

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática

Trabajo de Suficiencia Profesional

Módulo didáctico con So Machine y Movicon para la automatización de una miniplanta industrial en el Senati Juliaca

Max Javier Arizaca Paredes

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Sistemas e Informática

Lima, 2025

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Edson Raul Lazo Alvarez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 3 de Junio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"MÓDULO DIDÁCTICO CON SO MACHINE Y MOVICON PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA MINIPLANTA INDUSTRIAL EN EL SENATI JULIACA"

Autor:

Max Javier Arizaca Paredes – EAP, INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos Conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental, a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática; al Mag. Edson Raul Lazo Alvarez, asesor del presente informe de experiencia profesional, por su orientación y colaboración.

Al Senati Juliaca, mis compañeros de trabajo, por ser parte de la institución y permitir desarrollarme profesionalmente, brindando los conocimientos adquiridos en el transcurso de mi vida académica y laboral.

DEDICATORIA

A mis padres, Maximiliano e Isabel, y mi querida hija Abril Andrea, que fueron y son el apoyo incondicional motivacional en todos mis proyectos; por el amor incondicional y las ganas de hacerme salir adelante a pesar de las adversidades.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
Índice de contenidos	vi
Lista de tablas	ix
Lista de figuras	x
Resumen ejecutivo	xii
Introducción	xiii
Capítulo I	14
Aspectos generales de la institución	14
1.1. Datos generales de la institución.....	14
1.2. Actividades principales de la empresa	14
1.3. Reseña histórica de la institución	15
1.4. Organigrama de la institución	15
1.5. Visión y misión	16
1.5.1. Misión	16
1.5.2. Visión.....	16
1.6. Bases legales o documentos administrativos	16
1.6.1. Documentos con base legal.....	16
1.6.2. Documentos administrativos.....	17
1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales	18
1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa.....	19
1.8.1. Descripción del cargo	19
1.8.2. Responsabilidades asignadas al cargo.....	19
Capítulo II	20
Aspectos generales de las actividades profesionales	20
2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional.....	20
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional	21
2.3. Objetivos de la actividad profesional	22
2.3.1. Objetivo general.....	22
2.3.2. Objetivos específicos	22
2.4. Justificación de la actividad profesional	22
2.4.1. Justificación técnica	22
2.4.2. Justificación económica	22
2.4.3. Justificación profesional	22
2.4.4. Justificación ambiental.....	22

Capítulo III.....	24
Marco teórico	24
3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas	24
3.1.1. Automatización	24
3.1.2. El controlador lógico programable (PLC).....	25
3.1.2.1. Definición y principio de operación.....	25
3.1.2.2. Interfaces.....	28
3.1.3. Software de programación So Machine	31
3.1.3.1. Programación	31
3.1.4. HMI (interfaz humano-máquina)	32
3.1.4.1. Funciones de la HMI.....	33
3.1.5. Sensores y actuadores	34
3.1.5.1. Sensores	34
3.1.5.2. Actuadores.....	37
3.1.6. Sistemas de control	38
3.1.7. Redes de comunicación.....	39
3.1.8. Protocolo de comunicación	40
3.1.9. Software Movicon.....	40
3.1.10. Módulo didáctico electroneumático	41
Capítulo IV	42
Descripción de las actividades profesionales	42
4.1. Descripción de actividades profesionales	42
4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales.....	42
4.1.2. Alcance de las actividades profesionales	43
4.1.3. Entregables de las actividades profesionales	44
4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	45
4.2.1. Metodologías	45
4.2.2. Técnicas	45
4.2.3. Instrumentos.....	46
4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades.....	46
4.3. Ejecución de las actividades profesionales	46
4.3.1. Cronograma de actividades realizadas	46
4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	47
4.3.2.1. Dimensionamiento de equipos, máquinas e instrumentos a utilizar	47
4.3.2.2. Descripción de funcionamiento del módulo	48

4.3.2.3. Procedimiento de la configuración y direccionamiento de entradas y salidas del PLC para la miniplanta industrial en el software de programación So Machine Basic.....	49
4.3.2.4. Programación en So Machine Basic en lenguaje de programación Ladder de la miniplanta industrial.....	53
4.3.2.5. Transferencia del programa de funcionamiento de la miniplanta al PLC M221	58
4.3.2.6. Programación de la pantalla HMI, con el software Movicon 11.6.....	61
Capítulo V	75
Resultados.....	75
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas.....	75
5.2. Logros alcanzados.....	76
5.3. Dificultades encontradas	76
5.4. Planteamiento de mejoras	76
5.4.1. Metodologías propuestas	76
5.4.2. Descripción de la implementación.....	77
5.5. Aporte del bachiller en la institución	77
Conclusiones.....	78
Recomendaciones.....	79
Referencias	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de Actividades	19
Tabla 2. Cronograma de actividades	47
Tabla 3. Equipos máquinas y componentes de miniplanta de envasado	47
Tabla 4. Dimensionamiento de entradas del PLC	51
Tabla 5. Dimensionamiento de salidas del PLC.....	52
Tabla 6. Tipos de variables de proceso Tags	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama estructural: Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial	16
Figura 2. Consulta RUC.....	17
Figura 3. Estructura de la organización a nivel zonal	18
Figura 4. Controlador lógico programable M221 Schneider Electric	26
Figura 5. Ejemplo de lenguaje de programación. Lista de instrucciones.....	30
Figura 6. Ejemplo de lenguaje de programación Ladder	30
Figura 7. Ejemplo de bobinas en lenguaje de programación Ladder	30
Figura 8. Señales analógicas y discretas	30
Figura 9. Gráfico estimado de una pantalla de un terminal HMI.....	33
Figura 10. Tipos de sensores	34
Figura 11. Tipos de actuadores.....	36
Figura 12. Tipos de actuadores neumáticos	37
Figura 13. Módulo de válvulas solenoides.....	37
Figura 14. Niveles de funcionamiento de un sistema de control distribuido típico	39
Figura 15. Sistema de supervisión, control y adquisición de datos con software Movicon.....	40
Figura 16. Módulo didáctico de entrenamiento electroneumático automatizado por hardware y software	41
Figura 17. Gantt de proyecto.....	47
Figura 18. Datos de proyecto completados en la portada	49
Figura 19. Datos técnicos del proyecto	50
Figura 20. Configuración del controlador.....	51
Figura 21. Etiquetado de entradas con la descripción de funcionamiento	52
Figura 22. Etiquetado de salidas con la descripción de funcionamiento.....	53
Figura 23. Etapa de inicio de funcionamiento con los controles de marcha y paro del proceso	54
Figura 24. Etapa de dosificado de envases y funcionamiento de la faja transportadora	54
Figura 25. Etapa de llenado de producto a los envases.....	55
Figura 26. Etapa de colocado de tapa en los envases.....	56
Figura 27. Etapa de roscado y tapado del envase con el producto	57
Figura 28. Etapa de conteo de envases del producto terminado	58
Figura 29. Descarga del programa hacia el PLC.....	59
Figura 30. Cambio de la dirección IP de la PC en el dominio del PLC	59
Figura 31. Inicio de sesión	59
Figura 32. Descargamos el programa al PLC	60

Figura 33. Iniciar controlador	60
Figura 34. Se ejecuta el programa.....	60
Figura 35. Iniciamos con el software Movicon.....	61
Figura 36. Selección de carpeta	61
Figura 37. Selección del driver del protocolo de comunicación	62
Figura 38. Selección del tamaño de la pantalla hardware	62
Figura 39. Selección de la estación de trabajo y dirección IP del PLC.....	63
Figura 40. Selección de la dirección IP del PLC.....	63
Figura 41. Comprobación de la comunicación de la PC con el PLC	64
Figura 42. Se crean las pantallas del diseño de presentación.....	64
Figura 43. Creación de las pantallas de diseño de la planta.....	65
Figura 44. Se agrega por protocolo Modbus TCPIP las direcciones tipo marca basada en la lógica de control en So Machine	65
Figura 45. Se asigna la marca de las variables digitales	66
Figura 46. Se asigna la marca de las variables analógicas	66
Figura 47. Se agregan los Tags a las figuras de diseño según sus funciones	67
Figura 48. Reconocimiento de la pantalla HMI	67
Figura 49. Se busca la IP de la pantalla HMI.....	68
Figura 50. IP de la pantalla HMI.....	68
Figura 51. Se configura la IP de la PC con el dominio de la pantalla HMI	69
Figura 52. Se procede a la transferencia del programa de edición en Movicon al hardware HMI	69
Figura 53. Se valida la transferencia del archivo	69
Figura 54. Confirmación de la transferencia de archivos de programa satisfactoria	70
Figura 55. Se busca el archivo transferido	70
Figura 56. Se ubica la carpeta de archivos.....	71
Figura 57. Se abre en el ícono del programa Movicon	71
Figura 58. Se visualiza el primer sinóptico de presentación	72
Figura 59. Se visualiza el segundo sinóptico del proceso	73
Figura 60. Se visualiza el primer sinóptico en la PC software Movicon	73
Figura 61. Se visualiza el segundo sinóptico en la PC software Movicon.....	74
Figura 62. Control de proceso de automatización de una miniplanta dosificadora y envasadora controlada por PLC, y supervisado por PC y HMI.....	74

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional consiste en implementar una miniplanta de procesos industriales de dosificado envasado, automatizado por PLC y controlado y supervisado por HMI, PC para la institución Senati, especialidad de Electricidad Industrial y para el desarrollo de los cursos de Automatización Industrial. La institución se dedica a la formación profesional técnica para la industria, y entre sus contenidos contempla el desarrollo del curso de Automatización, tal es así que se cuenta con simuladores a nivel informático y módulos de enseñanza, la implementación de esta miniplanta reemplazará los ejercicios de laboratorio de diferentes tareas desarrolladas por los aprendices de la especialidad, por los simuladores y secuencias de funcionamiento de procesos electroneumáticos en módulos de enseñanza, que si bien es cierto, aportan en el reconocimiento, funcionamiento de componentes de sensores y actuadores del proceso, no muestran una aplicación real de comportamiento de dichos componentes, cuando funcionan sin elementos de carga.

Es de mucha importancia que en el transcurso de la capacitación de los jóvenes en estos temas, tengan que solucionar aspectos de sintonización y calibración de sensores y actuadores eléctricos y neumáticos, observando cada parte del proceso, haciéndolos funcionales y exactos, tener en consideración cómo podría afectar al proceso industrial propuesto, una mínima falla en cualquier etapa de funcionamiento, y sabiendo que en la actualidad en los procesos de la industria se han integrado las ciencias de la electricidad (accionamiento de motores eléctricos, transformadores, control de iluminación, etc.), electrónica (circuitos de control digitales y analógicos) y la informática (desarrollo de *software* en control de autómatas programables, supervisión y control, protocolos de comunicación, redes industriales); donde los aprendices de la especialidad tendrán la oportunidad de mejorar sus aplicaciones en programación de PLC y HMI. Conocer y desarrollar lenguajes de programación para autómatas programables, utilizar instrucciones de acuerdo con la aplicación de cada etapa, ya sean tipo bit, byte, Word, etc. Enlazar las comunicaciones entre PC y controlador mediante protocolos de comunicación abiertos o cerrados, realizar la programación de control y supervisión mediante pantallas que permitan el diálogo humano - máquina, y PC donde podrán visualizar en tiempo real el transcurso del proceso, agregar alarmas en posibles fallas e implementar en el proceso un sistema de conteo de piezas de producto terminado.

Palabras claves: automatización, miniplanta industrial, módulo didáctico, Movicon, Senati, so machine

INTRODUCCIÓN

A medida que la tecnología avanza, las industrias tienen la necesidad de modernizar y automatizar sus procesos. Esto implica una mejora y nuevas alternativas de sistemas de control para el uso de diferentes aplicaciones, las áreas de control y automatización de las industrias han evolucionado muy rápidamente, ya que esto proporciona una clave muy importante en los procesos de control y calidad, y constituye una parte del proceso de industrialización de cualquier producto, en este caso, se trata sobre la implementación de un módulo didáctico con *So machine* y *Movicon* para la automatización de una miniplanta industrial en el Senati Juliaca.

La automatización de la miniplanta industrial abordada para el presente estudio se dedica a la implementación de un módulo de enseñanza, en donde, para el correcto funcionamiento de sus procesos dosificado y envasado, dependen de un control automático realizado por *software So Machine* con un lenguaje de programación *Ladder*, mediante un controlador lógico programable, y supervisado por *software Movicon* mediante una pantalla HMI y PC.

En el Capítulo 1, se realiza una descripción de la empresa, el rubro de su actividad y las responsabilidades del suscrito en los procesos de capacitación y formación profesional de jóvenes para la industria. En el Capítulo 2, se detallan las oportunidades de mejora, sobre la base de los antecedentes y la situación encontrada, dando a conocer las alternativas de control y supervisión adecuados a los procesos industriales. En el Capítulo 3, se agrega el conjunto de conocimientos y experiencias previas, básicas e indispensables que poseen en común las oportunidades de mejora que intervienen en el proceso a implementar en el presente trabajo y se desarrolla el diseño del sistema de automatización. En el Capítulo 4, se desarrolla el diseño del sistema de automatización de la miniplanta, dando a conocer los equipos, *software* y elementos periféricos por utilizar, y su dimensionamiento según la aplicación, se detalla la programación en *So machine*, en lenguaje *Ladder*, cada parte del proceso de automatización desde la etapa de dosificación de envases, llenado de producto, colocado de tapa al envase, roscado de la tapa al envase y producto terminado, programación de la pantalla HMI en el *software Movicon*, donde se podrá controlar y visualizar el proceso de forma virtual en tiempo real, se detallan los pasos de edición de los sinópticos por mostrar, se realiza la comunicación de *software* y *hardware* entre PLC, HMI y PC mediante protocolo de comunicación Ethernet TCP/IP. se muestran los resultados de las simulaciones y funcionamiento.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA INSTITUCIÓN

El Senati es una institución creada por la Sociedad Nacional de Industrias, con el objetivo de brindar a los jóvenes la oportunidad de formarse y capacitarse profesionalmente en las actividades que la industria requiere en instalaciones, reparaciones y mantenimiento para cualquier otra actividad económica.

1.1. Datos generales de la institución

- Tipo de contribuyente: Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial
- Nombre comercial: Senati
- RUC: 20131376503
- Representante legal: Sr. Gustavo Alva Gustavson
- Cargo: Director Nacional
- Inicio de actividades: desde 1961
- Departamento: Lima
- Provincia: Lima
- Distrito: San Martín de Porras.
- País: Perú

1.2. Actividades principales de la empresa

La actividad principal del Senati es impartir formación y capacitación profesional para la actividad industrial manufacturera y para las labores de instalación, reparación y mantenimiento. Asimismo, desarrollar técnicos.

Para el cumplimiento de sus funciones, el Senati ha establecido un Sistema de Formación y Capacitación Profesional que responde a las reales demandas de la actividad productiva. Este sistema tiene las siguientes características:

- Participación de los empresarios en los órganos de dirección y en los procesos de planificación y desarrollo de la formación profesional: aproximadamente 250 empresarios, a nivel nacional.
- Programas, perfiles profesionales, contenidos curriculares, metodologías y formas organizativas que siguen el enfoque de formación profesional por competencias laborales concretas.
- Programas técnico-docente y de gestión con experiencia industrial, capacitado y perfeccionado en países altamente desarrollados de América, Europa y Asia.
- Centros de formación y capacitación profesional con equipamiento moderno y permanentemente actualizado.
- Tecnología educativa innovadora en materia de formación profesional técnica, con reconocimiento a nivel nacional e internacional.
- Experiencia en la gestión económico-financiera acorde con las técnicas modernas de calidad, productividad y rentabilidad [1].

1.3. Reseña histórica de la institución

En 1960, los empresarios de la Sociedad Nacional de Industrias emprendieron la creación de una institución que capacite a miles de jóvenes en la actividad industrial manufacturera y en las labores de instalación, reparación y mantenimiento. Es así, que un año después, el 19 de diciembre de 1961, Senati fue creado mediante la Ley N.º 13771 [2].

1.4. Organigrama de la institución

A continuación, se muestra la estructura organizacional del Servicio Nacional de la empresa:

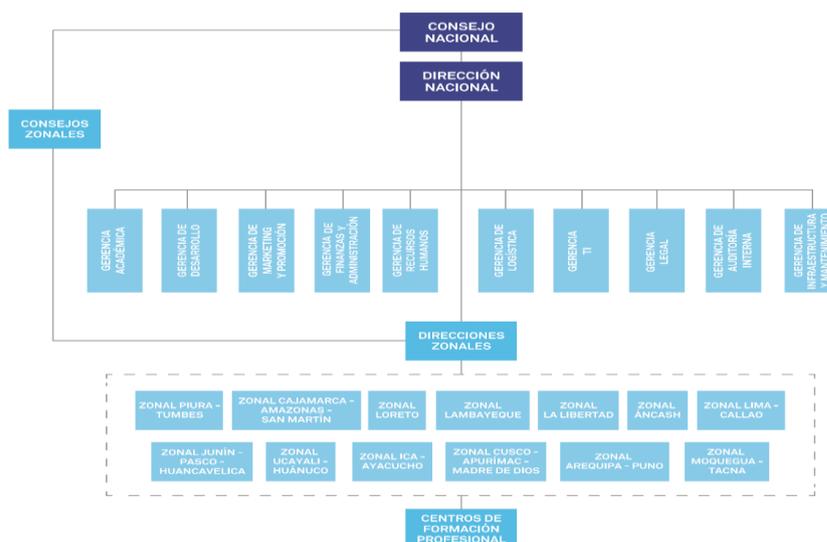


Figura 1. Organigrama estructural: Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial
Nota: Tomada del documento institucional del Senati, 2023

1.5. Visión y misión

Según el sitio web [3] del Senati (Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial), la institución tiene como:

1.5.1. Misión

Formar profesionales técnicos innovadores y altamente productivos.

1.5.2. Visión

Liderar en América Latina, la excelencia en formación profesional tecnológica.

1.6. Bases legales o documentos administrativos

El Senati es una institución creada por ley a iniciativa de la Sociedad Nacional de Industria y sustenta su base legal con lo siguiente:

1.6.1. Documentos con base legal

El Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial Senati, conforme a la Ley N.º 26272, modificada por la Ley N.º 29672, es una persona jurídica de derecho público, con autonomía técnica, pedagógica, administrativa y económica, con patrimonio propio, de gestión privada, no comprendida en el ámbito de aplicación de las normas del sistema administrativo del sector público, que tiene por finalidad proporcionar formación profesional y capacitación a los trabajadores de las actividades productivas consideradas en la categoría D de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) de todas las actividades económicas de las Naciones Unidas (Revisión 3) y de todas las demás actividades industriales de instalación,

reparación y mantenimiento contenidas en cualquier otra de las categorías de la misma clasificación.

EL Senati se rige por las disposiciones contenidas en la Ley N.º 26272, su modificatoria la Ley N.º 29672, su Estatuto aprobado por el Consejo Nacional, y la Ley N.º 17045, que le dan la naturaleza de ser una organización de gestión privada porque no forma parte del Presupuesto del Sector Público y goza de autonomía en su gestión, y el Consejo Nacional tiene la responsabilidad exclusiva en la administración y aplicación de las rentas del Senati, así como a dictar todas las normas de control que aseguren la recta aplicación de la rentas, de acuerdo con los fines del Senati [2].

Resultado de la Búsqueda			
Número de RUC:	20131376503 - SERVIC NAC DE ADIESTRAM EN TRABAJ INDUST		
Tipo Contribuyente:	UNIVERS. CENTROS EDUCAT. Y CULT.		
Nombre Comercial:	SENATI		
Fecha de Inscripción:	04/05/1993	Fecha de Inicio de Actividades:	19/12/1981
Estado del Contribuyente:	ACTIVO		
Condición del Contribuyente:	HABIDO		
Domicilio Fiscal:	AV. ALFREDO MENDIOLA NRO. 3520 (CARR. PANAMERICANA NORTE KM. 15.2) LIMA - LIMA - INDEPENDENCIA		
Sistema Emisión de Comprobante:	MANUAL/COMPUTARIZADO	Actividad Comercio Exterior:	SIN ACTIVIDAD
Sistema Contabilidad:	COMPUTARIZADO		
Actividad(es) Económica(s):	Principal - 8530 - ENSEÑANZA SUPERIOR Secundaria 1 - 93098 - OTRAS ACTIVD. DE TIPO SERVICIO NCP		
Comprobantes de Pago c/aut. de impresión (F. 806 u 816):	FACTURA BOLETA DE VENTA LIQUIDACION DE COMPRA NOTA DE CREDITO NOTA DE DEBITO GUIA DE REMISION - REMITENTE COMPROBANTE DE RETENCION		
Sistema de Emisión Electrónica:	DESDE LOS SISTEMAS DEL CONTRIBUYENTE. AUTORIZ DESDE 06/07/2016 GUIA DE REMISION DESDE 06/01/2019		
Emisor electrónico desde:	06/07/2016		
Comprobantes Electrónicos:	BOLETA (desde 06/07/2016),FACTURA (desde 06/07/2016),GUIA (desde 06/01/2019)		
Afiliado al PLE desde:	01/01/2013		
Padrones:	Incorporado al Régimen de Agentes de Retención de IGV (R.S.395-2014) a partir del 01/02/2015		
Fecha consulta: 14/08/2023 20:14			

Figura 2. Consulta RUC
Nota: Tomada de Sunat, por Senati, 2023

1.6.2. Documentos administrativos

- Reglamento interno de trabajo del Senati: Tiene por objeto establecer las normas destinadas a fomentar y mantener la armonía en las relaciones laborales entre la institución y sus trabajadores, consideradas como una obra común de cooperación y acuerdo que debe primar en todos los niveles de la organización y que se enfoca, de un lado, a la realización plena del trabajador y, de otro lado, a la consecución de los fines sociales de la institución, en un marco de equidad y eficiencia [4].

- Reglamento interno de Seguridad y Salud en el Trabajo: Es una herramienta que, en el marco del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo del Senati, promueve una cultura de prevención en riesgos laborales [5].
- Código de Ética y Conducta Senati: Tiene como objetivo constituir una guía de comportamiento para toda persona vinculada a Senati, orientando el desempeño de sus funciones y relaciones interpersonales, bajo un conjunto de principios éticos, sin perjuicio de observar los demás deberes y prohibiciones establecidos en otras normas aplicables a este fin, contribuyendo así al logro de la Visión y Misión de Senati [6].

1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales

El Senati, dentro de las diferentes familias ocupacionales, en los que se refiere a formación y capacitación profesional de jóvenes, una de ellas es Electrotecnia y una rama de esta ocupación es la especialidad de Electricidad Industrial, y en sus contenidos sintéticos en diferentes semestres se desarrollan temas de Automatización Industrial, se capacita a los aprendices en el uso y programación de Autómatas programables como PLC, Módulos y secuenciadores programables, control de variadores de frecuencia para motores eléctricos, sistemas de control y monitoreo por HMI, control, supervisión y adquisición de datos en procesos industriales por Scada, para su aplicación en la implementación, o mantenimiento en las distintas actividades productivas y de servicio en la industria a nivel nacional.

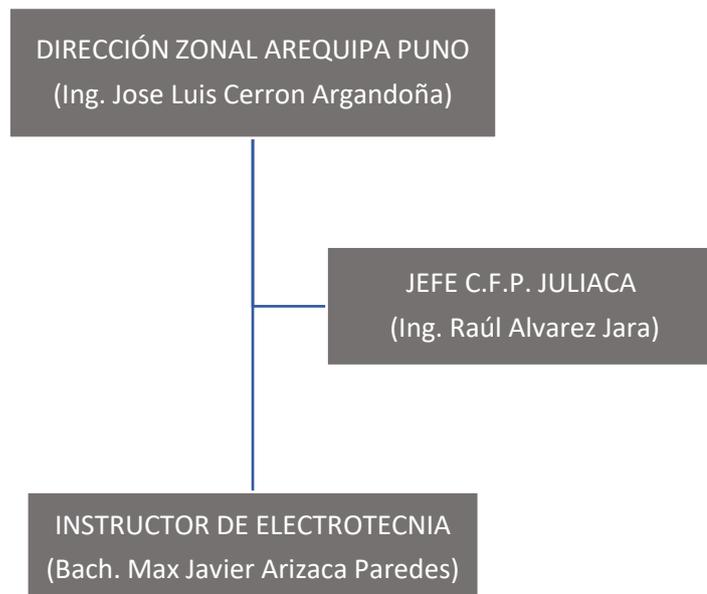


Figura 3. Estructura de la organización a nivel zonal
 Nota: Tomada de la estructura a nivel Zonal (Arequipa-Puno), 2023

1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa

En este capítulo se detalla el cargo y responsabilidades del bachiller en sus funciones y labores en la institución.

1.8.1. Descripción del cargo

- Cargo: Instructor de Electricidad Industrial
- Cargo: Integrante del comité de seguridad y salud ocupacional del Senati Juliaca
- Cargo: responsable del sistema de Eléctrico del Centro de Formación Profesional Senati Juliaca

1.8.2. Responsabilidades asignadas al cargo

A continuación, se detallan las labores desarrolladas por el bachiller, como parte del cumplimiento de las funciones encargadas.

Tabla 1. Descripción de Actividades

Ítem	Actividad	Descripción de actividades
1	Instructor de Electricidad Industrial	Desarrollar la labor de instrucción en la formación y capacitación profesional en la especialidad, aplicando estrategias de enseñanza aprendizaje como el método de proyectos, estando a cargo de los últimos semestres en los que se desarrollan temas en Automatización Industrial, los mismos que comprende la instalación y programación de PLC, con la utilización de diversos <i>softwares</i> de programación como <i>So Machine Basic</i> (Schneider), <i>Tia Portal</i> (Siemens), <i>Rockwell Automation</i> (Allen Bradley), así mismo, en los temas de supervisión y control de procesos en la industria, la aplicación del <i>software Movicon</i> para la edición y programación de HMI para el dialogo humano-máquina, como también el <i>software Intouch</i> y su aplicación en sistemas de control-supervisión y adquisición de datos Scada.
2	Integrante del comité de seguridad y salud ocupacional del Senati Juliaca.	El uso de distintos protocolos de comunicación como el Modbus TCP, Ethernet IP, en la interacción entre autómatas programables, HMI, PC, y variadores de frecuencia vía red, para un control de forma remota. Llevar el control estricto de los activos fijos de los equipos y máquinas que están a mi cargo.
3	Responsable del sistema de Eléctrico del Centro de Formación Profesional Senati Juliaca	<ul style="list-style-type: none">• Participar en el comité de seguridad y salud en el trabajo desarrollando las actividades en prevención de riesgos, elaboración de IPER, actualización de mapas de riesgo del centro y colaborar activamente en simulacros.• Supervisar y verificar el sistema eléctrico de la sede Juliaca, casa de fuerza, grupos electrógenos tablero general y tableros de distribución.• Verificar el funcionamiento del sistema contra incendios, electrobombas y tableros de control, así también, los sistemas de detección y alarma contra incendios - DASI.

Nota: Tomada del Manual de Organización y Funciones de Senati, 2023.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

Los adelantos en la ciencia sugieren en las organizaciones una constante capacitación y actualización tecnológica, en la búsqueda de generar una mejor calidad de vida de las personas, los centros de formación profesional como el Senati, están abocados en la formación profesional técnica de jóvenes, los que estarán involucrados en un ambiente laboral donde prima la competitividad y, por ello, es de mucha importancia realizar un trabajo, considerando los antecedentes evaluar su situación actual, identificar sus necesidades y sugerir acciones que mejoren sus procedimientos en sus actividades, justificar la propuesta de trabajo en busca de obtener resultados propuestos en los objetivos.

2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional

Los adelantos tecnológicos a nivel de la industria, hacen que las ciencias de la electricidad, electrónica y sistemas informáticos se relacionen a fin de efectivizar los procesos productivos de la industria, tales como la manufactura y control de procesos industriales, y es así como en la institución Senati se forma jóvenes para su desempeño en el sector de la industria, específicamente en la especialidad de Electricidad Industrial, donde dicha formación consta en el adiestramiento de las ciencias de la Electricidad y Electrónica, desde las aplicaciones básicas hasta el control industrial de los diversos sistemas de producción, y es justamente este último en el que se tiene que poner bastante interés en la capacitación, en el tema de automatización industrial.

Si bien es cierto, los contenidos de aprendizaje contemplan temas tecnológicos y prácticos en automatización industrial, no se cuenta con un módulo demostrativo en aplicación real de proceso de inicio y producto final en estos temas, que generen un efecto motivante en

los aprendices, es un hecho que estas innovaciones se aplicarán desde pequeños procesos de manufactura hasta los más complejos sistemas de automatización industrial, es esta la razón de realizar un proceso productivo en serie, en un módulo de enseñanza donde se integren las tecnologías de electricidad, electrónica y sistemas, donde la utilización del *software* de programación *So Machine Basic* y *Movicon*, para transferirlos a un *hardware* y a su vez este pueda realizar procesos industriales con el programa de edición, el controlador y complementado con un *software* de supervisión, y de esta forma mejorar la capacitación profesional en la institución.

2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional

Desde inicios del presente siglo, en el Perú, se vienen aplicando herramientas didácticas virtuales en diferentes centros de educación superior; producto del confinamiento, durante el 2020 se ha ido incrementando el uso de *software* de diseño, simulación y programación en distintas especialidades con una mayor demanda en las carreras técnicas y de ingeniería; debido a sus características, su utilización tiene una demanda creciente con una proyección del 11.68 % al 2028 [7]. Notablemente, estas herramientas coadyuvan en la etapa experimental del aprendizaje de los estudiantes. También cabe mencionar que el alumno puede desarrollar en mejor medida sus habilidades cognitivas, debido a la existencia de herramientas que no existían en la forma tradicional en la enseñanza y aprendizaje, como lo son los simuladores, autoevaluaciones, entre otros [8].

En la carrera de Electricidad Industrial de Senati-Juliaca, se debe considerar la relevancia del dominio de los temas en automatismos, como también el contar con diferentes tipos y marcas de equipos autómatas programables y la utilización de pantallas HMI; ambos con sus correspondientes *softwares* de programación. Habiendo detallado una oportunidad de mejora importante en las actividades de enseñanza desarrolladas en la institución, que es la de impartir instrucción técnica y práctica a jóvenes para la industria, tener la experiencia real de diferentes eventos y comportamientos que se presentan en los procesos automatizados, generar en los aprendices la capacidad de dar solución a inconvenientes que generan pérdidas importantes en las empresas donde se desarrollarán profesionalmente, realizando una adecuada instalación, programación y sintonización de un control designado.

Tomando en cuenta estas consideraciones; se tiene la necesidad de implementar un módulo didáctico con *software So machine* y *Movicon* para la automatización de una miniplanta industrial de dosificación y envasado, que genera la oportunidad de desarrollar un entrenamiento óptimo en temas de automatización en los jóvenes que se capacitan en el Senati Juliaca, y su posterior inclusión laboral en la industria como profesionales técnicos.

2.3. Objetivos de la actividad profesional

2.3.1. Objetivo general

- Implementar un módulo didáctico con *software So machine* y *Movicon* para la automatización de una miniplanta industrial de dosificación y envasado destinado al proceso de enseñanza en Senati - Juliaca.

2.3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar el programa de control con el *software SoMachine* que establece la lógica de funcionamiento de la miniplanta industrial en el controlador lógico programable.
- Desarrollar la interfaz gráfica del HMI de la miniplanta, con el *software Movicon*.
- Implementar el módulo didáctico con el *software SoMachine* y *Movicon*.

2.4. Justificación de la actividad profesional

2.4.1. Justificación técnica

Este proyecto aportará de manera significativa en la aplicación práctica de nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza aprendizaje en el Senati, para su posterior desarrollo en los diversos campos de la industria de producción y manufactura, la integración de los autómatas programables, con sus correspondientes sistemas de supervisión y control, el uso adecuado del *software* y la aplicación de protocolos de comunicación, se estará aportando técnica y científicamente a la industria local en su crecimiento tecnológico.

2.4.2. Justificación económica

La implementación de una miniplanta industrial automatizada de dosificación y envasado en el Senati Juliaca adicionará la posibilidad del incremento de cursos por dictar, en los programas de capacitación continua, como aplicaciones industriales por PLC, dando un enfoque más realista de un proceso automatizado.

2.4.3. Justificación profesional

Mejora el nivel de capacitación del personal de instrucción de la institución, fomentando la constante capacitación de estos, modificar variables de los procesos, como también facilitar la transmisión de conocimientos en el dictado en sesiones de aprendizaje.

2.4.4. Justificación ambiental

Al automatizar procesos industriales de control semiautomático con una correcta sintonización y programación de sus elementos sensores y actuadores, se reduce el uso de materiales conductores, aislantes, accesorios eléctricos y actividades de mantenimiento, por lo que se contribuye en la gestión del cuidado del medio ambiente.

Resultados esperados

Con el desarrollo y aplicación de sistemas informáticos mediante protocolos de comunicación teniendo acceso a sistemas de control y supervisión de procesos industriales, se espera que la capacitación de formación profesional técnica tenga un mayor acercamiento a la realidad del trabajo en el campo de la automatización industrial, realizando simulaciones en forma física y virtual, sintonizar distintos tipos de sensores y actuadores, para posteriormente aplicarlos en aplicaciones industriales, y así elevar el nivel de capacitación en nuestra institución.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Este capítulo establece las bases teóricas que sustentan la investigación, utilizando información proveniente de fuentes externas para respaldar los conceptos presentados. Se exploran en detalle los principios de la automatización, los componentes de los controladores lógicos programables (PLC), las interfaces, el *software* de programación, las interfaces humano-máquina (HMI), los sensores, actuadores, sistemas de control, redes de comunicación, protocolos y módulos didácticos, con un enfoque en su aplicación en entornos industriales.

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1. Automatización

El término automatización engloba el uso de equipos eléctricos, electrónicos y computacionales para realizar actividades, trabajos o procesos manuales con mínimas o nulas interacciones humanas. Este término, por tanto, puede considerarse como el resultado de industrioso intento de crear o modificar algo en la automatización de procesos en la manufactura, minería, siderurgia, metalmecánica, y en la producción en general. Se puede decir que la automatización persigue primariamente que el trabajo fluya y se ejecute de una manera más organizada y efectiva con el menor grado de intervención humana posible. Esto resulta beneficioso no solamente en el control de errores humanos, sino en la seguridad de los procesos. Un claro ejemplo se observa en el sector automotriz, donde se utilizan sistemas automáticos para el ensamblaje de los vehículos por etapas. En el proceso, industriales robots que son gobernados mediante un Controlador Lógico Programable (PLC), realizan gran parte de los trabajos que son críticos en precisión, tales como la soldadura, el ensamble de las partes, etc.

La Cuarta Revolución Industrial trajo un gran avance en la automatización. Esta fase se distingue, además, por la sinergia de tecnologías como la Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial (IA), *Machine Learning* y el análisis de *Big Data* que, de forma conjunta, optimizan los procesos. Gracias a esto, hoy en día existen fábricas inteligentes que pueden mejorar sus procesos automáticamente, adaptándose a los cambios en la demanda y anticipándose a posibles fallos antes de que ocurran.

Según Groover [10], la combinación de estas tecnologías ha transformado por completo los sistemas de producción tradicionales, convirtiéndolos en entornos conectados, donde la comunicación entre máquinas y dispositivos es fundamental para que todo funcione de manera coordinada y eficiente.

Un ejemplo de lo mencionado se da en el sector minero, es aquí donde los sistemas automáticos operan la maquinaria pesada a distancia. Esto no solo mejora la eficiencia del trabajo, sino que también protege a los trabajadores al evitar que estén expuestos a riesgos como derrumbes o gases tóxicos. Este método también se utiliza en la industria química, donde se asigna a robots y sistemas controlados a distancia la tarea de manejar sustancias peligrosas, lo que reduce los riesgos para las personas.

3.1.2. El controlador lógico programable (PLC)

3.1.2.1. Definición y principio de operación

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) son dispositivos electrónicos digitales diseñados para el control de los procesos industriales mediante un programa almacenado en su memoria interna. Los PLC se encargan de realizar funciones como operaciones lógicas, secuencias, control de tiempos, conteo y cálculos aritméticos. Todo esto lo hacen interactuando con el entorno mediante entradas y salidas digitales o analógicas [11].

Su fórmula de funcionamiento consiste en un ciclo que se autorrepite. En primer lugar leen las entradas, después ejecutan el programa que tienen cargado y, por último, actualizan las salidas. Esto se repite cada milésima de segundo, lo que permite control en tiempo real.

Los componentes principales de un PLC son:

- **Unidad de procesamiento principal (CPU):** se refiere al «núcleo» del PLC. Su función principal es ejecutar la lógica del programa y efectuar decisiones en relación con las señales recibidas. Por ejemplo, en una línea de montaje, la CPU está en la capacidad de colocar en marcha un motor inmediatamente cuando un sensor informa sobre la ubicación de un componente.

- **Módulos de entrada y salida:** estos módulos *Ethernet* o *Modbus* cimentan la comunicación con sistemas externos, tales como los HMI, microcomputadoras y redes industriales. Estos módulos permiten la interconexión del PLC hacia el mundo físico, por ejemplo, con la recepción de entradas mediante sensores y el envío de salidas mediante juntos actuadores. Los módulos pueden subdividirse en digitales off/on o analógicos valores continuos.
- **Puertas de alimentación:** este componente es el encargado de transformar tensiones de líneas tales como 230 V o 115 V CA en niveles del PLC interno como 5 V, 15 V o 24 V CC. Este entregador de energía perdona diversas inestabilidades del sistema eléctrico en tierras industriales.
- **Dispositivos y periféricos interfaces:** los ordenadores o HMI junto a las redes de computarización y sus protocolos como *Ethernet*, forman parte del terreno externo pero colaboran con la comunicación [11].



Figura 4. Controlador lógico programable M221 Schneider Electric
Nota: Tomada de la página web de Schneider Electric, 2023

El Schneider Electric PLC M221, que aparece en la figura 4, es un modelo de controlador compacto y PLC flexible que puede ser utilizado en requerimientos de mediana y baja complejidad. Este M221 es especial, ya que es capaz de integrar múltiples I/O digitales y analógicas y, además, cuenta con comunicación *Ethernet*, lo que le permite supervisar y controlar dispositivos como servos, bombas y ventiladores industriales [11].

El diagrama de flujo de los ciclos de funcionamiento de los PLC se muestra a continuación.

1. **Inicio del ciclo y supervisión:** El PLC verifica su estado interno y el tiempo del ciclo.

2. **Escritura en salidas:** Actualiza los módulos de salida según los resultados del programa.
3. **Lectura de entradas:** Recoge el estado actual de los sensores y dispositivos de entrada.
4. **Ejecución del programa:** Procesa la lógica definida por el usuario, como condiciones lógicas o temporizaciones.
5. **Tareas finales:** Realiza diagnósticos y gestiona la memoria para el siguiente ciclo [11].

Los PLC son altamente valorados en la industria por varias razones:

- **Costo-efectividad:** Permiten controlar sistemas complejos con un solo dispositivo, reduciendo la necesidad de *hardware* adicional.
- **Flexibilidad:** Su reprogramación permite adaptarse a diferentes procesos sin cambios físicos en el equipo.
- **Robustez:** Están diseñados para soportar condiciones adversas como altas temperaturas, polvo, vibraciones y humedad, comunes en entornos industriales [11].
- **Facilidad de programación:** Softwares modernos simplifican la creación y modificación de programas, incluso para usuarios con poca experiencia técnica.
- **Reducción de tiempos de inactividad:** Su diseño modular facilita el reemplazo de componentes sin detener la producción por largos períodos [11].

Historia y evolución de los PLC

Los PLC surgieron en la década de 1960 como una solución a los sistemas de control basados en relés electromecánicos, que eran voluminosos, difíciles de modificar y propensos a fallos mecánicos. El primer PLC, el **Modicon 084**, fue desarrollado por Dick Morley en 1968 para General Motors, con el objetivo de reemplazar los paneles de relés en la industria automotriz [12]. Este aparato fue un hito cuando implementó un sistema programable que responde rápidamente a las transformaciones en los procesos de manufactura, imposible de hacer con los relés utilizados hasta ese momento. Con el desarrollo de microprocesadores, memorias y programas los PLC fueron evolucionando con el tiempo, ya que con este nuevo grado de sofisticación permitieron conseguir funcionalidades más complejas que incluían comunicación en red y control analógico en los PLC de la década de 1980. En la actualidad, el mercado está copado por Siemens, Allen-Bradley y Schneider Electric, cada uno de ellos viéndose hablar en términos de enfoques distintos en el mercado. Por ejemplo, Siemens

proporciona integración con el TIA Portal, que ofrece un entorno unificado para PLC, HMI y sistemas Scada, interconectándolos todos a una sola consola. Allen-Bradley es famoso por la robustez de sus PLC utilizados en aplicaciones críticas como la industria del petróleo. Finalmente, como se demuestra con el M221, Schneider Electric es conocido por su asequibilidad y promoción del soporte a la Industria 4.0. [13].

3.1.2.2. Interfaces

Las interfaces se definen como los medios mediante los cuales el PLC se comunica con los dispositivos de campo (sensores y actuadores) y con el operador. En el caso del PLC, los módulos de entrada y de salida funcionan como las interfaces principales, es decir, aquellas que conectan el sistema con el medio que lo rodea. Para ello, los módulos están calculados para soportar las duras condiciones industriales, por ejemplo, se encargan de manejar señales de alta potencia y proteger la CPU de interferencias eléctricas [11].

Por ejemplo, las entradas son las encargadas de convertir las señales de los sensores en niveles de voltaje adecuados a la CPU (por ejemplo, 5 V o 24 V CC); así, el pulsador que indica el fin de carrera de una máquina se podría representar mediante los niveles de voltaje adecuados a la CPU. En el caso de las salidas, la función a realizar es la contraria a las entradas; las salidas convierten los comandos de la CPU en señales capaces de activar actuadores (por ejemplo, relés que deberían encender un motor, válvulas para el control del flujo de un fluido, etc.) [11].

