



Automatización y Supervisión de una estación didáctica de procesos Batch.

Toapanta Soto, Danny Aldair y Villarroel Veintimilla, Adrián Alexander

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Electrónica y Automatización

Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero
en Electrónica y Automatización

Ing. Pruna Panchi, Edwin Patricio Mgs.

4 de marzo del 2024

Latacunga



Plagiarism and AI Content Detection Report

Trabajo_Integracion_Curricular_Toap...

Scan details

Scan time: March 4th, 2024 at 0:55 UTC Total Pages: 49 Total Words: 12148

Plagiarism Detection



| Types of plagiarism | | Words |
|---------------------|------|-------|
| Identical | 2.2% | 268 |
| Minor Changes | 0.2% | 29 |
| Paraphrased | 0.2% | 27 |
| Omitted Words | 0% | 0 |

AI Content Detection



| Text coverage | Words |
|---------------|------------|
| AI text | 0% 0 |
| Human text | 100% 12148 |

[Learn more](#)

Plagiarism Results: (29)

Implementation of fuzzy control for a nonlinear system - