias del M221CE24T

Dirección	Nombre
%M20	CONT_PROD
%M21	CONT_CAJA_LISTA
%M22	CONT_PROD_DEFECT
%M23	CONT_SALIDA CAJAS

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

4. Desarrollar la programación en lenguaje grafcet, obtener las ecuaciones para ladder y descargarlo en el PLC M221CE24T que cumpla con las especificaciones de funcionamiento.
5. Realizar el enlace de comunicación de hardware a software (PLC-Factory IO) por medio del driver Modbus TCP cliente.
6. Simular el funcionamiento del proceso y observar posibles fallas. Para esto verificaremos el funcionamiento del proceso simulado mediante el cumplimiento de ciertos puntos.
 - Verificar el máximo número de productos a ubicar por caja y hasta que número de cajas se puede realizar esta línea automatizada.
 - Variables a considerar: peso, tiempo, alertas.

4.4.2. Guía Práctica 2

Tema: Simulación y control de la estación de paletizado.

OBJETIVOS:

General

- Desarrollar el control y simulación de la estación virtual de paletizado modelado en Factory IO.

Específicos

- Interactuar con el PLC Siemens S7-1200 mediante el controlador Siemens s7-1200/1500
- Identificar entradas y salidas de la estación indicada.
- Programar mediante el método graficet-ladder y cargar en el software de fabricante Tia Portal v16 de Siemens
- Verificar el funcionamiento en la simulación del proceso y posibles fallas.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Laptop con sistema operativo Windows 8/10/11
- Switch CNET CSH-1600
- PLC Siemens S7-1200
- Cable Ethernet RJ45
- Software Factory IO
- Software Tia Portal v16

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

Paletizado de cajas mediante maquina elevadora de alta velocidad

SECUENCIA DE OPERACIÓN

Se tiene un proceso de paletizado que ubique las cajas etiquetadas que han salido de un proceso anterior y dar una solución de apilamiento mediante este tipo de maquinarias de alta velocidad. El operador mediante el tablero de control como se observa en la Ilustración 9-4, tendrá a su disposición los pulsadores de inicio para puesta en marcha y el de paro.

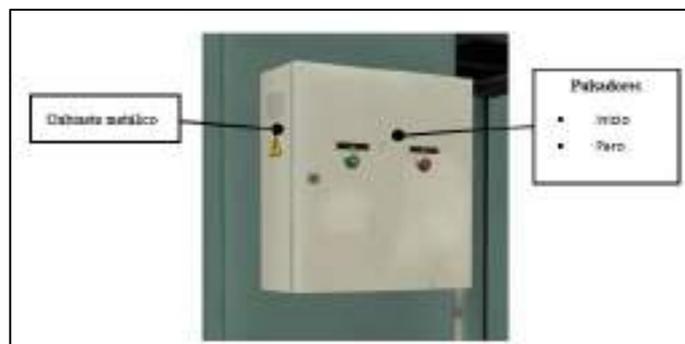


Ilustración 9-4: Tablero de control proceso de Paletizado.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022

El funcionamiento de este tipo de maquinaria sigue los siguientes puntos:

1. Las cajas selladas ingresan hacia la maquinaria por una banda de cinta inclinada.
2. Al borde se encuentra un sensor difuso que ayudará a contabilizar el número de cajas necesarias y active la siguiente etapa.
3. Se activa el empujador cada que ingrese 3 cajas hacia la máquina y se repite el proceso hasta que se llene.
4. Por una banda de rodillos ingresa el pallet y mediante el elevador de la maquinaria sube hasta una distancia predeterminada para recoger las cajas y bajar nuevamente.
5. Mediante otra banda de rodillos sale el pallet con las cajas apiladas para una siguiente capa de cajas.

PROCEDIMIENTO

1. En base a la Ilustración 10-4, conecte los dispositivos dispuestos en su sistema de entrenamiento.

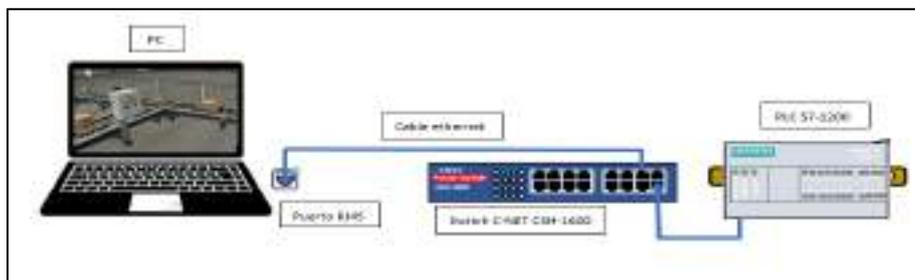


Ilustración 10-4: Conexiones de los dispositivos de la práctica 2.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2. Asignar las direcciones IP y máscara de subred a los dispositivos

Tabla 6-4: Direcciones IP de los dispositivos de la práctica 2.

Dispositivo	Dirección IP	Máscara de subred
PLC S7-1200	192.168.100.10	255.255.255.0
PC	192.168.100.30	255.255.255.0

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3. Identificar las entradas y salidas, que tenemos de acuerdo a los sensores y actuadores del ambiente 3D, las mismas que serán utilizadas en los softwares de programación correspondientes.

Tabla 7-4: Entradas y Salidas digitales asignadas al PLC S7-1200.

ENTRADAS		SALIDAS	
Dirección	Nombre	Dirección	Nombre
%I0.2	PARO	% Q0.1	BANDA_GIRO
% I0.3	INICIO	% Q0.2	BANDA_TRANSPORTE_4
% I0.5	SENSOR_CAJAS	% Q0.3	EMISOR_CAJAS
% I0.6	SENSOR_LIMITE FRONTAL	% Q0.4	BANDA_PALLETIZADOR_ADELANTE
% I0.7	SENSOR_CAJAS_POSICIONADAS	% Q0.5	EMPUJE
		% Q0.6	BANDA_ENTRADA_PALLET
		% Q0.7	EMISOR_PALLETS
		% Q1.0	CADENA (ADELANTE)
		% Q1.1	ELEVADOR (MOVER AL LIMITE)
		% Q1.2	ELEVADOR (ARRIBA)
		% Q1.3	ABRIR_BANDEJA
		% Q1.4	ELEVADOR (ABAJO)
		% Q1.5	BANDA_SALIDA_PALLET

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

4. Desarrollar la programación en lenguaje grafcet y obtener las ecuaciones para ladder y descargarlo en el PLC S7-1200 que cumpla con las especificaciones de funcionamiento.
5. Realizar el enlace de comunicación de hardware a software (PLC-Factory) por medio del driver Siemens 1200/1500.
6. Simular el funcionamiento del proceso y observar posibles fallas.

4.4.3. Guía Práctica 3

Tema: Simulación y control de proceso de Almacenamiento.

OBJETIVOS:

General

- Desarrollar el control y simulación de la estación virtual de almacenamiento modelado en Factory IO.

Específicos

- Interactuar con el controlador Logo V8.3 mediante el micro controlador Siemens LOGO.
- Identificar entradas y salidas de la estación indicada.
- Programar mediante el método Grafcet-FBD y cargar en el software de fabricante LOGO Soft Comfort V8.3.
- Verificar el funcionamiento en la simulación del proceso y posibles fallas de simulación.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Laptop con sistema operativo Windows 8/10/11
- Switch CNET CSH-1600
- Micro-controlador Logo 8.3
- Cable Ethernet RJ45
- Software Factory IO v2.4.3
- Software LOGO! Soft Comfort v8.3

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

Almacenamiento en procesos de empacado de piezas, productos o materias.

SECUENCIA DE OPERACIÓN

Se tiene un proceso de almacenamiento automatizado de cajas que requiere que se ubiquen en estanterías, para ello se utiliza las diferentes bandas transportadoras de rodillo y una mesa giratoria que dirija las cajas hacia un robot transelevador el mismo que recoge y ubica en cada posición de la estantería de manera ordena, una vez se haya llenado la estantería prendera una sirena de aviso, además el número de cajas almacenado se debe visualizar en un display analógico, y dando así por terminado la estación almacenado.

El operador mediante el tablero de control tendrá a su disposición los pulsadores por los cuales dará puesta en marcha, paro y reset. Se tendrá un display digital para visualizar el número de cajas almacenados en tiempo real y una sirena, como se observa en la Ilustración 11-4.

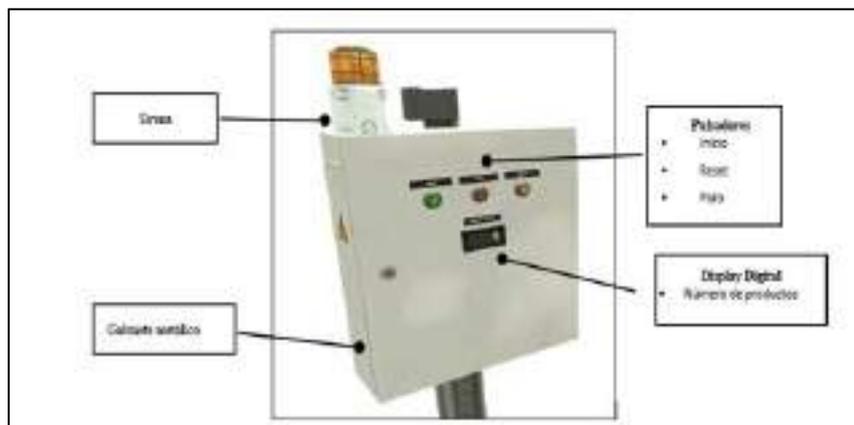


Ilustración 11-4: Tablero de control del Proceso de Almacenamiento.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

El funcionamiento del sistema seguirá conforme los siguientes puntos:

1. Las bandas de rodillos (2m, 4m y curva) y el emisor de cajas se activará al momento de pulsar el botón de inicio.
2. Al momento que el sensor retro-reflectivo detecte el producto, pone en funcionamiento la mesa giratoria.
3. La mesa giratoria actuará según la detección de los sensores de la misma, girando así hacia la izquierda por un instante.
4. Mediante otro sensor retro-reflectivo, se activarán la banda de rodillos (2m) y el transportador de carga.
5. Otro sensor retro-reflectivo al detectar el producto desactivara las bandas de rodillos (2m) y el transportador de carga.
6. Mediante un contador 1, se mostrará el número de productos en un display digital y también activará un transelevador el mismo que tomará el producto y las colocará en la estantería.
7. Mediante un contador 2, se ordenará al transelevador que regrese a su lugar de origen.
8. El proceso será repetitivo hasta que la estantería este llena.
9. Por último, se encenderá una alarma y la pantalla del controlador para indicar que ha finalizado la línea de producción.

PROCEDIMIENTO

1. En base a la Ilustración 12-4, conecte los dispositivos dispuestos en su sistema de entrenamiento.

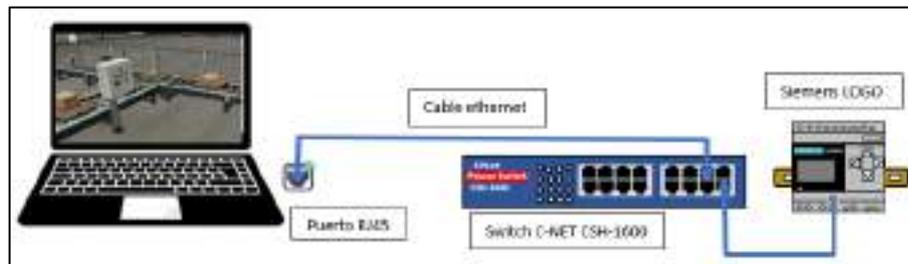


Ilustración 12-4: Conexiones de los dispositivos de la práctica 3.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2. Asignar las direcciones IP y máscara de subred a los dispositivos.

Tabla 8-4: Direcciones IP de los dispositivos de la práctica 3.

Dispositivo	Dirección IP	Máscara de subred
PLC Logo V8.3	192.168.100.33	255.255.255.0
PC	192.168.100.30	255.255.255.0

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022

- Identificar las entradas, salidas y memorias que tenemos de acuerdo a los sensores y actuadores del ambiente 3D, las mismas que serán utilizadas en los softwares correspondientes

Tabla 9-4: Entradas y Salidas digitales asignadas al controlador LOGO v8.3.

ENTRADAS		SALIDAS	
Dirección	Nombre	Dirección	Nombre
V0.0	INICIO	Q1	BANDA_CURVA
V0.1	PARO	Q2	BANDA_4m
V0.2	RESET	Q3	BANDA_2m
V0.3	SENSOR_EMITOR	Q4	EMISOR_PRODUCTO
V0.4	SENSOR_SUPERIOR_MESA	Q5	MESA_GIRA_RODILLOS_ARRIBA
V0.5	SENSOR_90_GRADOS	Q6	GIRA_MESA
V0.6	SENSOR_SALE_MESA	Q7	BANDA_SALE_MESA
V0.7	SENSOR_PARA_PALLET	Q8	BANDA_CARGA
V1.0	SENSOR_RECOGE_PALLET	Q9	SALE_PALLET_RECOGER
V1.1	SENSOR_MOVING_X	Q10	SUBE_PALLET_RECOGER
		Q11	COLOCA_PALLET
		Q12	ALARMA
		AQ1	DISPLAY
		AQ2	STAKER CRANE

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 10-4: Contadores asignados al controlador LOGO V8.3.

Dirección	Nombre
C1	CONTADOR_1
C2	CONTADOR_2

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

- Desarrollar la programación en lenguaje grafcet, obtener las ecuaciones para FDB (diagrama de bloques funciones) y descargarlo en el micro controlador LOGO V8.3 que cumpla con las especificaciones de funcionamiento.
- Realizar el enlace de comunicación de hardware a software (Controlador-Factory IO) por medio del driver Siemens LOGO.
- Simular el funcionamiento del proceso y observar posibles fallas.

4.4.4. Guía Práctica 4

Tema: Simulación y control del proceso de Etiquetado

OBJETIVOS:

General

- Desarrollar el control y simulación de la estación virtual de etiquetado modelado en Factory IO.

Específicos

- Interactuar con el software FluidSIM mediante el controlador OPC DA/UA
- Identificar entradas y salidas de la estación indicada.
- Programar mediante el método grafcet.
- Verificar el funcionamiento en la simulación del proceso y posibles fallas de simulación.
- Observar el comportamiento de los elementos neumáticos mediante un diagrama de espacio-tiempo.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Laptop con sistema operativo 8/10/11
- Software Factory IO
- Software FluidSIM Neumática
- Software EzOPC

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

Análisis del cilindro neumático para analizar eficiencia del actuador en la escena de Factory IO de etiquetado.

SECUENCIA DE OPERACIÓN

La tercera etapa de la fábrica virtual comprende la estación de etiquetado una vez concluida la estación 2, por lo cual el operador tendrá a su disposición el tablero de control especificado en la Ilustración 13-4, para la realización de los siguientes pasos.

1. El pulsador de inicio activa el Emisor de cajas.
2. El sensor detector de presencia de caja activara la banda transportadora.
3. La banda transportadora permitirá llevar la caja hasta el cilindro neumático.
4. El cilindro neumático de doble efecto etiquetará la caja mediante una secuencia A+ A-

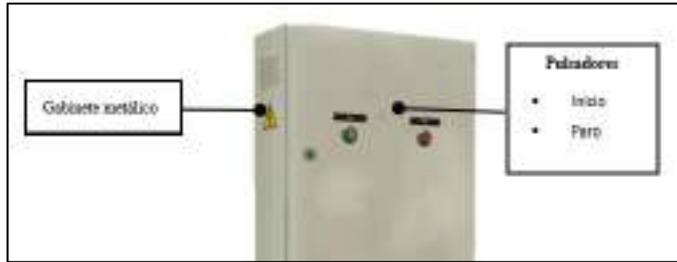


Ilustración 13-4: Tablero de proceso de Etiquetado.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

PROCEDIMIENTO

1. En base a la Ilustración 14-4, con la ayuda del servidor EzOPC realizar la comunicación entre Factory IO y FluidSIM.



Ilustración 14-4: Comunicación de los softwares de la práctica 4.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2. Identificar las entradas y salidas, que tenemos de acuerdo a los sensores y actuadores del ambiente 3D, las mismas que serán utilizadas en los softwares de programación correspondientes.

Tabla 11-4: Entradas y Salidas asignadas para los softwares

ENTRADAS		SALIDAS	
Dirección	Nombre	Dirección	Nombre
AB1Bit00	PARO	EB1Bit00	EMISOR_CAJA SELLADA
AB1Bit01	INICIO	EB1Bit01	BANDA_TRANSPORTE
AB1Bit02	SENSOR_CAJA_SELLADA	EB1Bit02	CILINDRO_NEUMATICO_SALE
AB1Bit03	SENSOR_ETIQUETADO	EB1Bit03	CILINDRO_NEUMATICO_ENTRA
AB1Bit04	SENSOR_CILINDRO_FUERA		
AB1Bit05	SENSOR_CILINDRO_DENTRO		

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3. Realizar la programación en lenguaje Grafcet en el software FluidSIM.
4. Modelar el esquema de mando y el diagrama de movimientos del cilindro neumático en el software FluidSim neumática.
5. Simular el funcionamiento del proceso.
6. Realizar un análisis del comportamiento del cilindro neumático con la ayuda del diagrama de estados del software FluidSim.

4.4.5. Guía Práctica 5

Tema: Control de velocidad y cambio de giro del motor de la banda transportadora de la estación de sellado de cajas.

OBJETIVOS:

General

- Simular y desarrollar el control con un PLC y un variador de frecuencia, una banda transportadora del escenario virtual de sellado de cajas modelado en Factory IO.

Específicos

- Controlar la velocidad y el sentido de giro de un motor trifásico, mediante el PLC Schneider M221CE16T y el variador de frecuencia ATV32H055M2
- Identificar las entradas y salidas de la estación indicada.
- Utilizar Modbus RTU para la comunicación PLC-Variador
- Verificar el funcionamiento en la simulación del proceso al igual que el funcionamiento en el sistema de entrenamiento físicamente.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Laptop con sistema operativo Windows 8/10/11
- Switch CNET CSH-1600
- PLC Schneider M221CE24T
- Cable Ethernet RJ45
- Software Factory IO
- Software EcoStruxure Machine expert-basic
- Variador ATV32H055M2
- Motor trifásico

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

Control de velocidad y cambio de giro de la banda transportadora. }

SECUENCIA DE OPERACIÓN

Se tiene a disposición el tablero de control como se observa en la Ilustración 15-4, para la realización de los siguientes pasos.

1. Las cajas apilables con los productos ingresan a la máquina selladora para un cierre mediante una cinta adhesiva por la parte superior de la caja.
2. Mediante un potenciómetro ubicado en el panel de control variar la velocidad de una cinta transportadora de la salida de la caja.
3. Mediante selectores realizar el encendido, activación de velocidad y cambio de giro.
4. Visualizar el funcionamiento en el ambiente modelado 3D y en los elementos físicos ubicados en el sistema de entrenamiento.
5. Visualizar mediante displays la velocidad en rpm y frecuencia a la que está trabajando el motor.



Ilustración 15-4: Tablero de la estación de sellado de cajas.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

PROCEDIMIENTO

1. En base a la Ilustración 16-4, conecte los dispositivos dispuestos en su sistema de entrenamiento.

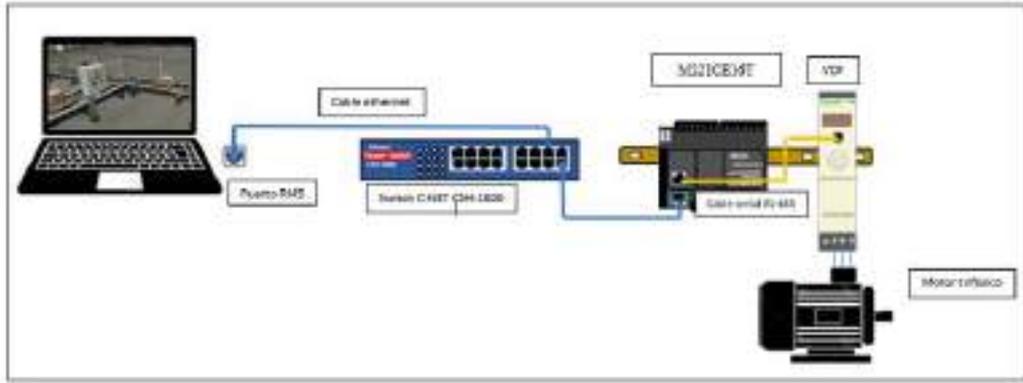


Ilustración 16-4: Conexiones de los dispositivos de la práctica 5.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2. Asignar las direcciones IP y máscara de subred a los dispositivos.

Tabla 12-4: Direcciones IP de los dispositivos de la práctica 5.

Dispositivo	Dirección IP	Máscara de subred
PLC M221CE16T	192.168.100.16	255.255.255.0
PC	192.168.100.30	255.255.255.0

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3. Identificar las entradas, salidas y memorias que tenemos de acuerdo a los sensores y actuadores del ambiente 3D, las mismas que serán utilizadas en los softwares correspondientes.

Tabla 13-4: Entradas y Salidas digitales asignadas a memorias del M221CE16T

ENTRADAS		SALIDAS	
Dirección	Nombre	Dirección	Nombre
%M20	PARO	%M41	BANDA_SELLADORA
%M21	STOP_VARIADOR	%M42	EMISOR_CAJA SELLADA
%M22	INICIO	%M43	REMOVEDOR1
%M23	START_VARIADOR		
%M24	VELOCIDAD		
%M25	DERECHA		
%M26	IZQUIERDA		
%M27	SENSOR_SALIDA_CAJA		
%M30	MEMORIA_AUXILIAR		

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 14-4: Entradas y Salidas Analógicas asignadas a memorias MWORD del M221CE16T

Entradas		Salidas	
Dirección	Nombre	Dirección	Nombre
%MW0	POTENCIÓMETRO	%MW2	VELOCIDAD_ACTUAL
		%MW3	BANDA_CAJA_SELLADA1
		%MW4	BANDA_CAJA_SELLADA2

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

4. Realizar el enlace de comunicación de hardware a software (PLC-Factory IO) por medio del driver Modbus TCP/IP y de hardware a hardware (PLC-variador) mediante Modbus RTU.
5. Desarrollar la programación en lenguaje ladder y descargarlo en el PLC M221CE16T que cumpla con las especificaciones de funcionamiento.
6. Simular el funcionamiento del proceso.

4.4.6. Guía Práctica 6

Tema: Control y Monitoreo local de la estación de paletizado

OBJETIVOS:

General

- Simular y desarrollar el control con un PLC de la estación de paletizado del escenario virtual modelado en Factory IO y monitorizado localmente con pantalla HMI.

Específicos

- Interactuar con el PLC Siemens S7-1200 mediante el controlador Siemens s7-1200/1500.
- Desarrollar un control y monitoreo local mediante la utilización de un HMI Wecon.
- Verificar el funcionamiento en la simulación del proceso y posibles fallas.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Laptop con sistema operativo Windows 8/10/11
- Switch CNET CSH-1600
- PLC Siemens S7-1200
- Cable Ethernet RJ45
- Software Factory IO
- Software Tia Portal v16
- Software PIStudio

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

Paletizado de cajas.

SECUENCIA DE OPERACIÓN

En esta estación el operador tendrá acceso a una interfaz para el control local del proceso de paletizado desarrollado en una práctica anterior, para dicho control:

1. Se puede poner en marcha y paro desde HMI.
2. Se visualiza el estado de sensores y actuadores.

PROCEDIMIENTO

1. En base a la Ilustración 17-4, conecte los dispositivos dispuestos en su sistema de entrenamiento.

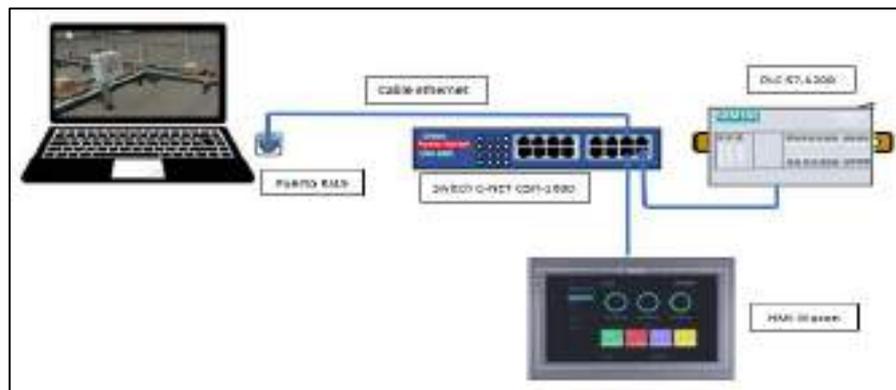


Ilustración 17-4: Conexiones de los dispositivos de la práctica 6.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2. Asignar la dirección IP y máscara de subred a HMI y mantener las direcciones IP de los dispositivos de la práctica 2 realizada anteriormente.

Tabla 15-4: Direcciones IP de HMI

Dispositivo	Dirección IP	Máscara de subred
HMI	192.168.100.20	255.255.255.0

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

3. Realizar el enlace de comunicación entre PLC y HMI creando una comunicación Ethernet.
4. Crear los botones/interruptores que permitan visualizar las memorias establecidas en nuestro programa realizado en la práctica 2, para ser monitorizadas, se debe tomar en cuenta la siguiente tabla.

Tabla 16-4: Direcciones de entradas y salidas para creación de botones/ interruptores.

Dirección	Nombre
%I0.1	INICIO
%I0.2	PARO
%I0.5	SENSOR ENTRADA CAJAS
%I0.7	SENSOR CAJAS POSICIONADAS
%I1.1	SENSOR LLEGADA PALLET
%Q0.2	BANDA TRANSPORTE
% Q1.1	ELEVADOR
% Q1.6	AJUSTE CAJAS
% Q1.5	BANDA RODILLOS

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

5. Desarrollar la interfaz para los I/O creados en el punto 4 de esta práctica.
6. Simular el funcionamiento y monitoreo de datos mediante HMI de la estación de paletizado del software Factory IO.

4.4.7. Guía Práctica 7

Tema: Supervisión y Monitorización Remota Pick & Place

OBJETIVOS:

General

- Supervisar y monitorear el ambiente 3D de la etapa Pick & Place modelado en Factory IO con el PLC Schneider M221CE24T.

Específicos

- Desarrollar un control y monitoreo remoto mediante la utilización de una webSCADA en la nube V-net
- Interactuar con la pasarela V-box mediante comunicación Modbus.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Laptop con sistema operativo Windows 8/10/11
- Software EcoStruxure Machine expert-basic
- Cable ethernet RJ45
- Cable serial RS-485
- Pasarela V-box Wecon
- Switch CNET CSH-1600

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

Monitorización remota de Pick & Place en procesos de empacado de piezas, productos o materias y su posterior pesaje.

SECUENCIA DE OPERACIÓN

En la industria 4.0, una de las nuevas tecnologías que ha ido en aumento es el IIoT (Internet Industrial de las cosas) y es que mientras se logre funciones como monitoreo de datos y administración de dispositivos desde una PC, aplicación móvil, o página web desde cualquier sitio a través del internet permitirá tener el control de una industria o fábrica inteligente. Una de las aplicaciones y que va en aumento son los pedidos en línea y la fabricación de productos personalizados fuera de línea que sigue en tendencia a futuro, por lo cual para la siguiente práctica se tendrá un control remoto desde cualquier parte del mundo a través de la página web Scada V-net.

PROCEDIMIENTO

1. En base a la Ilustración 18-4, conecte los dispositivos dispuestos en su sistema de entrenamiento.

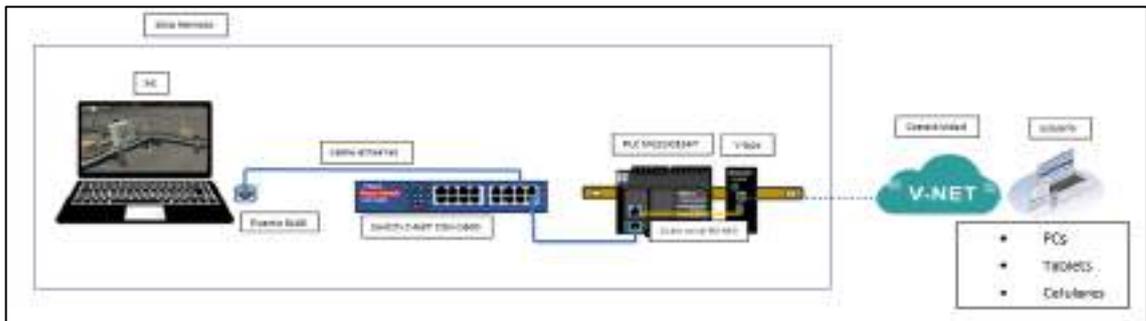


Ilustración 18-4: Conexiones de los dispositivos de la práctica 7.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2. Configurar el dispositivo en la página web <http://asean.v-box.net/index.html>.
3. Realizar el enlace de comunicación entre la pasarela y PLC creando una comunicación Modbus RS-485.
4. Crear los TAGS que permitirán enviar a la nube las memorias establecidas en nuestro programa realizado en la práctica 1 para ser monitorizadas.

Tabla 17-4: Memorias asignadas para la creación de los tags.

Dirección	Nombre
%M51	PARO
%M52	INICIO

%M53	AUTO
%M54	SENSOR_VISION_PRODUCTO
%M55	SENSOR_PROD_DEF
%M56	SENSOR_CAJA
%M58	SENSOR_CAJA_LISTA
%M59	SENSOR_BALANZA
%M76	BANDA_PRODUCTO
%M79	BANDA_CAJA
%M84	BANDA_BALANZA
%M85	BANDA_SALIDA

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

Tabla 18-4: Memorias MWORD asignadas para la creación de los tags.

Dirección	Nombre
%MW5	NUMERO_PRODUCTOS_PICK
%MW4	NUMERO_CAJAS_PICK

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

5. Configuración de la WebSCADA.
6. Desarrollo de la interfaz para los tags creados en el punto 4 de esta práctica.
7. Verificar el funcionamiento mediante el acceso desde un celular con la aplicación propia del fabricante que se puede descargar en la página <https://www.we-con.com.cn/en/service.html> llamada V-NET APP V 2.2.1.
8. Simular el funcionamiento y monitoreo de datos mediante el teléfono inteligente de la escena Pick and place del software Factory IO.

4.4.8. Guía Práctica 8

Tema: Mantenimiento remoto de estación de Palletizado.

OBJETIVOS:

General

- Realizar una conexión y descarga remota de programa hacia el PLC Siemens S7-1200 DC/DC/DC mediante pasarela EWON Flexy 205.

Específicos

- Configurar pasarela Ewon para una conectividad remota.
- Realizar una descarga de programa de manera remota.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Laptop con sistema operativo Windows 8/10/11
- Switch CNET CSH-1600
- PLC Siemens S7-1200
- Cable Ethernet RJ45
- Software Factory IO
- Software Tia Portal v16
- Pasarela Ewon flexy 205
- Software eCatcher

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

Paletizado de cajas-mantenimiento remoto.

SECUENCIA DE OPERACIÓN

Del proceso realizado en la práctica anterior, se ha provocado un fallo en esta línea para lo cual se requiere la intervención inmediata del Ingeniero a cargo, pero se localiza fuera de la ciudad, es necesario realizar un teleservicio que permita:

1. Descargar el programa o ponerse online para dar solución a la falla simulada.
2. La fábrica virtual del proceso industrial se encuentra en la ciudad de Ambato y el teleservicio se lo realiza desde la ciudad de Riobamba.

PROCEDIMIENTO

1. En base a la Ilustración 19-4, conecte los dispositivos dispuestos en su sistema de entrenamiento.

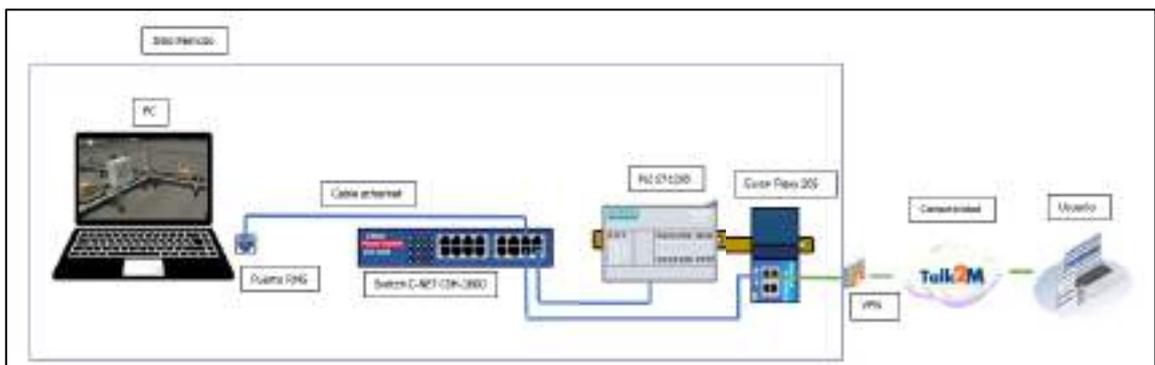


Ilustración 19-4: Conexiones de los dispositivos de la práctica 8.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

2. Crear una cuenta y entrar mediante eCatcher de Talk2M para realizar una conexión VPN.

3. Registrar tres direcciones IP de diferentes PLC, para la realización de esta práctica y para futuras nuevas prácticas.
4. Establecer conexión desde la ciudad de Riobamba hacia el proceso ubicado en la ciudad de Ambato
5. Configuración de Tia Portal para la comunicación remota.
6. Verificar funcionamiento

4.5. Análisis de Funcionalidad del sistema

Para verificar la funcionalidad del sistema de entrenamiento y valorar cuantitativamente los aspectos académicos que sobresalen y benefician al aprendizaje en temas de automatización industrial se realizó una encuesta (Ver anexo M) a Ingenieros, tecnólogos y estudiantes de distintos instituciones educativas de tercer nivel acerca de su criterio en cuanto a la comunicación, programación, modelado, simulación y la importancia del internet en la industria, dando un total de 18 personas encuestadas con respuestas distribuidas en la Ilustración 20-4.

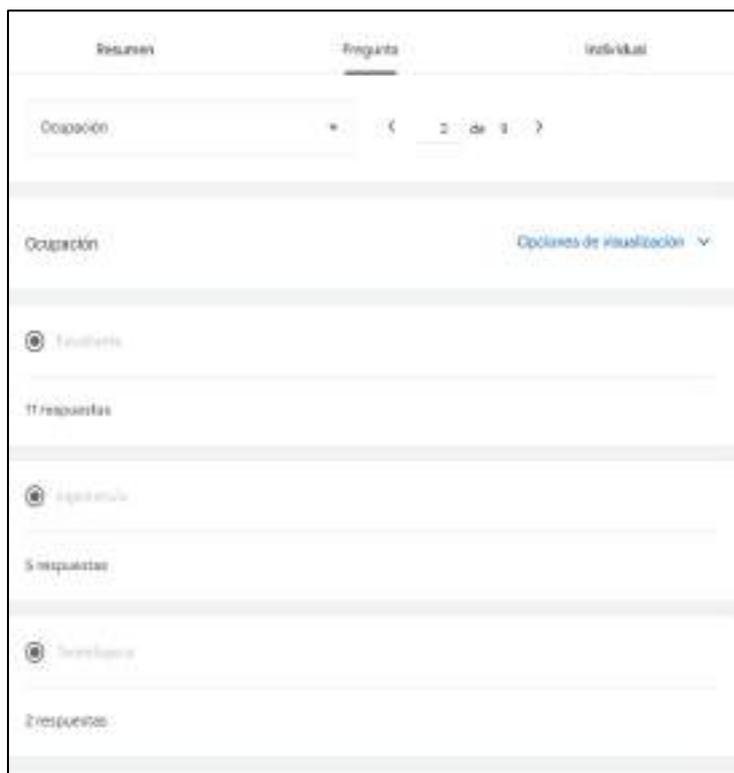


Ilustración 20-4: Total de Ingenieros, Tecnólogos y estudiantes encuestados.

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

La pregunta número uno de la encuesta hace referencia al nivel de impacto en la formación del estudiante, como se puede observar en el Gráfico 1-4, el 88.9% de los encuestados considera que el sistema de entrenamiento será de gran impacto en la formación académica tanto para profesionales y estudiantes, esto debido a que tener ambientes de procesos industriales modelados y simulados permite reforzar conocimientos en automatización y control, mientras que el 11.1 % restante tienen un criterio de un impacto medio

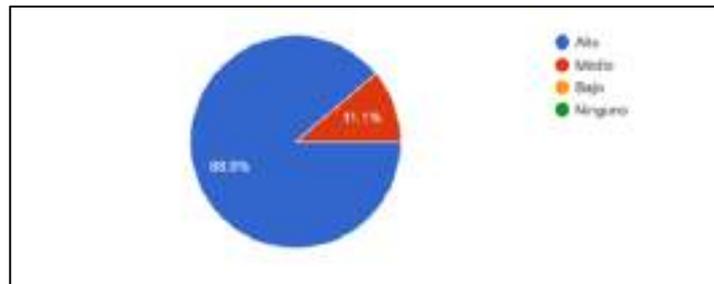


Gráfico 1-4: Análisis porcentual pregunta 1 de la encuesta

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

El uso de simuladores 3D permite representar un escenario que resultarían difíciles de conocer o algún riesgo ante la manipulación, de acuerdo a la segunda pregunta de la encuesta realizada se evidencia en el Gráfico 2-4, que el 94.4 % de las personas afirma que el software Factory IO es una herramienta virtual que ayuda en el aprendizaje en automatización por su experiencia en usarlo y un 5.6% tiene un criterio negativo, por lo que hace que el sistema de entrenamiento resulte eficaz y brinde conformidad en cuanto al software de simulación.

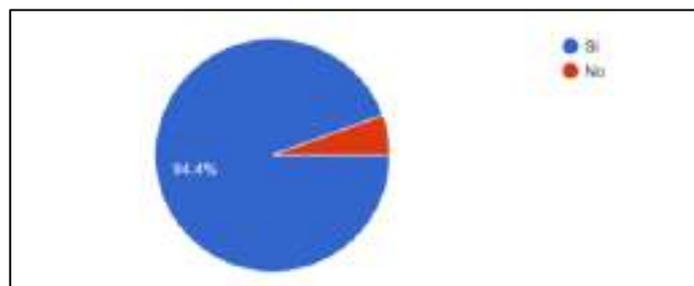


Gráfico 2-4: Análisis porcentual pregunta 2 de la encuesta

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

La tercera pregunta de la encuesta realizada tiene que ver en cuanto a la programación de los PLC del sistema de entrenamiento, cada uno tiene el software de fabricante de las marcas especificadas en el diseño, en el Gráfico 3-4, se muestra que la mitad de encuestados les resulta más didáctico Schneider-EcoStruxure, siguiendo de un 33.3 % la facilidad de uso Siemens Tia Portal y con 16.7% les resulta más didáctico Siemens-Logo soft.

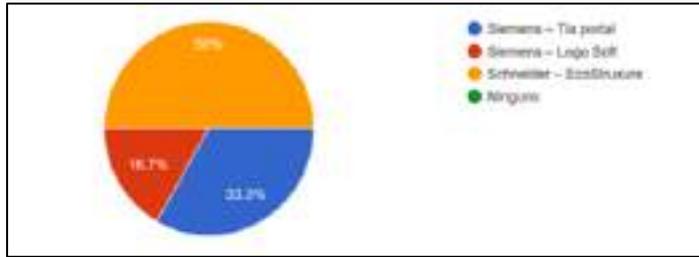


Gráfico 3-4: Análisis porcentual pregunta 3 de la encuesta

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

La industria 4.0 avanza cada día más, y los dispositivos tienen más acceso a internet para aplicaciones de monitoreo y supervisión, por lo cual, el sistema de entrenamiento cuenta con pasarela IIOT que permiten este acceso a la nube desde cualquier lugar y de manera segura. En el Gráfico 4-4, se muestra que un 100% de encuestados consideran que estas pasarelas integradas en el sistema de entrenamiento facilitan este tipo de servicios.

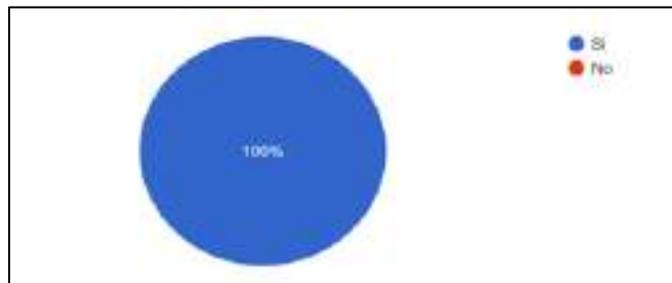


Gráfico 4-4: Análisis porcentual pregunta 4 de la encuesta

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

El proceso de empacado que fue modelado y simulado en el software 3D permite tener a disposición los elementos como sensores y actuadores en cualquier PC y conectarlo al controlador lógico de preferencia. Por lo cual en la encuesta se cuestionó acerca del ahorro y dinero que beneficia al no implementar un módulo físico, de acuerdo al Gráfico 5-4, el 94.4 % da una respuesta afirmativa, dando como resultado positivo y como otra opción de aprendizaje.

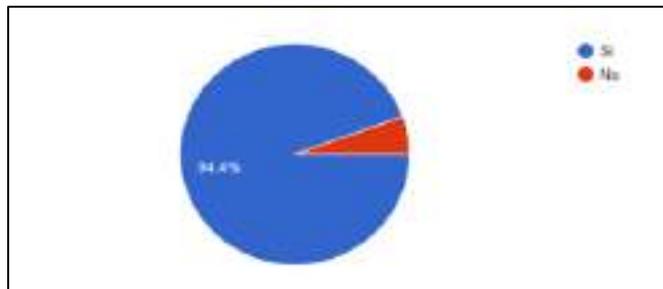


Gráfico 5-4: Análisis porcentual pregunta 5 de la encuesta

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

La comunicación entre dispositivos que conforman el sistema de entrenamiento como PLCs, variador de frecuencia, pasarelas tienen como parte fundamental la comunicación RS-485 y Ethernet, por lo cual en el Gráfico 6-4, se evidencia que al 87.5 % les resultó importante este tipo de comunicación que es muy usada en la industria.

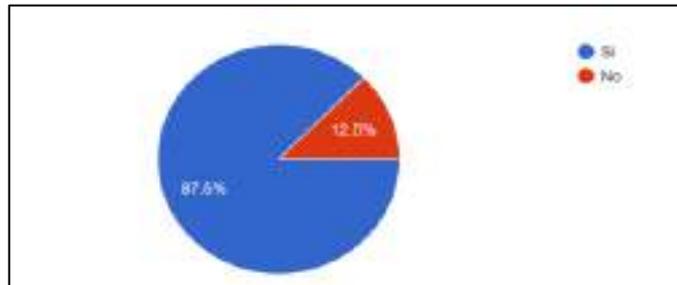


Gráfico 6-4: Análisis porcentual pregunta 6 de la encuesta

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

La comunicación de software Factory IO al hardware de los PLCs utiliza varios drivers basados en diferentes protocolos de comunicación, debido a esto en la pregunta de la encuesta realizada en el Gráfico 7-4, se observa que al 37.5% de encuestados les pareció más eficaz utilizar Modbus TCP, seguido de un 25% de Ethernet/IP, el 12.5 % con el servidor OPC y a un 25% les resultó eficaz todos, teniendo como resultado una comunicación rápida y entendible entre dispositivos y software.

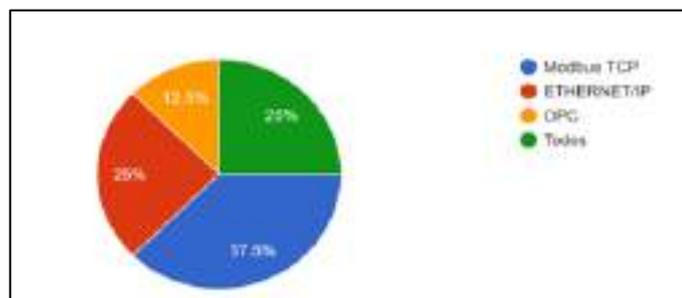


Gráfico 7-4: Análisis porcentual pregunta 7 de la encuesta

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

4.6. Evaluación Financiera

El análisis económico para el desarrollo del sistema de entrenamiento con todos sus elementos necesarios en cuanto a los materiales utilizados para la estructura y los elementos que conforman cada bloque.

En la tabla 19-4 se detalla el costo total para la implementación del sistema de entrenamiento.

Tabla 19-4: Costo del sistema de entrenamiento

CANT	DESCRIPCIÓN DE COMPONENTE	V. Unitario	V. Total
Elementos de Protección y alimentación			
1	Interruptor termo-magnético unipolar marca Schneider modelo A9F74150, 50 A.	7,00	7,00
1	Interruptor termo-magnético unipolar LS BKN-b, 2 a 63	11,00	11,00
1	Fuente de alimentación EVL marca Wolfelectronics de 24 V	42,00	42,00
	Transformador 110/220 V AC	130,00	130,00
Elementos de control			
1	Módulo PLC TM221CE24T, con voltaje de entrada 24 V CA/CC, 0,5 A, marca Schneider Electric	539,50	539,00
1	Módulo PLC TM221CE16T, voltaje de entrada 24 V, o,5 A, marca Schneider Electric	503,00	503,00
1	Módulo PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1215C compacta DC/DC/DC, marca Siemens	360,00	360,00
1	Controlador LOGO 12/24 RCE marca Siemens	174,00	174,00
Elementos de control y monitorización			
1	Pantalla HMI, 7 pulgadas, marca Wecon, modelo PI3070N con Ethernet	1700,00	1700,00
Elementos de comunicación de IOT			
1	Switch, 16 puertos, voltaje de alimentación 100-240 V CA, marca Cnet, modelo CSH-1600	21,00	21,00
1	Pasarela V-BOX E-00, marca Wecon	170,00	170,00
1	Pasarela de Acceso remoto Flexy 205, marca Ewon	890,00	890,00
Elementos de control de movimiento			
1	Variador de velocidad ATV32H055M2, voltaje de alimentación 200-240 V, marca Schneider Electric	300,00	300,00
1	Motor trifásico, 0,25 HP de potencia, marca WEG	290,00	290,00
Elementos de señalización			
1	Luz piloto led con voltímetro, amperímetro e indicador de frecuencia, paro de emergencia.	100,00	100,00
10	Luces piloto led y selectores de dos posiciones.		
Elementos para la estructura física			
1	Soporte metálico, Riel Din, MDF, Tornillos, canaletas.	450,00	450,00
Material Eléctrico			
1	Conductores, terminales.	60,00	60,00
TOTAL			5747,00

Realizado por: Colcha, K. & Coronel, C., 2022.

CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema de entrenamiento para el modelado y simulación 3D de un proceso de empaclado en el software Factory IO, el cual consta de 6 bloques en su arquitectura: bloque de alimentación y protección eléctrica, bloque de mando y señalización, bloque de procesamiento mediante PLCs Schneider y Siemens, bloque de control de movimiento mediante variador de frecuencia y motor trifásico, bloque de control local mediante la pantalla HMI y bloque de control remoto por medio de las pasarelas IIoT Wecon y Ewon Flexy 205.
- El sistema de entrenamiento consta con todas las normas de protección eléctrica, con la finalidad de brindar seguridad tanto a los usuarios como a los equipos que se utilizaron.
- Tras las pruebas de conectividad entre PLCs y ordenador los tiempos de latencia de estos dispositivos (M221CE24T, M221CE16T, S7-1200, Logo v8.3, HMI) son de mínimo 1ms y máximo 5 ms de manera local, y los dispositivos (V-Box, Ewon Flexy 205) tienen un tiempo medio de comunicación de 336 ms y 396 ms respectivamente, por lo que se concluye que se encuentra dentro de un rango aceptable de comunicación, lo que garantiza que no exista pérdida de paquetes en el envío y recepción de datos de manera local y remota.
- El proceso de empaclado modelado y simulado en el software Factory IO no presenta falla en cuanto a su adecuación virtual, concluyendo que resulta eficaz de ser una opción alternativo a un modelo físico para aplicaciones de aprendizaje en automatización industrial.
- De las practicas realizadas se concluye que contribuyen de manera significativa al aprendizaje del modelado y simulación de procesos industriales ya sea de manera presencial y de ciertas prácticas desde cualquier lugar de manera remota, debido a las propiedades que ofrece los dispositivos ubicados el sistema de entrenamiento
- FluidSIM junto con Factory IO complementan el diseño 3D de procesos debido a que son softwares de características similares, por tanto, se concluye que la correcta comunicación permite ampliar elementos neumáticos (cilindros, válvulas etc.) en el software de simulación permitiendo observar una dinámica completa de los sistemas.
- Las redes de comunicación como lo son Ethernet TCP/IP, modbus y OPC utilizadas en el sistema de entrenamiento son usuales encontrar en la industria permitiendo esa interacción entre la virtualidad del proceso y la parte real de los dispositivos físicos dando un realismo necesario para un aprendizaje óptimo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener Internet 5G para realizar el monitoreo y control Remoto de los procesos Industriales, debido a que se tiene una mayor velocidad de conexión y por ende el tiempo de latencia se reducirá considerablemente.
- Añadir una cámara IP al sistema de entrenamiento, brindará una gran ventaja al usuario ya que se podrá observar en tiempo real que dispositivos están en funcionamiento y por lo tanto la mayor parte de las prácticas de procesos industriales ya se podrían realizar remotamente.
- Realizar periódicamente un mantenimiento al sistema de entrenamiento para no tener fallos que provoquen daños a los dispositivos del sistema.
- Contar con PC de recursos suficientes para la realización de las prácticas del sistema de entrenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

ALBÁN GUERRERO, José Eduardo; & PAGUAY LLAMUCA, Néstor Jhovany. Diseño implementación de un sistema SCADA con comunicación PROFIBUS para el control y monitoreo de procesos industriales en el laboratorio de automatización de la Facultad de Mecánica (Trabajo de Titulación). (Grado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, Riobamba, Ecuador. 2017. pp.4-6. [Consulta: 2022-05-06]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6496/3/25T00292.pdf>

ALIEXPRESS. *Fuente de alimentación de Malla* [en línea]. 2022. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/32824814767.html>

ÁLVAREZ SALGADO, Miriam Elena; & GARCÍA PADILLA, Ricardo Mauricio. Simulación De Procesos; Producción En Ingenios Azucareros [En línea] (Trabajo de Titulación). (Grado) Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Escuela de Sistemas Computacionales, Ibarra, Ecuador. 2013. pp. 13-30. [Consulta: 2022-05-01]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1092>

ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA. *Reglamentación para la Ejecución De Instalaciones Eléctricas en Inmuebles* [En línea]. 2016. [Consulta: 29 de mayo de 2022]. Disponible en: https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/13150/mod_resource/content/0/770_2016_Viviendas_4.0_para_Discusi%C3%B3n_P%C3%ABblica.pdf

ASIMBAYA PALACIOS, Santiago Paúl; & VITERI ZAMBRANO, Dennis Adrián. Diseño e implementación de sistemas de entrenamiento para el laboratorio de PLC's y Redes Industriales del departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE [En línea] (Trabajo de Titulación). (Grado) Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control, Sangolquí, Ecuador. 2020. pp. 8-11. [Consulta: 2022-04-29]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/21906/1/T-ESPE-043500.pdf>

BARRIO LAGÁNDARA, Víctor. Diseño y Programación de varias estaciones de Trabajo mediante el uso de PLC y Softwares específicos. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Grado) Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales, Carrera en Ingeniería en

Electrónica Industrial y Automática, Valladolid, España. 2017. pp. 8-11. [Consulta: 2022-04-10]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/23020>

BOLLAÍN SÁNCHEZ, Manuel. *Ingeniería de instrumentación de plantas de proceso* [En línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2019. [Consulta: 2022-04-29]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eGGNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=Ingenier%C3%ADa+de+instrumentaci%C3%B3n+de+plantas+de+proceso&ots=ExaLnx0DjX&sig=s1dx11mTcYVnTK_YGDozXf8zA0#v=onepage&q=Ingenier%C3%ADa%20de%20instrumen-taci%C3%B3n%20de%20plantas%20de%20proceso&f=false

CABERO, Julio; & Costas, Jesús. “*La utilización de simuladores para la formación de los alumnos*”. Prisma social [En línea], 2016, (España) (17), pp. 343-372. [Consulta: 10 abril 2022]. ISSN 1989-3469. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3537/353749552015.pdf>

CADESIMU. *Software CadeSimu* [en línea]. 2022. [Consulta: 02 mayo de 2022]. Disponible en: <https://cade-simu.com/>

CÁMARA DE COMERCIO. Etiqueta, envase y embalaje de exportación [En línea]. 2010. [Consulta: 20 abril 2022]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/11279/100000805.pdf?s>

CENTENO POMARETA, Pedro. Introducción a Tía Portal con S7-1500 [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Universidad Politécnica de Madrid. Departamento Ingeniería Telemática y Electrónica. Carrera Ingeniería de Telecomunicación – Sistemas de Telecomunicación. Madrid, España. 2017. pp. 70-90. [Consulta: 2022-06-01]. Disponible en: https://oa.upm.es/49911/1/PFC_PEDRO_CENTENO_POMARETA.pdf

CHILUISA CHILUISA, Cristian. Implementación de un sistema automatizado con control HMI-SCADA para el proceso de embotellado de líquidos [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica. Escuela de ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2021. pp. 10-84. [Consulta: 2022-05-05]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13936/1/108T0325.pdf>

CNET. *CSH-1600 - Sixteen (16) port 10/100Mbps Fast Ethernet Switch* [blog]. 2020. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://data2.manualslib.com/pdf2/22/2200/219935-cnet/csh1600.pdf?39f083a755cdaf3f00fe7d5d86b47b0f>

CORTÉS, Christian Ramírez. Controladores Lógicos Programables. 2001.

DE CASTRO RIVERA, Arturo; et al. Diseño e Implementación de un Módulo de Entrenamiento de Automatización y Control Utilizando PLC Controllino, Programado en Lenguaje C, para actividades prácticas en los laboratorios de Electrónica de la Universidad Cooperativa De Colombia Sede Santa Marta [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingenierías en Electrónica, Santa Marta, Colombia. 2017. pp. 7-10. [Consulta: 2022-05-05]. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/1839/1/DISE%c3%91O%20E%20IMPLEMANTACION%20DE%20UN%20MODULO%20DE%20ENTRENAMIENTO%20DE%20AUTOMATIZACION%20Y%20CONTROL%20UTILIZANDO%20PLC%20CONTROLLINO..pdf>

DÍAZ MOROCHO, Jorge Wladimir; & VIZCAÍNO ASIMBAYA, Francisco. Diseño e implementación de un sistema de entrenamiento en redes industriales utilizando tecnología siemens [En línea] (Trabajo de Titulación). (Grado) Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control, Sangolquí, Ecuador. 2016. pp. 34-37. [Consulta: 2022-04-29]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11628/TESPE%20053400.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DOMINGUEZ CRUZ, Vanessa Maritza; & MARÍN GAVILÁNEZ, Jordy Rafael. Modelado de un sistema de producción y envasado de gaseosas con redes de Petri, para la implementación en autómatas programables, utilizando una maqueta simplificada del proceso [En línea] (Trabajo de Titulación). (Grado) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo, Guayaquil, Ecuador. 2017. pp. 48-52. [Consulta: 2022-05-05]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9241/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-69.pdf>

EBASSE. *Circuit Breakers* [En línea]. 2022. [Consulta: 29 junio 2022]. Disponible en: https://www.ebasee.com/products_25/BX9B-Circuit-Breakers.html

EL EMPAQUE. *Factores a tener en cuenta en la producción de empaques y envases* [En línea]. 2022. [Consulta: 10 abril 2022]. Disponible en: <https://www.elempaque.com/es/noticias/siete-factores-tener-en-cuenta-en-la-produccion-de-empaques-y-envases>

EL TELÉGRAFO. *La automatización incrementa la calidad y productividad* [En línea]. 2022. [Consulta: 10 abril 2022]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/1/automatizacion-incrementa-productividad-empresas>

ESCOBAR AGREDA, John Steven; & SACANAMBOY RIVERA, Cristian Camilo. Desarrollo de una Guía Técnica para Realizar el Proceso Tecnológico de Recepción y el Mantenimiento De Transformadores Secos de Distribución Según las Normas Técnicas Nacionales e Internacionales [En línea] (Trabajo de Titulación). (Grado) Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Departamento de energética y mecánica, Carrera Ingeniería Eléctrica, Santiago de Cali, Colombia. 2021. pp. 34-36. [Consulta: 2022-04-30]. Disponible en: https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/13343/T09985_Desarrollo%20de%20una%20gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20para%20realizar%20el%20proceso%20tecnol%C3%B3gico%20de%20recepci%C3%B3n%20y%20el%20mantenimiento%20de%20transformadores%20secos%20de%20distribuci%C3%B3n%20seg%C3%BAn%20las%20normas%20t%C3%A9cnicas%20nacionales%20e%20internacionales.pdf?sequence=4&isAllowed=y

EWON. *Flexy 205 Datasheet* [blog]. 2022. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.ewon.biz/docs/librariesprovider10/ewon-english/datasheets/datasheet-flexy-205.pdf>

EWON. *eCatcher* [en línea]. 2022. [Consulta: 1 junio de 2022]. Disponible en: <https://www.ewon.biz/technical-support/pages/talk2m/talk2m-tools/talk2m-ecatcher>

FACTORY I/O. *Software FACTORY I/O* [En línea]. 2021. [Consulta: 02 mayo de 2022]. Disponible en: <https://docs.factoryio.com/>

FARINA, Alberto. ACADEMIA. *Ubicación de los tableros de baja tensión* [En línea]. 2017. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/35670793/Notas_t%C3%A9cnicas

FESTO. *Simulación virtual y modelado* [En línea]. 2022. [Consulta: 30 mayo de 2022]. Disponible en: https://www.festo.com/co/es/e/educacion/aprendizaje-digital/simulacion-virtual-y-modelacion-id_31275/

FOOD NEW LATAM. *Los Equipos de Baker Perkins para la Industria 4.0* [En línea]. 2021. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: <https://www.foodnewlatam.com/paises/4966->

latinoam% C3%A9rica/10818-los-equipos-de-baker-perkins-estan-listos-para-la-industria-4-0.html

FULLANA BELDA, Carmen, et al. “Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación”. Encuentros multidisciplinares [En línea], 2009, (España) 11(32), pp. 37-48. [Consulta: 10 abril 2022]. ISSN 1139-9325. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3023238>

GÓMEZ ALVAREZ, Yesenia; & SÁNCHEZ MARMOLEJO, Daniela María. Diseño de un sistema Automático para el empaquetado de Tibulares en la empresa Propilflex Disgomez Ltda. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Grado) Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Departamento de Automática y Electrónica, Carrera en Ingeniería Mecatrónica, Santiago de Cali, Colombia. 2018. pp. 16-18. [Consulta: 2022-04-10]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10299/T07952.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

HOFFMAN. *Normas Globales para Gabinetes en la Industria* [En línea]. 2009. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: http://www.abcontrol.gt/sites/default/files/Hoffman%20Normas%20Globales%20Gabinetes_0.pdf

HURTADO, José. *Introducción a las Redes de comunicación Industrial* [blog]. [Consulta: 6 mayo 2022]. Disponible en: http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccc3b3n-a-las-redes-de-comunicacic3b3n-industrial.pdf

IEC-60529. *Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)* [En línea]. 2004. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/365198135/iec-60529-pdf>

INTEREMPRESAS. *Gateway (pasarelas)* [En línea]. 2022. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: [https://www.interempresas.net/Alimentaria/FeriaVirtual/Producto-Gateway-\(pasarelas\)-Profinet-serie-LB-176294.html](https://www.interempresas.net/Alimentaria/FeriaVirtual/Producto-Gateway-(pasarelas)-Profinet-serie-LB-176294.html)

LEGRAND. *Tableros a Norma IEC-61439* [En línea]. 2018. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2018-05-12_10-56-49144248.pdf

MACHENO FALCONÍ, Maria Gabriela; & CUVI PAGUAY, Mayra Alicia. Diseño e implementación del TMPG, STDI y un sistema automatizado para el control y monitoreo remoto de cargas de la red eléctrica del laboratorio de producción industrial [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica. Escuela de ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 33-35. [Consulta: 2022-05-05]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6040/1/108T0173.pdf>

MALDONADO, Carlos Eduardo; & GÓMEZ CRUZ, Nelson Alfonso. *Modelamiento y simulación de sistemas complejos*. Editorial Universidad del Rosario, 2010.

MAZ. *Transformador* [En línea]. 2022. [Consulta: 29 junio 2022]. Disponible en: <https://mazcr.com/transformadores/420011-789-transformador-230v-a-110v-40va.html>

PIGAN, Raimond; & METTER, Mark. *Automating with PROFINET: Industrial communication based on Industrial Ethernet* [En línea]. Alemania: John Wiley & Sons, 2008. [Consulta: 07 mayo 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=BqXYCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=profinet&#v=onepage&q=profinet&f=false>

PRADES BATALLA, Ramon. Desarrollo de la automatización de un proceso de clasificación de cajas de una empresa logística con implementación mediante la herramienta de programación IEC 61131-3 CODESYS y con simulación de la planta a través del software Factory I/O [En línea] (Trabajo de Titulación). (Grado) Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales, Valencia, España. 2020. pp. 22-24. [Consulta: 2022-04-29]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/157238>

QUEZADA, J., et al. “IEC-61131 Controladores Programables”. *Revistas y Boletines Científicos*, vol. 3, no 5 (2014).

RED HAT. *El concepto del Internet de las cosas* [En línea]. 2022. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things>

SCHNEIDER ELECTRIC. *Modicon M221 Logic Controller Guía del usuario* [blog]. 2020 [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://download.schneider->

electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=EIO000000979.02.pdf&p_Doc_Ref=EIO000000979

SCHNEIDER ELECTRIC. *Variador de velocidad para motor asíncrono y síncrono 1 fase EMC 0.55kW - 200V* [en línea]. 2022. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.se.com/cl/es/product/ATV32H055M2/variador-de-velocidad-para-motor-asincrono-y-sincrono-1-fase-emc-0-55kw-200v/>

SCHNEIDER ELECTRIC. *Qué es EcoStruxure Machine Expert* [en línea]. 2019. [Consulta: 1 junio 2022]. Disponible en: https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/es/SoGloRef/SoGloRef/Generals_2/Generals_2-2.htm

SEMLE, Aron. “Protocolos IIoT para considerar”. *Aadeca Revista*, vol. 34, (2016). pp. 32-35.

SIEMENS. *Simatic S7 Controlador programable S7-1200* [blog]. 2018. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: https://media.automation24.com/manual/es/91696622_s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

SIEMENS. *Catálogo de productos* [En línea]. 2020. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:3ffd30ba-6667-42b3-b5d3-e0a076dd74cb/version:1581539877/lista-de-precios-siemens-ecuador-2020-4-.pdf>

SIEMENS. *Liberación para el suministro del TIA Portal V16* [En línea]. 2022. [Consulta: 1 junio 2022]. Disponible en: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109771626/liberaci%C3%B3n-para-el-suministro-del-tia-portal-v16?dti=0&lc=es-WW>

SIEMENS. *¡LOGO! Soft* [En línea]. 2022. [Consulta: 1 junio 2022]. Disponible en: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-software.html>

WECON. *Wecon PI3070N* [En línea]. 2020. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://irp-cdn.multiscreensite.com/25ac0d36/files/uploaded/PI3070N%20Introduction.pdf>

WECON. *V-BOOX E-00* [En línea]. 2019. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://wecon.vn/v-box/v-box-e-00.html>

WECON. *Wecon V-NET* [En línea]. 2021. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://www.we-con.com.cn/en/terminal_s/42.html

WECON. *Manual de PStudio* [En línea]. 2021. [Consulta: 1 junio 2022]. Disponible en: <https://wecon.gitbook.io/pistudio-manual/>

WEG. *Catálogo* [En línea]. 2020. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://electricoindustrial.com.ec/catalogos/CatalogoWEG2020.pdf>

ANEXOS

Anexo A: IEC- 60529: Elementos del Código IP, sus significados y ejemplos.

Elemento	Números o letras	Significados para la protección de equipo	Significado para la protección de personas
Letras código	IP	-	-
Primer número característico	0 1 2 3 4 5 6	Contra el ingreso de objetos sólidos externos (no-protégido) ≥ 50 mm diámetro ≥ 12,5 mm diámetro ≥ 2,5 mm diámetro ≥ 2,0 mm diámetro Polvo-protégido Hermético al polvo	Contra el acceso a partes peligrosas con (no-protégido) Dedos de la mano Dedo Herramienta Cable Cable Cable
Segundo número característico	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Contra el ingreso de agua con efectos perjudiciales (no-protégido) Gotasando verticalmente Gotasando (inclinado 15°) Pisando Salpicando Chisporroteo Chorro de gran alcance Resolución transitoria Inmersión continua	-
Letra adicional (opcional)	A B C E	-	Contra el acceso a partes peligrosas con: Dedos de la mano Dedo Herramienta Cable
Letra suplementaria (opcional)	H M S W	Información suplementaria específica para: Aparatos de alto voltaje Movimiento durante ensayo de agua Ejecución durante ensayo de agua Condiciones atmosféricas	-

Tabla 1 – Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por el primer número característico

Primer número característico	Grado de protección		Condiciones de ensayo, vea
	Breve descripción	Definición	
0	No-protégido	-	-
1	Protégido contra el acceso a partes peligrosas con la parte posterior de una mano	El calibre de acceso, esfera de 50 mm \varnothing , tendrá una separación adecuada de partes peligrosas	12.2
2	Protégido contra el acceso a partes peligrosas con un dedo	El ensayo de prueba articulado de 12 mm \varnothing , 80 mm longitud, tendrá una separación adecuada de partes peligrosas	12.2
3	Protégido contra el acceso a partes peligrosas con una herramienta	El calibre de acceso, de 2,5 mm \varnothing , no penetrará	12.2
4	Protégido contra el acceso a partes peligrosas con un cable	El calibre de acceso, de 1,0 mm \varnothing , no penetrará	12.2
5	Protégido contra el acceso a partes peligrosas con un cable	El calibre de acceso, de 1,0 mm \varnothing , no penetrará	12.2
6	Protégido contra el acceso a partes peligrosas con un cable	El calibre de acceso, de 1,0 mm \varnothing , no penetrará	12.2

NOTA: En el caso del primer número característico 3, 4, 5 y 6, la protección contra el acceso a partes peligrosas es satisfactoria si se mantiene la separación adecuada. Esta separación sería especificada por el comité de producto relevante de acuerdo con el punto 12.3. Debido a los requisitos simultáneos especificados en la tabla 2, la definición "no penetrará" es entrega en la tabla 1.