A) Tipos de interfaces PLC

Las interfaces de los PLC se clasifican según su función y el tipo de señal que manejan:

- **Interfaces digitales**

- **Entradas discretas:** Procesan señales binarias (on/off) provenientes de dispositivos que permiten alternar como interruptores, botones o sensores de proximidad. Por ejemplo, se puede enviar una señal *on* al detectar un objeto en una cinta transportadora con un sensor fotoeléctrico en una línea de producción, [11].
- **Salidas discretas:** Generan señales binarias para controlar actuadores como relés, solenoides o luces indicadoras. Un relé activado por una salida discreta puede encender una bomba cuando el PLC detecta un nivel bajo en un tanque [11].

- **Interfaces analógicas**

- **Entradas analógicas:** Capturan señales continuas de sensores que miden variables como temperatura, presión o flujo, típicamente en rangos de 0-10 V o 4-20 mA. Estas

señales son convertidas a valores digitales mediante un conversor analógico-digital (ADC). Por ejemplo, un sensor de presión en un sistema hidráulico puede enviar una señal de 4-20 mA proporcional a la presión medida [14].

- **Salidas analógicas:** Producen señales continuas para controlar dispositivos como variadores de frecuencia (VFD) o válvulas proporcionales, utilizando conversores digital-analógico (DAC). En una planta de tratamiento de agua, una salida analógica puede ajustar la velocidad de una bomba según el nivel del tanque [14].

- **Interfaces de comunicación**

- **Comunicación serial:** Incluye puertos como RS-232 y RS-485. RS-485, por ejemplo, permite conectar múltiples dispositivos en una red multipunto, ideal para entornos industriales ruidosos donde se requiere comunicación confiable a larga distancia [15].

- **Comunicación ethernet:** Facilita la integración con redes industriales modernas, soportando protocolos como *Ethernet/IP* o *Modbus TCP*. Esto permite la supervisión remota y la conexión con sistemas empresariales como MES (*manufacturing execution systems*) [24].

- **Protocolos fieldbus:** Como *Profibus*, *Modbus* y *Ethernet/IP*, mejoran la comunicación entre PLC y dispositivos en fábricas grandes. *Profibus*, que se usa mucho en la industria automotriz, conecta PLC con robots y sensores en las líneas de ensamblaje [15].

- **Interfaces especializadas**

- **Contadores de alta velocidad:** Se utilizan en situaciones rápidas, como contar piezas en una máquina de empaquetado. Estos módulos pueden detectar pulsos en microsegundos, asegurando precisión en procesos rápidos [14].

- **Salidas PWM (*pulse width modulation*):** Salidas utilizadas para controlar dispositivos que piden potencias variables. Ayudan a controlar motores de corriente directa o LED (donde se modifica el ciclo de trabajo de la salida, no su voltaje; el voltaje es, por lo general, el mismo que para las salidas digitales) [14].

0000	LDN	%I0.0
0001	AND (%I0.1
0002	OR	%Q0.1
0003)	
0004	ST	%Q0.1

Figura 5. Ejemplo de lenguaje de programación. Lista de instrucciones
 Nota: Elaboración en So Machine Basic, 2023



Figura 6. Ejemplo de lenguaje de programación Ladder
 Nota: Elaboración en So Machine Basic, 2023



Figura 7. Ejemplo de bobinas en lenguaje de programación Ladder
 Nota: Elaboración en So Machine Basic, 2023

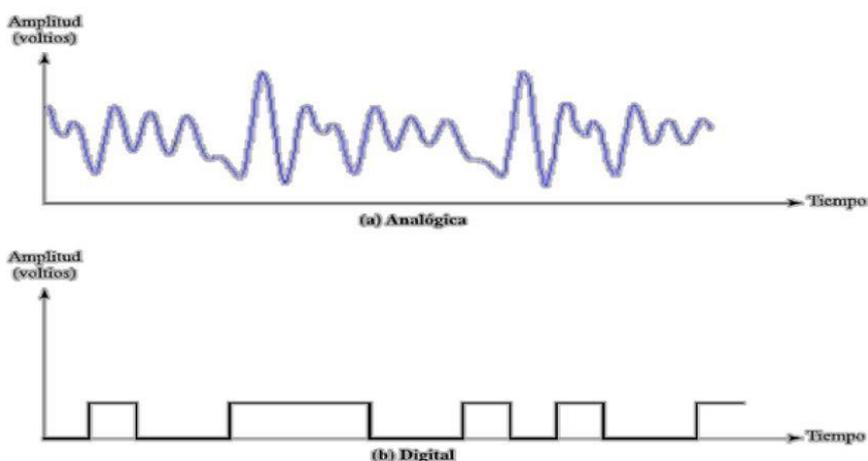


Figura 8. Señales analógicas y discretas
 Nota: Elaboración en So Machine Basic, 2023

Estas interfaces permiten que el PLC se adapte a una amplia gama de aplicaciones, desde el control básico de una máquina hasta la gestión de sistemas complejos en plantas industriales [14].

3.1.3. Software de programación *So Machine*

So Machine, un *software* gratuito de Schneider Electric, sirve para programar PLC de la serie *Modicon*, como el M221 que se ve en la figura 4. Este programa permite usar varios lenguajes de programación según la norma IEC 61131-3, como Lista de Instrucciones (IL), Diagrama de Contactos (LD) y Grafcet (SFC) [16].

3.1.3.1. Programación

La forma de programar PLC ha cambiado mucho desde los 90, cuando se usaban terminales dedicados y almacenamiento en cintas magnéticas. Ahora, programas como *So Machine* tienen interfaces gráficas fáciles de usar, herramientas de simulación, depuración y respaldo de programas. Se conectan al PLC mediante Ethernet o puertos seriales como RS-232. Este cambio ha acortado mucho los tiempos de desarrollo y ha hecho que la programación sea más accesible para más personas [16].

Los lenguajes de programación que *So Machine* admiten, son los siguientes:

- **Lista de instrucciones (IL):** Este es un lenguaje que se basa en comandos textuales, utilizando operadores y operandos, y se asemeja a los lenguajes ensamblador. Es perfecto para programadores experimentados que necesitan implementar algoritmos complejos [17].
- **Diagrama de contactos (LD):** Inspirado en esquemas eléctricos, utiliza contactos (normalmente abiertos o cerrados) y bobinas para representar lógica booleana. Este lenguaje es intuitivo para ingenieros eléctricos, ya que replica la lógica de relés en un entorno digital. Es común en aplicaciones como el control de motores o sistemas de iluminación [17].
- **Grafcet (SFC):** Diseñado para procesos secuenciales, utiliza pasos y transiciones para modelar flujos de trabajo complejos. Es especialmente útil en líneas de producción con etapas bien definidas, como el llenado, sellado y empaquetado de productos [17].

Ejemplo práctico en diagrama de contactos (LD)

Imagina una cinta transportadora que debe detenerse cuando un sensor detecta un objeto en una posición específica. En LD:

- Un contacto normalmente abierto (NO) representa el sensor (ON cuando detecta el objeto).
- Una bobina representa el motor de la cinta (se desactiva cuando el contacto se cierra). Cuando el sensor detecta el objeto, el contacto se cierra, desactivando la bobina y deteniendo la cinta. Este ejemplo simple ilustra cómo LD traduce conceptos eléctricos en lógica programable [17].

So Machine también permite simular programas antes de implementarlos, lo que ayuda a identificar errores y optimizar el diseño. En un escenario industrial, como el control de una prensa hidráulica, el usuario podría programar una secuencia en *Grafcet* para definir los pasos de prensado, liberación y retorno, asegurando que cada etapa se ejecute solo cuando se cumplan las condiciones previas [16].

3.1.4. HMI (interfaz humano-máquina)

La interfaz humano-máquina (HMI) permite a los operadores interactuar con sistemas automatizados, proporcionando una ventana visual y funcional para monitorear y controlar procesos. Las HMI se clasifican en tres niveles:

1. **Interfaz de *hardware***: Incluye dispositivos físicos como pantallas táctiles, botones y teclados para la interacción directa.
2. **Interfaz de *software***: Consiste en aplicaciones que muestran datos en tiempo real, gráficos y controles en una pantalla.
3. **Interfaz *software-hardware***: Actúa como un puente, traduciendo las acciones del operador en comandos para el sistema y viceversa [16].



Figura 9. Gráfico estimado de una pantalla de un terminal HMI

Nota: Tomada de la página web de Schneider Electric, 2023

Las HMI modernas suelen combinar *hardware* y *software* en pantallas táctiles que ofrecen interfaces gráficas amigables. Además, tendencias como las **HMI basadas en la web** permiten el acceso remoto desde dispositivos móviles, mientras que la integración con realidad aumentada (AR) facilita el mantenimiento al superponer información digital sobre equipos físicos [18]. Por ejemplo, un técnico podría usar una HMI con AR para diagnosticar una máquina escaneándola con una tablet, viendo datos en tiempo real sobre su estado [18].

3.1.4.1. Funciones de la HMI

Las HMI desempeñan un papel crucial en la automatización industrial mediante las siguientes funciones:

- **Monitoreo:** Presentan datos en tiempo real, como temperaturas, presiones o velocidades, en formatos gráficos como tendencias o medidores. En una planta química, una HMI puede mostrar la presión de un reactor y su evolución a lo largo del tiempo [19].
- **Control:** Permiten al operador iniciar, detener o ajustar procesos mediante botones virtuales o deslizadores. Por ejemplo, en una línea de embotellado, el operador puede aumentar la velocidad de llenado desde la HMI [19].
- **Alarmas:** Notifican condiciones anormales, como fallos de equipos o parámetros fuera de rango, con alertas visuales o sonoras. Una alarma podría indicar una temperatura excesiva en un horno industrial, *prompting* una acción inmediata [19].
- **Registro de datos:** Almacenan información histórica para análisis posteriores, auditorías o mejora de procesos. Esto es vital en industrias reguladas como la farmacéutica, donde se requiere trazabilidad [19].

- **Gestión de recetas:** Facilitan la carga de configuraciones predefinidas para diferentes productos. En la industria alimentaria, una receta podría definir los tiempos y cantidades para producir distintos tipos de galletas [19].
- **Seguridad:** Implementan controles de acceso, como contraseñas o autenticación biométrica, para evitar cambios no autorizados en el sistema [19].

En la industria automotriz, las HMI son esenciales para gestionar líneas de ensamblaje, mostrando el estado de cada estación y permitiendo ajustes en tiempo real [19].

3.1.5. Sensores y actuadores

3.1.5.1. Sensores

Los sensores convierten variables físicas (temperatura, presión, posición, etc.) en señales eléctricas que el PLC puede procesar. Son el «sistema nervioso» de la automatización, proporcionando la información necesaria para tomar decisiones de control [16].



Figura 10. Tipos de sensores
 Nota: Tomada de la página web de Schneider Electric, 2023

Características generales de los sensores

Los sensores se evalúan según parámetros clave que determinan su idoneidad para una aplicación:

- **Linealidad:** Indica si la salida es proporcional a la entrada en todo el rango de medición. Una salida no lineal puede requerir compensación en el *software* del PLC [16].
- **Rango de medida:** Define los valores mínimo y máximo que el sensor puede detectar. Por ejemplo, un sensor de temperatura podría tener un rango de -50 °C a 150 °C [16].

- **Precisión:** Mide la diferencia entre el valor detectado y el real. Un sensor con alta precisión es crucial en aplicaciones críticas como la medicina o la aeronáutica [16].
- **Offset:** Representa el error cuando la entrada es cero. Un offset elevado puede distorsionar las mediciones si no se corrige [16].
- **Resolución:** Es el cambio más pequeño que el sensor puede detectar. En un sensor de posición, una alta resolución permite medir movimientos mínimos [16].
- **Rapidez de Respuesta:** Tiempo que tarda el sensor en reflejar un cambio. En procesos rápidos, como el corte de metales, se necesitan sensores con respuesta casi instantánea [16].
- **Sensibilidad:** Relación entre el cambio en la salida y el cambio en la entrada. Un sensor muy sensible puede detectar variaciones sutiles, pero también ser más susceptible al ruido [16].
- **Repetitividad:** Capacidad de producir la misma salida ante entradas idénticas en condiciones repetidas, esencial para procesos consistentes [16].

Tipos de sensores

1. Sensores de temperatura

- **Termocuplas:** Generan una tensión proporcional a la diferencia de temperatura entre dos uniones metálicas. Son ideales para rangos amplios (hasta 1800 °C), como en hornos industriales [20].
- **Termistores:** Cambian su resistencia con la temperatura, usados en aplicaciones de baja temperatura, como refrigeradores [20].
- **RTD (detectores de temperatura por resistencia):** Miden cambios en la resistencia de metales como el platino, ofreciendo alta precisión en rangos medios (hasta 600 °C) [20].

2. Sensores de presión

- **Manómetros:** Usan medios mecánicos, como tubos Bourdon, para medir presión en sistemas simples [20].

- **Transductores de presión:** Convierten presión en señales eléctricas mediante tecnologías piezoeléctricas o capacitivas, comunes en sistemas hidráulicos [20].

3. Sensores de flujo

- **Magnéticos:** Miden el flujo de fluidos conductores generando una tensión en un campo magnético, usados en plantas de agua [20].
- **Ultrasónicos:** Utilizan ondas sonoras para medir la velocidad del fluido, ideales para líquidos no conductores como aceites [20].

4. Sensores de nivel

- **De contacto:** Como interruptores de flotador, detectan niveles al entrar en contacto con el líquido, usados en tanques pequeños [20].
- **Sin contacto:** Como sensores ultrasónicos o de radar, miden sin contacto físico, ideales para líquidos corrosivos [20].

5. Sensores de posición

- **Potenciómetros:** Varían la resistencia para medir posición lineal o angular, comunes en controles manuales [20].
- **Encoders:** Generan señales digitales para medir movimiento, esenciales en robótica y CNC [20].



Figura 11. Tipos de actuadores
Nota: Tomada de la página web de Schneider Electric, 2023



Figura 12. Tipos de actuadores neumáticos
Nota: Tomada de la página web de Schneider Electric, 2023



Figura 13. Módulo de válvulas solenoides
Nota: Tomada de la página web de Schneider Electric, 2023

En una planta de tratamiento de agua, un sensor ultrasónico podría monitorear el nivel de un tanque, mientras que un *encoder* controla la posición de una válvula reguladora. En la industria automotriz, sensores de proximidad detectan piezas en una línea de montaje, asegurando un ensamblaje preciso [20].

3.1.5.2. Actuadores

Los actuadores transforman energía eléctrica, neumática o hidráulica en movimiento físico para ejecutar acciones en un proceso. Son el «músculo» de la automatización, complementando a los sensores [16].

Tipos de actuadores

1. Actuadores lineales

- **Cilindros neumáticos:** Usan aire comprimido para generar movimiento rectilíneo, comunes en sistemas de elevación o prensas [21].

- **Motores lineales:** Proporcionan alta precisión en aplicaciones como máquinas CNC o impresoras 3D [21].

2. Actuadores rotativos

- **Motores eléctricos:** Incluyen motores DC, AC y servomotores, usados en robótica y cintas transportadoras [21].

- **Válvulas rotativas:** Controlan el flujo de fluidos en tuberías industriales [21].

3. Actuadores de solenoide

- **Válvulas solenoides:** Regulan el flujo de gases o líquidos en sistemas como riego o HVAC [21].

- **Relés:** Actúan como interruptores eléctricos en circuitos de potencia, controlando cargas grandes [21].

En un sistema de embalaje, un cilindro neumático empuja cajas hacia una cinta, mientras que un motor eléctrico ajusta la velocidad de la cinta según la demanda. En la industria aeroespacial, actuadores hidráulicos mueven superficies de control en aviones, requiriendo alta fuerza y precisión [21].

3.1.6. Sistemas de control

Los sistemas de control regulan procesos industriales utilizando sensores para monitorear variables y actuadores para ajustarlas. Se dividen en:

- **Lazo abierto:** Sin retroalimentación, como un temporizador que activa un sistema de riego por un tiempo fijo [16].
- **Lazo cerrado:** Con retroalimentación, como un termostato que ajusta un calentador según la temperatura medida [16].
- **Sistemas de control distribuido (DCS):** Distribuyen el control entre múltiples dispositivos conectados por redes, comunes en plantas petroquímicas [16].

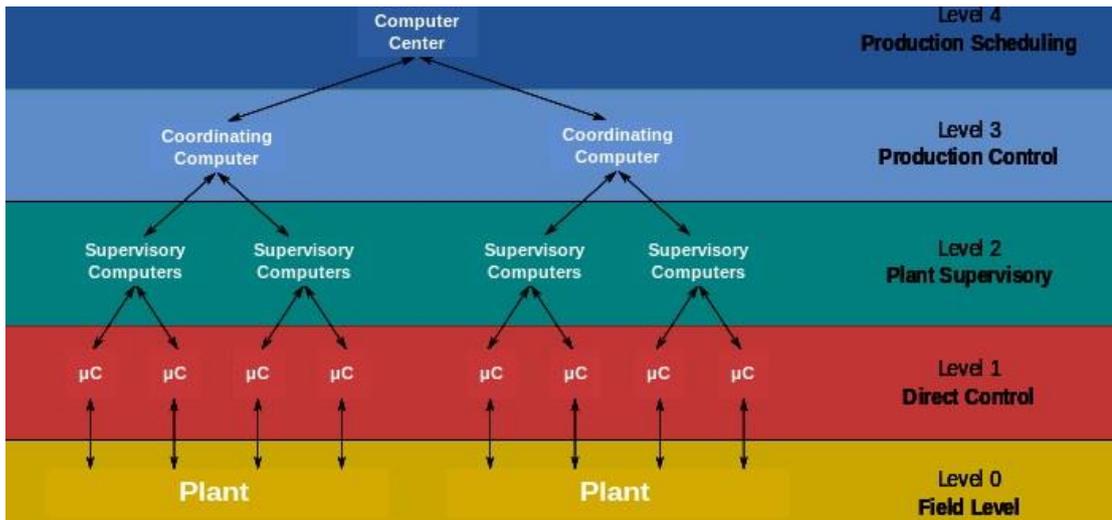


Figura 14. Niveles de funcionamiento de un sistema de control distribuido típico

Sistemas de control avanzados

- **Control predictivo basado en modelos (MPC):** Utiliza modelos matemáticos para predecir el comportamiento del sistema y optimizar el control. En un reactor químico, el MPC puede ajustar la entrada de reactivos para mantener la reacción estable [22].
- **Control difuso:** Aplica lógica difusa para manejar incertidumbre, como en lavadoras que ajustan el ciclo según la carga y suciedad detectada [22].

3.1.7. Redes de comunicación

Las redes industriales conectan dispositivos en topologías como bus, estrella, anillo o árbol, dependiendo de las necesidades del sistema. Por ejemplo, una topología en estrella facilita la escalabilidad en redes *Ethernet*, mientras que una topología en *bus* es económica para sistemas pequeños [23].

Topologías de red

- **Bus:** Todos los dispositivos comparten un canal común, reduciendo costos pero limitando el ancho de banda [23].
- **Estrella:** Cada dispositivo se conecta a un nodo central, como un switch, mejorando la confiabilidad y facilitando la gestión [23].
- **Anillo:** Los dispositivos forman un bucle, donde los datos circulan en una dirección, útil en redes redundantes [23].

- **Árbol:** Combina bus y estrella, ideal para plantas grandes con estructuras jerárquicas [23].

3.1.8. Protocolo de comunicación

Ethernet/IP, basado en TCP/IP y CIP, es un protocolo ampliamente usado en la automatización para conectar dispositivos desde el nivel de campo hasta la gestión empresarial. Otros protocolos relevantes incluyen:

- **Modbus:** Simple y económico, ideal para supervisión básica en plantas pequeñas [24].
- **Profibus:** Popular en Europa, especialmente en la industria automotriz, para comunicación robusta entre PLC y dispositivos [15].
- **CANbus:** Diseñado para entornos ruidosos, como maquinaria móvil o vehículos [24].

La elección del protocolo depende de factores como velocidad, distancia y compatibilidad. En una fábrica inteligente, *Ethernet/IP* podría integrar PLC, HMI y sistemas IoT, mientras que *Modbus* podría usarse para conectar sensores básicos [24].

3.1.9. Software Movicon

*Movicon*TM 11, desarrollado por Progea, es una solución Scada/HMI basada en XML que ofrece supervisión, control y adquisición de datos en entornos industriales. Su arquitectura abierta permite personalización y compatibilidad con diversos protocolos, como Modbus y OPC UA. Comparado con competidores como *Wonderware* o *Ignition*, *Movicon* destaca por su soporte para tecnologías web y su capacidad de ejecutarse en dispositivos móviles, lo que lo hace ideal para monitoreo remoto [25].



Figura 15. Sistema de supervisión, control y adquisición de datos con software *Movicon*
 Nota: Tomada de la página web de *Schneider Electric*, 2023

3.1.10. Módulo didáctico electroneumático

Los módulos didácticos electroneumáticos integran neumática, electrónica e informática para simular procesos industriales en un entorno educativo. Por ejemplo, un ejercicio podría involucrar programar un PLC para controlar un cilindro neumático que simule el movimiento de una prensa, permitiendo a los estudiantes aprender a diseñar secuencias, diagnosticar fallos y optimizar sistemas. Estos módulos son fundamentales para formar ingenieros con habilidades prácticas en automatización [26].



Figura 16. Módulo didáctico de entrenamiento electroneumático automatizado por hardware y software

Nota: Tomada de la página web de Schneider Electric, 2023

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

El uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para fines industriales. Como una disciplina de la ingeniería más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de *software* en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

El *software So Machine* es una herramienta de programación en donde el usuario puede programar un *hardware* de control PLC, para la automatización de procesos industriales, se puede realizar lógicas de control con distintos lenguajes de programación como lista de instrucciones, *Ladder* y *Grafcet*.

Movicon es un *software* de control y supervisión de procesos industriales en el que permite el dialogo hombre – máquina HMI.

4.1. Descripción de actividades profesionales

4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales

El enfoque de actividades profesionales está orientado al adiestramiento en sistemas de control de procesos en la industria automatizados, involucrando controles digitales y analógicos, con la aplicación de *hardware* y *software* de control y supervisión.

Los sistemas de diálogo Hombre – Máquina para el accionamiento y supervisión de un proceso industrial mediante *software Movicon* y *So Machine Basic*, permiten un alto grado de eficiencia en los procesos para control y supervisión en tiempo real, comprende las siguientes fases.

Análisis de las necesidades de la institución y conocer el proceso: Es muy necesario conocer analizar las necesidades y objetivos de la empresa para implantar un proceso de automatización, se debe conocer como es el proceso desde el inicio hasta el final, si realmente existe la posibilidad y capacidades de la empresa para soportarla.

Implantar un proceso de automatización de un proceso productivo industrial, sin un analizarlos previamente puede llevar a tener deficiencias en los resultados esperados. Se debe a que no se previene las consecuencias que pueda afectar en otras áreas de la empresa. Realizar un análisis permite seleccionar las mejores tecnologías para su implantación, las cuales se integran de manera gradual.

Personalización de la automatización de procesos: Resultado del análisis de las necesidades de la empresa, se establecen las tecnologías a implantar en la automatización, dimensionar el equipamiento, la factibilidad del soporte técnico informático en *software* y *hardware*, elementos periféricos de adquisición de datos (sensores) y elementos actuadores de acuerdo con el tipo de señales a utilizar y aplicar, sean estas digitales o analógicas.

Implementación: En esta etapa es la que en realidad se comprueba la implementación de la automatización, integrando los elementos de proceso que anteriormente funcionaban en un sistema de control semi automático, a uno automático y con un sistema de control y supervisión, es la verificación de la correcta integración de los sistemas electromecánicos, con los sistemas electrónicos e informáticos.

Mantenimiento de los programas de automatización de procesos: Así como la tecnología moderna, los programas de automatización de procesos continúan actualizándose, incluso después de haberse integrado en una empresa. Las empresas deben continuar analizando su situación y buscando nuevas maneras de integrar y hacer crecer esta tecnología para su beneficio. Esta fase nunca termina, ya que se trata de una solución a largo plazo.

4.1.2. Alcance de las actividades profesionales

Las actividades que se desarrollan actualmente tienen como alcance principal la capacitación profesional técnica de jóvenes en el tema de automatización y controles

industriales como también, parte de las funciones, también están enfocadas en la capacitación de instructores como capacitación continua, del área que corresponde a la especialidad de Electricidad Industrial del Senati Juliaca y también intervienen en el proceso de capacitación en la institución.

4.1.3. Entregables de las actividades profesionales

Como parte del desempeño de las funciones como instructor en automatización, se desarrollan entregables como parte de la comprobación de avances. Entre estos figuran los siguientes:

Gestión del proyecto

- Plan de ejecución a seguir
- Estudio de factibilidad
- Datos técnicos de *hardware* aprobado
- Datos técnicos de *software* aprobado
- Datos técnicos de la miniplanta
- Listado de componentes de la miniplanta
- Gantt del proyecto

Diseño

- Diagramas y esquemas del sistema de control neumático, eléctrico
- Programación en *Ladder* del proceso de automatización
- Programación en *Grafcet* del proceso de automatización
- Archivo Scada de proceso de control y supervisión

Requerimientos

- Equipos necesarios adquiridos
- Servicios contratados

Implementación

- Montaje y ubicación de equipamiento en módulo
- Software instalado y configuración en el laboratorio de PLC
- Tendido de red ethernet canalizado
- Instalación eléctrica de sensores y actuadores canalizado

Puesta en servicio

- Puesta en marcha
- Operación asistida

Finalización del proyecto

- Informe de pruebas del sistema de control aprobado
- Planos eléctricos finales del montaje de automatización de miniplanta industrial
- Informe de monitoreo del primer mes de operación

4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1. Metodologías

Es un tipo de investigación aplicada dado que se muestra en un módulo didáctico una experiencia real de los procedimientos básicos y complejos de una planta que realiza un proceso industrial, al tener los componentes de señales de entrada, actuadores, el controlador y los programas de simulación programación y supervisión, tendremos la oportunidad de realizar distintas tareas, modificando las variables de funcionamiento y desarrollar mejores aptitudes en la capacitación profesional de la especialidad de Electricidad en el Senati Juliaca.

El nivel de investigación será explicativo es una acción que permitirá tener una idea general del objeto de investigar, luego se pasa al nivel descriptivo, donde se busca determinar ¿Cómo es? ¿Cómo se muestra el problema?, se busca especificar las cualidades importantes para medir y evaluar distintos aspectos, desarrollar criterios de clasificación, que servirá para agrupar y sistematizar los datos del nivel anterior, se llegará a un nivel correlacional que permitirá establecer análisis, comparaciones entre dos o más variables alcanzando un mejor nivel explicativo orientado a la solución de problemas.

El diseño de la investigación, se empleará un diseño de investigación Experimental dado que se optarán por distintas condiciones en su funcionamiento, con un orden de complejidad de menos a mayor dificultad, y las condiciones que permite el diseño con que cuenta la planta y los *softwares* de programación.

4.2.2. Técnicas

Lenguaje de programación *Ladder* (escalera): es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico o ingeniero eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

Ladder es uno de los varios lenguajes de programación para los controladores lógicos programables (PLC) estandarizados con IEC 61131-3.

Método.

En este proyecto se realizará una secuencia sistematizada en electroneumática, que son varias acciones que deben realizar varias acciones coordinadas según un orden establecido, y para ello utilizaremos los siguientes métodos.

Método paso a paso, es un método sistemático, en este método cada fase de la secuencia corresponde a un paso, el último paso debe reiniciar el primer paso.

Método intuitivo, consiste en utilizar diferentes componentes y accionamientos para ir solucionando uno a uno los diferentes inconvenientes que se van presentando.

Método cascada, es un método sistemático que permite dar una solución siguiendo unos pasos determinados, **este** método utiliza memorias para organizar el circuito en una serie de pasos, crea grupos donde cada grupo no cambia de estado dos veces el mismo actuador.

4.2.3. Instrumentos

- Simulador de electroneumática Fluid simP
- Simulador CADE SIMU V.4

4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

Materiales de gestión

- **So Machine Basic:** Es un entorno de *software* colaborativo, que ahorra tiempo de ingeniería mediante una programación intuitiva de máquinas, con las herramientas más modernos y potentes del mercado
- **Movicon:** Una plataforma de *software* modular y escalable para el Scada/HMI moderno que permite la integración abierta y segura de sistemas automatizados en cualquier industria.

Materiales técnicos para la implementación

- Controlador Lógico Programable M221 Schneider
- Pantalla HMI Vipa
- Miniplanta Industrial.

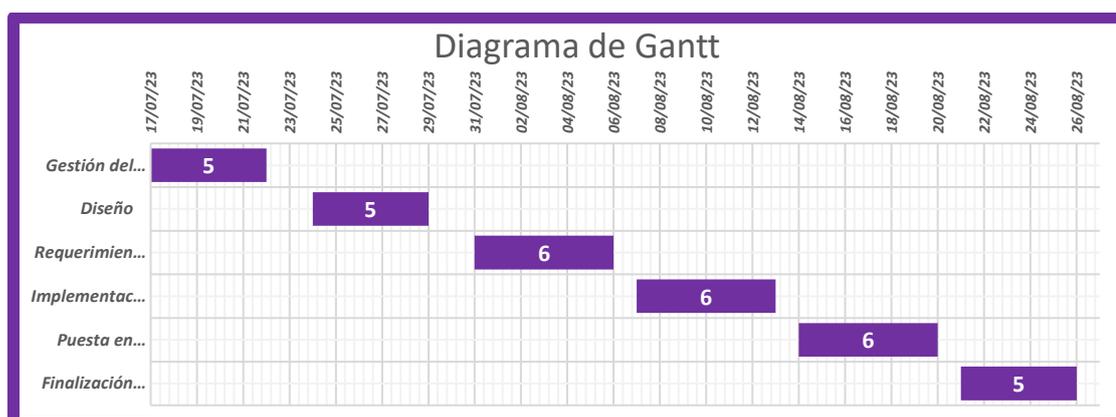
4.3. Ejecución de las actividades profesionales

4.3.1. Cronograma de actividades realizadas

Mediante el Diagrama de Gantt, se presenta a continuación el cronograma de trabajo.

Tabla 2. Cronograma de actividades

N.º Actividad	Inicio	Días	Final
Gestión del proyecto	17/7/2023	5	22/7/2023
Diseño	24/7/2023	5	29/7/2023
Requerimientos	31/7/2023	6	6/8/2023
Implementación	7/8/2023	6	13/8/2023
Puesta en servicio	14/8/2023	6	20/8/2023
Finalización del proyecto	21/8/2023	5	26/8/2023

**Figura 17. Gantt de proyecto**

Nota: Tomada de Metodología SAP Active, 2023

4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

4.3.2.1. Dimensionamiento de equipos, máquinas e instrumentos a utilizar

El desarrollo del proceso de ejecución comienza con el dimensionamiento de los equipos, máquinas, instrumentos y componentes periféricos a utilizar, es decir iniciamos con la gestión del proyecto, seleccionamos los componentes a utilizar:

Tabla 3. Equipos máquinas y componentes de miniplanta de envasado

Equipos y componentes periféricos de la miniplanta industrial de envasado		
Ítem	Cantidad	Descripción
1	1	Mesa para estaciones de automatización
2	1	Módulo de dosificación y envasado
3	1	Controlador lógico programable Schneider TM221CE40R
4	1	Pantalla HMI VIPA 800 x 400
5	1	Red de distribución de aire comprimido
6	2	Electroválvulas 3 vías 2 posiciones monoestables 24 VDC
7	10	Electroválvulas 5 vías 2 posiciones monoestables 24 VDC
8	9	Cilindros neumáticos de doble efecto
9	1	Cilindros neumáticos de doble efecto de cremallera giro limitado
10	1	Ventosa neumática y válvula
11	1	Motor neumático
12	1	Motor eléctrico de 24 VDC
13	1	Banda transportadora
14	1	Depósito INOX de producto a envasar
15	1	Pulsador normalmente cerrado rojo de paro y reseteo
16	1	Pulsador normalmente abierto verde de marcha inicio de proceso
17	1	Sensor óptico normalmente NA / PNP
18	3	Sensor óptico normalmente NC / PNP

4.3.2.2. Descripción de funcionamiento del módulo

La miniplanta de dosificación de llenado y envasado automatizado por PLC, consta de los componentes detallados en la tabla, la secuencia de funcionamiento consta de la aplicación de un sistema electroneumático para el control de cilindros neumáticos mediante electroválvulas monoestables, conducidas por mangueras de presión, controlados de forma automática por un Controlador Lógico Programable PLC y supervisado por una PC y una HMI, y su funcionamiento se detalla a continuación:

- Al presionar el pulsador de inicio, en la pantalla HMI o en la PC, iniciamos la etapa de surtido de envases, el cilindro surtidor entrega el envase plástico a la faja transportadora, es decir sale y retorna automáticamente.
- Al llegar el envase a la faja transportadora, esta se mueve hasta que el primer sensor óptico detecta el envase y activa el cilindro neumático que retiene el envase y para la faja transportadora.
- Llegamos a la etapa de llenado del envase con el producto, al detenerse la faja transportadora se activa un cilindro neumático que abre una válvula, activa otro cilindro de succión del depósito del producto a envasar, al succionar la cantidad regulada de producto se cierra la válvula inicial y abre otra válvula por medio de otro cilindro neumático, y baja el cilindro de succión, que por medio de un tobera llena el envase de plástico, dado un tiempo determinado en la programación el último cilindro de esta etapa vuelve a su posición inicial de reposo, desactiva el cilindro de reten 1, y la faja vuelve a funcionar.
- La siguiente etapa corresponde al colocado de la tapa del envase, el envase está lleno del producto y avanzando en la faja transportadora, hasta llegar a un segundo sensor óptico y que al detectar el envase, activa a un segundo reten por medio de un cilindro neumático de doble efecto y a la vez detiene nuevamente la faja transportadora, se cuenta con otro sensor óptico en el compartimiento surtidor de tapas, el cual tiene una función condicional que de no contener las tapas de los envases el proceso queda detenido, al contar con dichos componentes el proceso continua, activándose una ventosa de succión que atrae a las tapas, continuando la secuencia se activa un cilindro de doble efecto de giro limitado por cremallera, haciendo girar la ventosa, y a la vez activa otro actuador neumático que baja la ventosa con la tapa, luego de un tiempo programado se desactiva la ventosa dejando caer la tapa en el envase, del mismo modo se desactivan los cilindros de giro y bajada de la ventosa.

- La última etapa del proceso de envasado de la miniplanta es la del roscado de la tapa al envase, y esto sucede una vez terminado la etapa anterior, activándose automáticamente la faja transportadora y desactivando el segundo reten, estaríamos con el envase lleno del producto y con la tapa colocada en la parte superior del envase avanzando, hasta llegar a un tercer sensor óptico que activa dado un tiempo sintonizado a la llegada del sistema de sujeción del envase por medio de dos actuadores neumáticos y también detiene la faja transportadora, y es cuando por la secuencia de funcionamiento baja un motor neumático, conteniendo un dispositivo de sujeción de la tapa de plástico hasta a posición adecuada hacia el envase, una vez ubicado, se activa el motor neumático y de esta forma al girar en sentido horario dicho motor tapa herméticamente el envase con el contenido, y tendríamos el producto terminado.

Se debe señalar que el proceso de automatización contará con un sistema de control y supervisión por PC o HMI, dicho control consta del inicio del proceso, paro del proceso, reseteo del proceso en caso de fallas, como también un contador de envases que serían el producto terminado, el mismo que se visualizará en la pantalla HMI o en una PC.

4.3.2.3. Procedimiento de la configuración y direccionamiento de entradas y salidas del PLC para la miniplanta industrial en el *software* de programación *So Machine Basic*

- Se inicia abriendo el *software So Machine Basic V1.6*, y se configuran los datos del proyecto.

The screenshot shows the 'Módulo Miniplanta de dosificación' window in the So Machine Basic software. The 'Configuración' tab is active, displaying a form for project data. The 'Propiedades' sidebar on the left shows a tree view with 'Portada' selected. The main form contains the following fields:

Apellidos	Arizaca Paredes
Nombre	Max Javier
Número de teléfono	
Número de teléfono móvil	
Correo electrónico	
Calle	Av. Universal 208
Ciudad	Juliaca
Código postal	
Estado	
País	Perú

Figura 18. Datos de proyecto completados en la portada

- Se completa la información de los datos técnicos del proyecto

Nombre del proyecto	Miniplanta de Envasado
Descripción	Proyecto miniplanta industrial de dosificación y envasado, realizado en el laboratorio de PLC del Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial CFP Juliaca, consta de la aplicación de sistemas de control electroneumático, automatizado por PLC y control de supervisión por HMI y PC.

Fotografía



Figura 19. Datos técnicos del proyecto

- Se selecciona la pestaña configuración y se elige el tipo y modelo de PLC, considerando la cantidad de entradas digitales o analógicas si fuera el caso, como también la tensión de trabajo de estas, el número y tipos de salida del PLC.
- Se consideran también los protocolos de comunicación y fuente de alimentación.
- En este caso se elige el TM221CE40R, controlador de 24 entradas discretas y 16 salidas discretas por relé, con protocolo de comunicación serial y Ethernet IP

M221 Logic Controllers				
Referencia	Alimentación	Puertos de com.	Entradas digitales	Salidas
TM221CE16T	24 V CC	1 SL + 1 ETH	9	7 c
TM221CE16U	24 V CC	1 SL + 1 ETH	9	7 c
TM221CE24R	100...240 V CA	1 SL + 1 ETH	14	10
TM221CE24T	24 V CC	1 SL + 1 ETH	14	10
TM221CE24U	24 V CC	1 SL + 1 ETH	14	10
TM221CE40R	100...240 V CA	1 SL + 1 ETH	24	16
TM221CE40T	24 V CC	1 SL + 1 ETH	24	16
TM221CE40U	24 V CC	1 SL + 1 ETH	24	16
TM221M16R/G	24 V CC	2 SL	8	8 r

Figura 20. Configuración del controlador

- Una vez configurado el controlador adecuado para el proceso, se realiza el dimensionamiento de entradas digitales, con la descripción del funcionamiento de cada una de las entradas por utilizar.

Tabla 4. Dimensionamiento de entradas del PLC

Tags del módulo de envasado por PLC	
Direccionamiento	Descripción de entradas del PLC
%I0.0	Pulsador de paro y reinicio NC
%I0.1	Pulsador de marcha inicio del proceso NA
%I0.2	Sensor óptico de indicación del contenido del surtidor de tapas NA
%I0.3	Sensor óptico de activación del primer reten del envase para su llenado NC
%I0.4	Sensor óptico de activación del segundo reten del envase para posicionado de tapa NC
%I0.5	Sensor óptico de activación para la sujeción y roscado del envase NC

- Se traslada la información y se etiquetan los distintos tipos de sensores de las entradas del PLC en el *software* de programación.

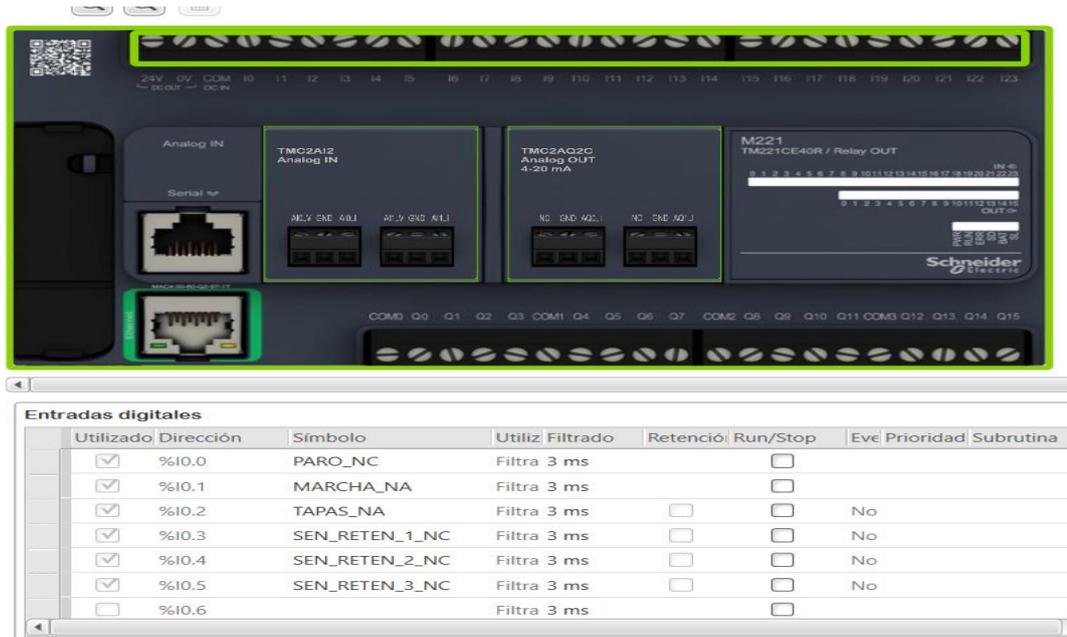


Figura 21. Etiquetado de entradas con la descripción de funcionamiento

- Configurado el controlador adecuado para el proceso, se realiza el dimensionamiento de las salidas digitales, con la descripción del funcionamiento de cada una de las salidas por utilizar.

Tabla 5. Dimensionamiento de salidas del PLC

Tags del módulo de envasado por PLC	
Direccionamiento	Descripción de salidas del PLC
%Q0.0	Surtidor de envases
%Q0.1	Primer reten
%Q0.2	Válvula horizontal de admisión del producto
%Q0.3	Válvula de activación de succión del producto del tanque de almacenamiento
%Q0.4	Válvula vertical de salida del producto al envase
%Q0.5	Válvula de activación de la ventosa que mueve la tapa al envase
%Q0.6	Segundo reten
%Q0.7	Válvula de activación para bajar la tapa al envase
%Q0.8	Válvula de activación para girar la tapa al envase
%Q0.9	Válvula de activación para la sujeción del envase
%Q0.10	Válvula de activación para bajar el motor neumático para el roscado de la tapa
%Q0.11	Motor eléctrico impulsa la faja transportadora
%Q0.12	Válvula de activación del motor neumático para el roscado de la tapa

- Trasladamos la información y etiquetamos los distintos tipos de actuadores de las salidas del PLC en el *software* de programación.