Tabla 2 – Grados de protección contra objetos sólidos externos indicados por el primer número característico

Primer número característico	Grado de protección		Condiciones de ensayo, vea
	Breve descripción	Definición	
0	No-protégido	-	-
1	Protégido contra objetos sólidos externos de 50 mm \varnothing y mayor	El calibre de acceso, esfera de 50 mm \varnothing , no penetrará completamente ¹⁾	13.2
2	Protégido contra objetos sólidos externos de 12,5 mm \varnothing y mayor con un dedo	El calibre de acceso, esfera de 12,5 mm \varnothing , no penetrará completamente ¹⁾	13.2
3	Protégido contra objetos sólidos externos de 2,5 mm \varnothing y mayor	El calibre de acceso, esfera de 2,5 mm \varnothing , no penetrará completamente ¹⁾	13.2
4	Protégido contra objetos sólidos externos de 1,0 mm \varnothing y mayor	El calibre de acceso de 1,0 mm \varnothing , no penetrará en absoluto ¹⁾	13.2
5	Protégido del polvo	El ingreso de polvo no está totalmente prevenido pero el polvo no penetrará en una cantidad que interfiera con la operación satisfactoria del aparato o deteriore la seguridad.	13.4 13.5
6	Hermético al polvo	No ingreso de polvo	13.4 y 13.6

¹⁾ El diámetro total del calibre de ensayo no pasará a través de ninguna abertura de la envoltura.

Tabla 3 – Grados de protección contra el agua indicados por el segundo número característico

Segundo número característico	Grado de protección		Condiciones de ensayo, vea
	Breve descripción	Definición	
0	No-protegido	-	-
1	Protegido contra gotas de agua verticalmente descendentes	Las caídas de gotas verticales, no tendrán efectos perjudiciales	14.2.1
2	Protegido contra gotas de agua verticalmente descendentes cuando la envoltura está inclinada hasta 15°	Las caídas de gotas verticales, no tendrán efectos perjudiciales cuando la envoltura es inclinada a cualquier ángulo hasta 15° de cualquier lado del vertical	14.2.2
3	Protegido contra agua de rocío	El agua rociada a un ángulo hasta 60° de cualquier lado del vertical, no tendrá efectos perjudiciales	14.2.3
4	Protegido contra salpicaduras de agua	El agua salpicada contra la envoltura desde cualquier dirección, no tendrá efectos perjudiciales	14.2.4
5	Protegido contra chorros de agua	El agua proyectada en chorros contra la envoltura desde cualquier dirección, no tendrá efectos perjudiciales	14.2.5
6	Protegido contra chorros de agua de gran alcance	El agua proyectada en chorros de gran alcance contra la envoltura desde cualquier dirección, no tendrá efectos perjudiciales	14.2.6
7	Protegido contra los efectos de inmersión transitoria en agua	El ingreso de agua en cantidades que causen efectos perjudiciales, no será posible cuando la envoltura esté inmersa temporalmente en agua bajo condiciones normalizadas de presión y tiempo	14.2.7
8	Protegido contra los efectos de inmersión continua en agua	El ingreso de agua en cantidades que causen efectos perjudiciales, no será posible cuando la envoltura esté inmersa continuamente en agua bajo condiciones que se acordarán entre el fabricante y el usuario pero que sean más severas que para el número 7	14.2.8

Tabla 4 – Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por la letra adicional

Letra adicional	Grado de protección		Condiciones de ensayo, vea
	Breve descripción	Definición	
A	Protegido contra el acceso con la parte posterior de la mano	El calibre de acceso, esfera de 50 mm Ø, tendrá adecuada separación de partes peligrosas	15.2
B	Protegido contra el acceso con un dedo	El dedo de prueba articulado de 12 mm Ø, tendrá adecuada separación de partes peligrosas	15.2
C	Protegido contra el acceso con una herramienta	El calibre de acceso de 2,5 mm Ø, 100 mm de longitud, tendrá adecuada separación de partes peligrosas	15.2
D	Protegido contra el acceso con un cable	El calibre de acceso de 1,0 mm Ø, 100 mm de longitud, tendrá adecuada separación de partes peligrosas	15.2

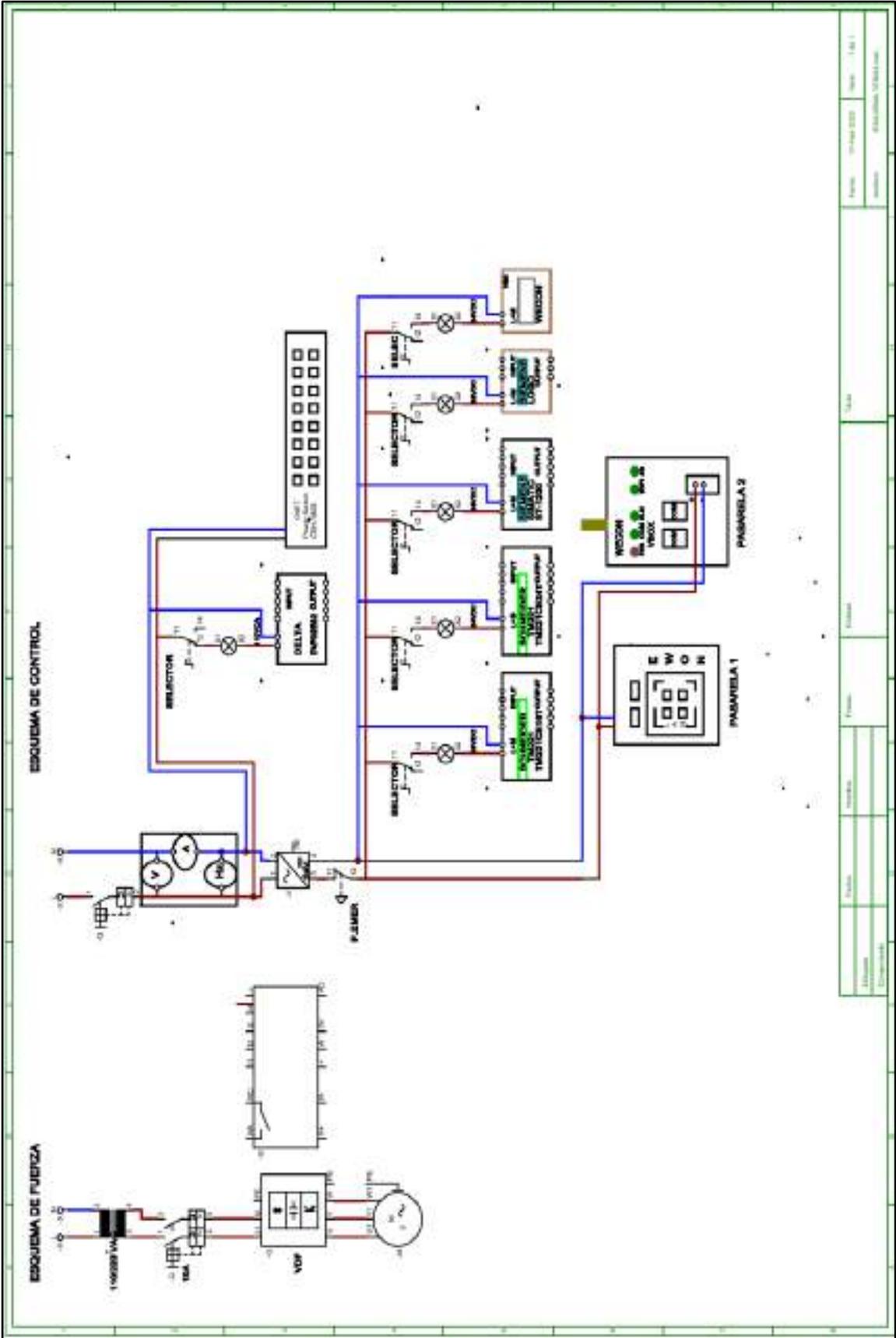
Letra	Significado
H	Aparatos de alto-voltaje
M	Ensayados para efectos perjudiciales debido al ingreso de agua cuando las partes móviles del equipo (por ejemplo, el rotor de una máquina giratoria) están en movimiento
S	Ensayados para efectos perjudiciales debido al ingreso de agua cuando las partes móviles del equipo (por ejemplo, el rotor de una máquina giratoria) están detenidos
W	Adecuado para el uso bajo condiciones climáticas específicas y proporcionadas con fallas o procesos protectores adicionales

NOTA En la primera edición de la IEC 60529 la letra "W" con el mismo significado fue colocada inmediatamente después del código de letras "IP".

Anexo B: Tabla de conductores eléctricos

Número AWG	Diámetro de mm	Sección en mm ²	Número de espiras x cm	Kg. por kilómetro	Resistencia en Ω por Km	Corriente en Amperios
0000	11,86	107,2	-	-	0,168	319
000	10,40	85,3	-	-	0,197	240
00	9,226	67,43	-	-	0,252	190
0	8,252	53,48	-	-	0,317	150
1	7,348	42,41	-	375	0,40	120
2	6,544	33,63	-	295	0,40	96
3	5,827	26,67	-	237	0,63	78
4	5,189	21,15	-	188	0,80	60
5	4,621	16,67	-	149	1,01	48
6	4,115	13,30	-	118	1,27	38
7	3,665	10,55	-	94	1,70	30
8	3,264	8,36	-	74	2,03	24
9	2,906	6,63	-	58,9	2,56	19
10	2,588	5,26	-	46,8	3,23	15
11	2,305	4,17	-	32,1	4,07	12
12	2,053	3,31	-	29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63	-	23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	64,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2839	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,040	39,8	0,36	425,0	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	50,0	0,23	669,3	0,072
34	0,1601	0,0201	56,0	0,18	845,8	0,057
35	0,1426	0,0159	62,3	0,14	1069,0	0,045
36	0,1270	0,0127	69,0	0,10	1338,0	0,036
37	0,1131	0,0100	78,0	0,089	1700,0	0,028
38	0,1007	0,0079	82,3	0,070	2152,0	0,022
39	0,0897	0,0063	97,5	0,056	2696,0	0,017
40	0,0799	0,0050	111,0	0,044	3400,0	0,014
41	0,0711	0,0040	126,8	0,035	4250,0	0,011
42	0,0633	0,0032	138,9	0,028	5312,0	0,009
43	0,0564	0,0025	15,4	0,022	6800,0	0,007
44	0,0503	0,0020	169,7	0,018	8500,0	0,005

Anexo C: Diagrama Eléctrico: Sistema de entrenamiento proceso de Empacado.



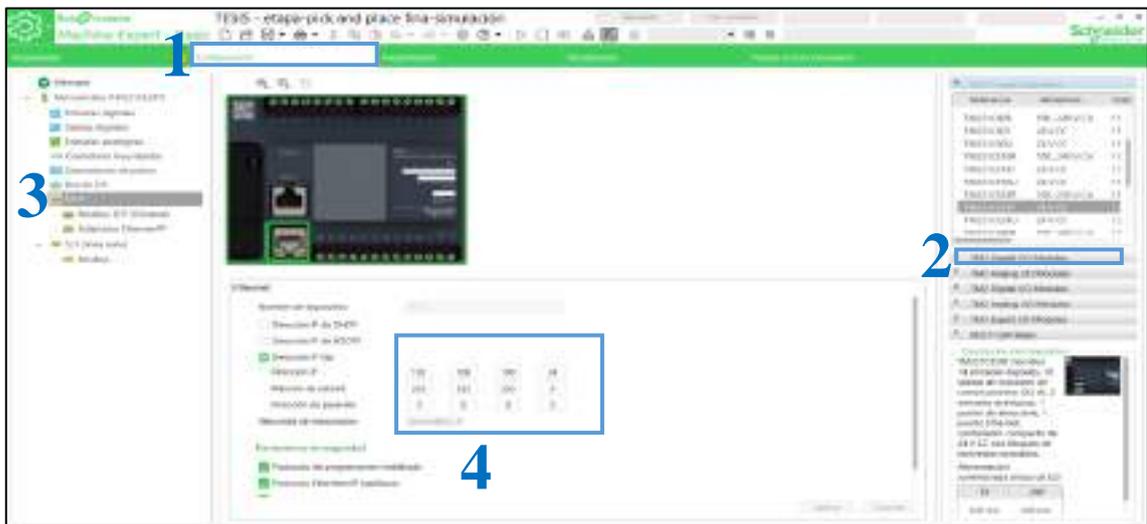
Anexo D: Desarrollo de la práctica 1

1. Conexión física de los elementos a utilizar

Se debe tener en cuenta que una vez conectado el módulo a la energía eléctrica 110v, procedemos al accionamiento del interruptor termomagnético unipolar, y mediante el selector (S3) permite alimentar el PLC especificado según la configuración eléctrica (Ver anexo E) con el que fue diseñado el sistema de entrenamiento, además de indicarnos con una luz piloto el uso de este PLC.

2. Asignación direcciones IP

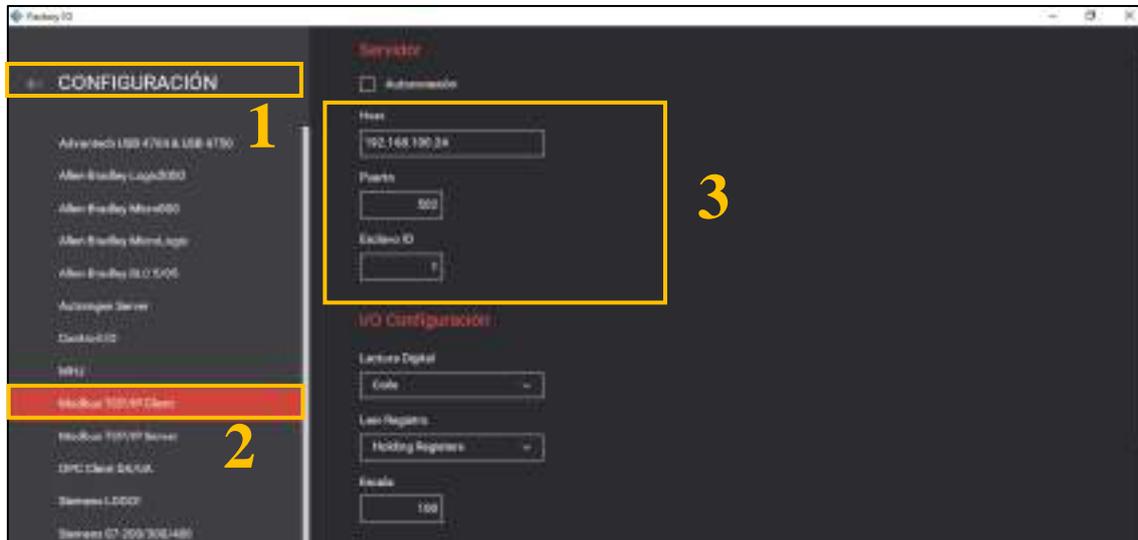
Para la asignación de la dirección IP, elegimos el PLC especificado, se coloca en la pestaña de configuración e ingresamos la dirección 192.168.100.24 al igual que su respectiva máscara de subred, y activando todos los parámetros de seguridad como se observa a continuación.



De igual forma se coloca una dirección dentro de la misma red en la PC en el siguiente enlace **Configuración de red > Cambiar opciones del adaptador > Ethernet > Propiedades de protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4)**.

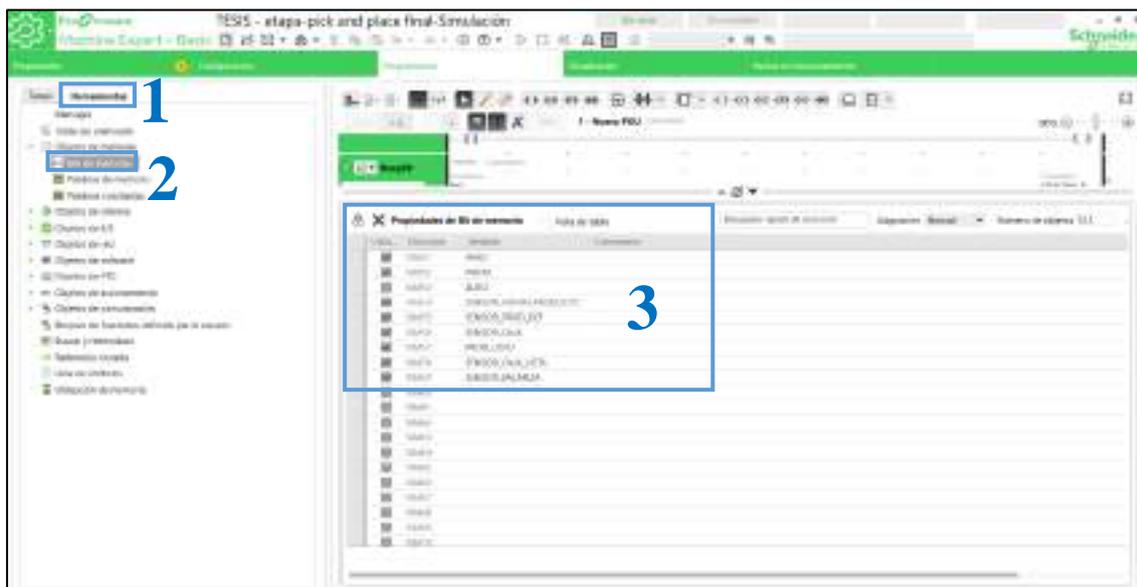


Para establecer la comunicación hardware-software se realiza la configuración de dirección IP del PLC que se va a utilizar, el número de puerto y el esclavo ID en el driver de Modbus TCP/IP Cliente en el software Factory IO.

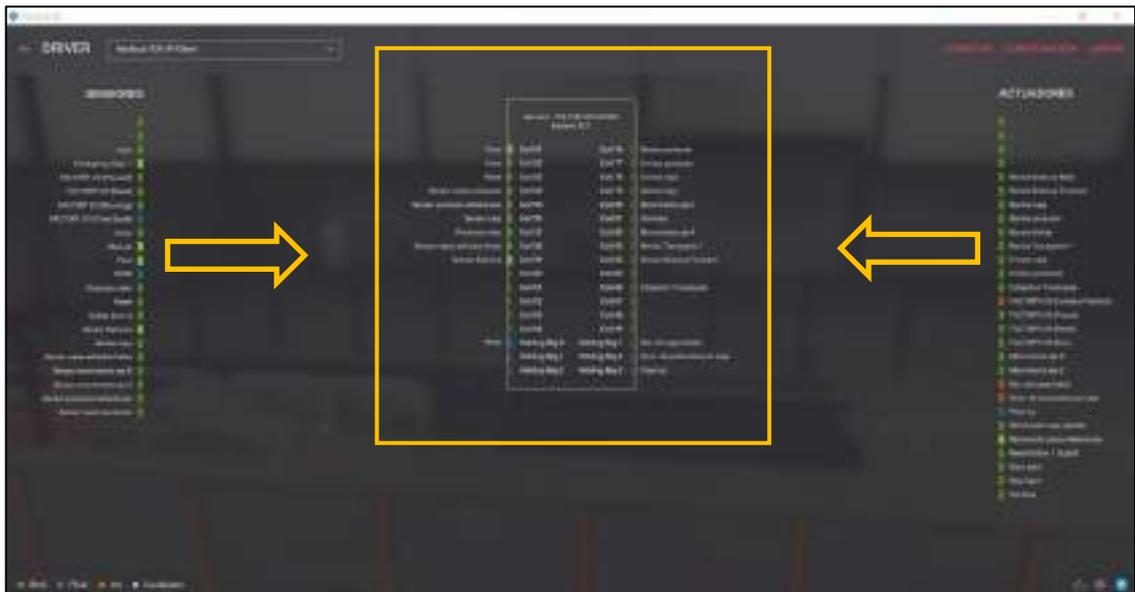


3. Direccionamiento de E/S

Colocamos las entradas y salidas de la estación planteada como se muestra en las Tablas 2-4, 3-4 y 4-4. Para colocar las memorias en el software EcoStruxure nos ubicamos en la pestaña **Herramientas >> Objetos de memoria >> bits de memoria**.

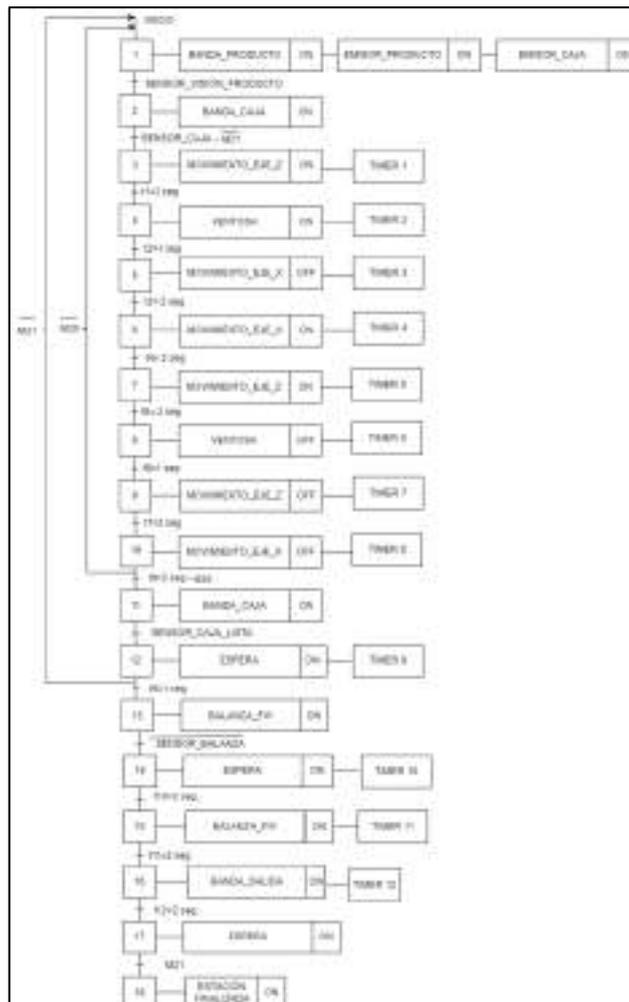


De la misma forma en el software Factory IO, ubicándonos en la parte de **DRIVER**, y arrastrando hacia el bloque de E/S los sensores y actuadores en las memorias correspondientes con las mismas identificaciones realizadas en el punto anterior, para evitar errores en la simulación.



4. Aplicando método de programación grafset-ladder

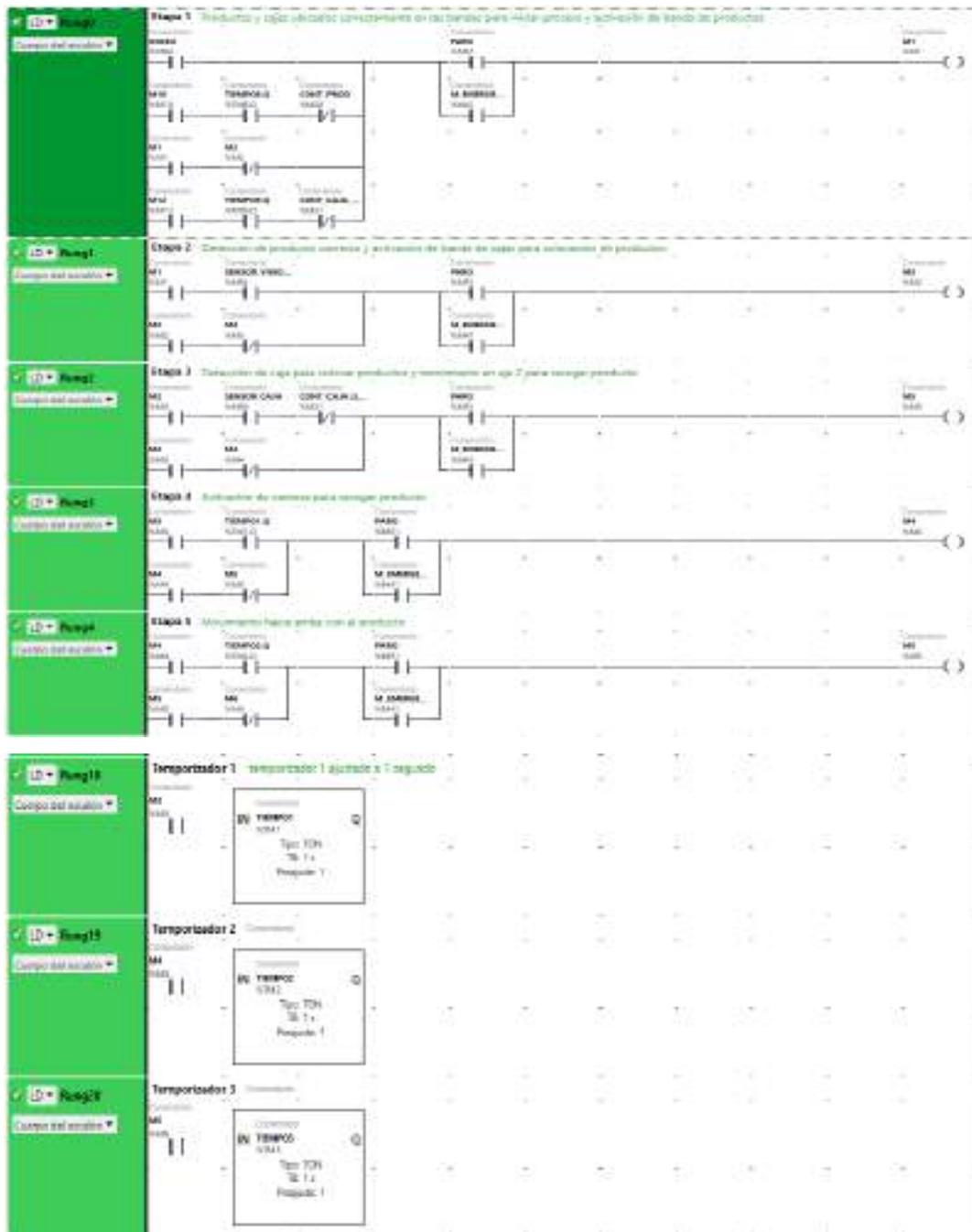
Para la programación se utilizará un lenguaje de programación grafset que consta de 18 etapas, sus respectivas transiciones y acciones al activarse.

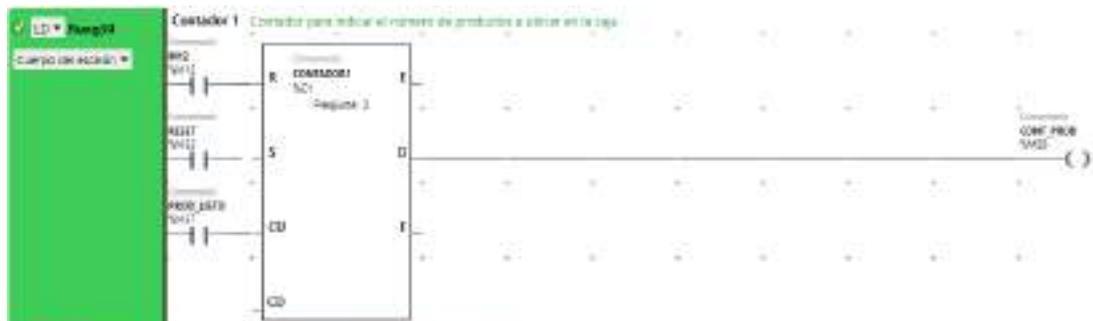


La conversión de grafcet a ladder para su respectiva programación en el software EcoStruxure, para lo cual se obtiene las ecuaciones lógicas que forman el programa, las mismas que están descritas en la tabla que se muestra a continuación, donde se definen los valores que tendrán las salidas en función de las etapas y entradas.

Etapas	Ecuaciones	Temporizadores	Contadores
Etapa 1	$M_1 = Inicio + M_{10} \cdot t_8 \cdot \overline{M_{20}} + M_{12} \cdot \overline{M_{21}} + M_1 \cdot \overline{M_2}$		<i>Contador3</i>
Etapa 2	$M_2 = Sensor_visión_producto + M_2 \cdot \overline{M_3}$		
Etapa 3	$M_3 = M_2 \cdot Sensor_caja + M_3 \cdot \overline{M_4}$	<i>Timer 1= 2 seg.</i>	
Etapa 4	$M_4 = M_3 \cdot t_1 + M_4 \cdot \overline{M_5}$	<i>Timer 2= 1 seg.</i>	
Etapa 5	$M_5 = M_4 \cdot t_2 + M_5 \cdot \overline{M_6}$	<i>Timer 3= 2 seg.</i>	
Etapa 6	$M_6 = M_5 \cdot t_3 + M_6 \cdot \overline{M_7}$	<i>Timer 4= 2 seg.</i>	
Etapa 7	$M_7 = M_6 \cdot t_4 + M_7 \cdot \overline{M_8}$	<i>Timer 5= 2 seg.</i>	
Etapa 8	$M_8 = M_7 \cdot t_5 + M_8 \cdot \overline{M_9}$	<i>Timer 6= 1 seg.</i>	
Etapa 9	$M_9 = M_8 \cdot t_6 + M_9 \cdot \overline{M_{10}}$	<i>Timer 7= 2 seg.</i>	
Etapa 10	$M_{10} = M_9 \cdot t_7 + M_{10} \cdot \overline{M_{11}} \cdot \overline{M_1}$	<i>Timer 8= 2 seg.</i>	<i>Contador1</i>
Etapa 11	$M_{11} = M_{10} \cdot t_8 \cdot M_{20} + M_{11} \cdot \overline{M_{12}}$		
Etapa 12	$M_{12} = M_{11} \cdot sensor_caja_lista + M_{12} \cdot \overline{M_{13}} \cdot \overline{M_1}$	<i>Timer 9= 2 seg.</i>	<i>Contador2</i>
Etapa 13	$M_{13} = M_{12} \cdot t_9 + M_{13} \cdot \overline{M_{14}}$		
Etapa 14	$M_{14} = M_{13} \cdot sensor_balanza + M_{14} \cdot \overline{M_{15}}$	<i>Timer 10= 2 seg.</i>	
Etapa 15	$M_{15} = M_{14} \cdot t_{10} + M_{15} \cdot \overline{M_{16}}$	<i>Timer 11= 2 seg.</i>	
Etapa 16	$M_{16} = M_{15} \cdot t_{11} + M_{16} \cdot \overline{M_{17}}$	<i>Timer 12= 2 seg.</i>	
Etapa 17	$M_{17} = M_{16} \cdot t_{12} + M_{17} \cdot \overline{M_{18}}$		
Etapa 18	$M_{18} = M_{17} \cdot M_{21} + M_{18} \cdot \overline{M_{19}}$		

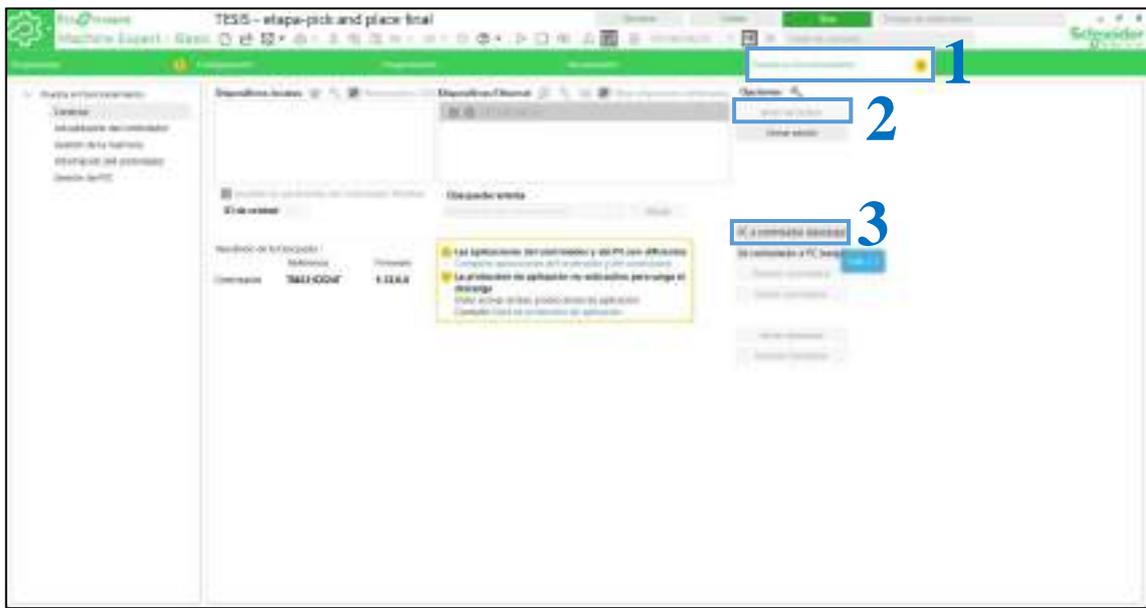
Hacemos uso de las herramientas del programa para colocar cada elemento necesario conforme las ecuaciones obtenidas en el anterior paso. Para este proceso contamos con la aplicación de contactos abiertos, cerrados, temporizadores, contadores, bloques de operación, entre otros elementos.





5. Comunicación

Para realizar la comunicación, primero se inicia sesión en el software EcoStruxure en la pestaña de **Puesta en funcionamiento, inicio de sesión**, posteriormente la descarga del programa desde la PC al PLC y finalmente iniciamos el controlador para observar a tiempo real el funcionamiento del programa.



En el software Factory IO en la pestaña **Driver**, pulsamos en **Conectar** y observamos un visto bueno indicando que está correcta la conexión entre el PLC y Factory IO, como se observa en la figura siguiente.

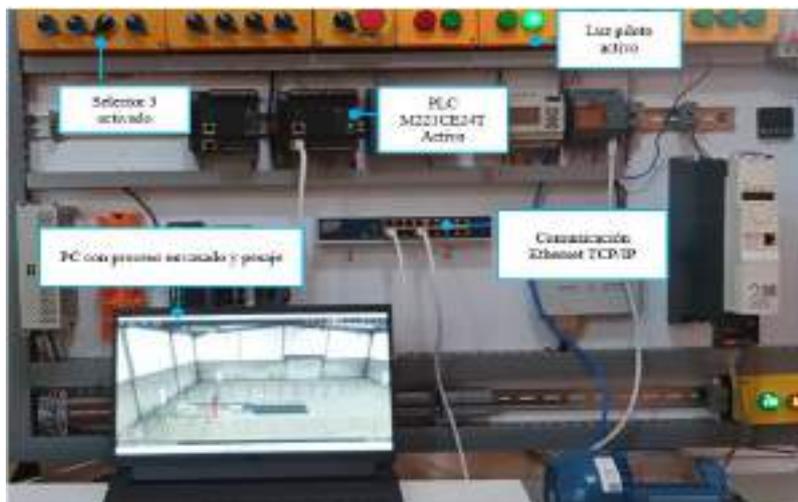


6. Simular el funcionamiento

Ejecutamos el programa como se indica en la siguiente figura y se encuentra listo para controlar mediante el tablero de control por parte del operario.



A continuación, se observa el funcionamiento en tiempo real del proceso, desde el conexionado hasta la simulación con el software Factory IO.



7. Conclusiones

- Debido a la buena distribución de elementos en el sistema de entrenamiento, el tiempo de conexión física de los dispositivos se logra en un tiempo mínimo y con todas las seguridades.
- El control y simulación de la estación planteada mediante el PLC establecido se realiza de forma correcta, dando una detección rápida del dispositivo por su compatibilidad directa.
- El método de programación resulta rápido de implementar en el software Ecostruxure, y se realiza un análisis en tiempo real de proceso.
- La simulación no presenta fallas, pero se puede observar una falta de precisión en la detección de los sensores debido a tiempos de comunicación en ciertas ocasiones.

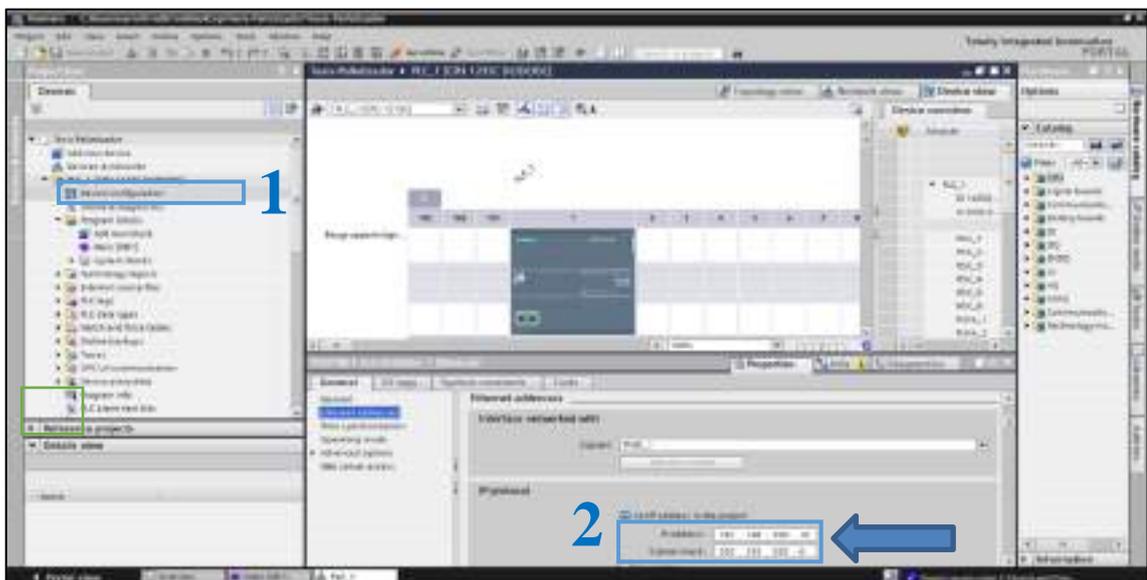
Anexo E: Desarrollo de la práctica 2

1. Conexión física de los elementos a utilizar

Se debe tener en cuenta que una vez conectado el módulo a la energía eléctrica 110v, procedemos al accionamiento del interruptor termomagnético unipolar, y mediante el tercer selector (S4) alimentamos PLC especificado según la configuración eléctrica con el que fue diseñado el sistema de entrenamiento, además de indicarnos con una luz piloto el uso de este PLC.

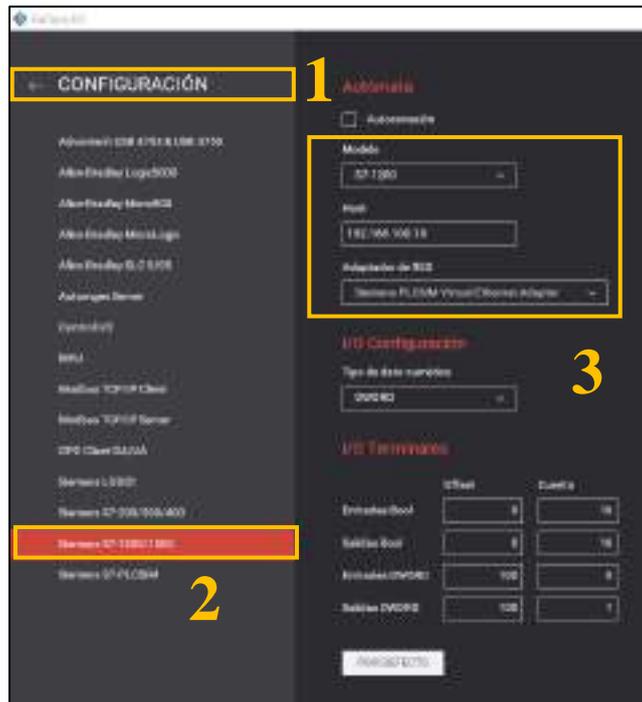
2. Asignación direcciones IP

Para la asignación de la dirección IP del PLC especificado se coloca en la pestaña de **configuración de dispositivos** e ingresamos la dirección 192.168.100.10 al igual que su respectiva máscara de subred como se muestra a continuación.



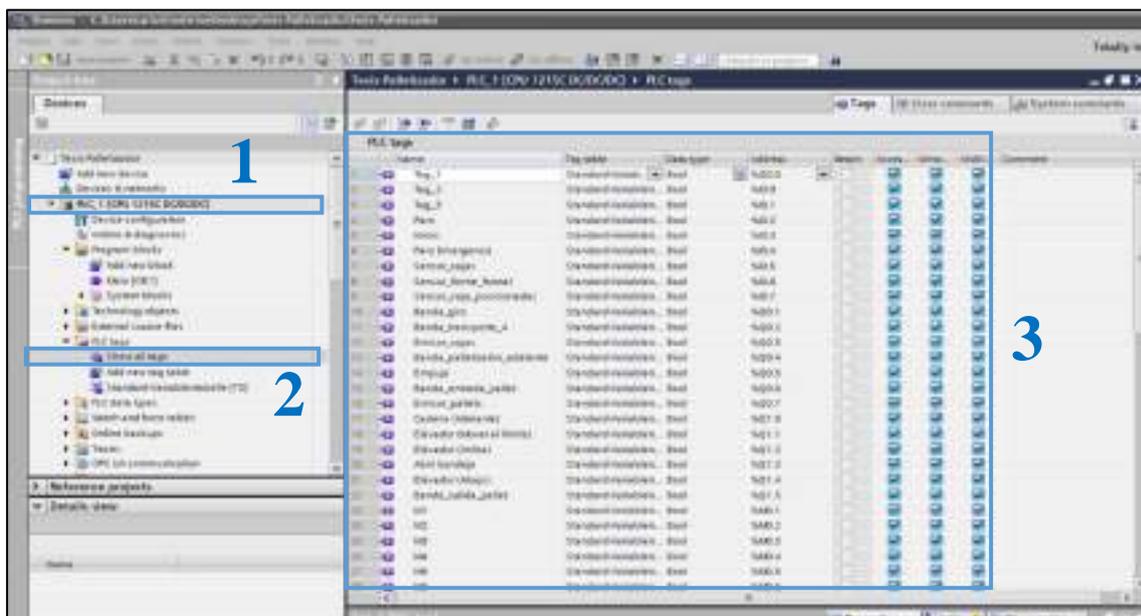
De igual forma se coloca una dirección dentro de la misma red en la PC en **Configuración de red > Cambiar opciones del adaptador > Ethernet > Propiedades de protocolo de internet versión 4 (TCP/ IPv4)**, como se observa en la figura de la práctica 1.

Para establecer la comunicación hardware-software se realiza la configuración de dirección IP del PLC que se va a utilizar, el número de puerto y el esclavo ID en el driver Siemens en Factory IO.



3. Direccionamiento de E/S

Colocamos las entradas y salidas de la estación planteada como se muestra en la Tabla 6-4. Para colocar las memorias en el software Tia Portal V16 nos ubicamos en la pestaña **PLC_1 >> Show all tags >> PLC tags**.

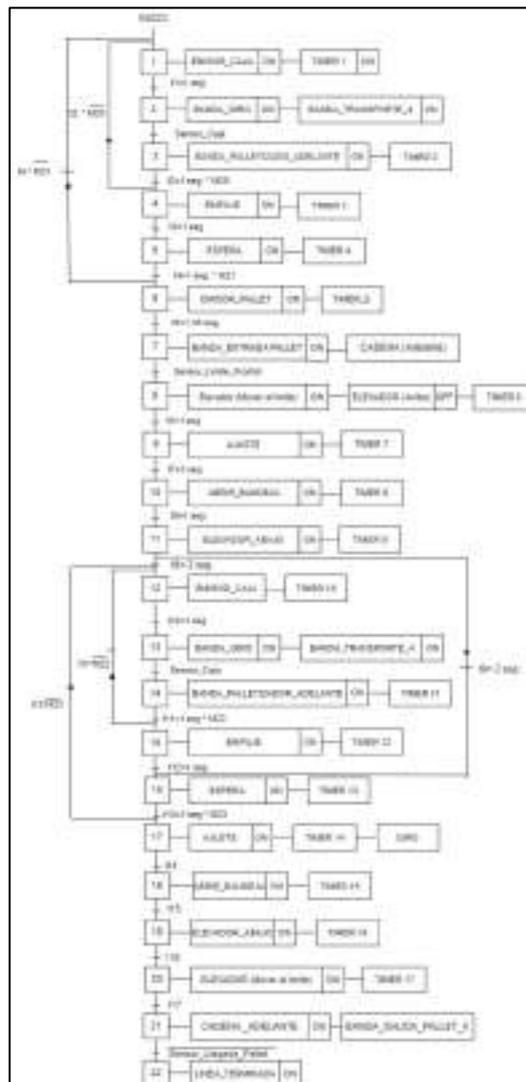


De la misma forma en el software Factory IO, ubicándonos en la parte de **DRIVER**, y arrastrando hacia el bloque de E/S los sensores y actuadores en las memorias correspondientes con las mismas identificaciones realizadas en el punto anterior, para evitar errores en la simulación.



4. Aplicando método de programación grafcet-ladder

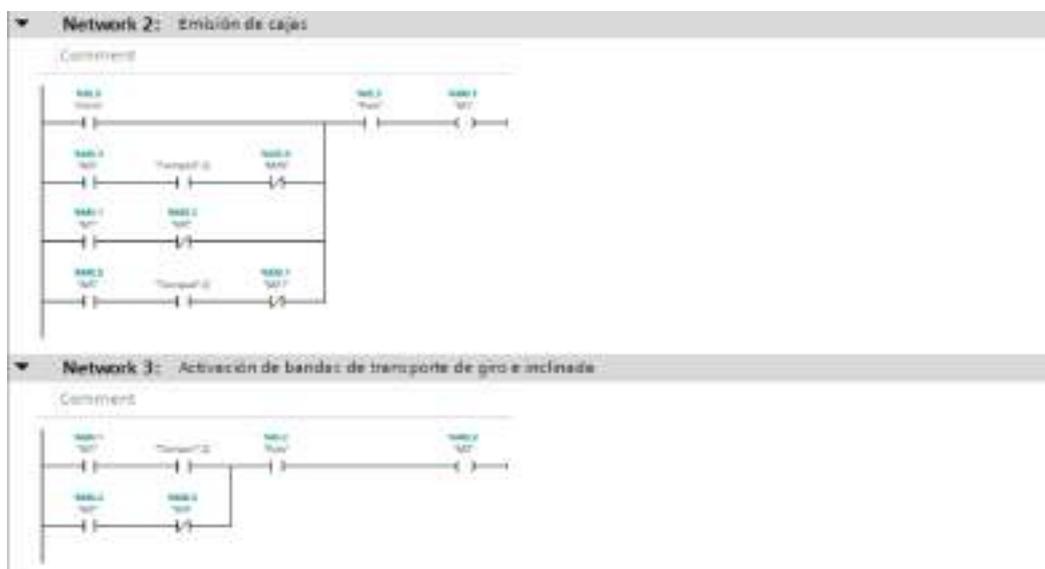
Para la programación se utilizará un lenguaje de programación grafcet que consta de 22 etapas, sus respectivas transiciones y acciones al activarse.



La conversión de grafcet a ladder para su respectiva programación en el software TiaPortal v16 se muestra en la tabla a continuación, para lo cual se obtiene las ecuaciones lógicas como en la práctica anterior realizada.

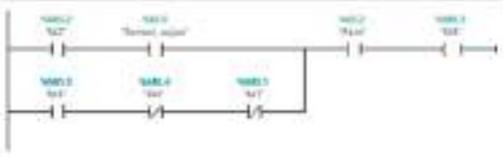
Etapas	Ecuaciones	Temporizadores	Contadores
Etapa 1	$M_1 = Inicio + M_3 \cdot t_2 \cdot \overline{M_{20}} + M_5 \cdot t_4 \cdot \overline{M_{21}} + M_1 \cdot \overline{M_2}$	Timer 1	
Etapa 2	$M_2 = M_1 \cdot t_1 + M_2 \cdot \overline{M_3}$		
Etapa 3	$M_3 = M_2 \cdot Sensor_Caja + M_3 \cdot \overline{M_4} \cdot \overline{M_1}$	Timer 2	M_{20}
Etapa 4	$M_4 = M_3 \cdot t_2 \cdot M_{20} + M_4 \cdot \overline{M_5}$	Timer 3	
Etapa 5	$M_5 = M_4 \cdot t_3 + M_5 \cdot \overline{M_6} \cdot \overline{M_1}$	Timer 4	
Etapa 6	$M_6 = M_5 \cdot t_4 \cdot M_{21} + M_6 \cdot \overline{M_7}$	Timer 5	M_{21}
Etapa 7	$M_7 = M_6 \cdot t_5 + M_7 \cdot \overline{M_8}$		
Etapa 8	$M_8 = M_7 \cdot Sensor_Limite_Control + M_8 \cdot \overline{M_9}$	Timer 6	
Etapa 9	$M_9 = M_8 \cdot t_6 + M_9 \cdot \overline{M_{10}}$	Timer 7.	
Etapa 10	$M_{10} = M_9 \cdot t_7 + M_{10} \cdot \overline{M_{11}}$	Timer 8	
Etapa 11	$M_{11} = M_{10} \cdot t_8 + M_{11} \cdot \overline{M_{12}}$	Timer 9	
Etapa 12	$M_{12} = M_{11} \cdot t_9 + M_{14} \cdot t_{11} \cdot \overline{M_{22}} + M_{12} \cdot \overline{M_{13}}$	Timer 10.	
Etapa 13	$M_{13} = M_{12} \cdot t_{10} + M_{13} \cdot \overline{M_{14}}$		
Etapa 14	$M_{14} = M_{13} \cdot Sensor_Caja + M_{14} \cdot \overline{M_{15}} \cdot \overline{M_{12}}$	Timer 11	M_{22}
Etapa 15	$M_{15} = M_{14} \cdot t_{11} \cdot M_{22} + M_{15} \cdot \overline{M_{16}}$	Timer 12	
Etapa 16	$M_{16} = M_{15} \cdot t_{12} + M_{16} \cdot \overline{M_{17}} \cdot \overline{M_{12}}$	Timer 13	M_{23}
Etapa 17	$M_{17} = M_{16} \cdot t_{13} \cdot M_{23} + M_{17} \cdot \overline{M_{18}}$	Timer 14	
Etapa 18	$M_{18} = M_{17} \cdot t_{14} + M_{18} \cdot \overline{M_{19}}$	Timer 15	
Etapa 19	$M_{19} = M_{18} \cdot t_{15} + M_{19} \cdot \overline{M_{20}}$	Timer 16	
Etapa 20	$M_{30} = M_{19} \cdot t_{16} + M_{30} \cdot \overline{M_{31}}$	Timer 17	
Etapa 21	$M_{31} = M_{30} \cdot t_{17} + M_{31} \cdot \overline{M_{32}}$		
Etapa 22	$M_{32} = M_{31} \cdot Sensor_Llegada_Pallet + M_{32} \cdot \overline{M_{33}}$		

Hacemos uso de las herramientas del programa para colocar cada elemento necesario conforme las ecuaciones obtenidas en el anterior paso. Para este proceso contamos con la aplicación de contactos abiertos, cerrados, temporizadores, contadores.



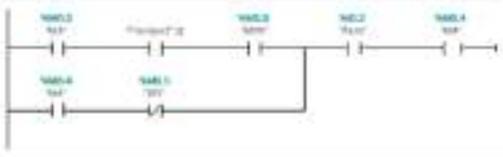
Network 4: Activación banda de palletizador de ingreso de cajas

Comment



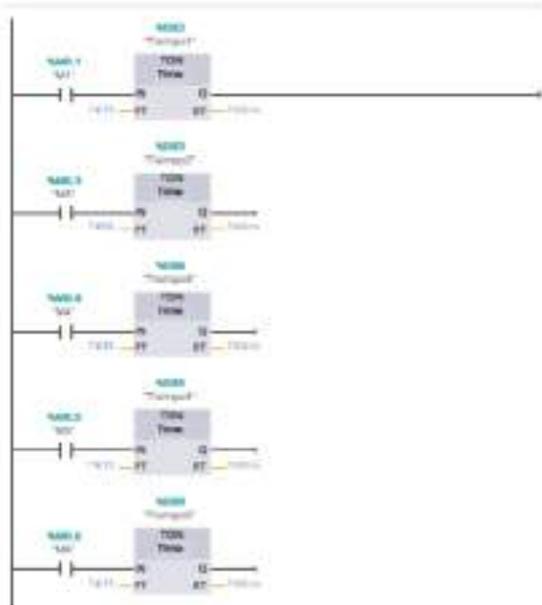
Network 5: Empuje de cajas hacia la plataforma

Comment



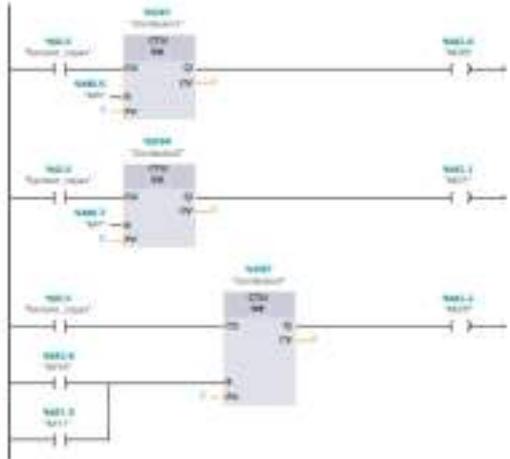
Network 24: Temporizadores

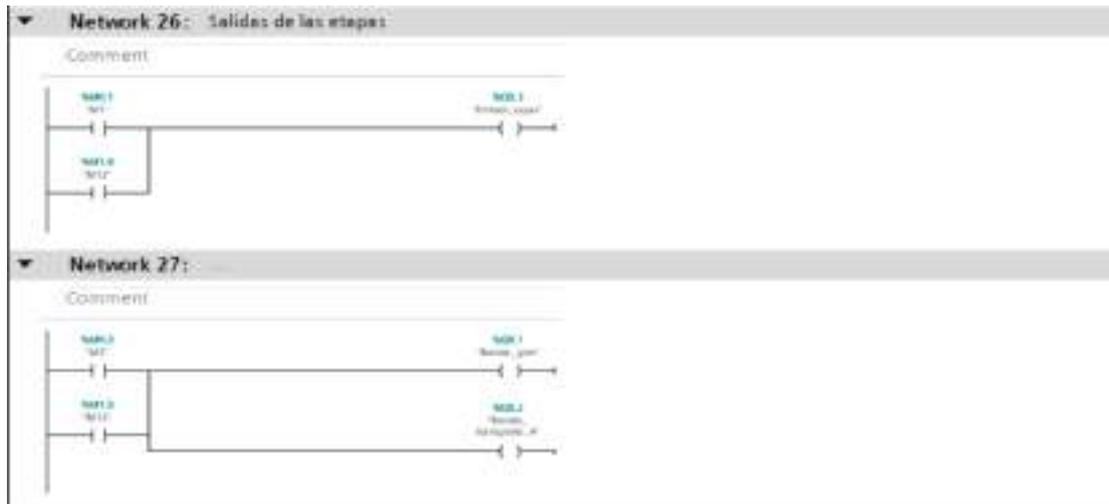
Comment



Network 25: Contadores

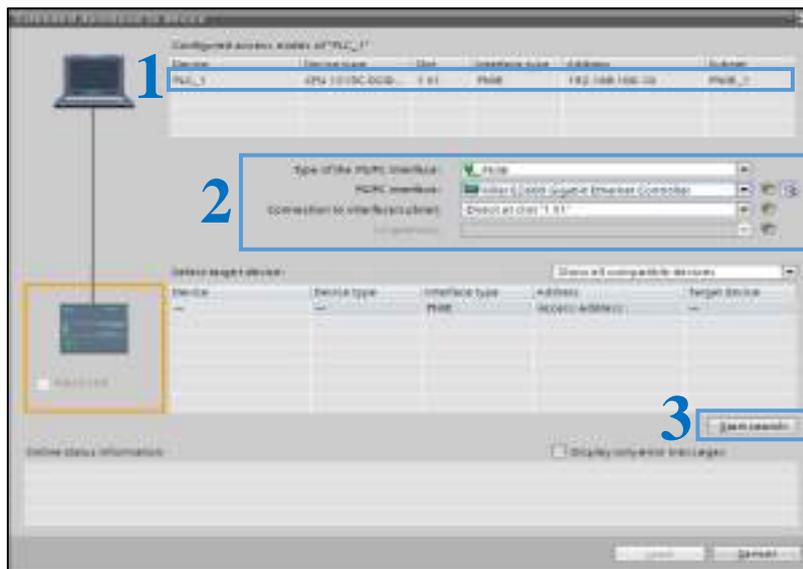
Comment





5. Comunicación

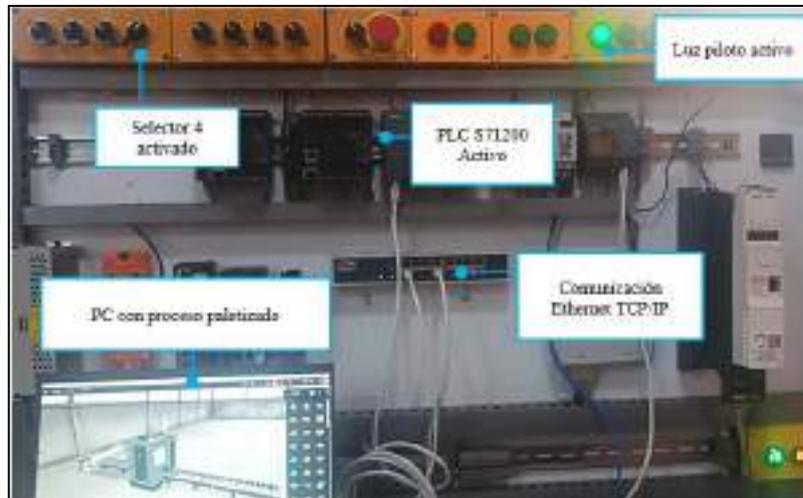
Para realizar la comunicación, primero vamos hacia extended **download to device** en el software Tia Portal, se nos muestra una pantalla como se observa en la figura siguiente, donde procedemos a elegir el PLC especificado anteriormente, interfaz, controlador y realizamos un click en **Start search** para que ubique el dispositivo automáticamente.



De la misma forma realizamos la conexión con el software factory IO, como se realiza en una práctica anterior.

6. Simular el funcionamiento

En la siguiente figura se observa un funcionamiento en tiempo real del proceso, desde el conector hasta la simulación con el software Factory IO.



7. Conclusiones

- Debido a la buena distribución de elementos en el sistema de entrenamiento, el tiempo de conexión física de los dispositivos se logra en un tiempo mínimo y con todas las seguridades.
- El control y simulación de la estación planteada mediante el PLC establecido se realiza de forma correcta, dando una detección rápida del dispositivo por su compatibilidad directa.
- El método de programación resulta rápido de implementar en el software TiaPortal, y se realiza un análisis en tiempo real de proceso.
- La simulación no presenta fallas, pero se puede observar una falta de precisión en la detección de los sensores debido a tiempos de comunicación en ciertas ocasiones.

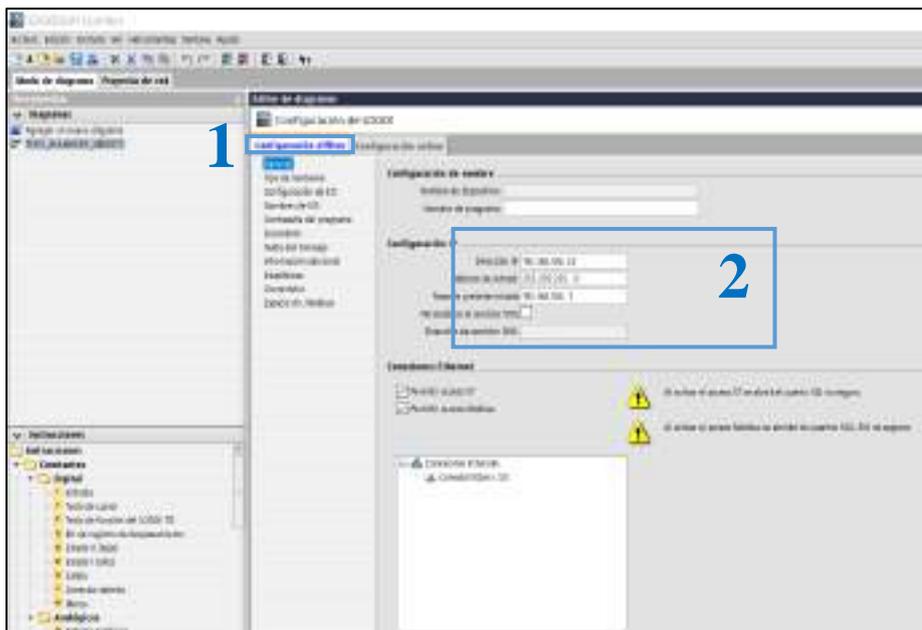
Anexo F: Desarrollo de la práctica 3

1. Conexión física de los elementos a utilizar

Se debe tener en cuenta que una vez conectado el módulo a la energía eléctrica 110v, procedemos al accionamiento del interruptor termomagnético unipolar, y mediante el tercer selector (S6) permite el paso de corriente hacia el PLC especificado según la configuración eléctrica (Ver anexo E) con el que fue diseñado el sistema de entrenamiento, además de indicarnos con una luz piloto el uso de este PLC.

2. Asignación direcciones IP

Para la asignación de la dirección IP del microPLC, se coloca en la pestaña de **configuración offline** e ingresamos la dirección 192.168.100.33 al igual que su respectiva máscara de subred, y activando todos los parámetros de seguridad como se observa a continuación.



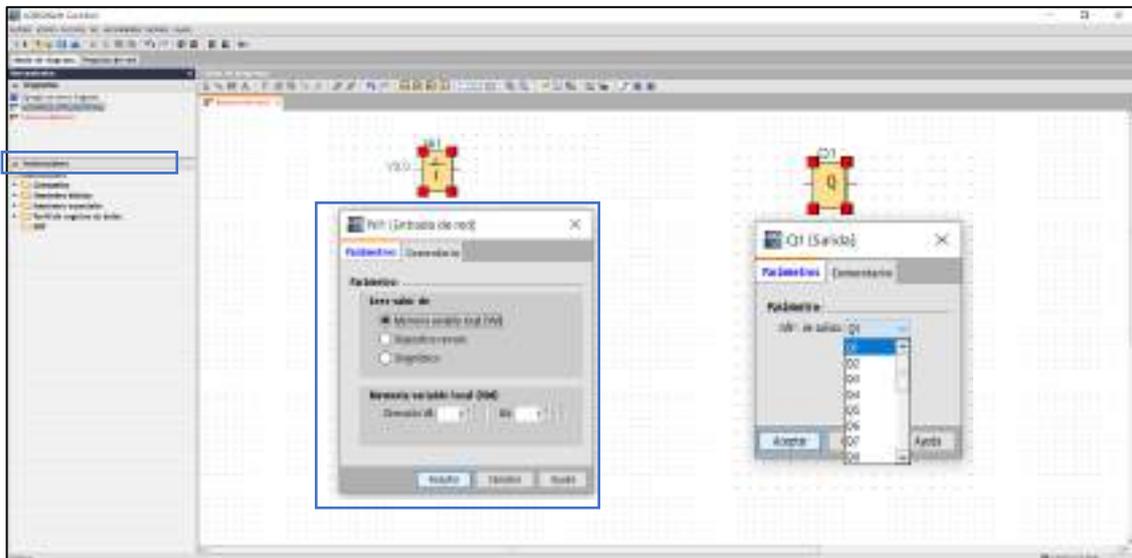
De igual forma se coloca una dirección dentro de la misma red en la PC en el siguiente enlace **configuración de red > cambiar opciones del adaptador > Ethernet > Propiedades de protocolo de internet versión 4 (TCP/ IPv4)**, como se observa en la figura de la práctica 1.

Para establecer la comunicación hardware-software se realiza la configuración de dirección IP del PLC que se va a utilizar, módulo y adaptador de red en el driver Siemens LOGO.



3. Direccionamiento de E/S.

Para colocar las direcciones de entradas de red, marcas, contadores, temporizadores, salidas digitales y analógicas en el software LOGOSoft Comfort nos ubicamos en la pestaña Instrucciones, arrastramos a la ventana de trabajo y configuramos las direcciones como se observa en la figura.



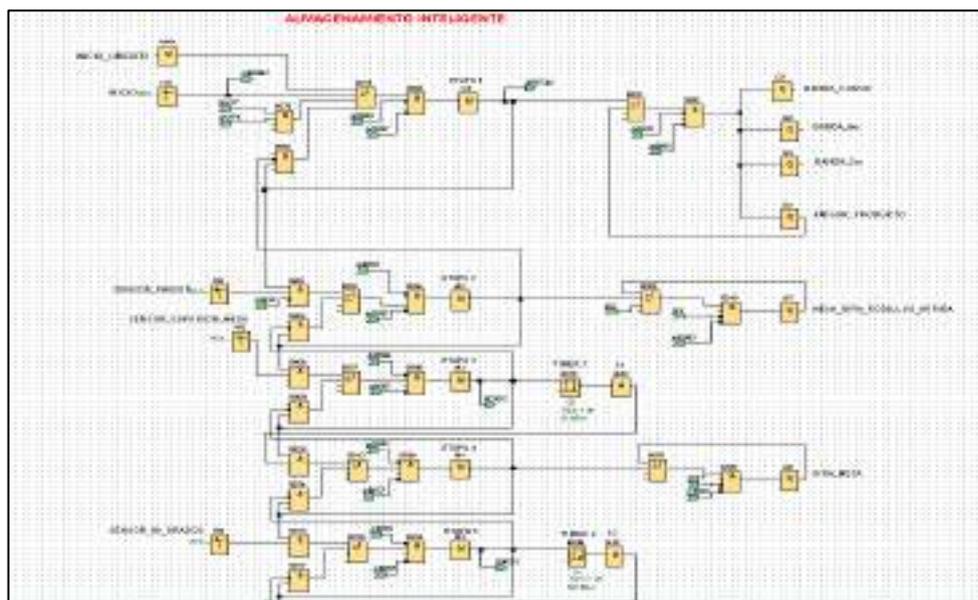
De la misma forma en el software Factory IO, ubicándonos en la parte de **DRIVER**, y arrastrando hacia el bloque de E/S los sensores y actuadores en las memorias correspondientes con las mismas identificaciones realizadas en el punto anterior, para evitar errores en la simulación.