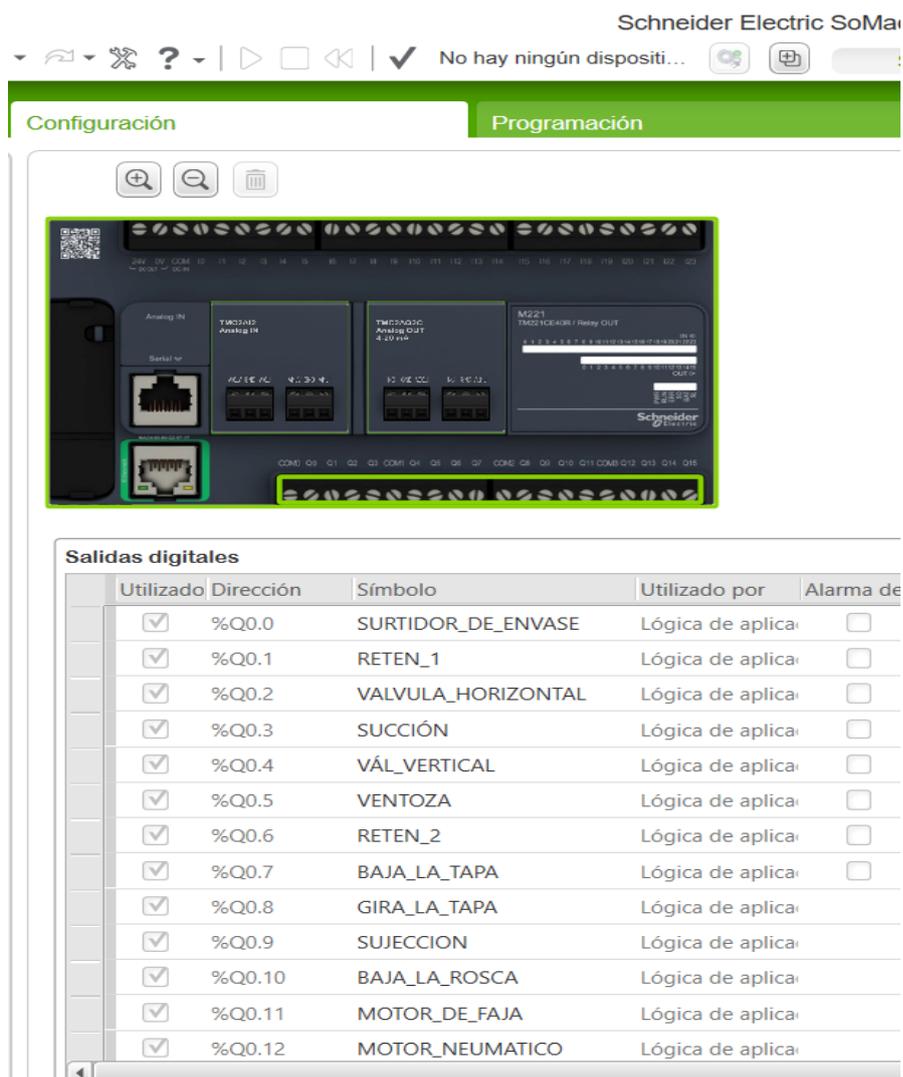


Figura 22. Etiquetado de salidas con la descripción de funcionamiento

4.3.2.4. Programación en So Machine Basic en lenguaje de programación Ladder de la miniplanta industrial

- Procedemos a la programación en el Lenguaje de programación, Diagrama de contactos o Ladder, del proceso de funcionamiento de la miniplanta industrial de llenado y envasado.
- Etapa de inicio de funcionamiento, en esta etapa de la programación consideramos las instrucciones de tipo Bit para dar comienzo al proceso de envasado automático, la instrucción %I0.1 con 0 lógico y activa a la instrucción de Bit de memoria interna Set %M10, el mismo que estará activado en todo el proceso, hasta el momento de activar la instrucción %I0.0 con 1 lógico ya que se conectó de forma física un pulsador normalmente cerrado que al activarse Resetea y para el funcionamiento del proceso %M10.

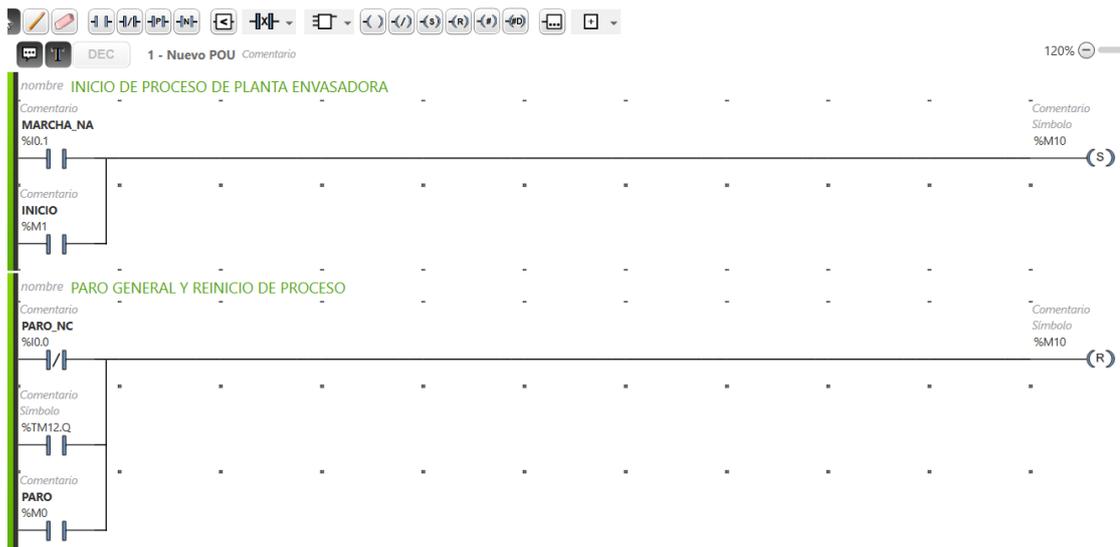


Figura 23. Etapa de inicio de funcionamiento con los controles de marcha y paro del proceso

- Etapa de surtido de envases vacíos, consta en el movimiento de salida de un cilindro de doble efecto controlado por una electroválvula 5/2 monoestable, instalada a la salida física del PLC %Q0.0 que se activa con el Bit de memoria %M10 de la etapa anterior, haciendo que el envase sea empujado a la faja transportadora, luego de un tiempo programado por el temporizador %TM0 en 2 segundos el cilindro retorna y al mismo tiempo mediante la instrucción de comparación de igualdad, se activa el motor que mueve la faja transportadora instalado a la salida física del PLC %Q0.1.
- Paralelamente al funcionamiento del motor de la faja transportadora, por medio de una instrucción de estado de Bit %S6 (Generador de pulsos asíncronos) el Bit interno de salida virtual %M5 enciende y apaga de forma asíncrona un segundo.

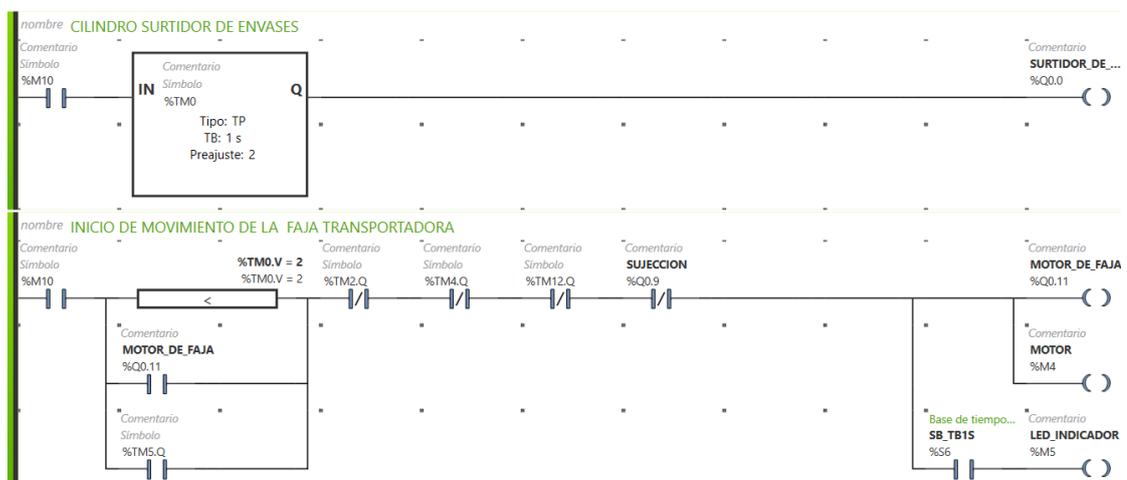


Figura 24. Etapa de dosificado de envases y funcionamiento de la faja transportadora

- Etapa de llenado del producto, iniciado el funcionamiento de la faja transportadora, llevando y guiando el envase, este pasa por un sensor de proximidad óptico normalmente cerrado %I0.3, y este activa a un cilindro de doble efecto controlado por la salida del PLC %Q0.1 y detiene la faja transportadora, dando inicio al proceso de llenado del producto al envase, en esta etapa se utilizó 2 temporizadores *On Delay* %TM1, %TM2 y una instrucción de comparación de igualdad, activando en forma secuencial las salidas de %Q0.2 (válvula horizontal), %Q0.3 (succión del producto del tanque de almacenamiento) y %Q0.4 (válvula vertical que al activarse y por medio de una tobera dirige una cantidad de producto al envase, todo esto calibrado por los tiempos asignados a los temporizadores.

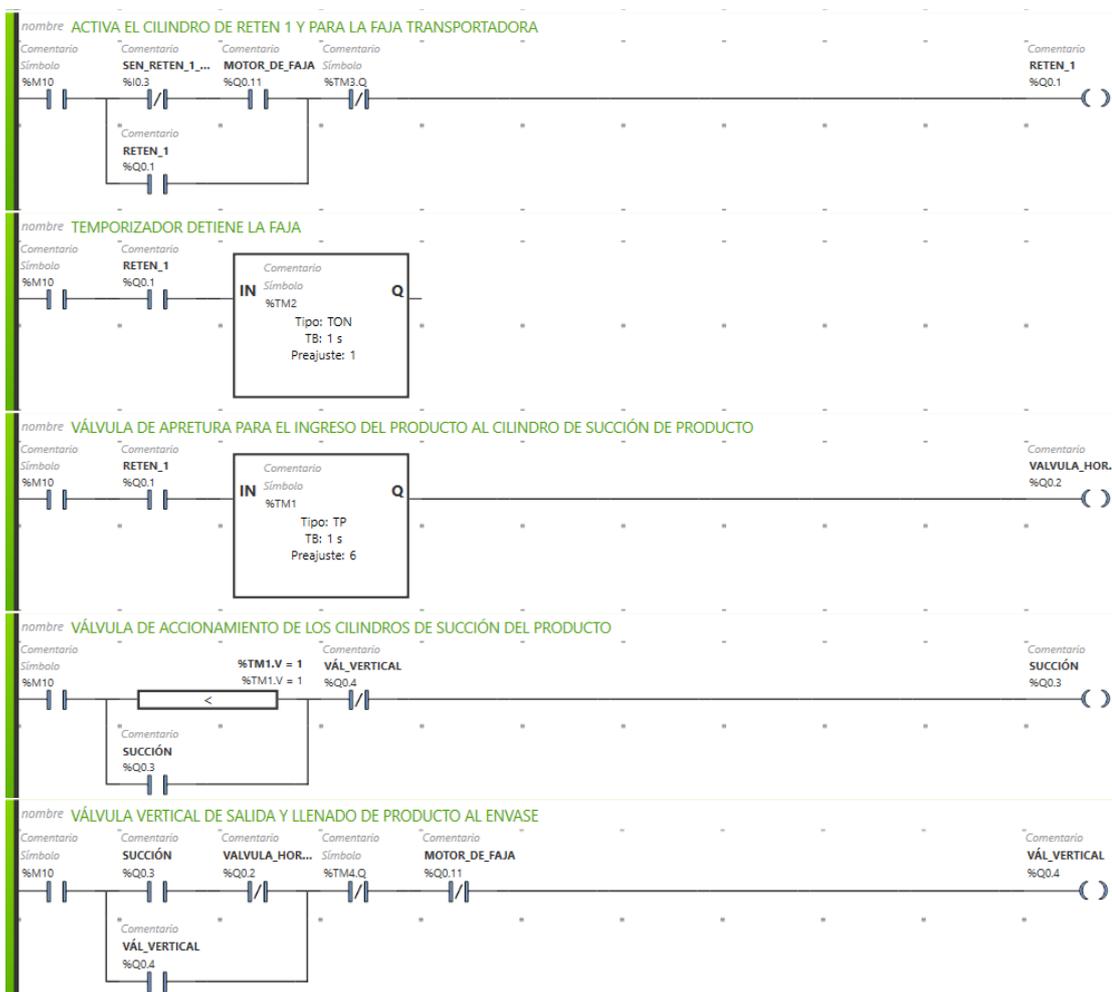


Figura 25. Etapa de llenado de producto a los envases

- Etapa de colocado de tapa al envase, una vez contenido el envase con el producto, la banda transportadora se pone en movimiento automáticamente, al pasar este por un segundo sensor óptico se activa un cilindro de doble efecto reteniendo el envase %Q0.6, y parando nuevamente la faja transportadora, para así de forma secuencial activar una

ventosa %Q0.5 del surtidor y succionar la tapa luego de un tiempo programado, se activa un cilindro neumático de doble efecto de giro limitado por cremallera %Q0.8, que gira la ventosa, luego de un tiempo programado la ventosa succionando la tapa baja por medio de otro actuador neumático %Q0.7, ubicada la ventosa a la altura del envase, esta se desactiva y coloca la tapa en la boca del envase.

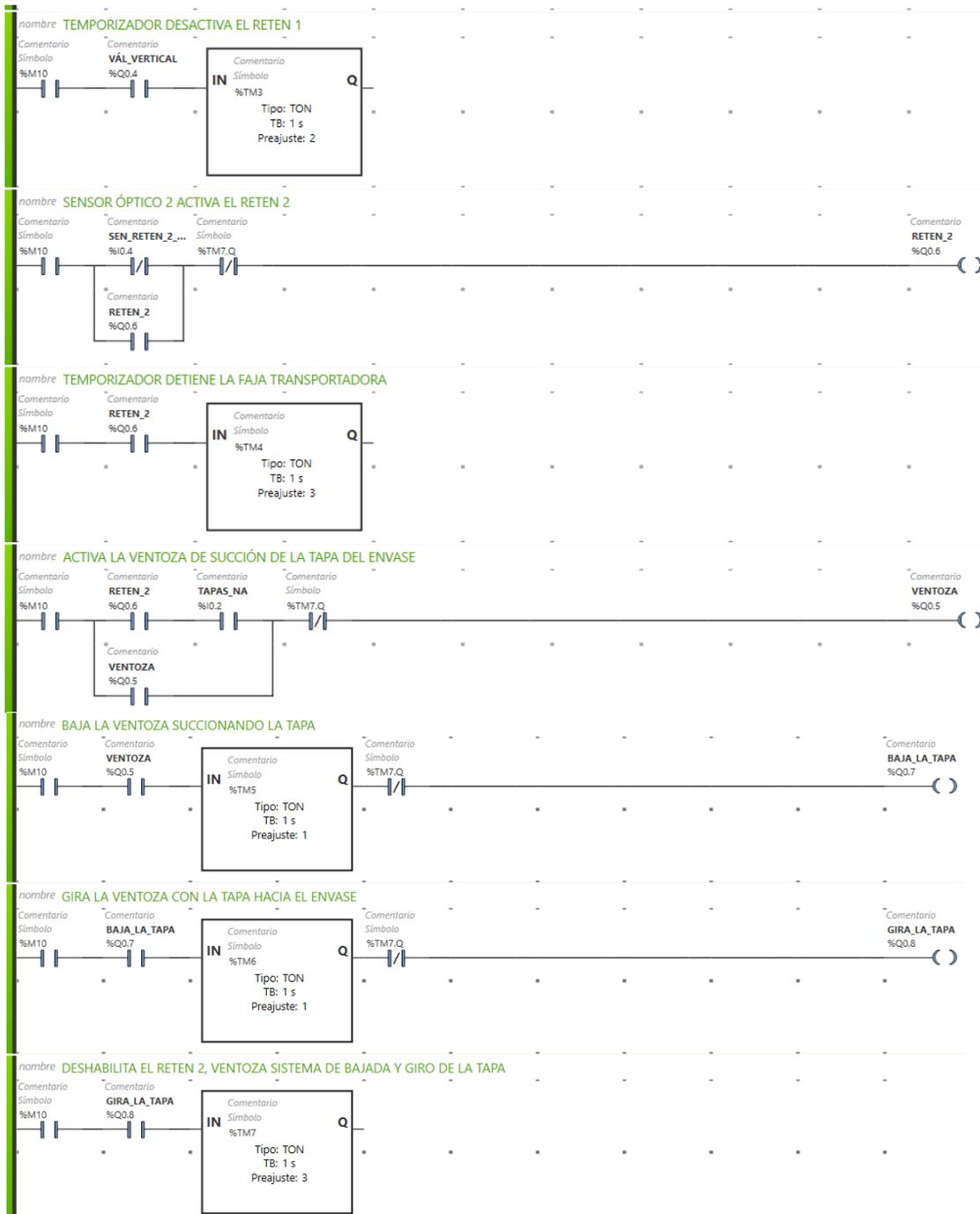


Figura 26. Etapa de colocado de tapa en los envases

- Etapa de roscado y tapado del envase con el producto, continuando la secuencia de funcionamiento llegamos a la etapa final del proceso, teniendo el envase con la tapa

puesta en el envase, sintonizado el tiempo que demora el funcionamiento secuencial de la anterior etapa el segundo reten de desactiva y la banda transportadora nuevamente se pone en movimiento, sincronizado el tiempo por medio de otro temporizador on delay de activan dos actuadores neumáticos en paralelo %Q0.9, que sujetan el envase y la faja transportadora se detiene nuevamente, es ahí que baja un cilindro neumático de doble efecto %Q0.10 transportando el motor neumático %Q0.12, que al estar a la altura y sobre el envase con la tapa colocada, este se activa roscando y sellando el envase con el producto, terminado esta etapa se desactivan los cilindros que hacían la sujección del envase y al llegar al final del recorrido la faja transportadora se detien con el producto terminado.

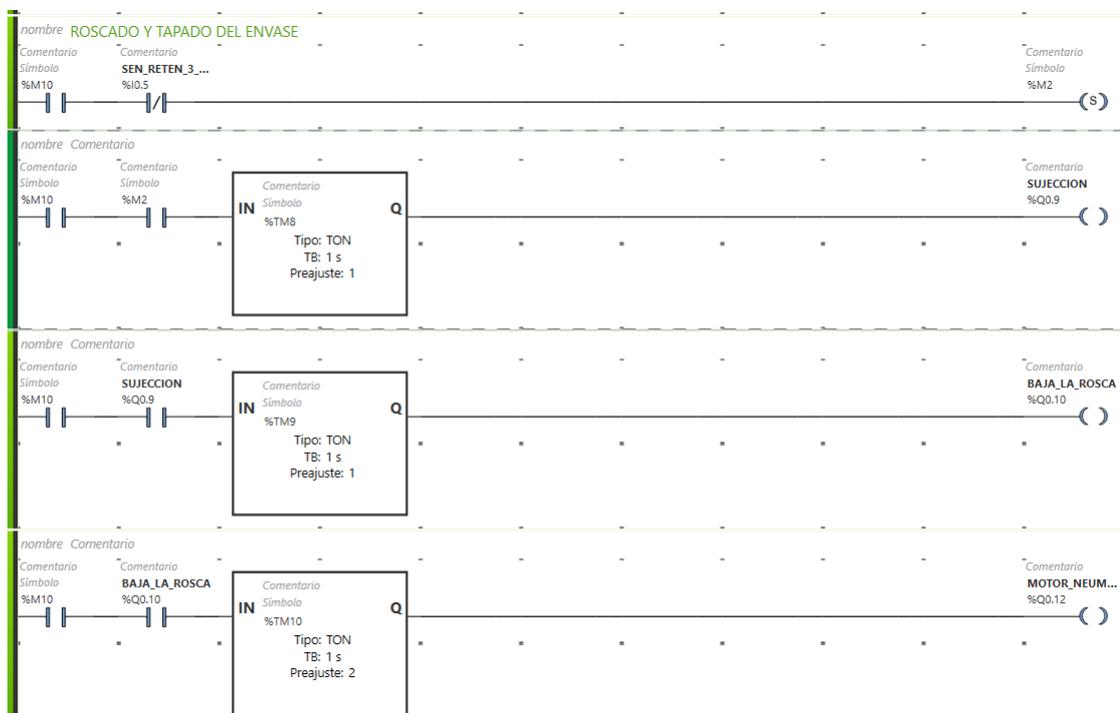


Figura 27. Etapa de roscado y tapado del envase con el producto

- Etapa de conteo de envases producto terminado, utilizamos una instrucción Contador %C0, que puede tener un funcionamiento de contador ascendente y contador descendente según la aplicación, con ello podremos visualizar y resetear lo envases terminados, consta de cuatro entradas digitales, 1 Bit de entrada CU (ascendente), 1 Bit CD (descendente), 1 Bit Set, y 1 Bit Reset, también consta de tres salidas digitales, Empty (Desbordamiento descendente), Full (desbordamiento ascendente) y un Bit Done (Bit de activación de preajuste)
- Se programaron los bits de entrada virtual %M3 para ser usada sólo con el HMI, ascendente para contar las pieza terminadas al final del proceso, también un bit de

Reseteo activada por un bit interno de entrada %M6, que igualmente será activada mediante PC o HMI.