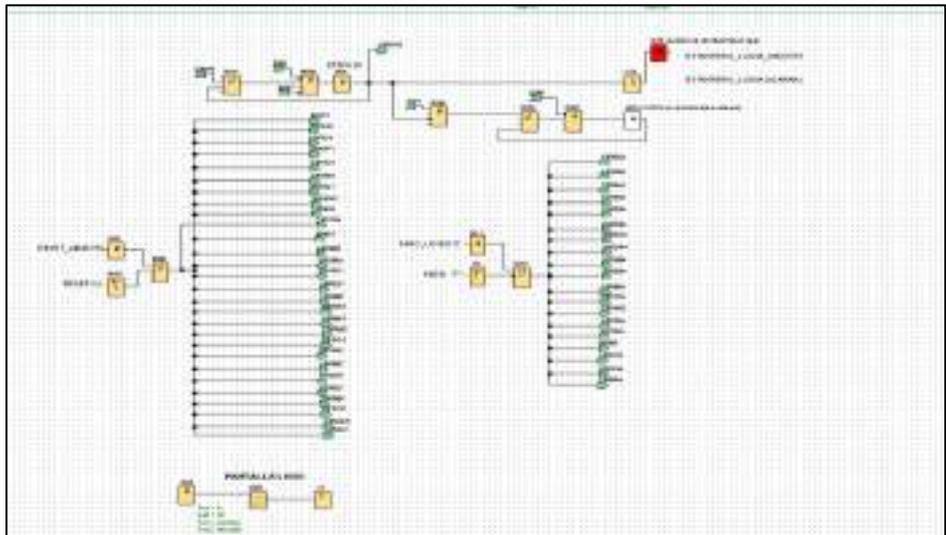
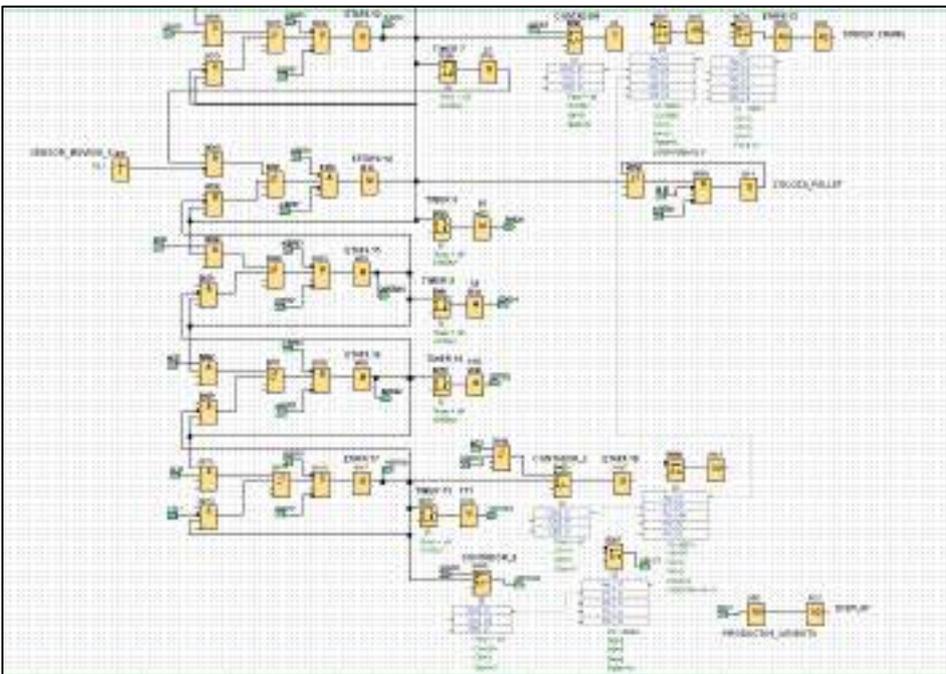
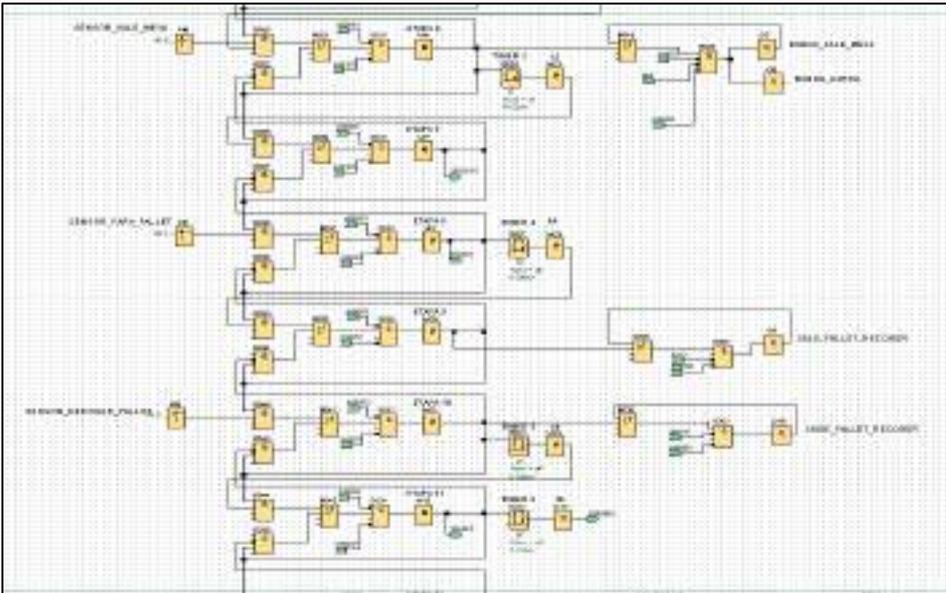
SENADORES	PLC	PLC	PLC	ACTUADORES
FACTORY I/O (Power)	IN001	VO0	Q0	ALARMA
FACTORY I/O (Speed)	IN002	VO1	Q1	BANDA_2m
FACTORY I/O (Running)	IN003	VO2	Q2	BANDA_3m
FACTORY I/O (Vice Speed)	IN004	VO3	Q3	BANDA_CARRA
IN005	VO4	Q4	SEÑAL_PRODUCTO	
IN006	VO5	Q5	MESA_ORA_KOBBLE	
IN007	VO6	Q6	SPALMESA	
IN008	VO7	Q7	BANDA_SALE_MESA	
IN009	VO8	Q8	BANDA_CARRA	
IN010	VO9	Q9	SALE_PALLET_RECORR	
IN011	VO10	Q10	SALE_PALLET_RECORR	
IN012	VO11	Q11	ALARMA	
IN013	VO12	Q12	ALARMA	
IN014	VO13	Q13	ALARMA	
IN015	VO14	Q14	ALARMA	
IN016	VO15	Q15	ALARMA	
IN017	VO16	Q16	ALARMA	
IN018	VO17	Q17	ALARMA	
IN019	VO18	Q18	ALARMA	
IN020	VO19	Q19	ALARMA	
IN021	VO20	Q20	ALARMA	
IN022	VO21	Q21	ALARMA	
IN023	VO22	Q22	ALARMA	
IN024	VO23	Q23	ALARMA	
IN025	VO24	Q24	ALARMA	
IN026	VO25	Q25	ALARMA	
IN027	VO26	Q26	ALARMA	
IN028	VO27	Q27	ALARMA	
IN029	VO28	Q28	ALARMA	
IN030	VO29	Q29	ALARMA	
IN031	VO30	Q30	ALARMA	
IN032	VO31	Q31	ALARMA	
IN033	VO32	Q32	ALARMA	
IN034	VO33	Q33	ALARMA	
IN035	VO34	Q34	ALARMA	
IN036	VO35	Q35	ALARMA	
IN037	VO36	Q36	ALARMA	
IN038	VO37	Q37	ALARMA	
IN039	VO38	Q38	ALARMA	
IN040	VO39	Q39	ALARMA	
IN041	VO40	Q40	ALARMA	
IN042	VO41	Q41	ALARMA	
IN043	VO42	Q42	ALARMA	
IN044	VO43	Q43	ALARMA	
IN045	VO44	Q44	ALARMA	
IN046	VO45	Q45	ALARMA	
IN047	VO46	Q46	ALARMA	
IN048	VO47	Q47	ALARMA	
IN049	VO48	Q48	ALARMA	
IN050	VO49	Q49	ALARMA	
IN051	VO50	Q50	ALARMA	
IN052	VO51	Q51	ALARMA	
IN053	VO52	Q52	ALARMA	
IN054	VO53	Q53	ALARMA	
IN055	VO54	Q54	ALARMA	
IN056	VO55	Q55	ALARMA	
IN057	VO56	Q56	ALARMA	
IN058	VO57	Q57	ALARMA	
IN059	VO58	Q58	ALARMA	
IN060	VO59	Q59	ALARMA	
IN061	VO60	Q60	ALARMA	
IN062	VO61	Q61	ALARMA	
IN063	VO62	Q62	ALARMA	
IN064	VO63	Q63	ALARMA	
IN065	VO64	Q64	ALARMA	
IN066	VO65	Q65	ALARMA	
IN067	VO66	Q66	ALARMA	
IN068	VO67	Q67	ALARMA	
IN069	VO68	Q68	ALARMA	
IN070	VO69	Q69	ALARMA	
IN071	VO70	Q70	ALARMA	
IN072	VO71	Q71	ALARMA	
IN073	VO72	Q72	ALARMA	
IN074	VO73	Q73	ALARMA	
IN075	VO74	Q74	ALARMA	
IN076	VO75	Q75	ALARMA	
IN077	VO76	Q76	ALARMA	
IN078	VO77	Q77	ALARMA	
IN079	VO78	Q78	ALARMA	
IN080	VO79	Q79	ALARMA	
IN081	VO80	Q80	ALARMA	
IN082	VO81	Q81	ALARMA	
IN083	VO82	Q82	ALARMA	
IN084	VO83	Q83	ALARMA	
IN085	VO84	Q84	ALARMA	
IN086	VO85	Q85	ALARMA	
IN087	VO86	Q86	ALARMA	
IN088	VO87	Q87	ALARMA	
IN089	VO88	Q88	ALARMA	
IN090	VO89	Q89	ALARMA	
IN091	VO90	Q90	ALARMA	
IN092	VO91	Q91	ALARMA	
IN093	VO92	Q92	ALARMA	
IN094	VO93	Q93	ALARMA	
IN095	VO94	Q94	ALARMA	
IN096	VO95	Q95	ALARMA	
IN097	VO96	Q96	ALARMA	
IN098	VO97	Q97	ALARMA	
IN099	VO98	Q98	ALARMA	
IN100	VO99	Q99	ALARMA	
IN101	VO100	Q100	ALARMA	
IN102	VO101	Q101	ALARMA	
IN103	VO102	Q102	ALARMA	
IN104	VO103	Q103	ALARMA	
IN105	VO104	Q104	ALARMA	
IN106	VO105	Q105	ALARMA	
IN107	VO106	Q106	ALARMA	
IN108	VO107	Q107	ALARMA	
IN109	VO108	Q108	ALARMA	
IN110	VO109	Q109	ALARMA	
IN111	VO110	Q110	ALARMA	
IN112	VO111	Q111	ALARMA	
IN113	VO112	Q112	ALARMA	
IN114	VO113	Q113	ALARMA	
IN115	VO114	Q114	ALARMA	
IN116	VO115	Q115	ALARMA	
IN117	VO116	Q116	ALARMA	
IN118	VO117	Q117	ALARMA	
IN119	VO118	Q118	ALARMA	
IN120	VO119	Q119	ALARMA	
IN121	VO120	Q120	ALARMA	
IN122	VO121	Q121	ALARMA	
IN123	VO122	Q122	ALARMA	
IN124	VO123	Q123	ALARMA	
IN125	VO124	Q124	ALARMA	
IN126	VO125	Q125	ALARMA	
IN127	VO126	Q126	ALARMA	
IN128	VO127	Q127	ALARMA	
IN129	VO128	Q128	ALARMA	
IN130	VO129	Q129	ALARMA	
IN131	VO130	Q130	ALARMA	
IN132	VO131	Q131	ALARMA	
IN133	VO132	Q132	ALARMA	
IN134	VO133	Q133	ALARMA	
IN135	VO134	Q134	ALARMA	
IN136	VO135	Q135	ALARMA	
IN137	VO136	Q136	ALARMA	
IN138	VO137	Q137	ALARMA	
IN139	VO138	Q138	ALARMA	
IN140	VO139	Q139	ALARMA	
IN141	VO140	Q140	ALARMA	
IN142	VO141	Q141	ALARMA	
IN143	VO142	Q142	ALARMA	
IN144	VO143	Q143	ALARMA	
IN145	VO144	Q144	ALARMA	
IN146	VO145	Q145	ALARMA	
IN147	VO146	Q146	ALARMA	
IN148	VO147	Q147	ALARMA	
IN149	VO148	Q148	ALARMA	
IN150	VO149	Q149	ALARMA	
IN151	VO150	Q150	ALARMA	
IN152	VO151	Q151	ALARMA	
IN153	VO152	Q152	ALARMA	
IN154	VO153	Q153	ALARMA	
IN155	VO154	Q154	ALARMA	
IN156	VO155	Q155	ALARMA	
IN157	VO156	Q156	ALARMA	
IN158	VO157	Q157	ALARMA	
IN159	VO158	Q158	ALARMA	
IN160	VO159	Q159	ALARMA	
IN161	VO160	Q160	ALARMA	
IN162	VO161	Q161	ALARMA	
IN163	VO162	Q162	ALARMA	
IN164	VO163	Q163	ALARMA	
IN165	VO164	Q164	ALARMA	
IN166	VO165	Q165	ALARMA	
IN167	VO166	Q166	ALARMA	
IN168	VO167	Q167	ALARMA	
IN169	VO168	Q168	ALARMA	
IN170	VO169	Q169	ALARMA	
IN171	VO170	Q170	ALARMA	
IN172	VO171	Q171	ALARMA	
IN173	VO172	Q172	ALARMA	
IN174	VO173	Q173	ALARMA	
IN175	VO174	Q174	ALARMA	
IN176	VO175	Q175	ALARMA	
IN177	VO176	Q176	ALARMA	
IN178	VO177	Q177	ALARMA	
IN179	VO178	Q178	ALARMA	
IN180	VO179	Q179	ALARMA	
IN181	VO180	Q180	ALARMA	
IN182	VO181	Q181	ALARMA	
IN183	VO182	Q182	ALARMA	
IN184	VO183	Q183	ALARMA	
IN185	VO184	Q184	ALARMA	
IN186	VO185	Q185	ALARMA	
IN187	VO186	Q186	ALARMA	
IN188	VO187	Q187	ALARMA	
IN189	VO188	Q188	ALARMA	
IN190	VO189	Q189	ALARMA	
IN191	VO190	Q190	ALARMA	
IN192	VO191	Q191	ALARMA	
IN193	VO192	Q192	ALARMA	
IN194	VO193	Q193	ALARMA	
IN195	VO194	Q194	ALARMA	
IN196	VO195	Q195	ALARMA	
IN197	VO196	Q196	ALARMA	
IN198	VO197	Q197	ALARMA	
IN199	VO198	Q198	ALARMA	
IN200	VO199	Q199	ALARMA	
IN201	VO200	Q200	ALARMA	
IN202	VO201	Q201	ALARMA	
IN203	VO202	Q202	ALARMA	
IN204	VO203	Q203	ALARMA	
IN205	VO204	Q204	ALARMA	
IN206	VO205	Q205	ALARMA	
IN207	VO206	Q206	ALARMA	
IN208	VO207	Q207	ALARMA	
IN209	VO208	Q208	ALARMA	
IN210	VO209	Q209	ALARMA	
IN211	VO210	Q210	ALARMA	
IN212	VO211	Q211	ALARMA	
IN213	VO212	Q212	ALARMA	
IN214	VO213	Q213	ALARMA	
IN215	VO214	Q214	ALARMA	
IN216	VO215	Q215	ALARMA	
IN217	VO216	Q216	ALARMA	
IN218	VO217	Q217	ALARMA	
IN219	VO218	Q218	ALARMA	
IN220	VO219	Q219	ALARMA	
IN221	VO220	Q220	ALARMA	
IN222	VO221	Q221	ALARMA	
IN223	VO222	Q222	ALARMA	
IN224	VO223	Q223	ALARMA	
IN225	VO224	Q224	ALARMA	
IN226	VO225	Q225	ALARMA	
IN227	VO226	Q226	ALARMA	
IN228	VO227	Q227	ALARMA	
IN229	VO228	Q228	ALARMA	
IN230	VO229	Q229	ALARMA	
IN231	VO230	Q230	ALARMA	
IN232	VO231	Q231	ALARMA	
IN233	VO232	Q232	ALARMA	
IN234	VO233	Q233	ALARMA	
IN235	VO234	Q234	ALARMA	
IN236	VO235	Q235	ALARMA	
IN237	VO236	Q236	ALARMA	
IN238	VO237	Q237	ALARMA	
IN239	VO238	Q238	ALARMA	
IN240	VO239	Q239	ALARMA	
IN241	VO240	Q240	ALARMA	
IN242	VO241	Q241	ALARMA	
IN243	VO242	Q242	ALARMA	
IN244	VO243	Q243	ALARMA	
IN245	VO244	Q244	ALARMA	
IN246	VO245	Q245	ALARMA	
IN247	VO246	Q246	ALARMA	
IN248	VO247	Q247	ALARMA	
IN249	VO248	Q248	ALARMA	
IN250	VO249	Q249	ALARMA	
IN251	VO250	Q250	ALARMA	
IN252	VO251	Q251	ALARMA	
IN253	VO252	Q252	ALARMA	
IN254	VO253	Q253	ALARMA	
IN255	VO254	Q254	ALARMA	
IN256	VO255	Q255	ALARMA	
IN257	VO256	Q256	ALARMA	
IN258	VO257	Q257	ALARMA	
IN259	VO258	Q258	ALARMA	
IN260	VO259	Q259	ALARMA	
IN261	VO260	Q260	ALARMA	
IN262	VO261	Q261	ALARMA	
IN263	VO262	Q262	ALARMA	
IN264	VO263	Q263	ALARMA	
IN265	VO264	Q264	ALARMA	
IN266	VO265	Q265	ALARMA	
IN267	VO266	Q266	ALARMA	
IN268	VO267	Q267	ALARMA	
IN269	VO268	Q268	ALARMA	
IN270	VO269	Q269	ALARMA	
IN271	VO270	Q270	ALARMA	
IN272	VO271	Q271	ALARMA	
IN273	VO272	Q272	ALARMA	
IN274	VO273	Q273	ALARMA	
IN275	VO274	Q274	ALARMA	
IN276	VO275	Q275	ALARMA	
IN2				

La conversión de grafcet a ladder para su respectiva programación en el software LOGOsoft Comfort primeramente se obtiene las ecuaciones lógicas que forman el programa, las mismas que están descritas en la tabla que se muestra a continuación, donde se definen los valores que tendrán las salidas en función de las etapas y entradas.

Etapas	Ecuaciones	Temporizadores	Contadores
Etapa 1	$E_1 = Inicio + E_{17} \cdot t_{11} + E_1 \cdot \overline{E_2}$		
Etapa 2	$E_2 = E_1 \cdot Sensor_Emisor \cdot \overline{E_{20}} + E_2 \cdot \overline{E_3}$		
Etapa 3	$E_3 = E_2 \cdot Sensor_Superior_Mesa + E_3 \cdot \overline{E_4}$	Timer 1= 1 seg.	
Etapa 4	$E_4 = E_3 \cdot t_1 + E_4 \cdot \overline{E_5}$		
Etapa 5	$E_5 = E_4 \cdot Sensor_90_Grados + E_5 \cdot \overline{E_6}$	Timer 2= 0.3 seg.	
Etapa 6	$E_6 = E_5 \cdot Sensor_Sale_Mesa \cdot t_2 + E_6 \cdot \overline{E_7}$	Timer 3= 1.3 seg.	
Etapa 7	$E_7 = E_6 \cdot t_3 + E_7 \cdot \overline{E_8}$		
Etapa 8	$E_8 = E_7 \cdot Sensor_Para_Pallet + E_8 \cdot \overline{E_9}$	Timer 4= 1 seg.	
Etapa 9	$E_9 = E_8 \cdot t_4 + E_9 \cdot \overline{E_{10}}$		
Etapa 10	$E_{10} = E_9 \cdot Sensor_Recoger_Pallet + E_{10} \cdot \overline{E_{11}}$	Timer 5= 1.3 seg.	
Etapa 11	$E_{11} = E_{10} \cdot t_5 + E_{11} \cdot \overline{E_{12}}$	Timer 6= 1.3 seg.	Contador1
Etapa 12	$E_{12} = E_{11} \cdot t_6 + E_{12} \cdot \overline{E_{13}}$	Timer 7= 3 seg.	
Etapa 13	$E_{13} = E_{12} \cdot C_1 + E_{13} \cdot \overline{E_{14}}$		
Etapa 14	$E_{14} = E_{13} \cdot Sensor_Moving_X + E_{14} \cdot \overline{E_{15}}$	Timer 8= 1 seg.	
Etapa 15	$E_{15} = E_{14} \cdot t_8 + E_{15} \cdot \overline{E_{16}}$	Timer 9= 1.3 seg.	
Etapa 16	$E_{16} = E_{15} \cdot t_9 + E_{16} \cdot \overline{E_{17}}$	Timer 10= 1 seg.	
Etapa 17	$E_{17} = E_{16} \cdot t_{10} + E_{17} \cdot \overline{E_{18}}$	Timer 11= 1 seg.	Contador2
Etapa 18	$E_{18} = C_2$		
Etapa 19	$E_{19} = E_{12} \cdot C_1$	Timer 12= 3 seg.	
Etapa 20	$E_{20} = E_{19} \cdot t_{12}$		

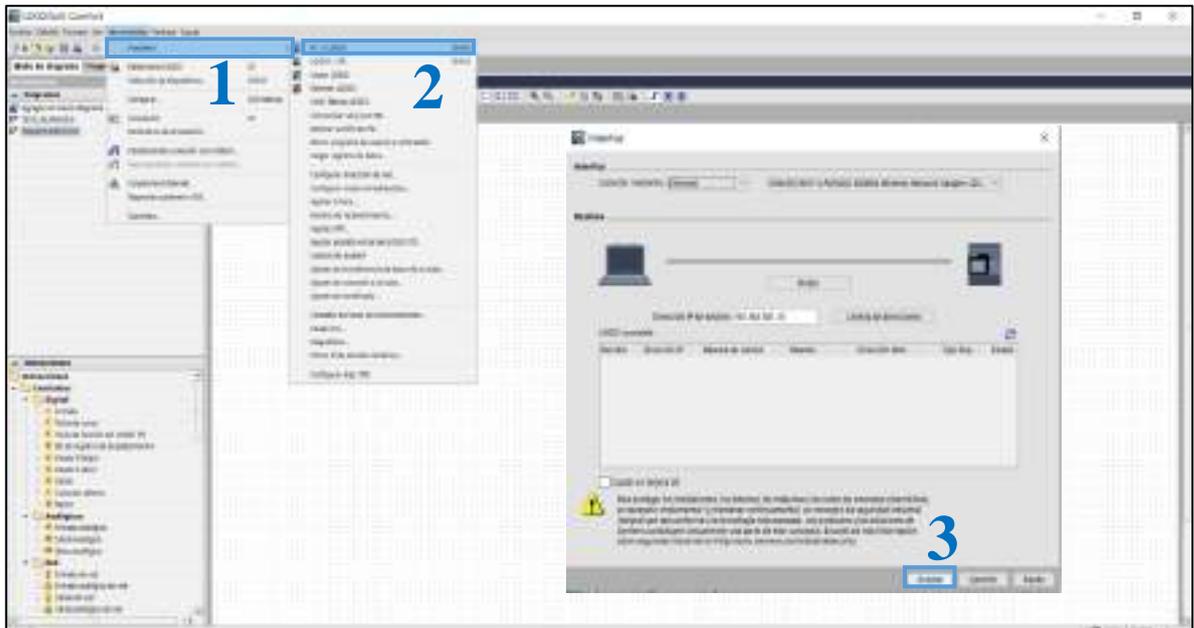
Hacemos uso de las herramientas del programa para colocar cada elemento necesario conforme las ecuaciones obtenidas en el anterior paso. Para este proceso contamos con la aplicación de bloques de funciones, temporizadores, contadores, temporizadores y contadores.





5. Comunicación

Para realizar la comunicación, en el software LOGO Soft Confort daremos click en la pestaña de **Herramientas >> Transferir >> PC->LOGO**, posteriormente se mostrará una ventana del interfaz pondremos aceptar para cargar el programa desde la PC al PLC y finalmente se puede observar a tiempo real el funcionamiento del programa.



En el software Factory IO en la pestaña **Drivers**, realizamos el mismo procedimiento de prácticas anteriores.

6. Simular el funcionamiento

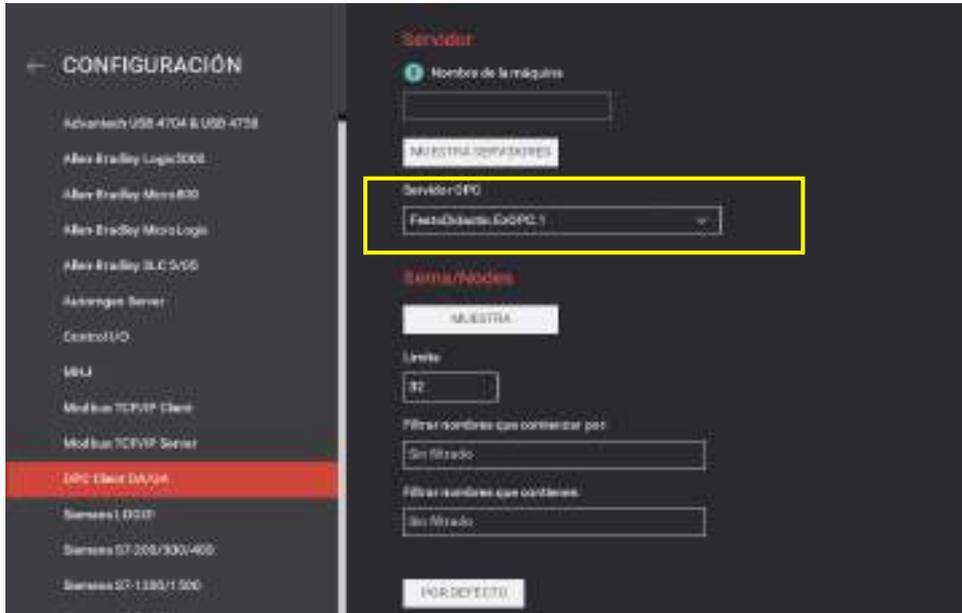
Posteriormente ejecutamos el programa como se indica en la siguiente figura y se encuentra listo para controlar mediante el tablero de control por parte del operario.



7. Conclusiones

- Debido a la buena distribución de elementos en el sistema de entrenamiento, el tiempo de conexión física de los dispositivos se logra en un tiempo mínimo y con todas las seguridades.
- El control y simulación de la estación planteada mediante el PLC establecido se realiza de forma correcta, dando una detección rápida del dispositivo por su compatibilidad directa.
- El método de programación resulta rápido de implementar en el software Logo Soft, y se realiza un análisis en tiempo real de proceso, también el uso de las compuertas lógicas dificulta la implementación por el espacio y cantidad de bloques.
- La simulación no presenta fallas, pero se puede observar una falta de precisión en la detección de los sensores debido a tiempos de comunicación en ciertas ocasiones.

- En el software Factory IO en **Archivos>>Drivers** donde especificamos la comunicación OPC client DA/UA a continuación elegir el mismo servidor que elegimos en FluidSim.



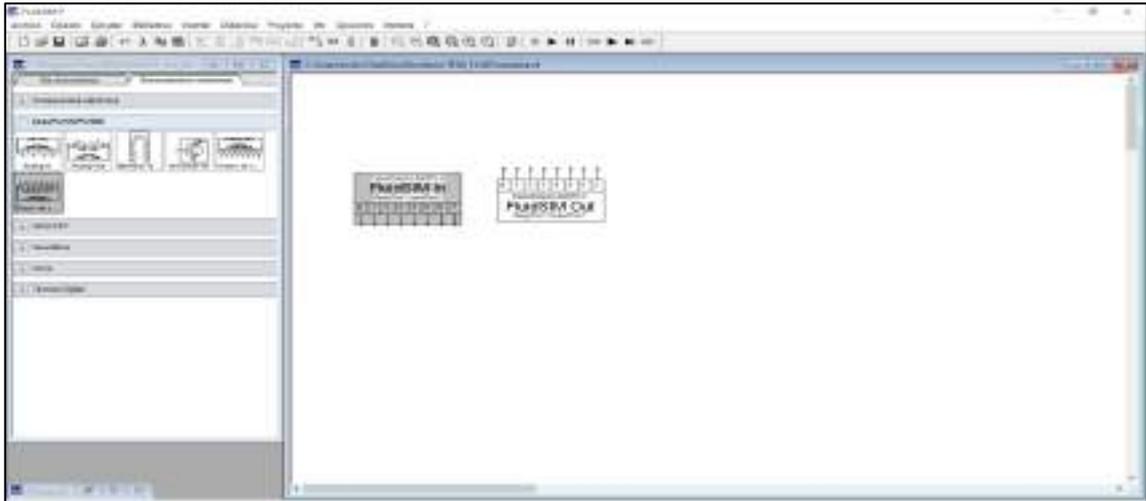
2. Direccionamiento de E/S

Colocamos las entradas y salidas en el software Factory IO de acuerdo a la Tabla 10-4. Para lo cual nos ubicamos en la parte de **DRIVER**, y arrastramos hacia el bloque de E/S como se observa a continuación.

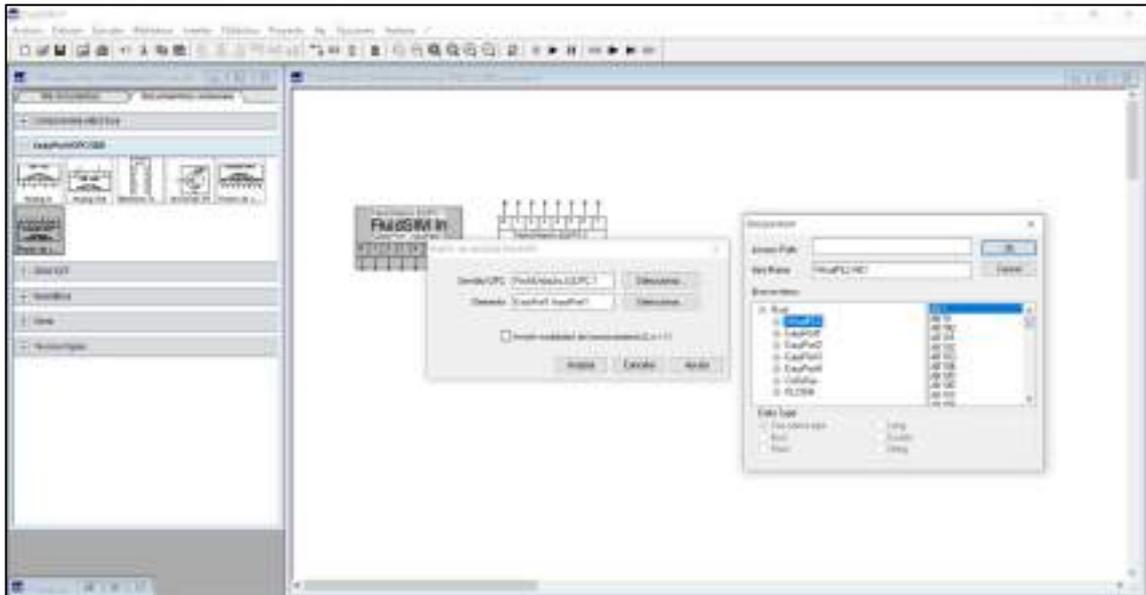


Antes de empezar la configuración de los bloques de E/S en FluidSIM, debemos tener en cuenta que el bloque de Entradas va a escribir en las Salidas del Factory IO, de igual manera el bloque de salidas va a leer las entradas del Factory IO. Una vez aclarado este punto procedemos a colocar las entradas y salidas en el software FluidSim para ello debemos realizar lo siguiente:

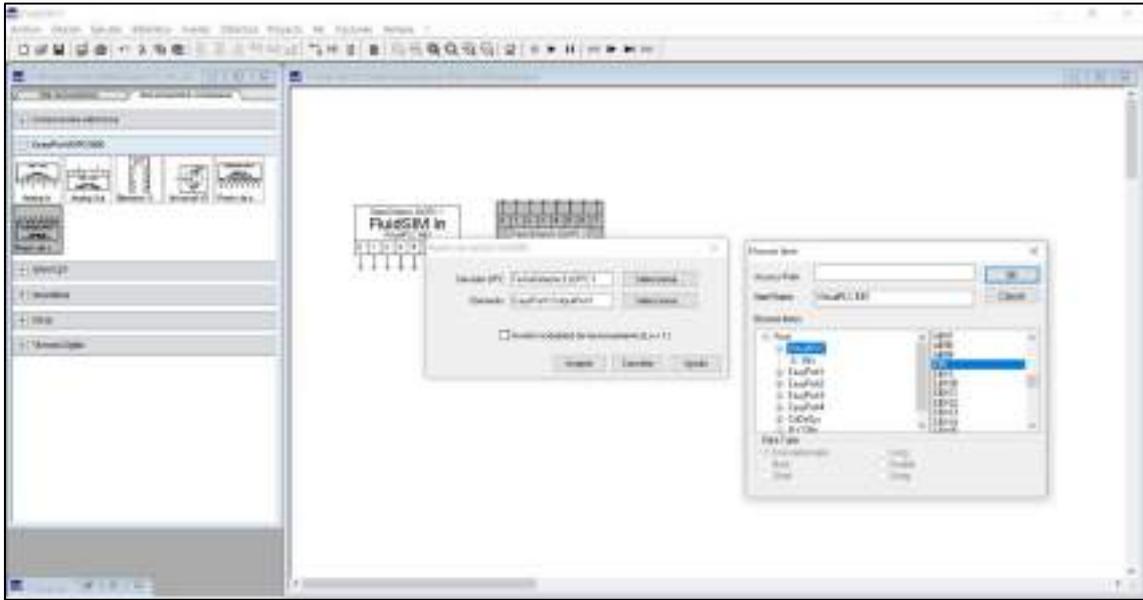
- Nos ubicamos en **EasyPort/OPC/DDE** y arrastramos los bloques de entradas y salidas.



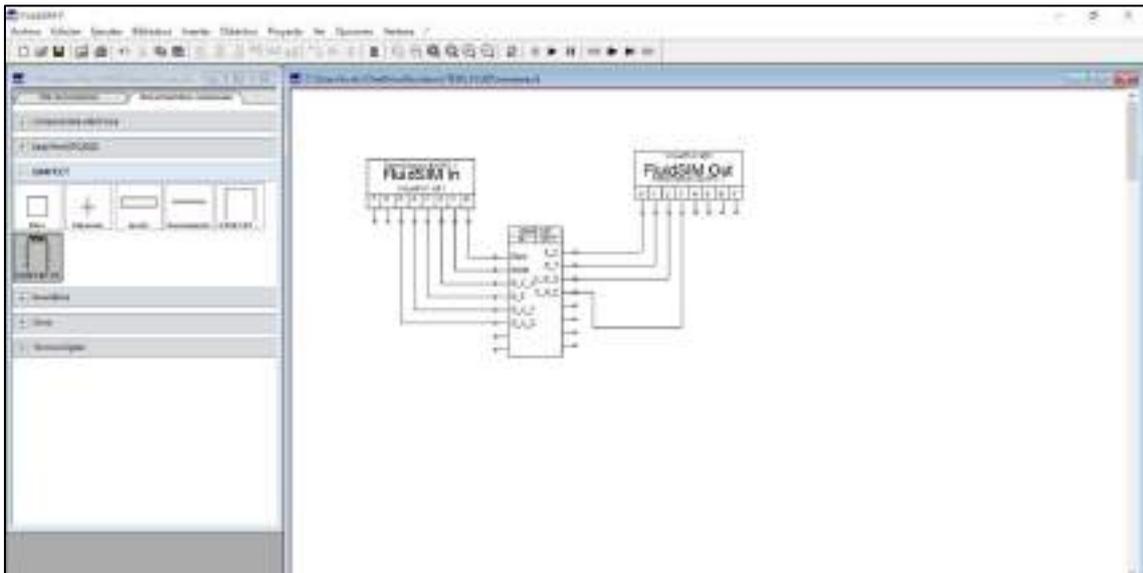
- Para el bloque de Entradas damos clic derecho sobre el bloque de entradas y en el Servidor OPC elegimos **FestoDidac tic .EzOPC.1** ya que es el que nos permite realizar la comunicación, en la opción de Elemento seleccionamos **VirtualPLC >> AB1**.



- De igual manera para el bloque de salidas damos clic derecho y en el Servidor OPC elegimos **FestoDidactic .EzOPC.1**, en la opción de Elemento seleccionamos **VirtualPLC >> EB1**.

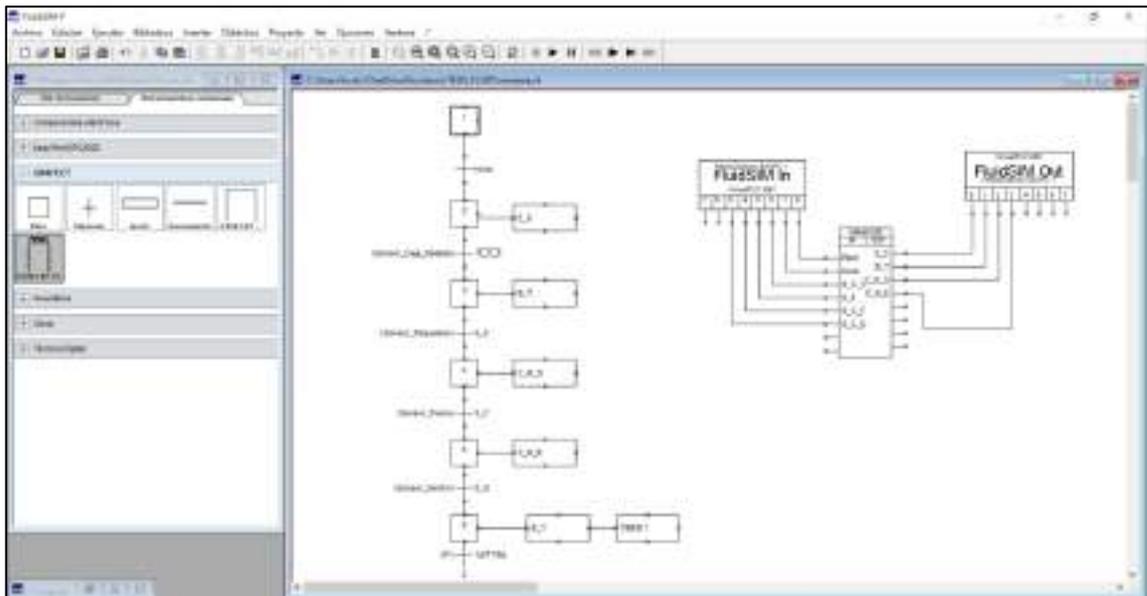


- Nos ubicamos en GRAFCET y arrastramos el bloque **GRAFCET I/O** y empezamos a colocar las direcciones de la tabla 10-4.



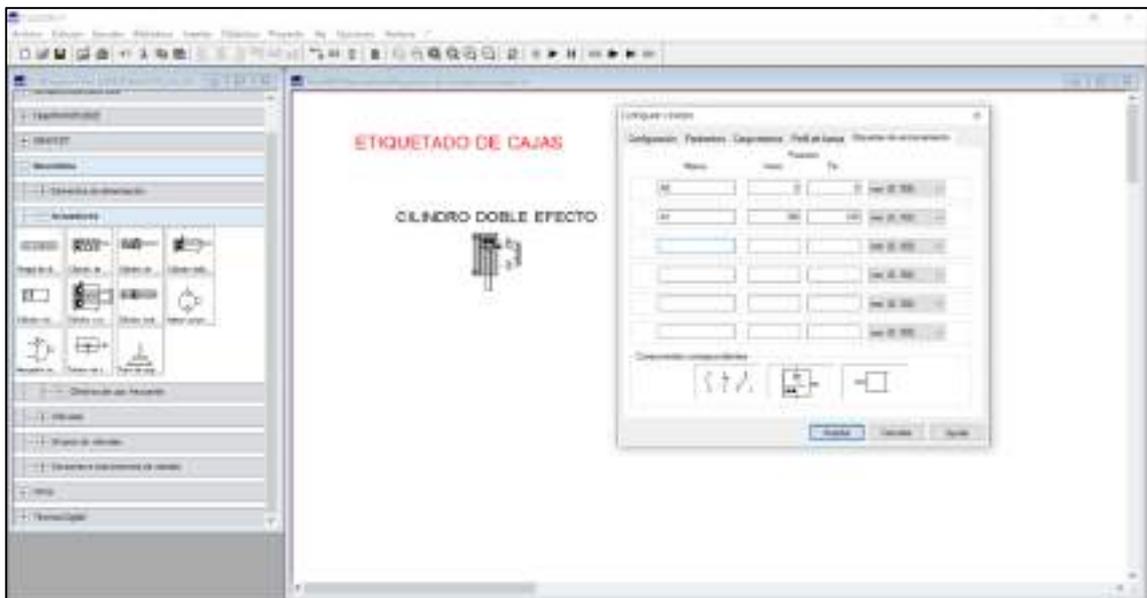
3. Aplicando método de programación grafcet

Para la programación del proceso de etiquetado se desarrolló directamente en el lenguaje GRAFCET que consta de 6 etapas como se muestra a continuación.



4. Esquema de mando y el diagrama de movimientos del cilindro neumático

Para realizar el mando del cilindro neumático nos ubicamos en **Neumática >>Actuadores** y arrastramos hacia la ventana de trabajo el **cilindro de doble efecto**, a continuación, damos doble click en el cilindro nos ubicamos en **Etiquetas de accionamiento** y realizamos la siguiente configuración la cual es la posición inicial y final del vástago del cilindro.



Luego de haber realizado la configuración del cilindro, nos ubicamos en **Neumática>>Válvulas de vías configurables** seleccionamos la **válvula de 5 vías** y arrastramos hacia la ventana de trabajo para proceder a realizar la configuración de los accionamientos como se observa a continuación.



A los accionamientos le asignamos un nombre que en este caso serán C_N_E.1 (Cilindro neumático entra) y C_N_S.1 (Cilindro neumático sale).



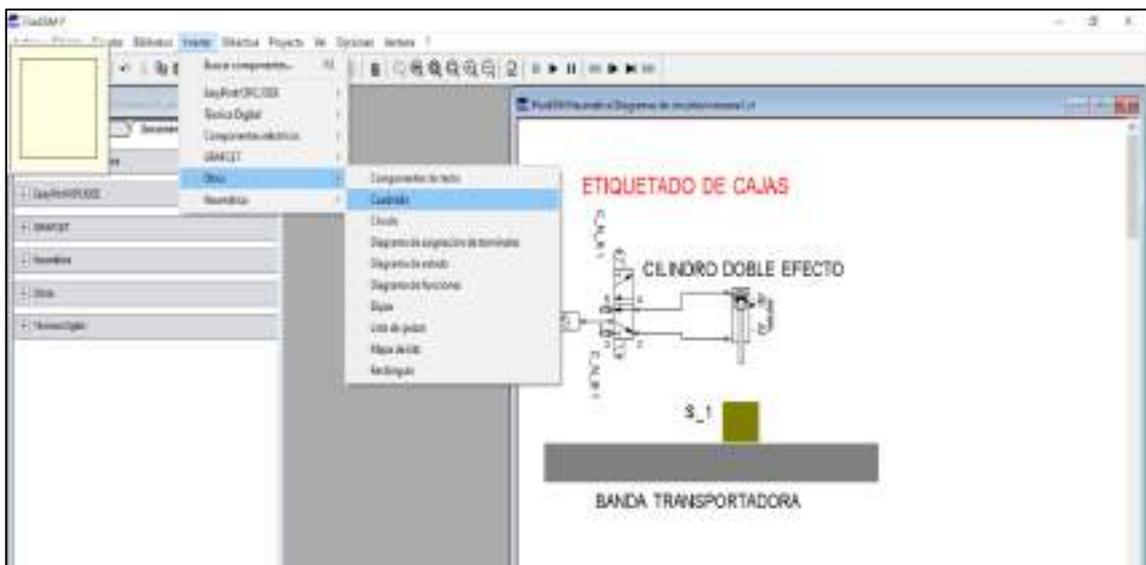
A continuación, empezamos a seguir realizando las configuraciones de la válvula para lo cual damos doble click en el punto 5 que son las salidas puerto de escape y vamos agregar salida de aire de la misma forma se realiza en el punto 3.



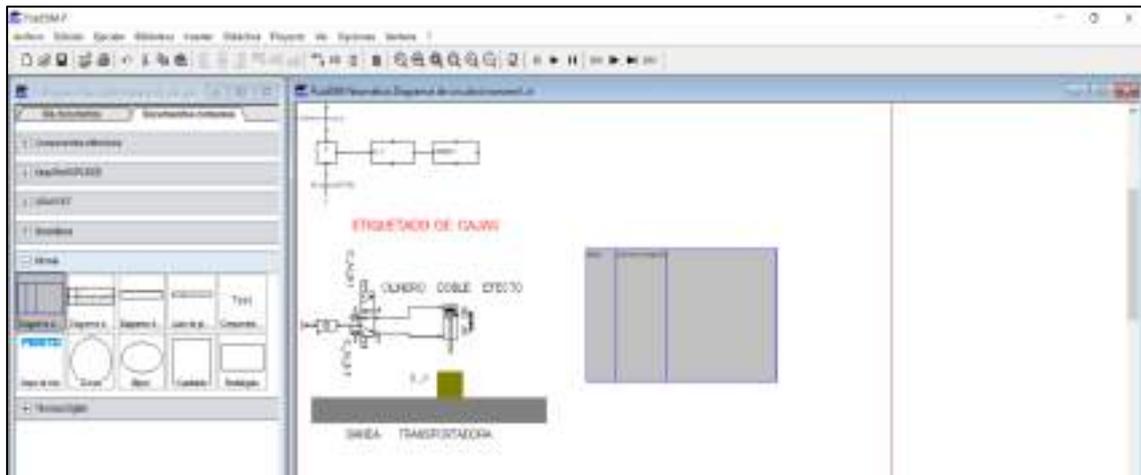
Para realizar la configuración en el punto uno primero nos ubicamos en **Neumática** >> **Elementos de alimentación**, seleccionamos fuente de aire comprimido y unidad de mantenimiento y realizamos las conexiones.



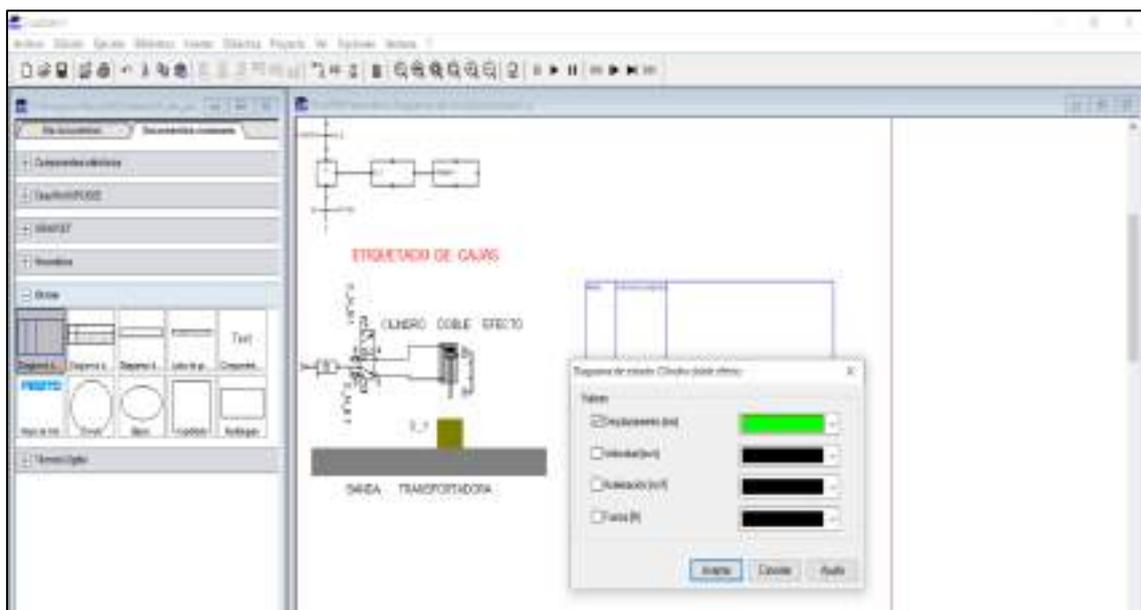
Posterior procedemos a ubicarnos en la opción de **Insertar** >> **Otros** y seleccionamos cuadro para representar la caja de igual manera se lo realiza para la banda transportadora.



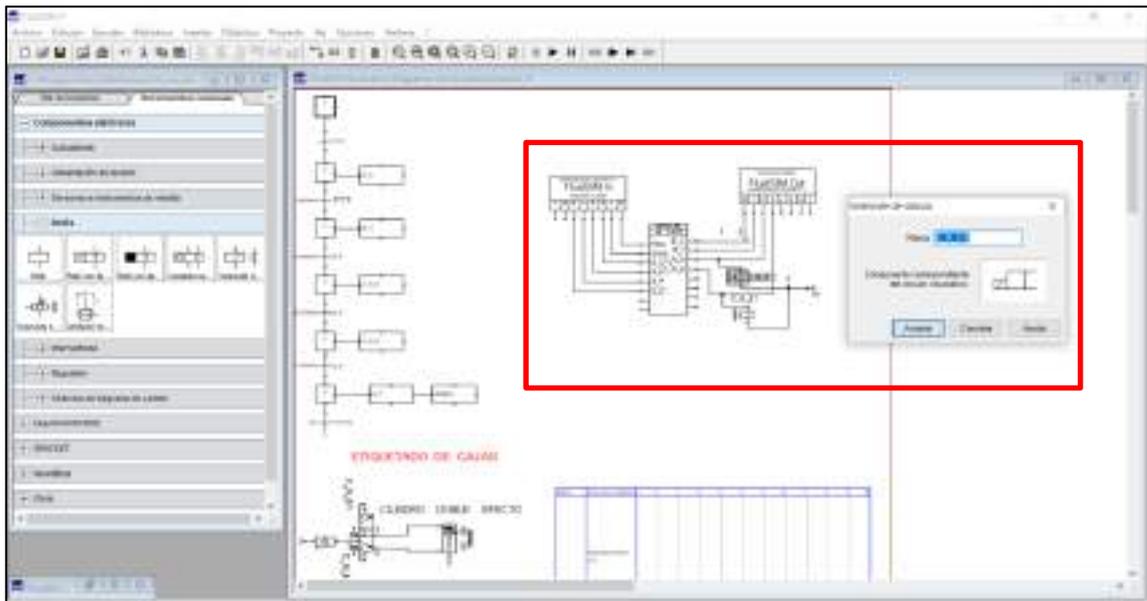
Para observar el diagrama espacio-tiempo del movimiento del cilindro neumático nos ubicamos en **Otros**, seleccionamos **Diagrama de estados** y lo arrastramos a la ventana de trabajo.



Continuamos con la configuración del diagrama de estado para lo cual arrastramos el cilindro hacia **valor de la magnitud** donde nos aparecerá las variables que queremos visualizar, seleccionamos el desplazamiento ya que a nosotros nos interesa ver cómo evoluciona la posición del cilindro a lo largo del tiempo, posterior a ello podemos seleccionar el color en el cual queremos que quede nuestra gráfica, damos en aceptar y tenemos en el **eje y** el desplazamiento o la posición del cilindro y el tiempo en el **eje x**.

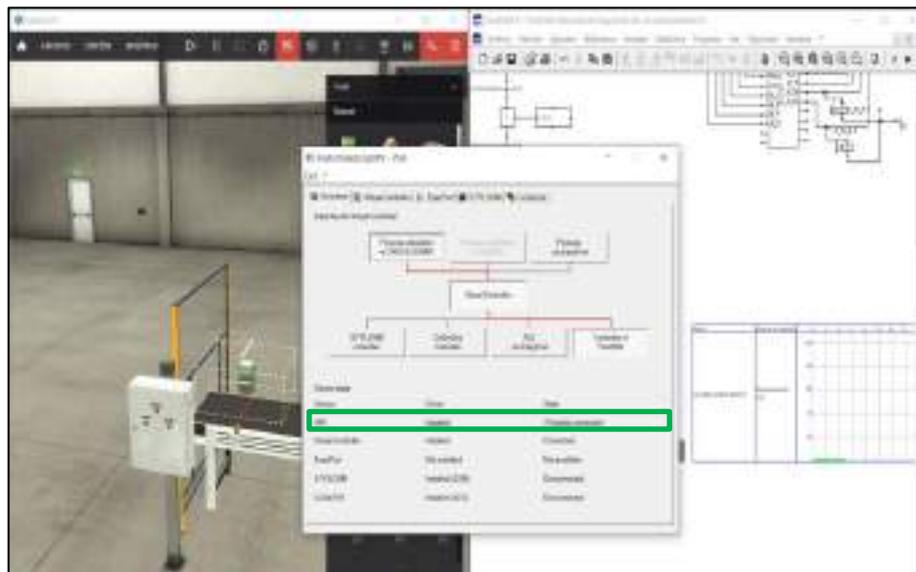


Finalmente, para conectar el esquema de mando del cilindro neumático con el lenguaje grafnet nos ubicamos en **Componentes eléctricos >> Relés**, seleccionamos solenoide de válvula y lo arrastramos hacia la ventana de trabajo a la parte de las entradas y salidas, posterior a ellos procedemos a colocar las marcas, las mismas que colocamos en los accionamientos y procedemos a realizar su conexión como se observa a continuación.



5. Simulación

Lo primero para realizar la simulación entre los dos softwares es importante asegurarse que en el servidor EzOPC estén conectados los dos clientes que en este caso serían los softwares.

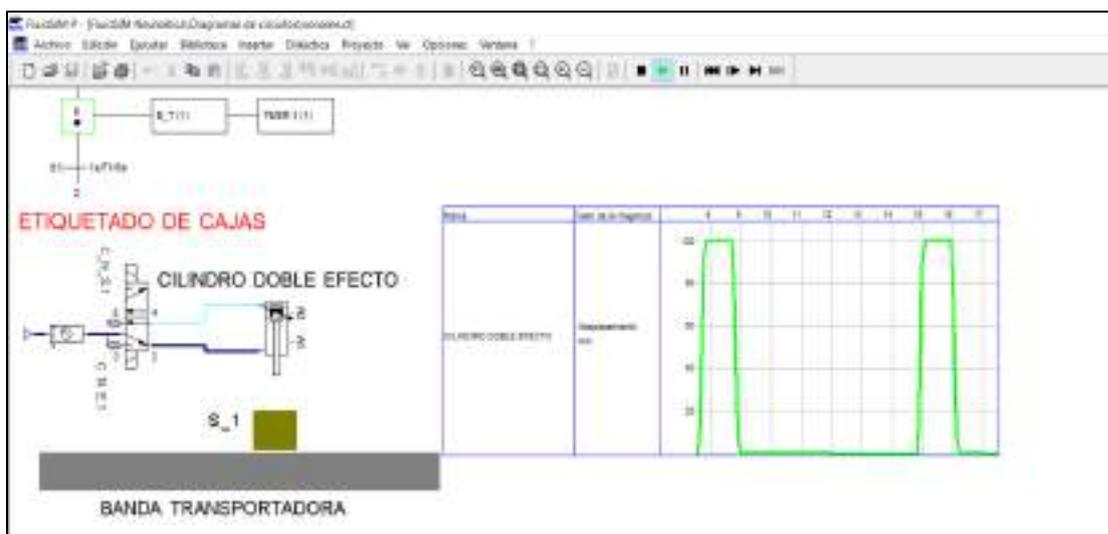


A continuación, en el software FluidSIM damos click en iniciar o F9, de la misma manera en el software Factory IO damos a play, en el tablero de control del Factory IO pulsamos inicio y observamos la simulación entre ambos softwares.



6. Análisis del comportamiento del cilindro neumático

Para analizar el comportamiento del cilindro neumático, observaremos el diagrama de estados en el software FluidSIM, en donde se observa en el eje x el tiempo y en el eje y el desplazamiento del cilindro.



Como se observa en la figura el tiempo que se demora en salir y entrar completamente el vástago del cilindro es de un segundo aproximadamente.

7. Conclusiones

- La comunicación mediante OPC se realiza con éxito, y la ambientación de FluidSim permite una fácil localización de elementos.
- El comportamiento del cilindro neumático en el diagrama de estados se puede visualizar en tiempo real, y además de que al entrar y salir el vástago del cilindro es de 1 seg.

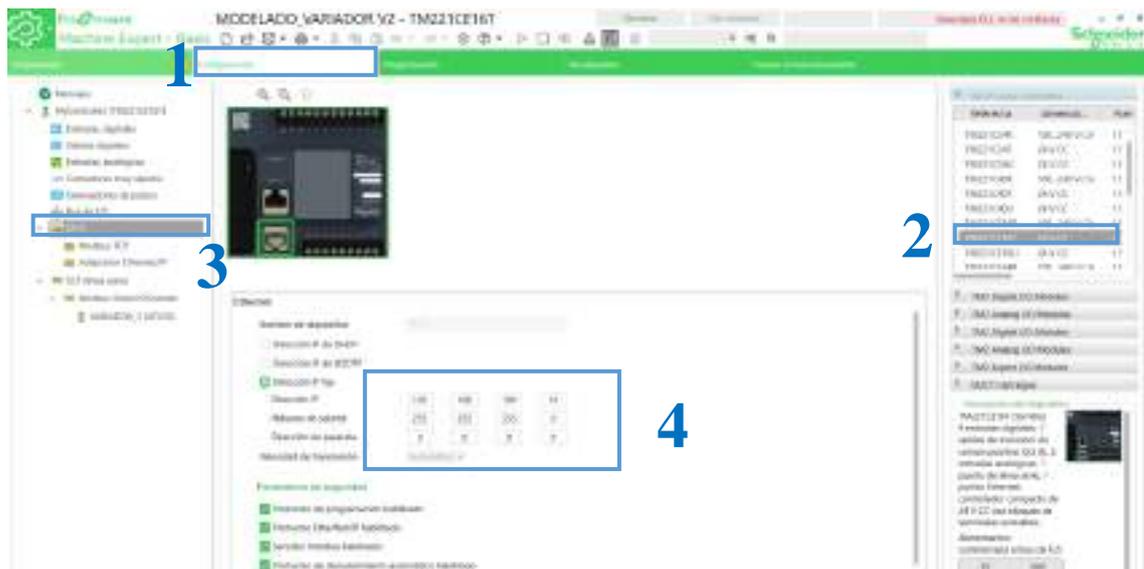
Anexo H: Desarrollo de la práctica 5

1. Conexión física de los elementos a utilizar

Se debe tener en cuenta que una vez conectado el módulo a la energía eléctrica 110v, procedemos al accionamiento del interruptor termomagnético unipolar, y mediante el tercer selector (S2) alimentamos PLC especificado según la configuración eléctrica con el que fue diseñado el sistema de entrenamiento, además de indicarnos con una luz piloto el uso de este PLC. Además, procedemos a habilitar el transformador 110/220 para alimentar el variador, por medio del interruptor termomagnético bipolar que permite el paso de corriente.

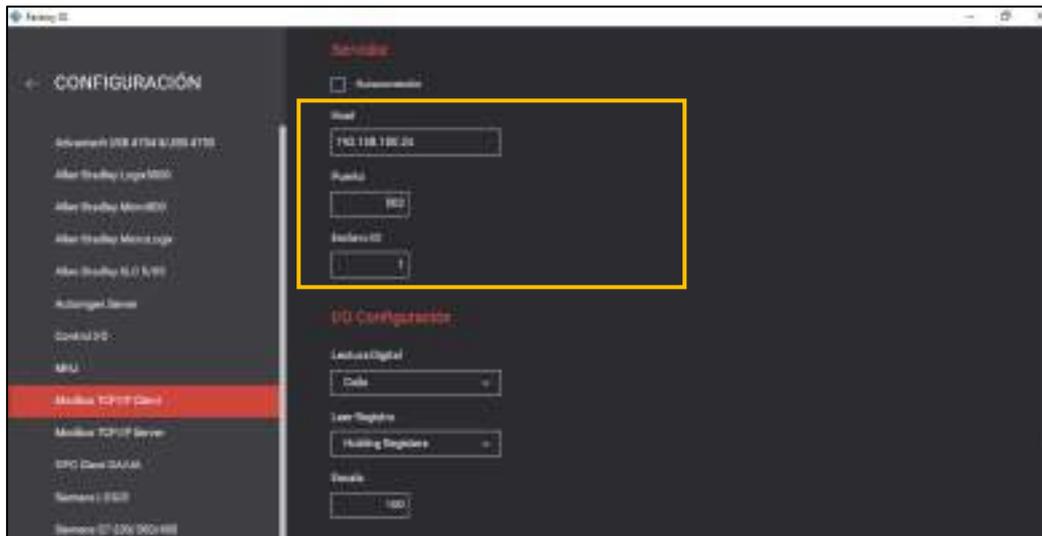
2. Asignación direcciones IP

Para la asignación de la dirección IP del PLC elegimos el PLC especificado, se coloca en la pestaña de configuración e ingresamos la dirección 192.168.100.16 al igual que su respectiva máscara de subred, y activando todos los parámetros de seguridad como se observa a continuación.



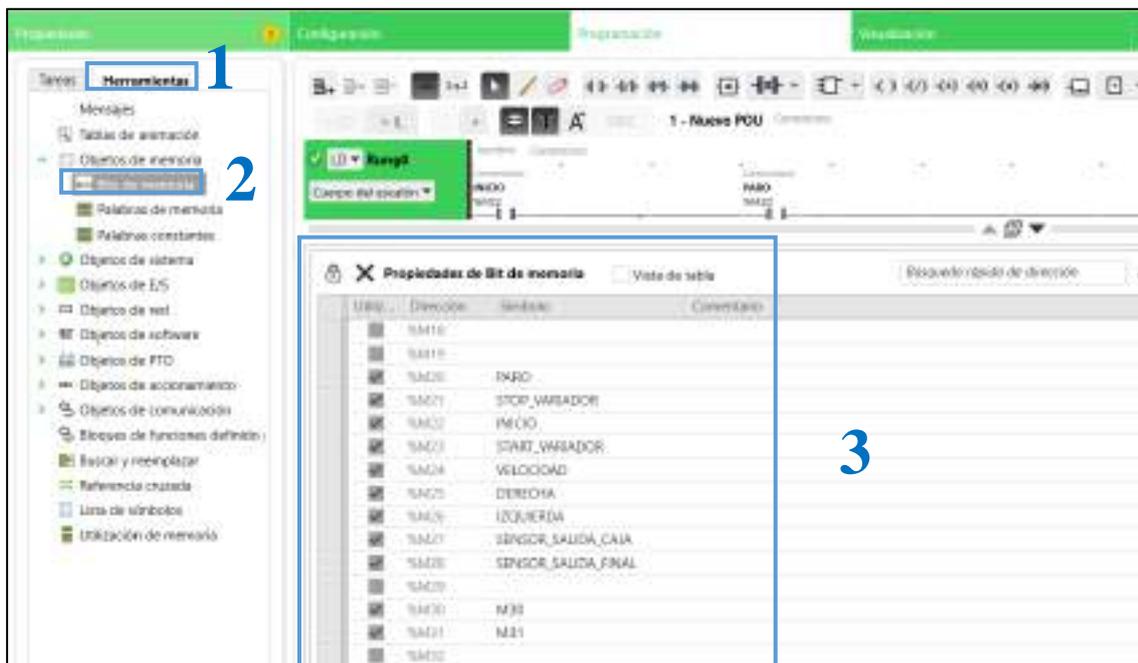
De igual forma se coloca una dirección dentro de la misma red en la PC en **Configuración de red > cambiar opciones del adaptador > Ethernet > Propiedades de protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4)**, como se observa en la figura de la práctica 1.

Para establecer la comunicación hardware-software se realiza la configuración de dirección IP del PLC que se va a utilizar, el número de puerto y el esclavo ID en el driver de Modbus TCP/IP Cliente.



3. Direccionamiento

Colocamos las entradas y salidas de la estación planteada como se muestra en las Tablas 2-4, 3-4 y 4-4. Para colocar las memorias en el software EcoStruxure nos ubicamos en la pestaña **Herramientas >> Objetos de memoria >> bits de memoria**.