- Para obtener el valor acumulado lo hacemos por una instrucción analógica del contador que es el valor acumulado, que por medio de una instrucción de operación se mueve este valor a una memoria interna tipo Word (palabra) %MW10, que se puede visualizar este valor acumulado analógico en en la PC o HMI.

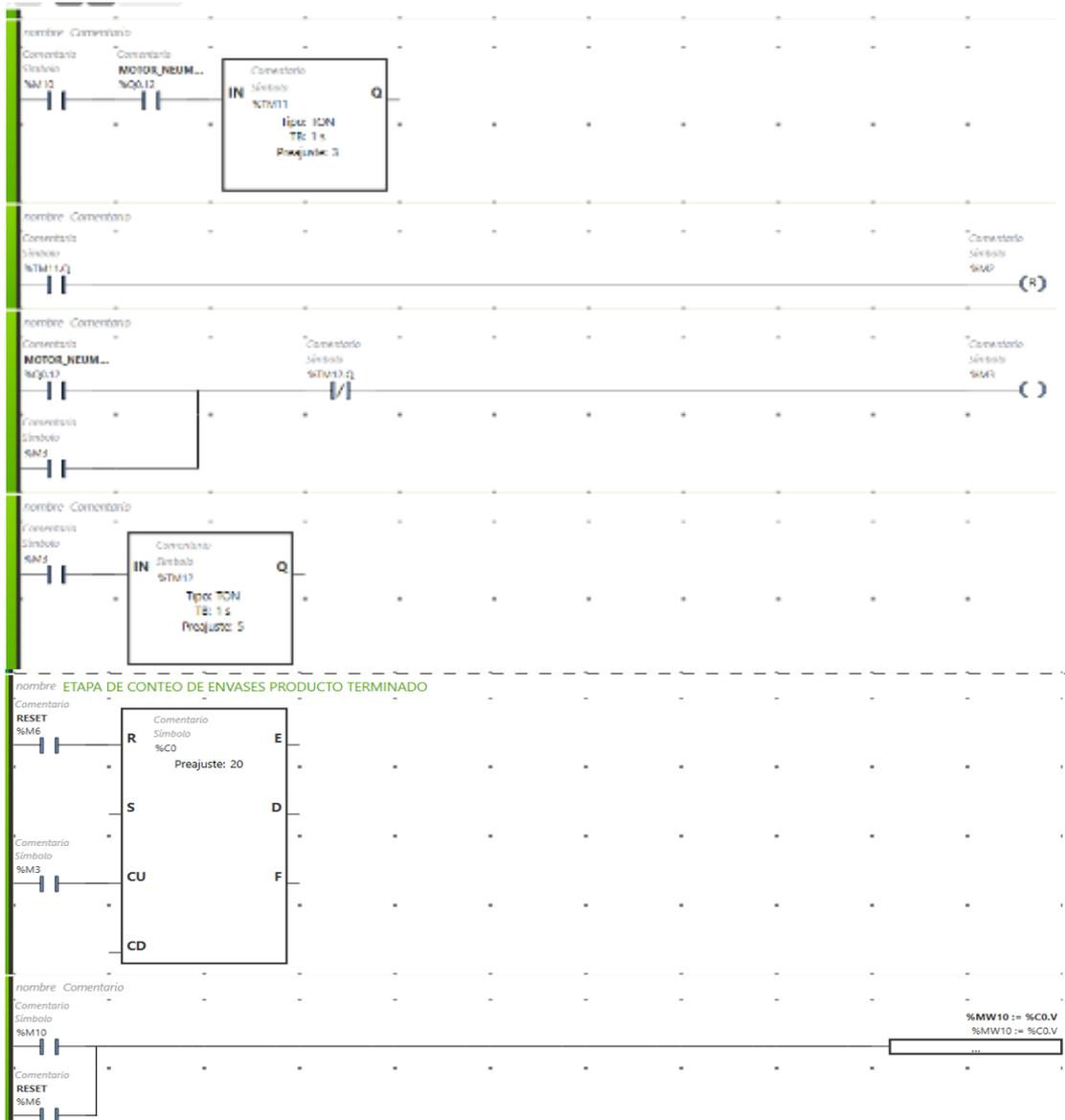


Figura 28. Etapa de conteo de envases del producto terminado

4.3.2.5. Transferencia del programa de funcionamiento de la miniplanta al PLC M221

Terminada la programación del proceso, se procede a descargar el programa al PLC, se conecta un cable de red con conectores RJ45 al puerto de protocolo *Ethernet* IP del PLC, el

ordenador detecta automáticamente la dirección IP del controlador, configuramos la dirección IP de nuestra computadora al dominio de la dirección de red del controlador



Figura 29. Descarga del programa hacia el PLC

- Se configura la dirección IP de la PC en el dominio de la dirección del PLC

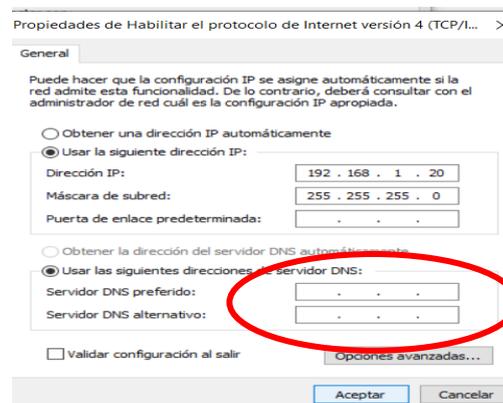


Figura 30. Cambio de la dirección IP de la PC en el dominio del PLC

- Se hace click en inicio de sesión

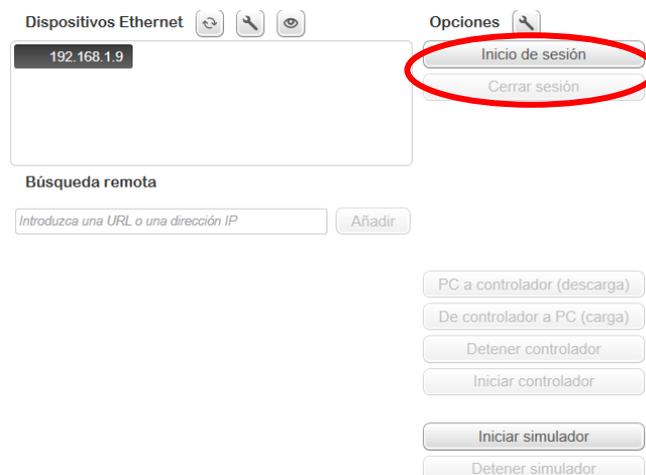


Figura 31. Inicio de sesión

- Aparecen dos opciones Pc a Controlador en el caso de descargar el programa elaborado al PLC y De controlador a PC, en el caso de cargar en la PC un programa editado ya en el PLC, se hace *click* en descargar de PC a Controlador.

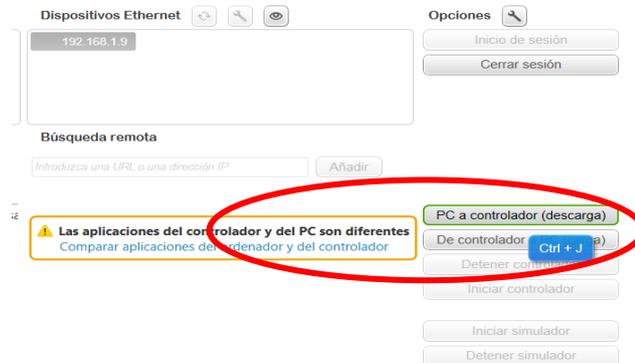


Figura 32. Descargamos el programa al PLC

- Una vez descargado el programa se hace *click* en Iniciar Controlador, y se culmina el procedimiento de descarga y ejecución del programa.



Figura 33. Iniciar controlador

- Se ejecuta el programa

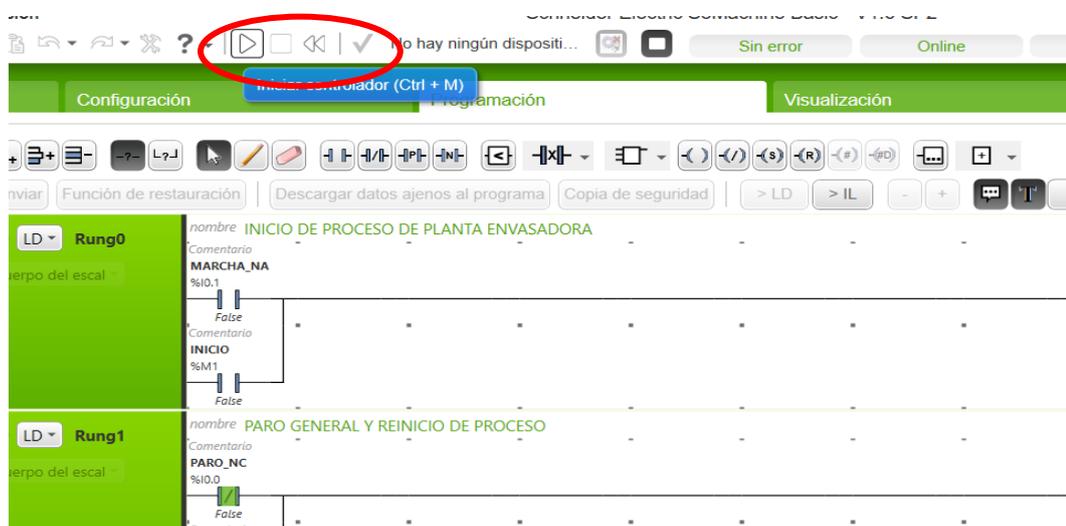


Figura 34. Se ejecuta el programa

4.3.2.6. Programación de la pantalla HMI, con el software *Movicon 11.6*

Se abre el *software* de programación, e inicia con un nuevo proyecto, se selecciona la plataforma WinCE, que en este caso es el sistema operativo de las pantallas HMI de la marca VIPA.

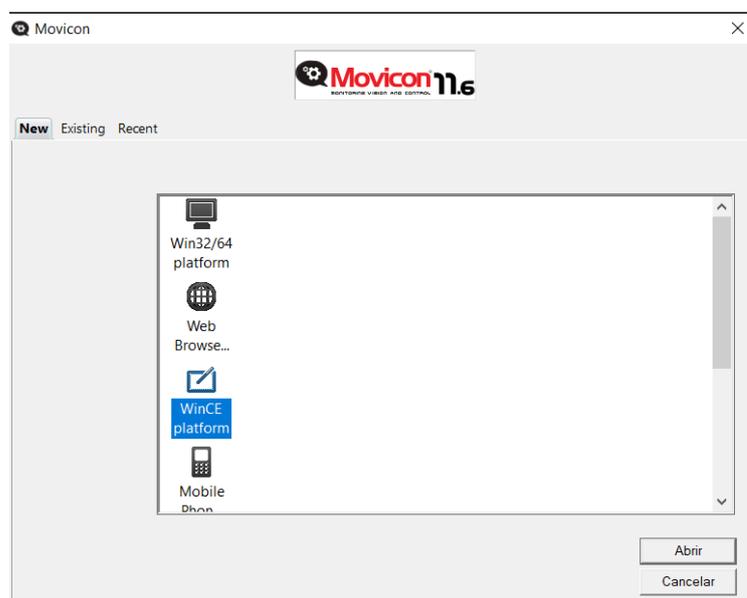


Figura 35. Iniciamos con el software Movicon

- Se selecciona la unidad y la carpeta donde guardar el proyecto

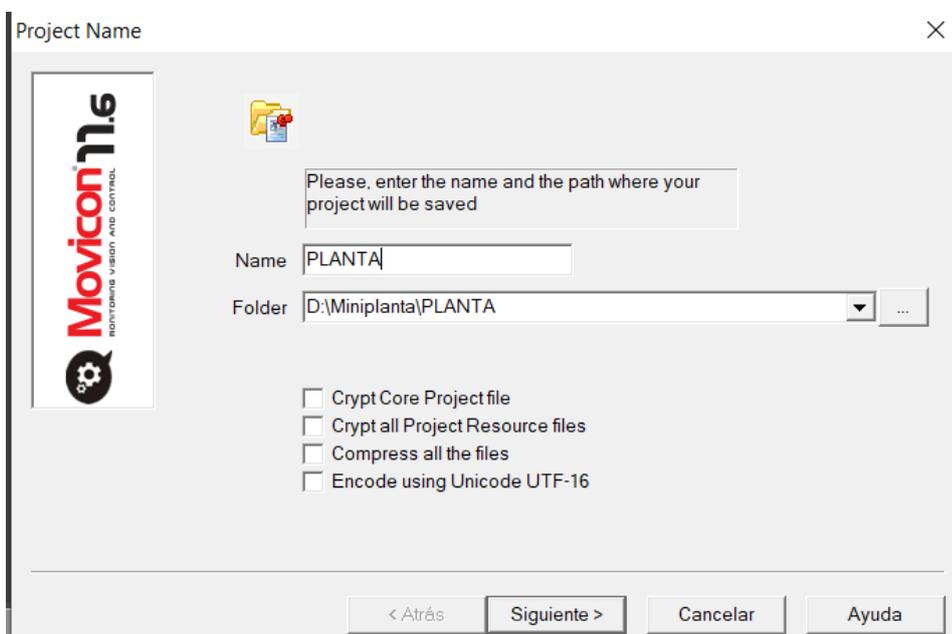


Figura 36. Selección de carpeta

- Se selecciona el driver del Protocolo de comunicación de la marca del controlador TM221 Schneider Electric, Protocolo Modbus Ethernet TCP – IP.

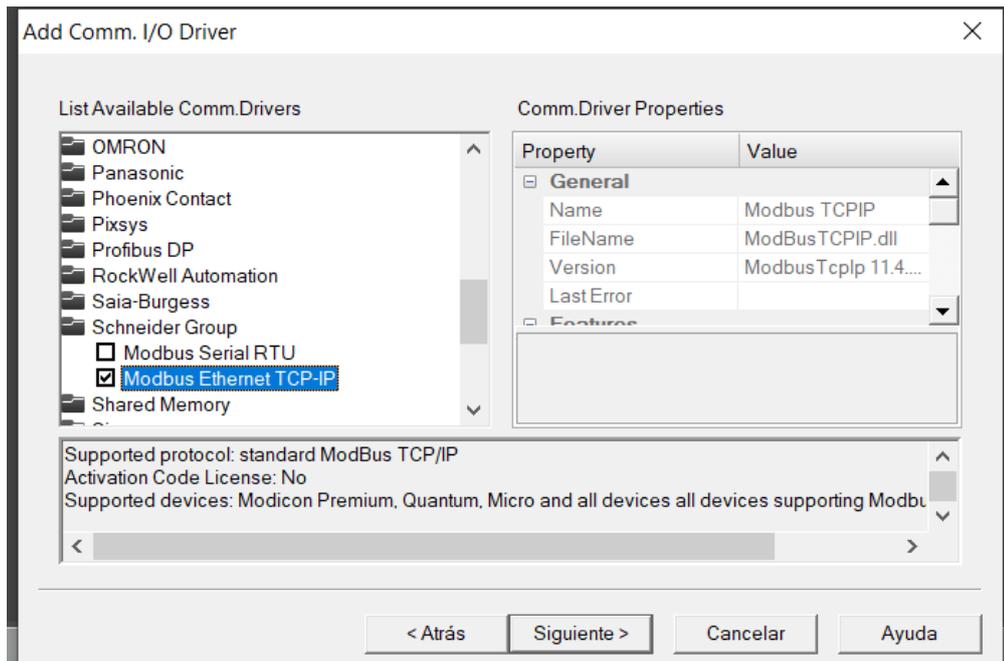


Figura 37. Selección del driver del protocolo de comunicación

- Se configura el tamaño de la pantalla HMI largo, ancho y color de fondo de pantalla

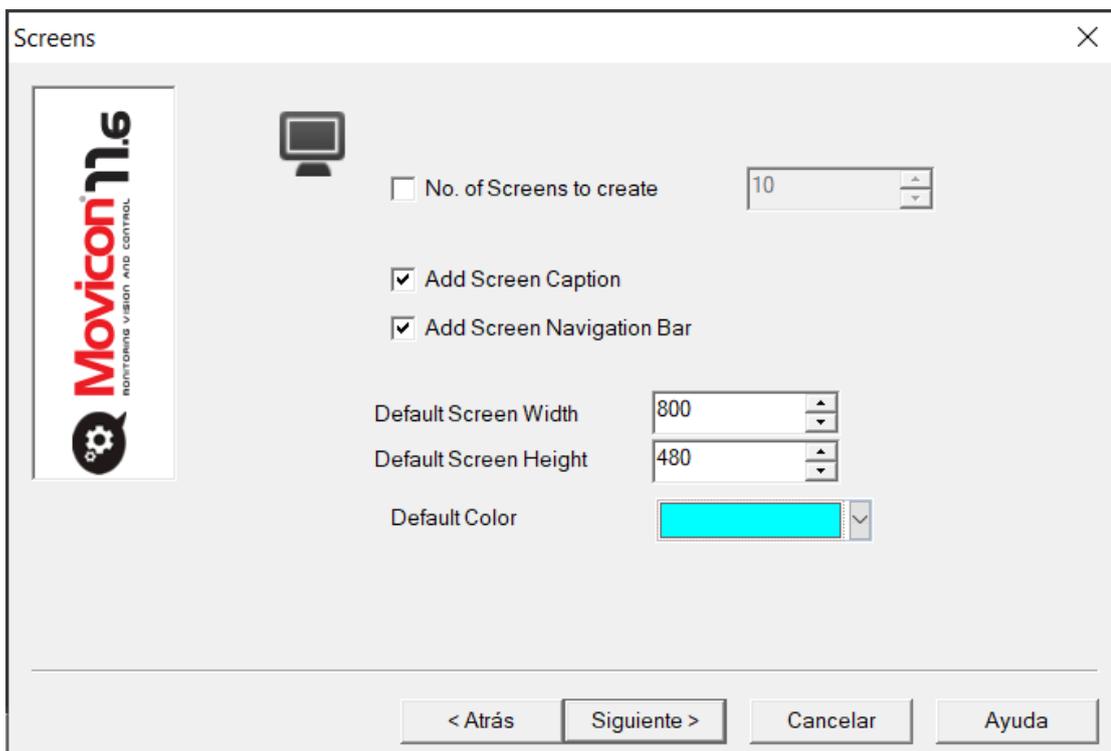


Figura 38. Selección del tamaño de la pantalla hardware

- En la ventana de protocolo Modbus TCPIP, se selecciona la pestaña *stations* y se hace *click* en Add.

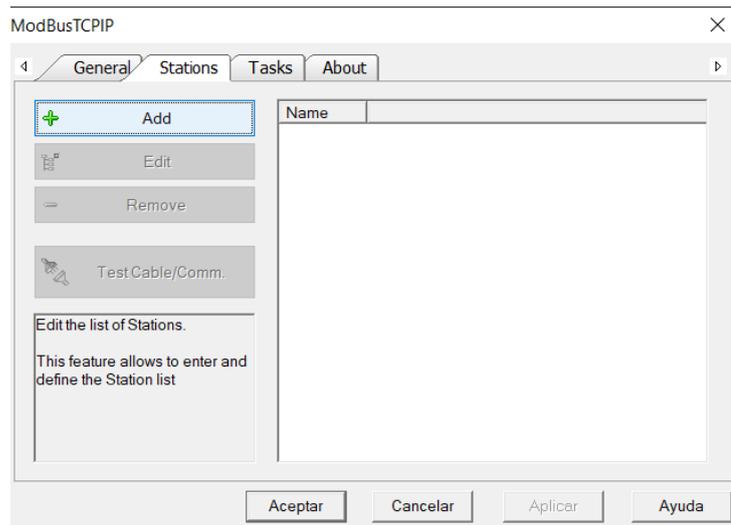


Figura 39. Selección de la estación de trabajo y dirección IP del PLC

- Aparece la ventana *Station Properties*, en esta parte de la configuración permite nombrar el proyecto y a la vez agregar la dirección IP del PLC, para establecer comunicación mediante el protocolo Modbus TCP-IP, con la PC.

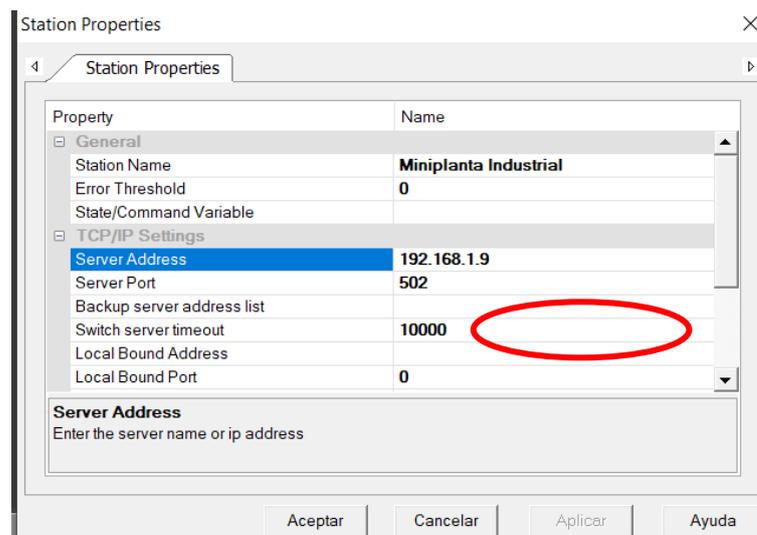


Figura 40. Selección de la dirección IP del PLC

- Se aceptamos y aparece la siguiente ventana, se selecciona el nombre del archivo y se hace *click* en Test Cable/Comm. Para verificar la comunicación con el PLC.
- Aparece el mensaje que indica la comunicación satisfactoria de PC con el PLC.