De la misma forma en el software Factory IO, ubicándonos en la parte de DRIVER, y arrastrando hacia el bloque de E/S los sensores y actuadores en las memorias correspondientes con las mismas identificaciones realizadas en el punto anterior, para evitar errores en la simulación.

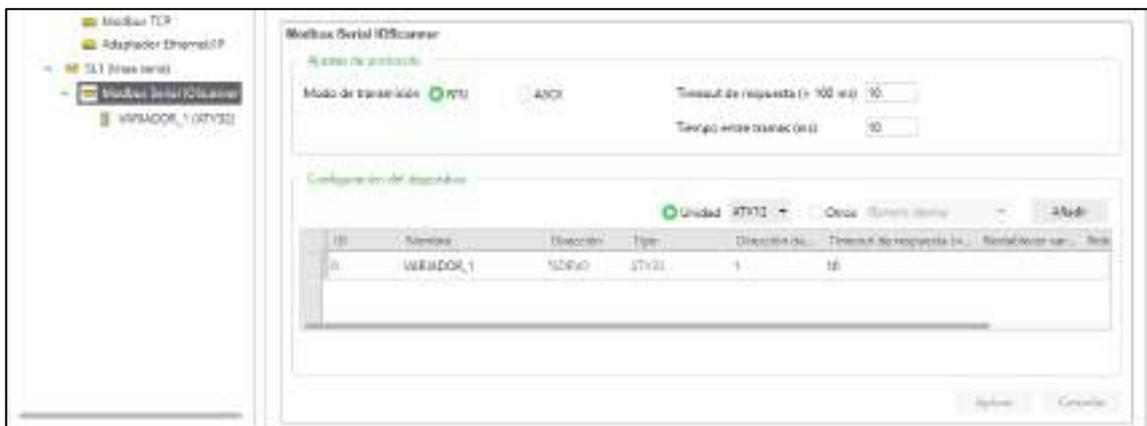


4. Comunicación

Configurar la comunicación Modbus RTU para la conexión con el variador por medio de la configuración de la línea serie.

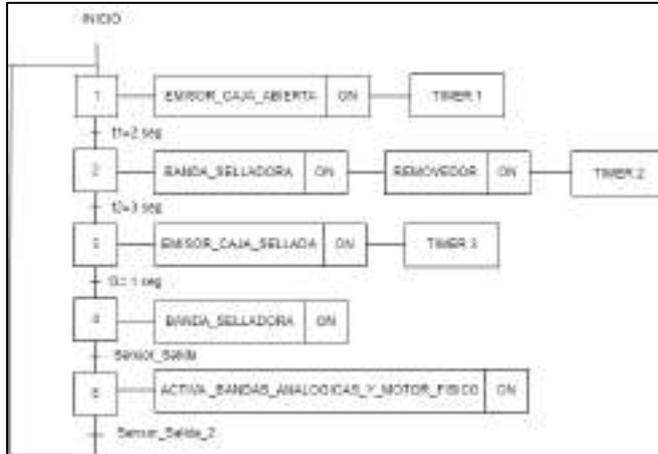


Debido a que es un variador de la misma marca, la serie ATV12 se encuentra en la opción de UNIDAD dentro de la configuración de dispositivo.

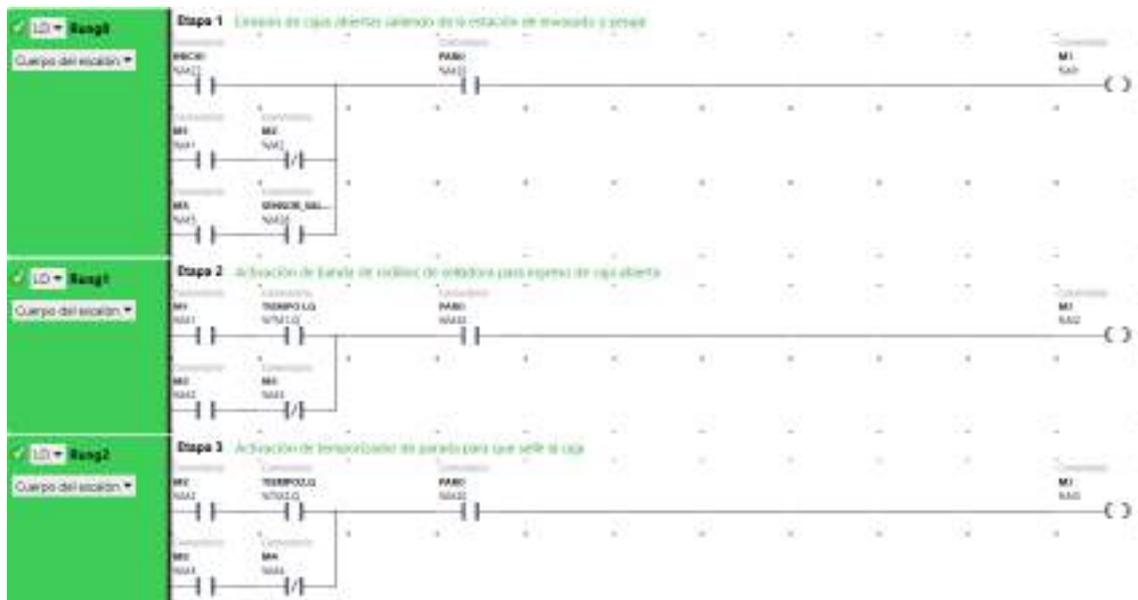


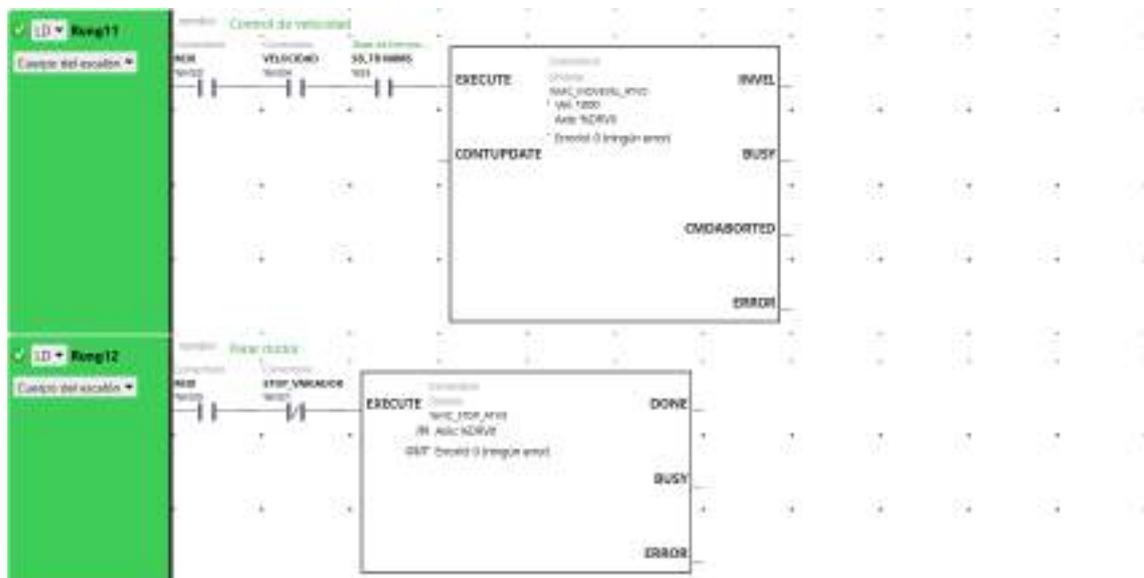
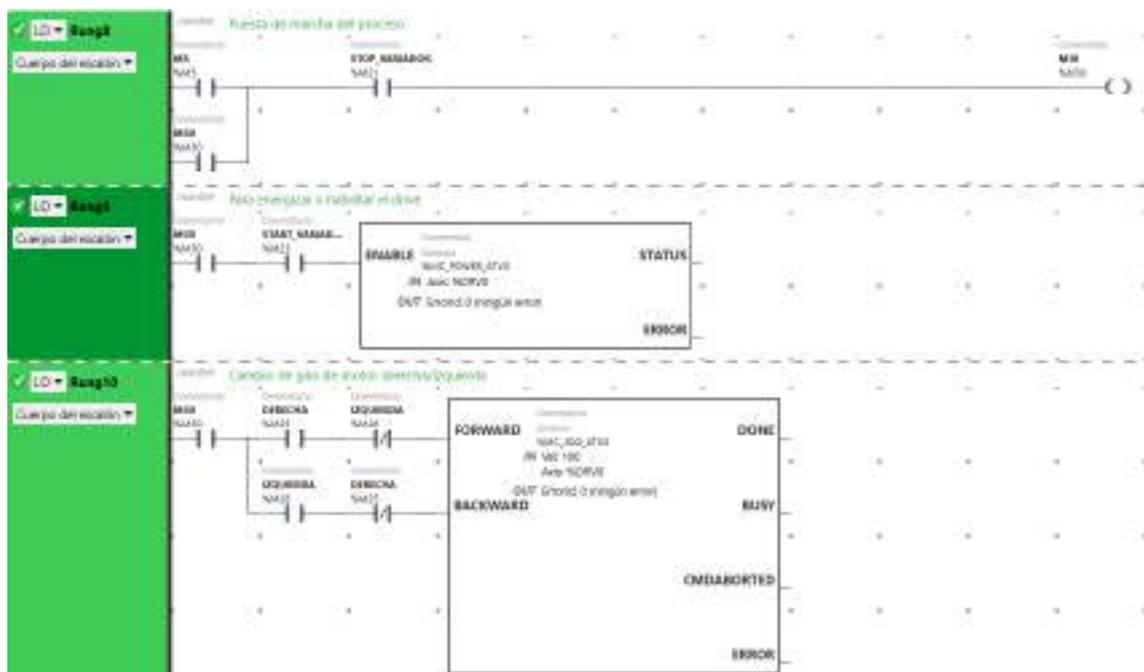
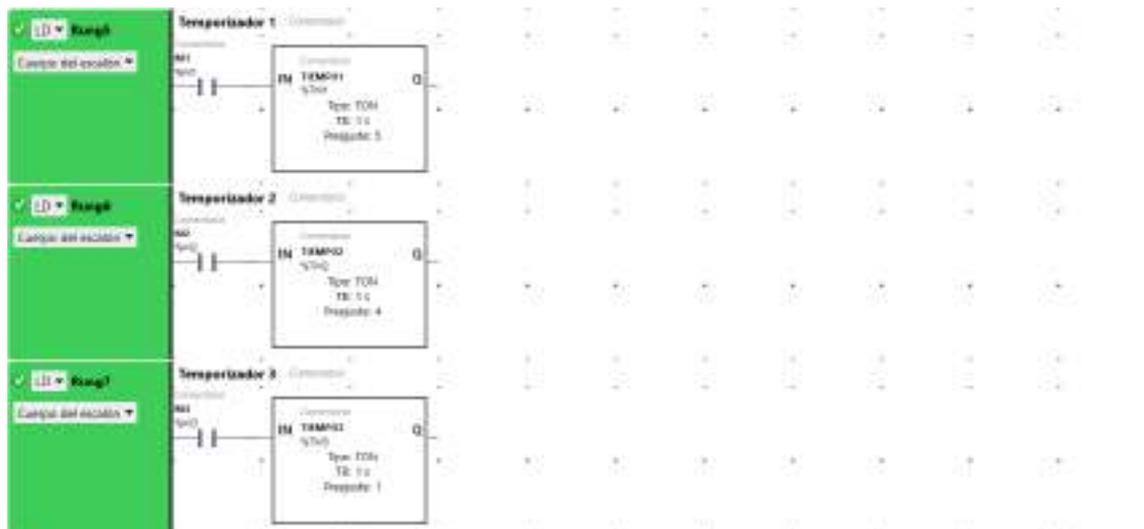
5. Programación

A continuación, se muestra el graficet, ecuaciones lógicas, su respectiva implementación en lenguaje ladder y los módulos que el programa Ecostruxure cuenta para una comunicación rápida entre dispositivos del mismo fabricante.



Etapas	Ecuaciones	Temporizadores
Etapa 1	$M_1 = Inicio + M_5.Salida_2 + M_1\overline{M_2}$	Timer 1= 2 seg.
Etapa 2	$M_2 = M_1.t_1 + M_2\overline{M_3}$	Timer 2= 3 seg.
Etapa 3	$M_3 = M_2.t_2 + M_3.\overline{M_4}$	Timer 3= 1 seg
Etapa 4	$M_4 = M_3.t_3 + M_4.\overline{M_5}$	
Etapa 5	$M_5 = M_4.Sensor_Salida + E_5.\overline{E_6}$	





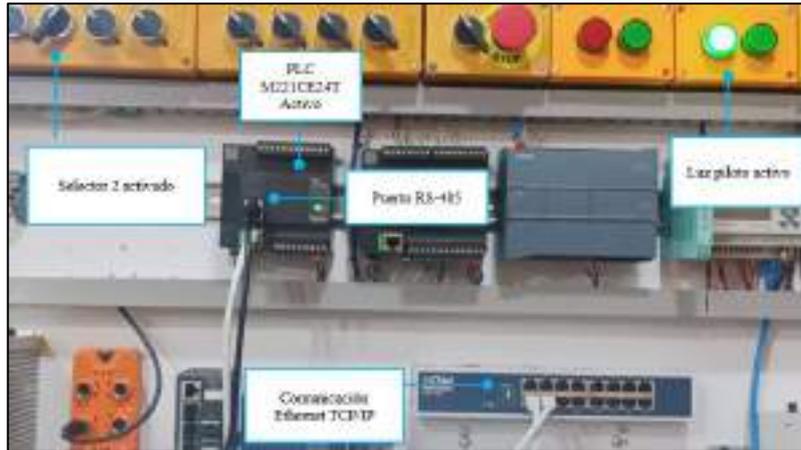


6. Comunicación

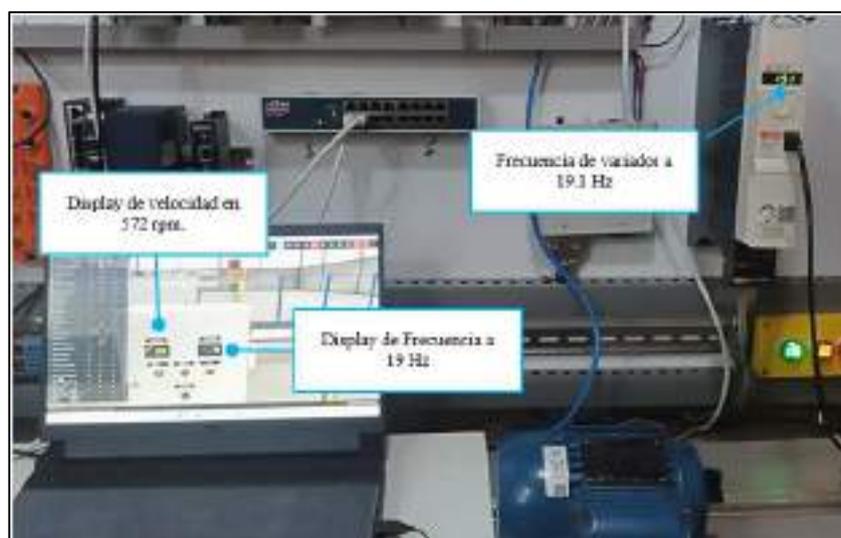
Para el enlace entre Factory IO y software ecostruxure seguir pasos de práctica 1.

7. Funcionamiento

Físicamente el PLC se comunica al variador mediante Modbus RTU, para activar el funcionamiento del motor trifásico, a su vez por cable ethernet el PLC se comunica con la escena modelada de Factory IO para comprobar su funcionamiento de manera virtual.



Se observa en la ilustración siguiente el display del modelado en Factory mostrando una frecuencia de velocidad de 19 Hz y en el variador de 19.1 Hz, diferenciándose en los decimales debido al truncamiento realizado en la programación del PLC.



8. Conclusiones

- Debido a la buena distribución de elementos en el sistema de entrenamiento, el tiempo de conexión física de los dispositivos se logra en un tiempo mínimo y con todas las seguridades.
- El control y simulación de la estación planteada mediante el PLC establecido se realiza de forma correcta, dando una detección rápida del dispositivo por su compatibilidad directa.
- El método de programación resulta rápido de implementar en el software Ecostruxure, y se realiza un análisis en tiempo real de proceso.
- Desde el tablero de control en el software Factory IO de esta estación, se pudo controlar el sentido de giro y la velocidad del motor de forma física, el mismo que no presenta fallas dando un funcionamiento correcto.

Anexo I: Desarrollo de la práctica 6

1. Conexión física de los elementos a utilizar

Se debe tener en cuenta que una vez conectado el módulo a la energía eléctrica 110v , procedemos al accionamiento del interruptor termomagnético unipolar, y mediante el cuarto selector (S4) alimentamos PLC y para el HMI habilitamos el selector (S7) especificado según la configuración eléctrica con el que fue diseñado el sistema de entrenamiento, además de indicarnos con una luz piloto el uso de este PLC y HMI.

2. Asignación direcciones IP

Para la asignación de la dirección IP del HMI especificado se coloca en la pestaña de configuración del proyecto e ingresamos la dirección 192.168.100.20 al igual que su respectiva máscara de subred, y puerta de enlace como se observa en la imagen.



3. Comunicación

Para realizar la comunicación con el PLC Siemens S7-1200, configuramos entrando en la pestaña de comunicación y configuramos como se observa a continuación.



Para la asignación de un interruptor de bit a una entrada o salida tomando en cuenta la tabla 16-4 de la guía de práctica 6 que indica las I/O que se enviarán a visualizar en la pantalla HMI, se especifica a manera de ejemplo con la configuración del botón INICIO.



Se puede elegir el diseño de color que tendrá dicho botón en la pestaña GRÁFICO, y eligiendo la pestaña FORMA tenemos una galería con imágenes por defecto o a su vez podemos importar una forma, en este caso con dos estados (0 y 1).



5. Verificar el funcionamiento

Para verificar el funcionamiento se ha realizado pruebas de comunicación entre estos tres elementos (Factory IO-PLC-HMI).



6. Conclusiones

- Debido a la buena distribución de elementos en el sistema de entrenamiento, el tiempo de conexión física de los dispositivos se logra en un tiempo mínimo y con todas las seguridades.
- El software PIStudio utilizado para la creación de la escena de paletizado en el HMI, resulta fácil y rápido de implementar debido a las características que nos ofrece.
- Mediante el HMI se pudo controlar y monitorizar la escena creada en el software Factory IO de esta estación, el mismo que se comunicó con el PLC S7-1200 mediante ethernet TCP/IP y no presentó inconvenientes en la conexión.

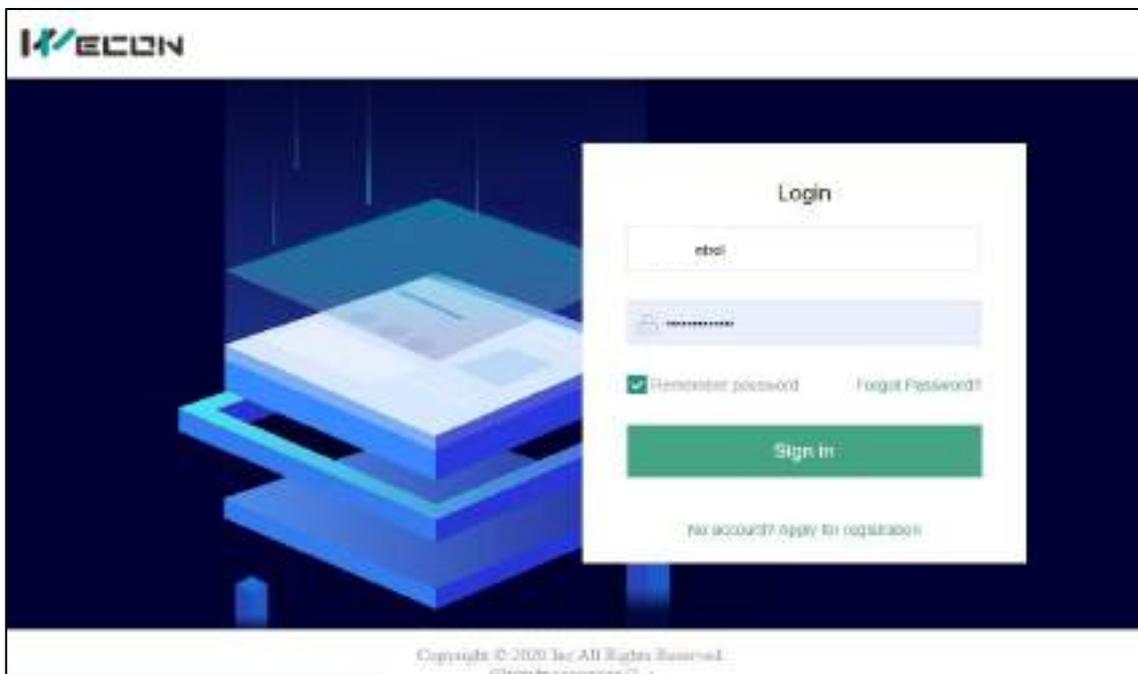
Anexo J: Desarrollo de la práctica 7

1. Conexión física de los elementos a utilizar

Se debe tener en cuenta que una vez conectado el módulo a la energía eléctrica 110v, procedemos al accionamiento del interruptor termomagnético unipolar, y mediante el tercer selector (S3) permite el paso de corriente hacia el PLC y la pasarela especificados según la configuración eléctrica (Ver anexo E) con el que fue diseñado el sistema de entrenamiento, además de indicarnos con una luz piloto el uso de este PLC y las luces intermitentes de funcionamiento de la pasarela V-box.

2. Configuración V-net

Ingresar usuario y contraseña, proporcionado por el capacitador, como se muestra a continuación.



Interfaz de V-net y principales verificaciones de conexión tanto para la conexión a una red internet, y la correcta conexión al PLC mediante el cable serial RS-485.

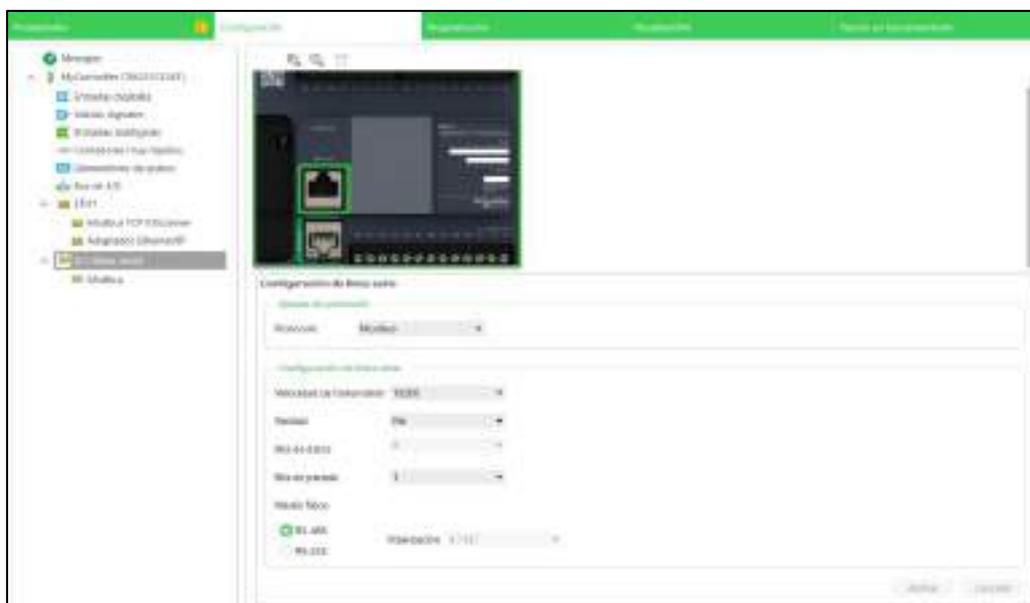


3. Comunicación PLC y pasarela V-Box

Para la comunicación modbus primero estableceremos la configuración en el software V-net, para ello, nos ubicamos en la pestaña de configuración, luego en comunicación y establecemos los parámetros establecidos en la figura a continuación. Se configura el puerto COM1, debido a que la conexión física es serial RS-485 y escogemos el protocolo Schneider-Electric-twido-modbus.

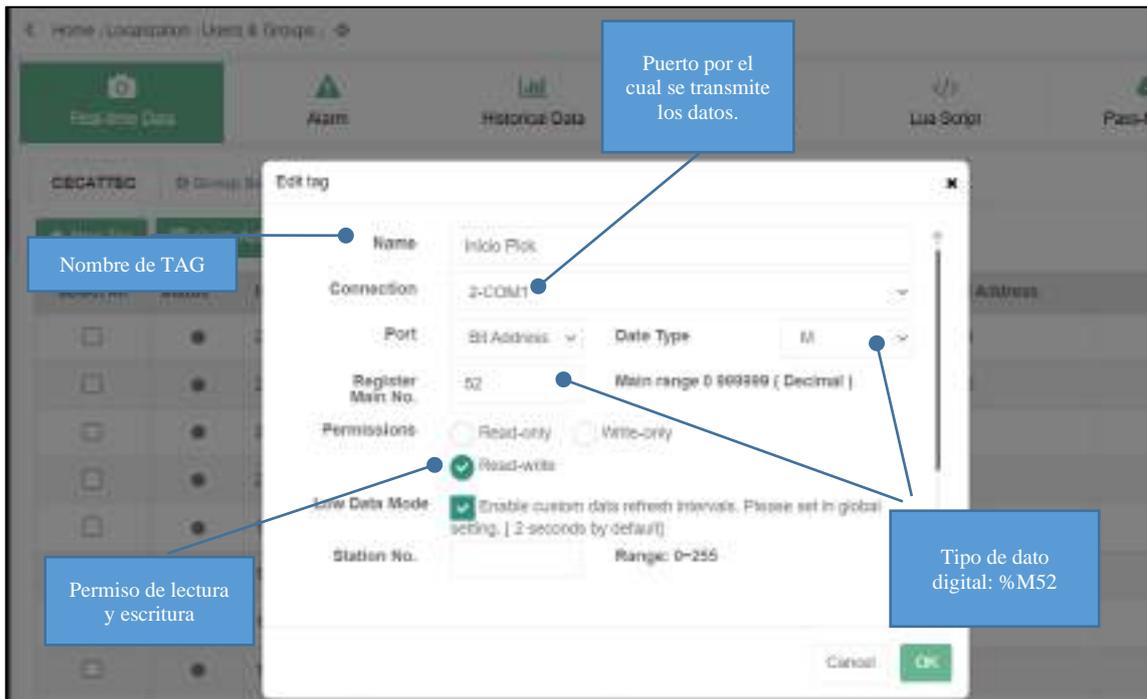


De la misma forma se realiza la configuración en el software EcoStruxure, tomando las mismas configuraciones realizadas en la V-net.

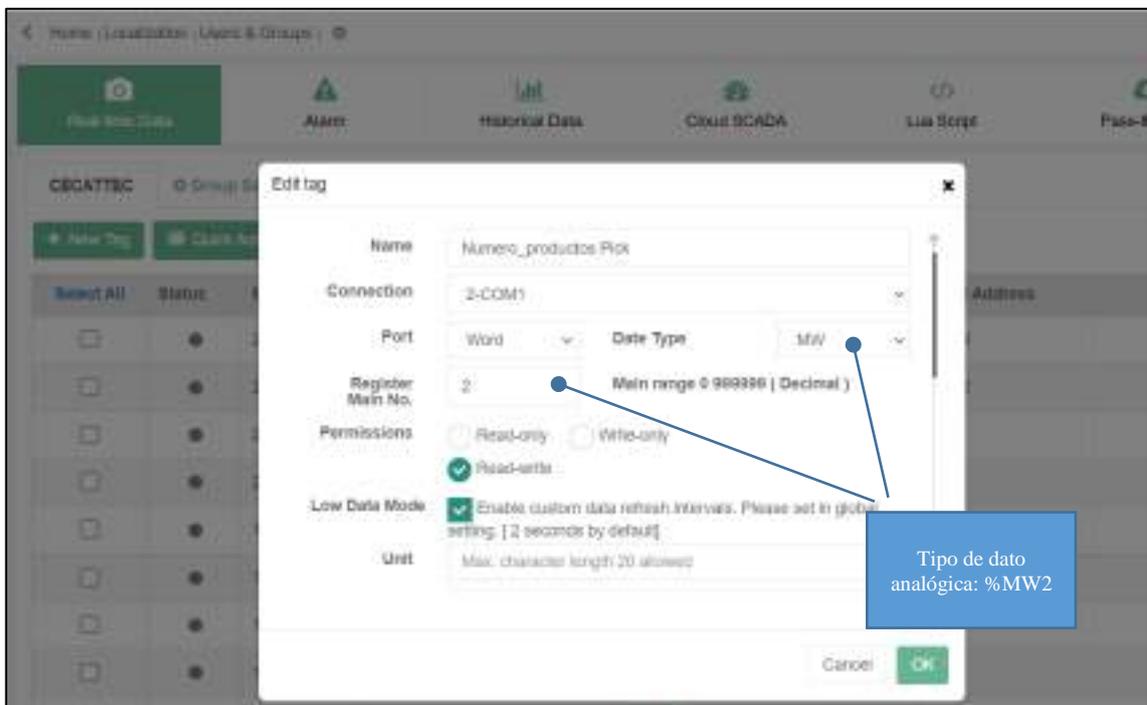


4. Creación de Tags para enviarlos a la plataforma V-net.

Para enviar las señales digitales en este caso las memorias de la tabla 17-4 se ubica en la pestaña Real-Time Data, New tag, y aplicaremos la configuración indicada en la siguiente figura, que muestra el proceso para la memoria INICIO y que de igual forma se realizaría para todas las entradas y salidas digitales.

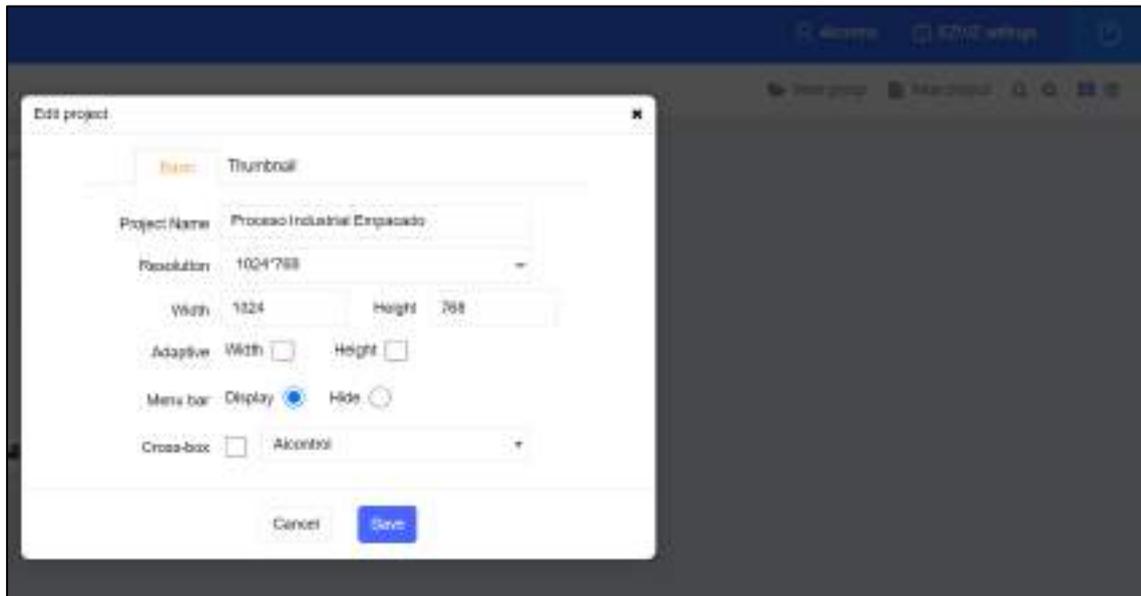


Para crear los TAGS de envío de datos hacía en el PLC, configuramos según la siguiente figura, tomado la asignación de la memoria %MW2 como se muestra en la tabla 18-4.