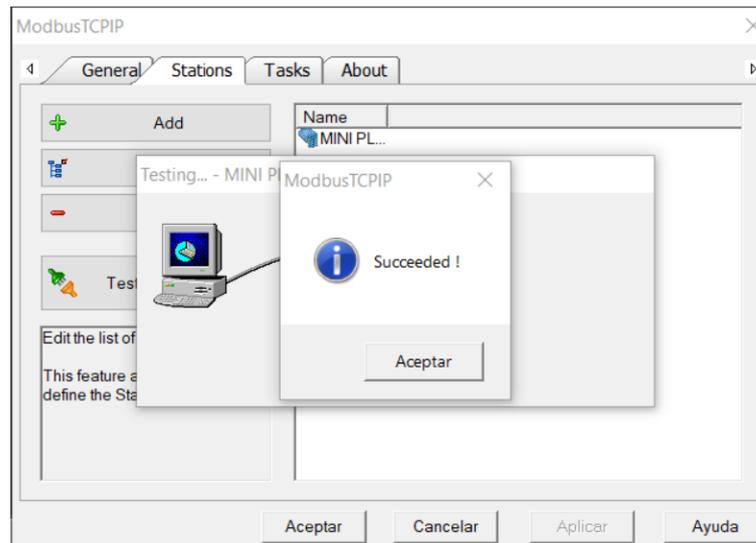


Figura 41. Comprobación de la comunicación de la PC con el PLC

- Verificada la comunicación con el PLC se procede a crear los sinópticos o pantallas en el software *Movicon* 11.6.

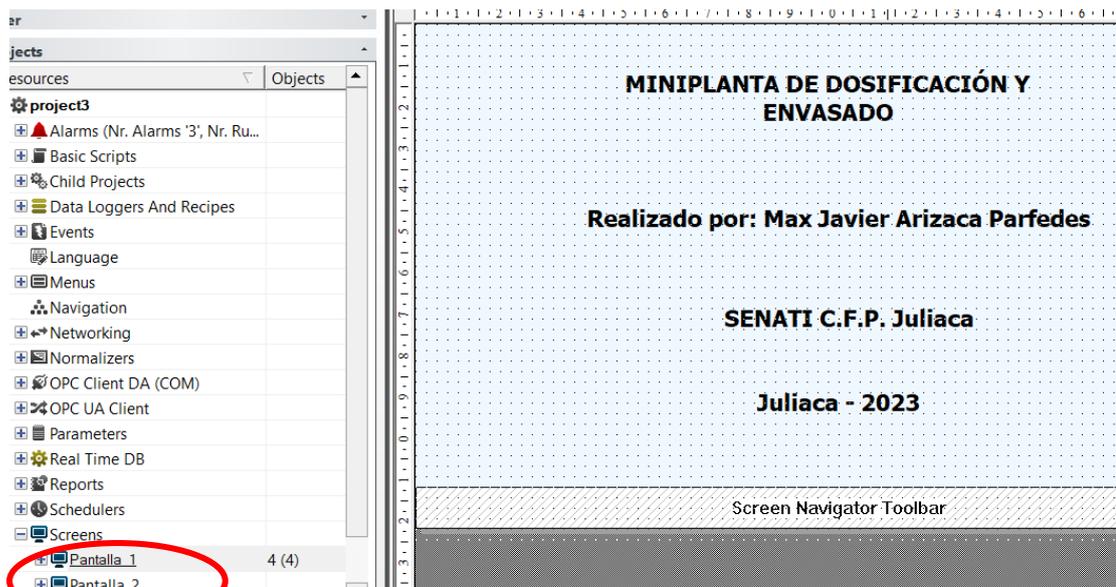


Figura 42. Se crean las pantallas del diseño de presentación

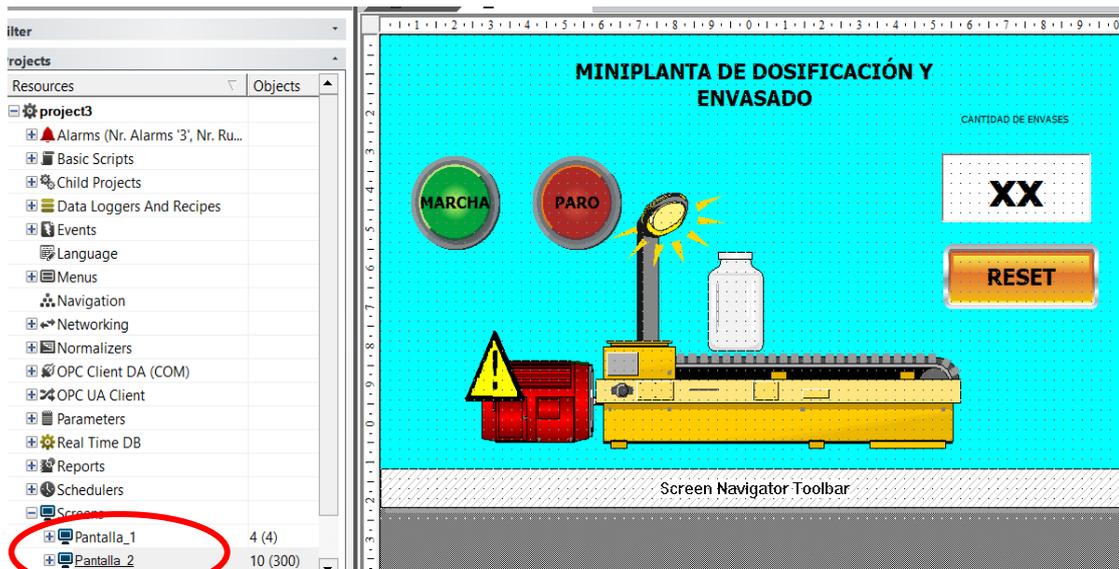


Figura 43. Creación de las pantallas de diseño de la planta

- Se asignan los TAGS a las variables del programa, con las marcas o memorias internas del *software So Machine*, que, según la lógica de programación, se realiza el control de inicio, paro y reinicio del proceso, como también la supervisión del recorrido del producto en sus distintas etapas, así mismo, las variables analógicas, que indicará el conteo de los envases en la fase final del proceso.
- En la ventana Tag Browser se selecciona la pestaña Comm. I/O Drivers, se selecciona Add/Edit, y Modbus TCPIP.

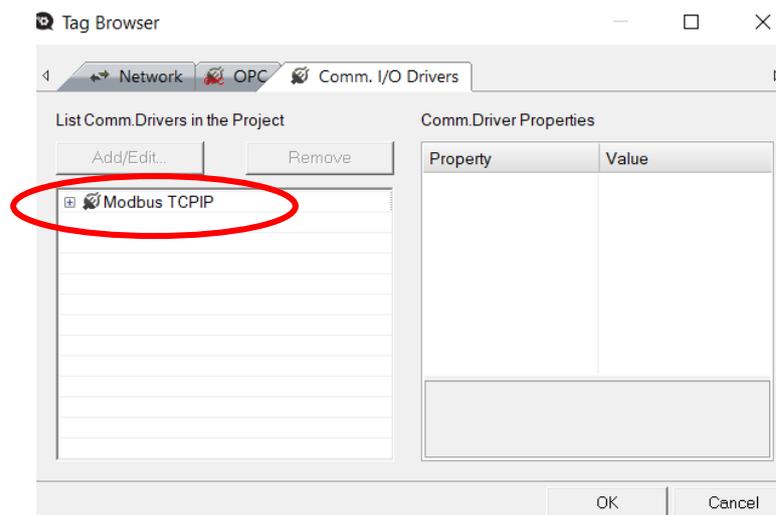


Figura 44. Se agrega por protocolo Modbus TCPIP las direcciones tipo marca basada en la lógica de control en So Machine

- Para el caso de la Marca MARCHA se selecciona en Data Area Single Coil, y en Start Address la marca asignada en el Programa *So Machine Basic* %M1 en *Movicon* solamente 1.

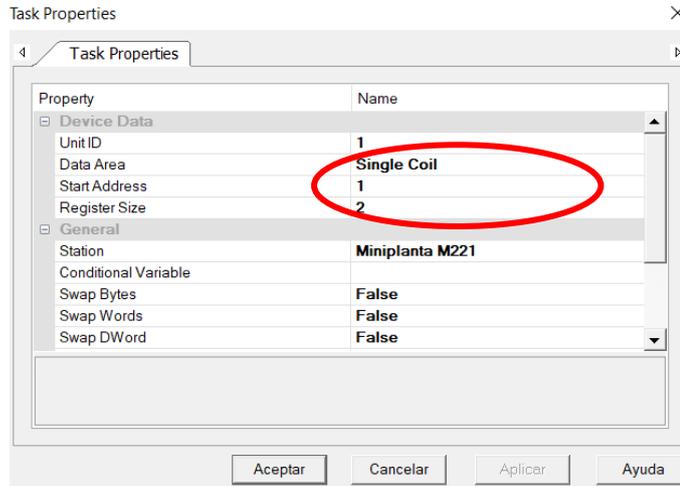


Figura 45. Se asigna la marca de las variables digitales

- El mismo procedimiento en los demas Tags asignadas a cada variable considerando para instrucciones tipo bit SINGLE COIL, y para variables analógicas *Single Register*, como es el caso del valor analógico acumulado de valor del contador en *So Machine* %MW10.

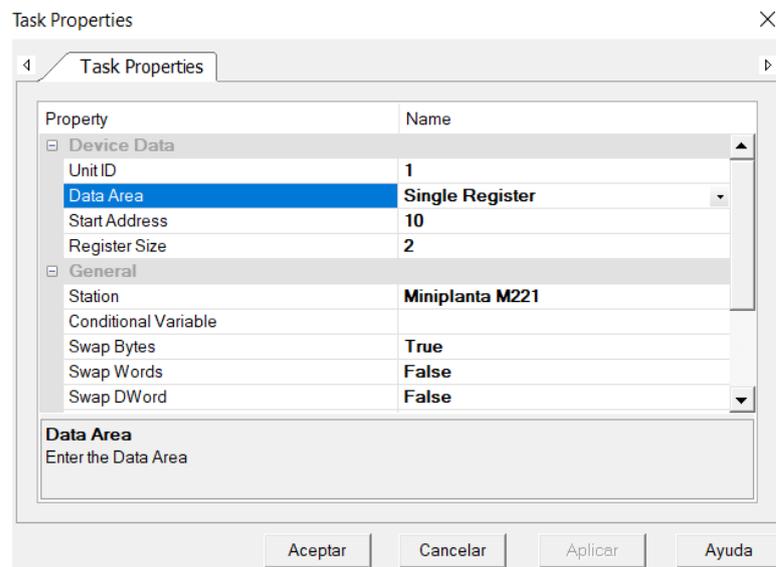


Figura 46. Se asigna la marca de las variables analógicas

- Se elabora el cuadro de marcas tipo Bits y Word, con las designaciones de las variables del proceso por ejecutar.

Tabla 6. Tipos de variables de proceso Tags

Variables tags	Tipo de dato	Marca
Contador	WORD 16 BIT	%M10
Led asíncrono	BIT	%M5
Pulsador de marcha	BIT	%M1
Motor de la faja Transportadora	BIT	%M4
Pulsador de paro	BIT	%M0
Boton de reset del contador	BIT	%M6

- En el explorador del *software* movicon, se dirige a Real Time DB, y en variables Tags se agrega con las marcas establecidas en la lógica de control del diagrama *Ladder* en el *software So Machine Basic*, y se arrastran a cada figura seleccionada en la pantalla para su función específica, según su tipo de señal ya sean del tipo Bit o Palabra.

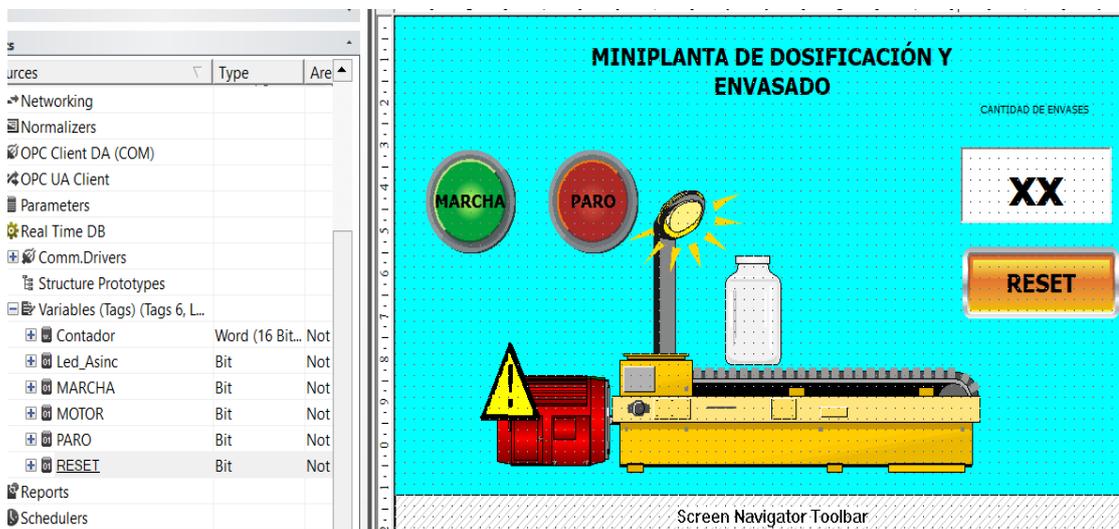


Figura 47. Se agregan los Tags a las figuras de diseño según sus funciones

- Se procede a descargar el programa a la pantalla HMI VIPA



Figura 48. Reconocimiento de la pantalla HMI

- Encendido del equipo y se busca la dirección IP de la Pantalla

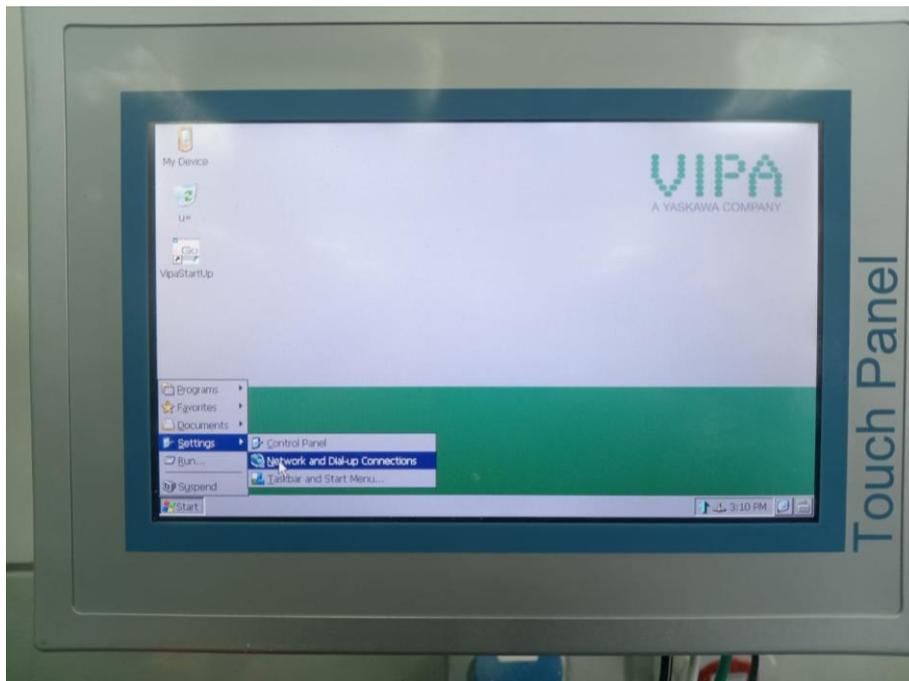


Figura 49. Se busca la IP de la pantalla HMI



Figura 50. IP de la pantalla HMI

- Con ese dato, Se verifica el dominio de la dirección IP de la PC.

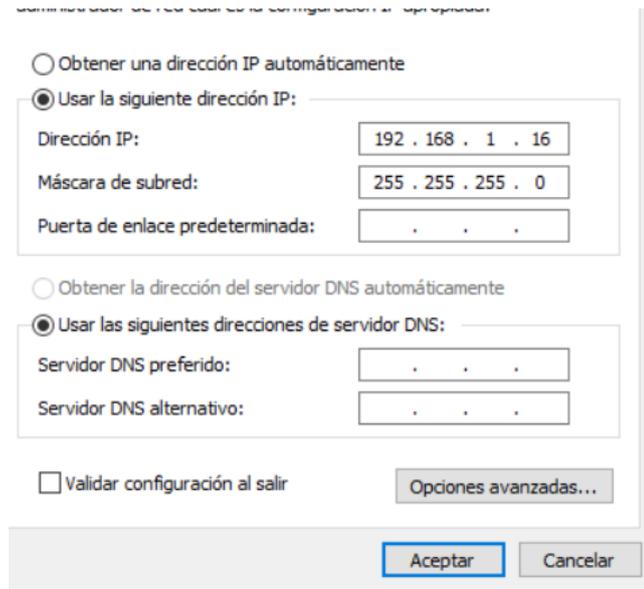


Figura 51. Se configura la IP de la PC con el dominio de la pantalla HMI

- En Movicon se ubica la pestaña *Upload project*, se selecciona FTP, en Server se coloca la IP de la pantalla HMI *User Name wince* y el *password vipatp* y se hace click en *Upload Project*.

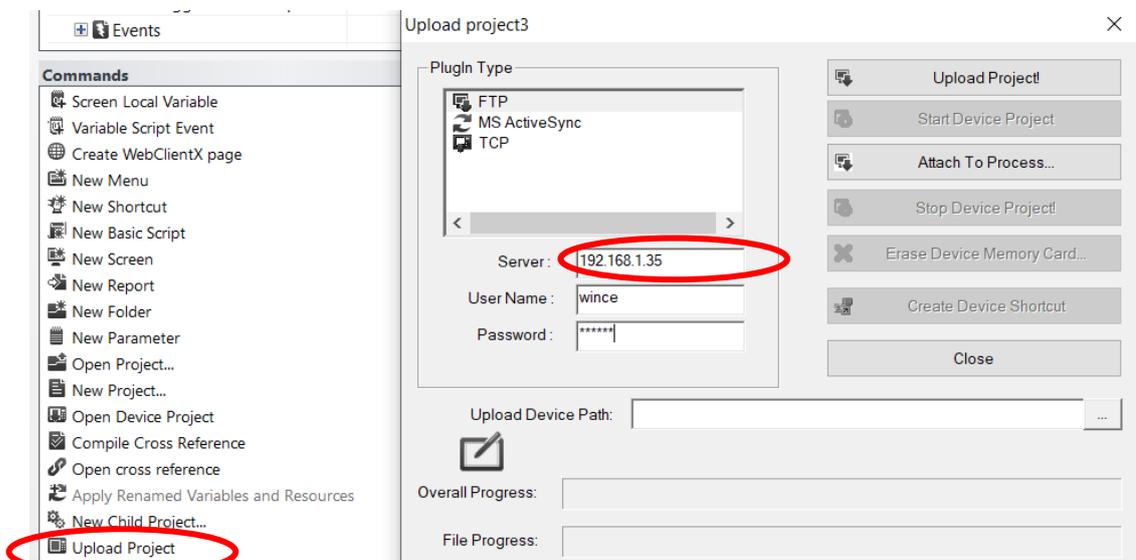


Figura 52. Se procede a la transferencia del programa de edición en Movicon al hardware HMI

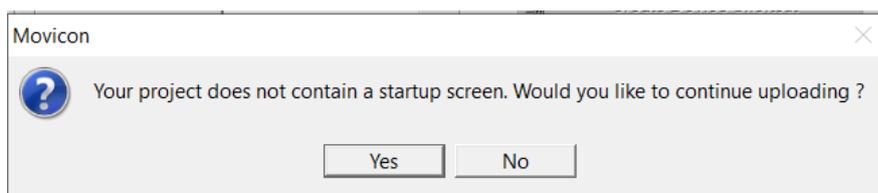


Figura 53. Se valida la transferencia del archivo

- Si la transferencia de los archivos de programa fue satisfactoria debe aparecer en la pantalla la siguiente confirmación.

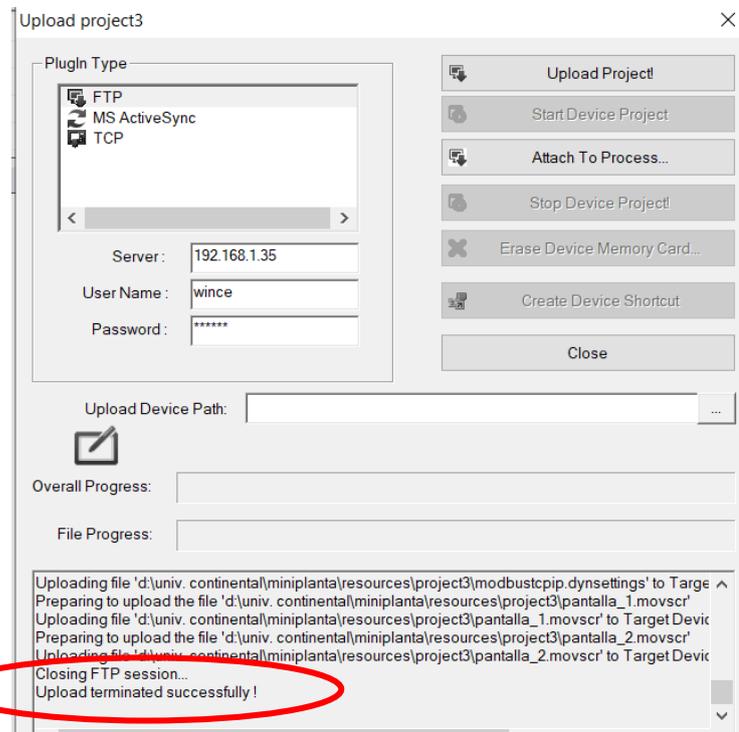


Figura 54. Confirmación de la transferencia de archivos de programa satisfactoria

- Nos dirigimos a la pantalla HMI, y buscamos el archivo



Figura 55. Se busca el archivo transferido

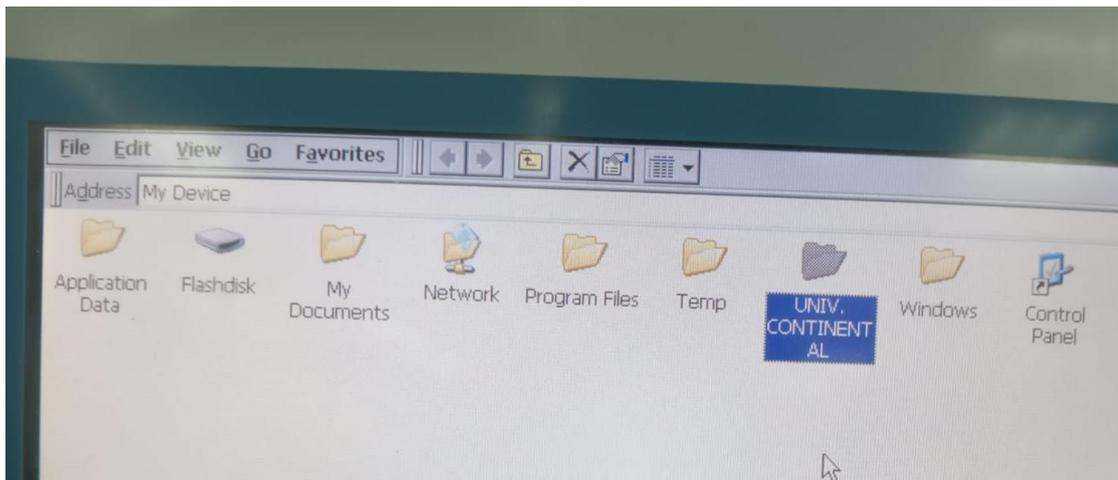


Figura 56. Se ubica la carpeta de archivos

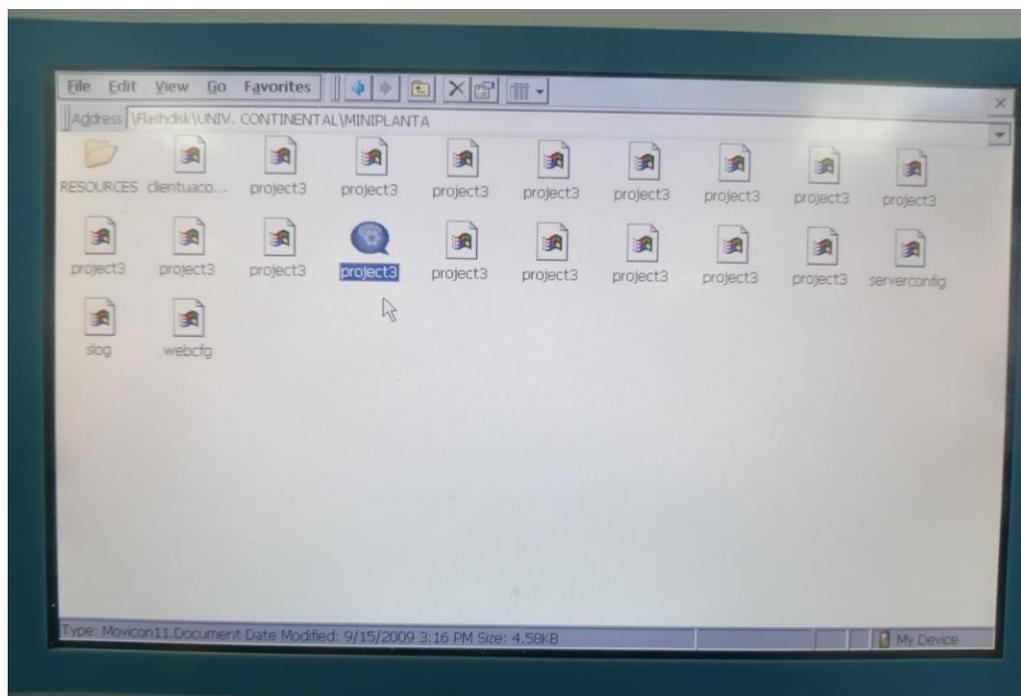


Figura 57. Se abre en el ícono del programa Movicon

- Podemos visualizar el programa de control y supervisión, en este primer sinóptico los datos de la miniplanta industrial.

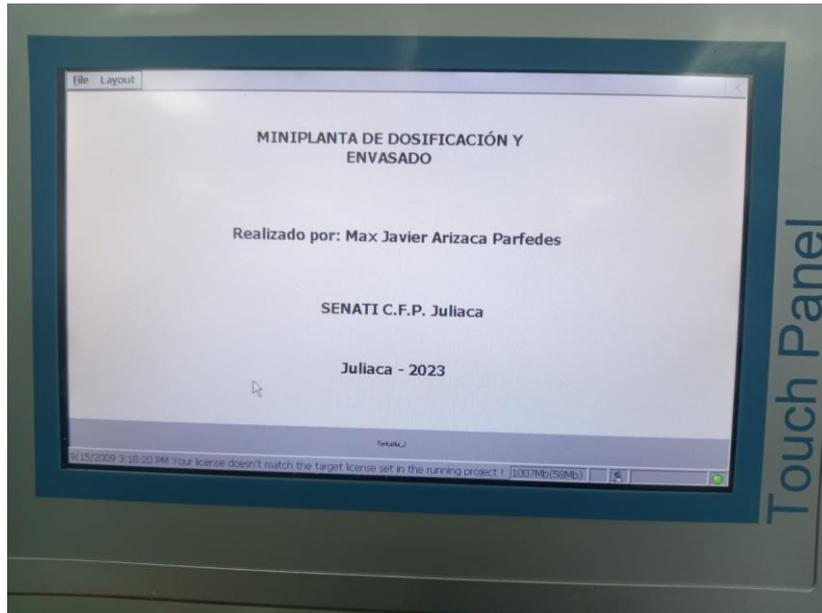


Figura 58. Se visualiza el primer sinóptico de presentación

- Digitando la barra inferior accedemos al segundo sinóptico, donde visualizamos los pulsadores táctiles de marcha, paro del proceso, también visualizamos el indicador de conteo de productos envasados, con su pulsador táctil de reseteo. Se incorporó también una animación de indicación del funcionamiento del motor que acciona la faja transportadora y una lámpara de encendido asíncrono que parpadea en indicación que la faja está en movimiento y se apaga cuando la faja transportadora se detiene en las distintas etapas del proceso

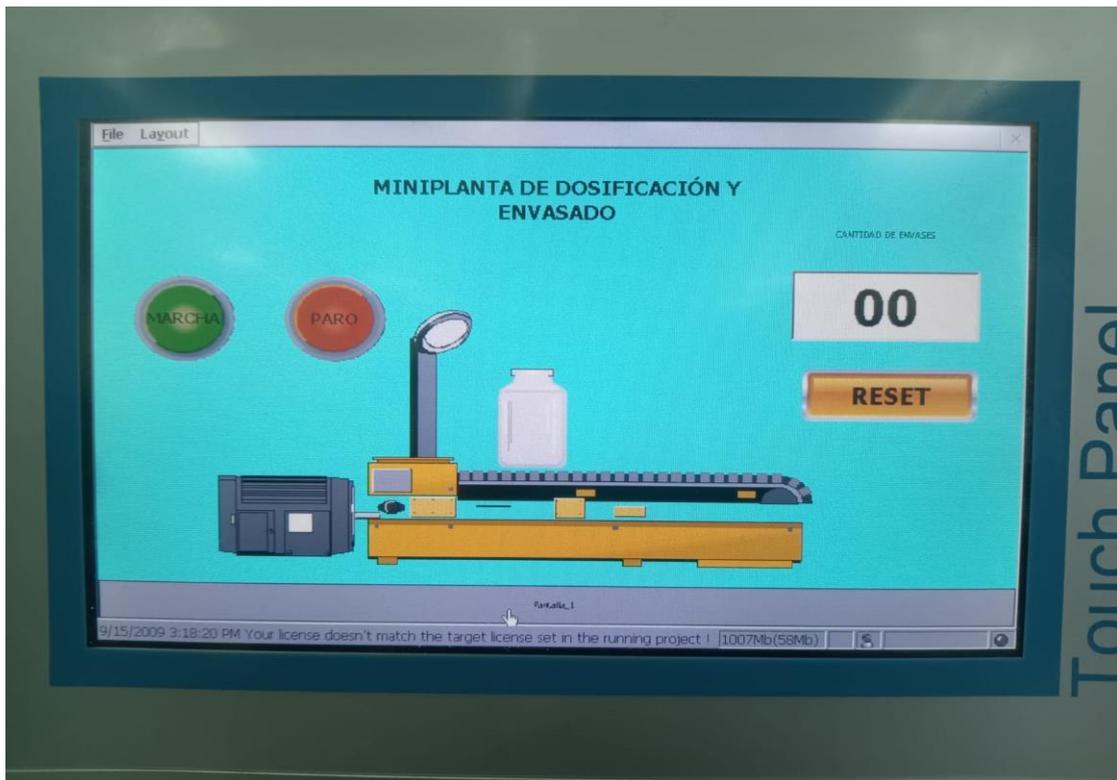


Figura 59. Se visualiza el segundo sinóptico del proceso

- Es la imagen que muestra la pantalla de la PC con *Movicon* en ejecución, sinóptico 1



Figura 60. Se visualiza el primer sinóptico en la PC software Movicon

- Es la imagen que muestra la pantalla de la PC con *Movicon* en ejecución, sinóptico 2



Figura 61. Se visualiza el segundo sinóptico en la PC software Movicon

- Tenemos al final el sistema integrado de automatización por PLC y control y supervisión por PC y HMI (Interfase Humano Máquina)



Figura 62. Control de proceso de automatización de una miniplanta dosificadora y envasadora controlada por PLC, y supervisado por PC y HMI.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En el presente capítulo, se dan a conocer los objetivos logrados con el presente trabajo de investigación o mejora en el proceso de enseñanza aprendizaje, en los contenidos del curso de Automatización Industrial.

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas

Con la implementación del módulo didáctico que consta de una miniplanta industrial de dosificado y envasado automatizado por *software* y *hardware* para el proceso de enseñanza se logró lo siguiente:

La automatización es la aplicación de la tecnología, en procesos de producción y manufactura, evitando el uso de la mano de obra, haciendo que estos procesos se realicen de manera más segura y efectiva, mostrando mejores resultados en los acabados finales, y es de esta forma que el presente trabajo efectiviza el aprendizaje en el tema de automatización, ya que en los procedimientos tradicionales con módulos de enseñanza dejaban una brecha ante una aplicación real de trabajo por tratarse solo de simulaciones y emulaciones. La implementación del módulo didáctico controlado por *software* genera una actitud motivacional en los estudiantes que ven en esta miniplanta automatizada la aplicación integrada de las ciencias de la Electricidad, Electrónica, Neumática y la informática, poder realizar una programación del proceso experimentando las posibles fallas en la sintonización de tiempos y secuencias, integrar en el módulo sistemas de control y supervisión por HMI y PC, involucrarse en los temas de configuración de redes informáticas y protocolos de comunicación, poder elegir lenguajes de programación adecuados a determinados procesos como el *Ladder*, *Grafcet*, Lista de Instrucciones, que son utilizados mayormente en procesos de secuencias de funcionamiento.

5.2. Logros alcanzados

La implementación de un módulo didáctico controlado por *software* beneficiará en lo siguiente en el proceso de enseñanza aprendizaje:

- Dominio de los lenguajes de programación en *So Machine Basic*, como el *Ladder*, *Grafcet*, Lista de instrucciones, manejo de instrucciones de temporización, conteo, comparaciones y reloj en tiempo real.
- Control y supervisión de distintos procesos industriales por medio de la interfaz gráfica del HMI y PC de la miniplanta, por medio de *software*, crear pantallas de información y de ejecución de proyecto, configurar animaciones de elementos sensores o actuadores, como también importar y exportar datos con el uso de los *Data logger*.
- Integración de redes de comunicación a distintos equipos de automatización con protocolos de comunicación.

5.3. Dificultades encontradas

En este capítulo, mencionamos las dificultades más relevantes en el presente trabajo:

- Los costos en automatización son muy significativos dado que equipos como PLC, HMI, son robustos y de diseño industrial, pero compensable dado las funciones que realiza.
- Se debe considerar que la automatización genera dependencia, es decir conforme la tecnología avanza, muchos equipos pueden quedar obsoletos.
- La versión gratuita de *Movicon 11.6* permite editar pantallas con las librerías propias del *software*, como también crear tus propias librerías con animación, el inconveniente es que al llegar las dos horas no te permite seguir la edición de tu programa. Este inconveniente se supera al guardar el programa en edición y al volver a abrir el proyecto puedes continuar la edición de tu aplicación, y así sucesivamente. La versión licenciada y de pago contiene una librería mejor elaborada y el tiempo de edición de un proyecto es ilimitado.

5.4. Planteamiento de mejoras

5.4.1. Metodologías propuestas

Se propone la metodología Kanban en futuras oportunidades de mejora que tengan que ver con proyectos sistemáticos de automatización, en el Senati Juliaca.

5.4.2. Descripción de la implementación

La aplicación de una metodología Kanban, consiste en la implementación de un tablero físico o virtual de tareas en el que se asigne una tarea o fase de funcionamiento específica que indique la trayectoria en tiempo real del proceso, Trabajo pendiente, En progreso y Terminado, dando oportunidad a solucionar inconvenientes en menor tiempo y efectivizando una mejora continua.

5.5. Aporte del bachiller en la institución

Los aportes realizados en el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional se dividen en 3 aspectos:

- Implementación del *software* de supervisión y control.
- El desarrollo de las herramientas, programas informáticos, redes, en las tecnologías de la información y comunicación, en el desarrollo de los cursos de automatización industrial.
- Actualización tecnológica y capacitación continua de alumnos e Instructores.
- Exponer la miniplanta en procesos industriales de manufactura en eventos de ciencia y tecnología
- Comprobación de funcionamiento
- Liderazgo en el desarrollo del proyecto.
- Compromiso en las actividades realizadas.
- Liderar reuniones de trabajo para evaluar los procesos.
- Seguimiento a los procedimientos de implementación y mantenimiento.
- Fomentar el trabajo en equipo

CONCLUSIONES

- El presente trabajo de suficiencia denominado Módulo didáctico con *So machine* y *Movicon* para la automatización de una miniplanta industrial en el Senati Juliaca, permite en los jóvenes una capacitación más efectiva, en los cursos de Automatización Industrial, integrar dos *software* de programación y *hardware*, conocer y comprobar los sistemas informáticos de comunicaciones con protocolos de comunicación y redes industriales para el control y supervisión de un proceso de manufactura a nivel industrial.
- A partir de las pruebas realizadas para el sistema electroneumático y el sistema de control con PLC y HMI, se comprobó el correcto funcionamiento automático del sistema de dosificado y envasado de la miniplanta industrial, se concluye que se ha realizado con éxito el diseño del sistema de automatización.
- El diseño de control desarrollado en lenguaje escalera (ladder), mostró un control efectivo de cada parte del proceso de envasado automático, permitiendo una reducción en el tiempo y mejorando la calidad del producto terminado, y el desarrollo de la producción en serie para su aplicación en otras aplicaciones en la industria.
- Las tecnologías informáticas de las comunicaciones, son de mucha importancia en la actualidad y es necesario aplicar los conocimientos y habilidades en automatización industrial, en reemplazar los sistemas convencionales de control semiautomático electromecánicos, que requieren una supervisión constante y costos elevados en mantenimiento, los sistemas modernos cuentan con instrucciones avanzadas de alarmas, data loggers que permite evaluar la regularidad del funcionamiento, y a la vez fomenta la constante capacitación del personal involucrado, en el mejoramiento, crecimiento, fortalecimiento y modernización de la industria en la región.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al Coordinador del Área de Electricidad Industrial que los equipos electrónicos de potencia como PLC, HMI, Arrancadores estáticos de motores, Variadores de velocidad, deben contar con un sistema de aislamiento para la toma de alimentación del tablero en el que se va encontrar el PLC y el HMI, para independizar completamente el suministro eléctrico externo del interno y de esta manera proteger los equipos de alteraciones eléctricas.
- Se recomienda al Coordinador del Área de Electricidad Industrial que se debe establecer un plan de mantenimiento preventivo, principalmente al PLC y al panel HMI, asimismo a los elementos de campo, como: sensores, electroválvulas, unidades de mantenimiento, compresor, cilindros neumáticos y motores. De esta manera se asegurará que el sistema funcione de manera continua sin posibles fallas.

REFERENCIAS

1. **Senati.** *Funciones*. [en línea] [consultado el 22 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.senati.edu.pe/nosotros/funciones>
2. _____. *Historia*. [en línea]. [sin fecha] [consultado el 22 de agosto de 2023]. Disponible en:
<https://www.senati.edu.pe/nosotros/historia#:~:text=Senati%20es%20una%20instituci%20creada,para%20cualquier%20otra%20actividad%20econ%20mica>.
3. _____. *Nosotros*. [en línea]. [sin fecha] [consultado el 23 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.senati.edu.pe/nosotros>
4. _____. *Reglamento interno de trabajo del Senati*. Lima, 2012.
5. _____. *Reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo*. 2.^a ed. Lima, [sin fecha].
6. _____. *Código de ética y conducta Senati*. Lima, 2019.
7. **Movicon.** *Movicon 11.6 | Emerson ES*. Emerson Global | Emerson [en línea]. [sin fecha] [consultado el 23 de agosto de 2023]. Disponible en:
<https://www.emerson.com/es-es/automation/control-and-safety-systems/movicon/movicon-116#:~:text=Movicon%2011.6%20permite%20el,sistemas%20HMI%20contenidos%20e%20integrados>
8. **Mordor Intelligence.** *Mordor Intelligence*. 2022.
9. **BOLTON, W.** *Instrumentation and Control Systems*. 2nd ed. Newnes. 2015.
10. **Ethernet/IP.** *Protocolo de red en niveles para aplicaciones*. Default [en línea]. [sin fecha] [consultado el 23 de agosto de 2023]. Disponible en:
<https://www.siemon.com/es/home/Company/media-center/white-papers/03-10-13-ethernetip#:~:text=Ethernet/IP%20es%20un%20protocolo,controlar%20dispositivos%20de%20automatizaci%20n%20industrial>
11. **GROOVER, M. P.** *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. 5th ed. Pearson. 2020.
12. **Schneider Electric.** *Controladores Lógicos Programables (PLC)*. 2023 Disponible en: <https://www.se.com>
13. **MORLEY, R.** *The History of the PLC*. Control Engineering. 2006
14. **PETRUZELLA, F. D.** *Programmable Logic Controllers: Principles and Applications*. McGraw-Hill Education. 2015
15. **HUGHES, T. A.** *Measurement and Control Basics*. 5th ed. ISA. 2016
16. **Siemens AG.** *Profibus and Profinet: Industrial Communication*. 2022. Disponible en: <https://www.siemens.com>

17. **Schneider Electric.** *Software de Programación So Machine.* 2023. Disponible en: <https://www.se.com>.
18. **IEC 61131-3.** *Programmable Controllers - Part 3: Programming Languages.* International Electrotechnical Commission. 2013
19. **Rockwell Automation.** *Guía de HMI para la Industria.* 2020. Disponible en: <https://www.rockwellautomation.com>.
20. **Invensys Systems.** *Movicon™ 11: Scada/HMI Software.* Disponible en: [URL de Invensys]. 2022
21. **FRADEN, J.** *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications.* Springer. 2010
22. **PARR, E. A.** *Industrial Control Handbook.* 3rd ed. Industrial Press. 2011
23. **KING, M.** *Process Control: A Practical Approach.* 2nd ed. Wiley. 2016
24. **IEEE.** *Redes de Comunicación Industriales.* IEEE Standards Association. 2020
25. **ODVA.** *Ethernet/IP: The Standard for Industrial Ethernet.* 2021. Disponible en: <https://www.odva.org>.
26. **Progea.** *Movicon 11.6: Scada/HMI Software.* 2023. Disponible en: <https://www.progea.com>.