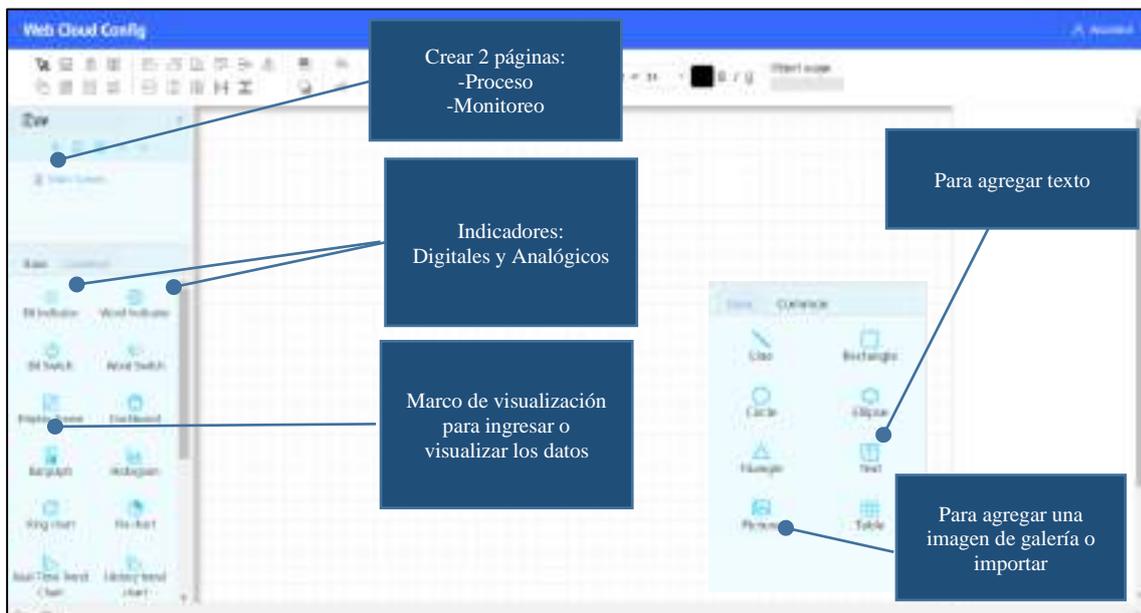


5. Configuración de la WebSCADA

Como primer paso, nos ubicaremos en la pestaña **SERVICE** y elegimos **cloud SCADA**, donde se nos aparecerá una pantalla como se indica en la siguiente figura, en la cual creamos un nuevo proyecto.

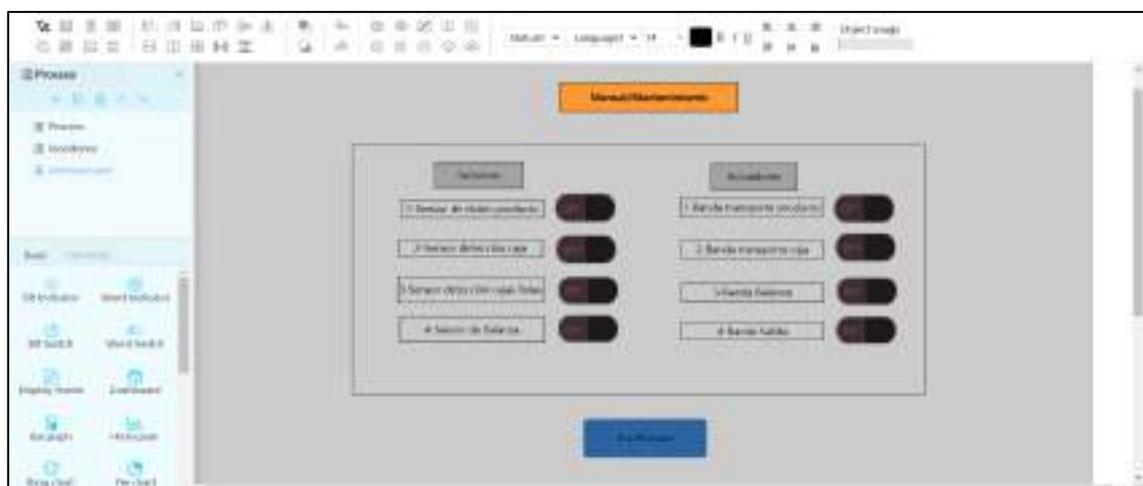
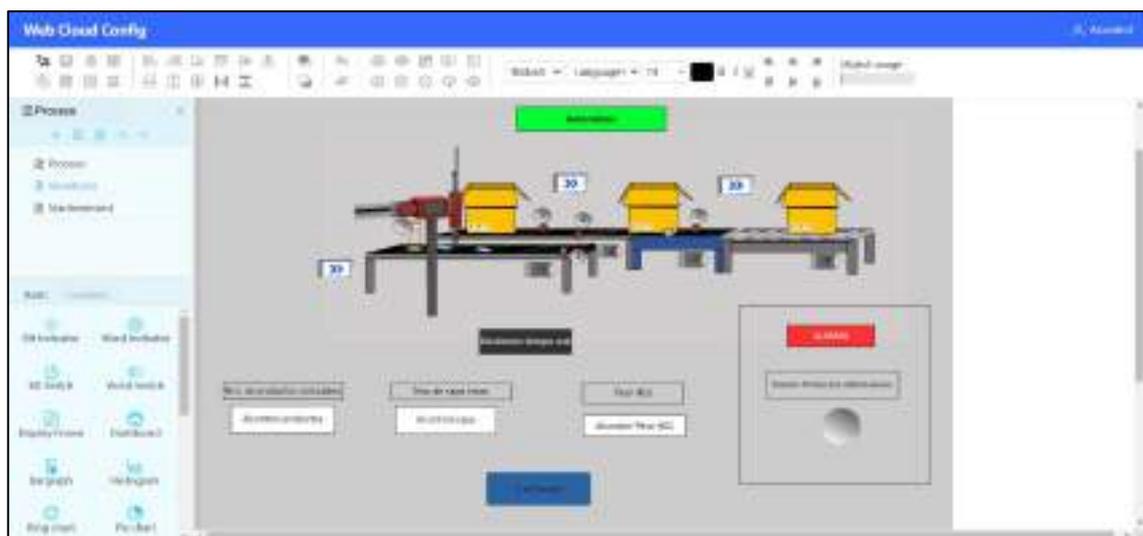
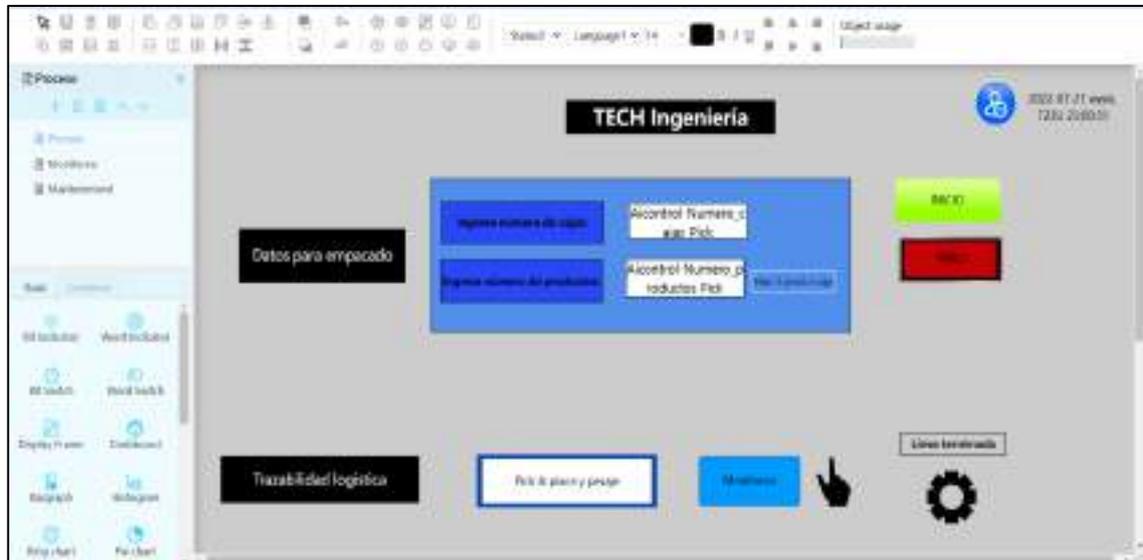


Las principales herramientas que se utilizará para la creación del SCADA son las especificadas en la siguiente figura.

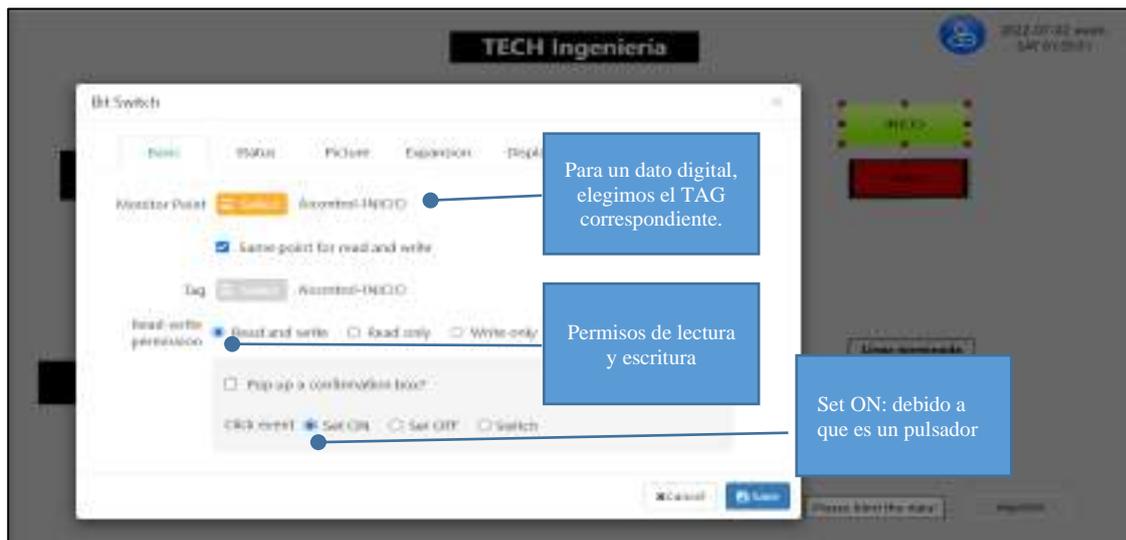


6. Creación de Tags para enviarlos a la plataforma V-net.

Con ayuda de las herramientas creamos la interfaz mostrada en la figuras a continuación, donde se muestra tres páginas llamadas PROCESO, MONITOREO y MANTENIMIENTO



Como ejemplo la asignación de un botón al TAG realizado en un punto anterior se especifica en la siguiente figura, donde se muestra como ejemplo al botón INICIO.



Se puede elegir el diseño de color que tendrá dicho botón en la pestaña PICTURE, y eligiendo de galería o importando la imagen deseada como se muestra en la siguiente figura con dos estados (encendido y apagado).

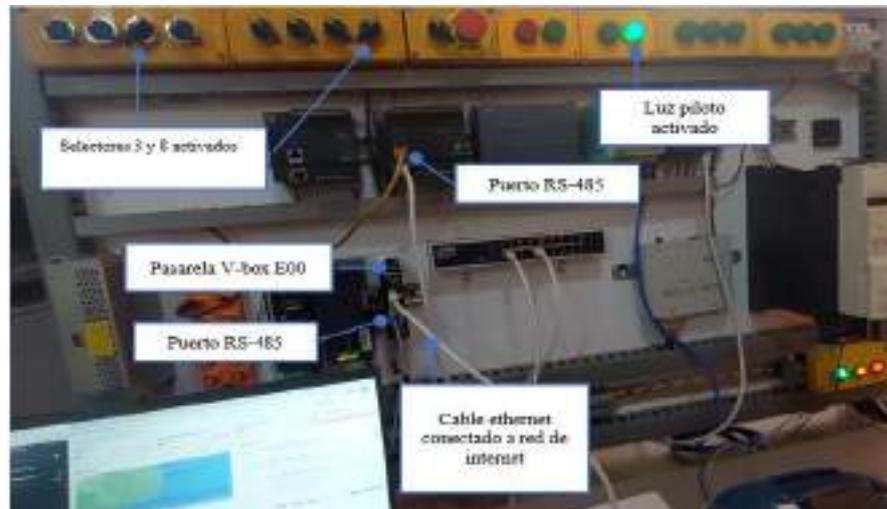


Para las MWORD o memorias analógicas hacemos uso del display frame y asignamos el TAG a ser visualizado como se muestra en la figura posterior y en los permisos se marca solo de escritura debido a que es un valor que debemos introducir por teclado.



7. Verificar el funcionamiento

En la siguiente figura se observa la comunicación de software a hardware.



8. Verificación de la interfaz de la plataforma V-net desde un celular.

A continuación, se puede observar Control y adquisición de datos en teléfono inteligente de una red completamente diferente, en esta prueba utilizando red internet móvil de alguna red telefónica, lo que garantiza su funcionamiento desde cualquier lugar utilizando la aplicación de V-net. mientras se observa el proceso en Factory IO.



9. Conclusiones

- Debido a la buena distribución de elementos en el sistema de entrenamiento, el tiempo de conexión física de los dispositivos se logra en un tiempo mínimo y con todas las seguridades.
- El control y monitorización de esta escena se pudo realizar desde un celular, por medio de la nube V-net desde la ciudad de Riobamba hasta la ciudad de Ambato, donde se puede observar una falta de precisión en la detección de los sensores debido a la latencia en la red.

Anexo K: Desarrollo de la práctica 8

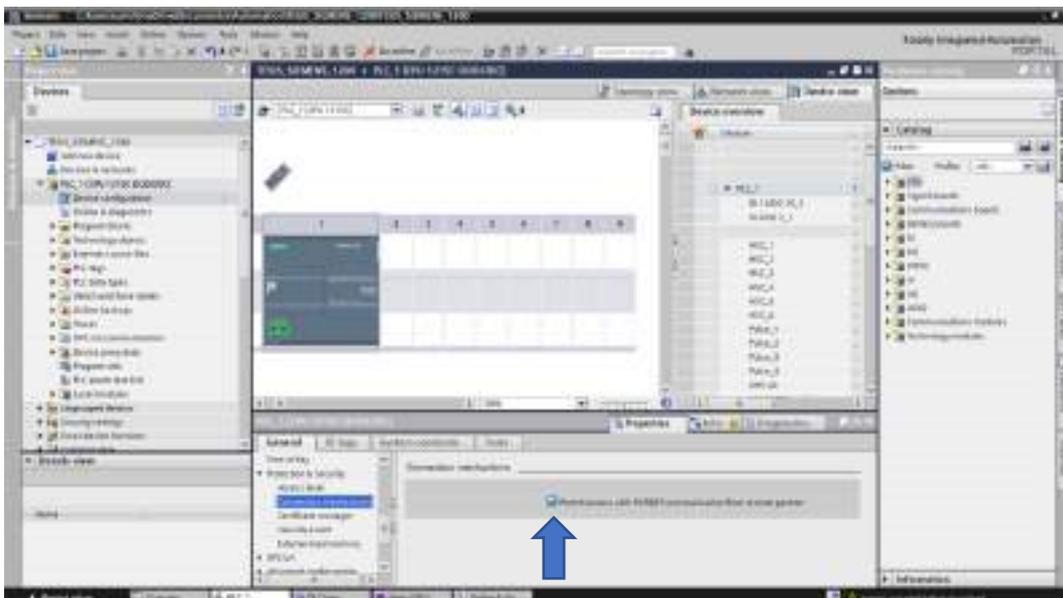
1. Conexión física de los elementos a utilizar

Se debe tener en cuenta que una vez conectado el módulo a la energía eléctrica 110v, procedemos al accionamiento del interruptor termomagnético unipolar, y mediante el tercer selector (S3) permite el paso de corriente hacia el PLC y el selector (S8) alimentamos la pasarela especificados según la configuración eléctrica (Ver anexo E) con el que fue diseñado el sistema de entrenamiento, además de indicarnos con una luz piloto el uso de este PLC y las luces intermitentes de funcionamiento de la pasarela Ewon Flexy 205. La comunicación de la pasarela al PLC es ethernet.

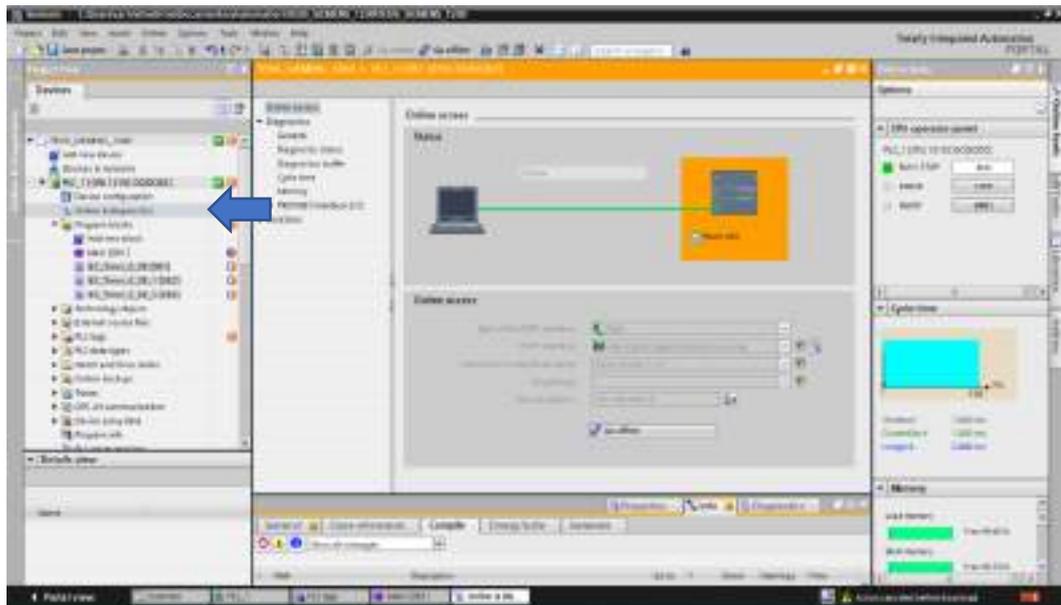
2. Establecer conexión y verificación mediante eCatcher, se ha asignado al PLC S7-1200 el puerto B.



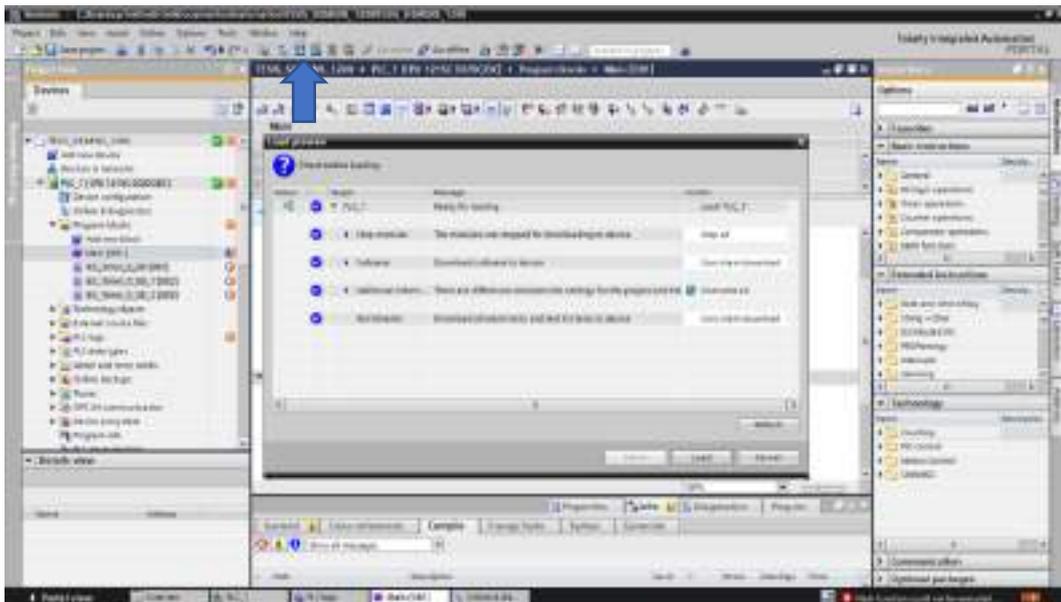
3. En el programa Tia Portal v16, activamos la casilla mostrada en la figura a continuación que se encuentra en la pestaña mecanismo de conexiones.



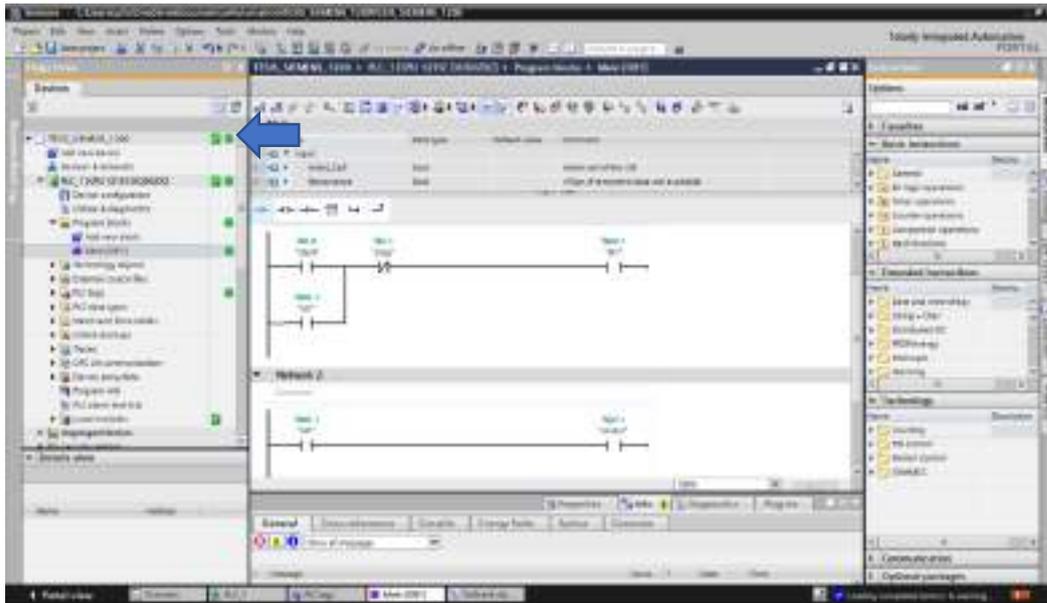
4. Presionamos en la pestaña Online y diagnostics y configuramos según la figura siguiente



5. Realizamos la descarga hacia el PLC realizando un click en la pestaña indicada en la siguiente figura.

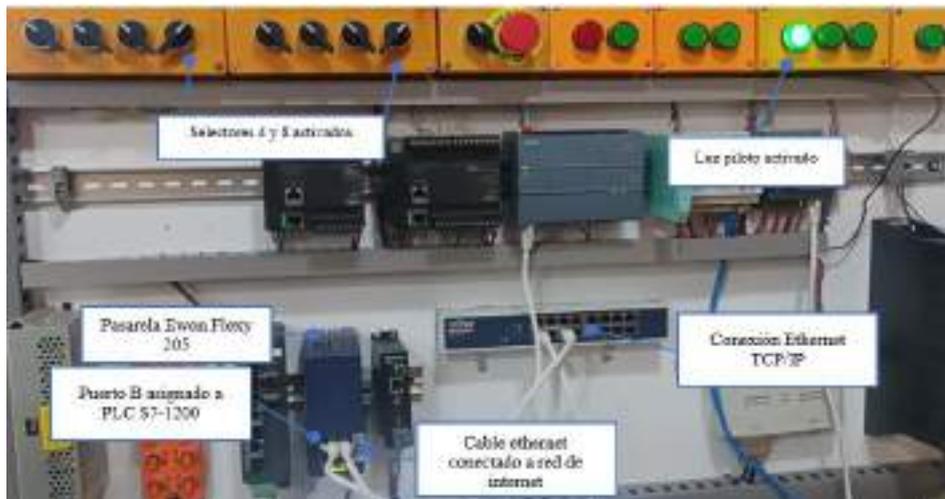


6. Se observa que se estableció la conexión con eficacia y se puede modificar cualquier error en el proceso de paletizado de la escena factory IO.



7. Simulación

Se observa en la siguiente imagen la comunicación física entre PLC y pasarela Ewon Flexy 205, mediante comunicación ethernet, por la cual se puede controlar de manera remota desde cualquier dispositivo externo.



8. Conclusiones

- Se realiza correctamente la conexión remota y se puede descargar y modificar el programa desde cualquier lugar en este caso desde Riobamba-Ambato.
- La descarga remota de los programas hacia el PLC presenta un retardo debido a la distancia que se encuentra la pasarela.

Anexo L: Pruebas ping a los Dispositivos

Comando PING de PC a PLC Schneider - M221CE24T

```
Administrador: Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.22000.795]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Windows\system32>ping 192.168.100.24

Haciendo ping a 192.168.100.24 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.100.24: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.100.24:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 2ms, Medio = 2ms

C:\Windows\system32>
```

Comando PING de PC a PLC Schneider M221CE16T

```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.22000.795]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\carlosping 192.168.100.16

Haciendo ping a 192.168.100.16 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.100.16: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.100.16: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.100.16: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.100.16: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.100.16:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 3ms, Medio = 2ms

C:\Users\carlosping
```

Comando PING de PC a PLC Siemens 1200 DC/DC/DC

```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.22000.795]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

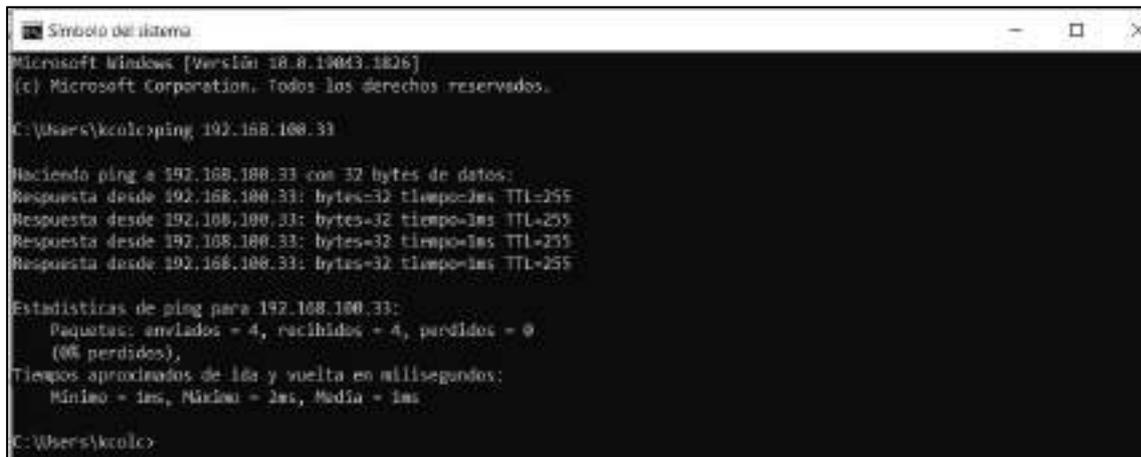
C:\Users\carlosping 192.168.100.18

Haciendo ping a 192.168.100.18 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.100.18: bytes=32 tiempo=11ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.100.18: bytes=32 tiempo=3ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.100.18: bytes=32 tiempo=4ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.100.18: bytes=32 tiempo=3ms TTL=255

Estadísticas de ping para 192.168.100.18:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 3ms, Máximo = 11ms, Medio = 3ms

C:\Users\carlosping
```

Comando PING de PC a micro PLC Siemens LOGO v8.3



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.10043.1826]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

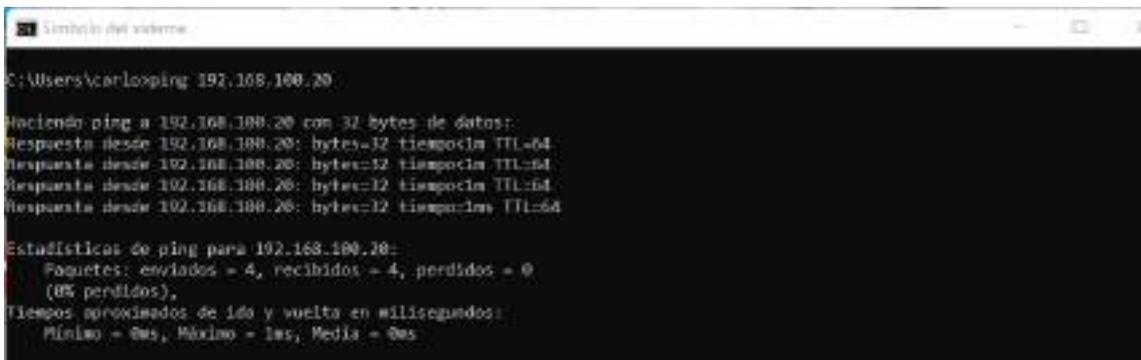
C:\Users\krculc>ping 192.168.108.33

Haciendo ping a 192.168.108.33 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.108.33: bytes=32 tiempo=1ms TTL=255

Estadísticas de ping para 192.168.108.33:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms

C:\Users\krculc>
```

Comando PING de PC a HMI Wecon PI3070N



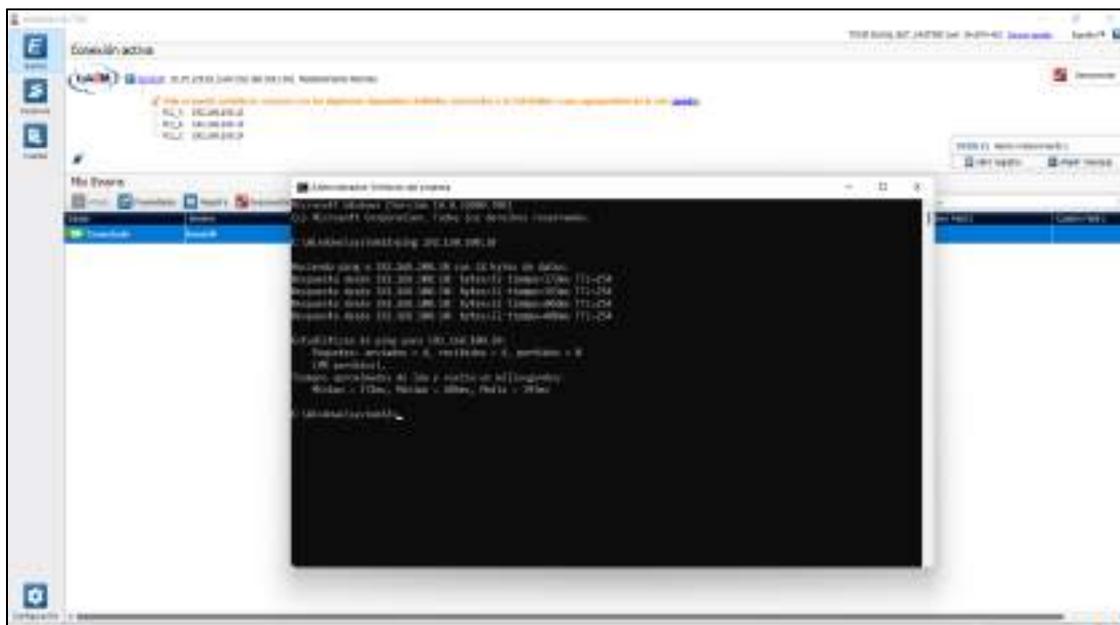
```
Símbolo del sistema

C:\Users\carloping>ping 192.168.100.20

Haciendo ping a 192.168.100.20 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.100.20: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.100.20:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms
```

Prueba de comunicación a dispositivo remoto S7-1200 a través de pasarela Ewon Flexy 205.



Anexo N: Encuesta de funcionalidad del sistema de entrenamiento de modelado y simulación

 <p>Automatización</p>	<p>Considerando las tecnologías de los PLCs que componen el sistema de entrenamiento, de acuerdo a su experiencia ¿Qué entorno de programación le resulta más idóneo para su aprendizaje?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Siemens – Tia portal<input type="radio"/> Siemens – Lads Soft<input type="radio"/> Schneider – EcoStruxure<input type="radio"/> Ninguno
<h3>Sistema de entrenamiento de modelado y simulación</h3> <p>La presente encuesta pretende obtener los resultados de la funcionalidad y eficacia del sistema de entrenamiento implementado. Desde ya agradecemos el tiempo que invierte en responderla.</p>	<p>¿Considera que los Pasarelas de IOT Industrial que interacción con los PLCs en el sistema de entrenamiento, facilitan el acceso a servicios de la Nube para la supervisión y monitoreo de datos de manera remota?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Si<input type="radio"/> No
<p>Nombre *</p> <p>Tu respuesta _____</p>	<p>¿Cree usted que el modelado y simulación de procesos industriales ahorra tiempo y dinero en la implementación de los mismos?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Si<input type="radio"/> No
<p>Ocupación *</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Estudiante<input type="radio"/> Ingeniero<input type="radio"/> Tecnólogo<input type="radio"/> Otro: _____	<p>En su opinión, ¿qué nivel de impacto tendrá contar con un sistema de entrenamiento de modelado y simulación de procesos industriales para su formación académica?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Alto<input type="radio"/> Medio<input type="radio"/> Bajo<input type="radio"/> Ninguno
<p>¿Cree usted que el software Factory I/O es una herramienta virtual que ayuda al aprendizaje en automatización de procesos industriales mediante el modelado y simulación 3D?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Si<input type="radio"/> No	<p>¿Le resulta importante la comunicación RS232 y Ethernet entre los dispositivos del sistema de entrenamiento?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Si<input type="radio"/> No <p>De los protocolos utilizados en el sistema de entrenamiento ¿Cuál le pareció más eficaz para la comunicación entre software y hardware?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Modbus TCP<input type="radio"/> ETHERNET/IP<input type="radio"/> OPC<input type="radio"/> Todos



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: 22 / 11 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR	
Nombres – Apellidos:	Carlos Alejandro Coronel Anilema Kevin David Colcha Sadva
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.



[Handwritten signature]

2160-DBRA-UPT-2022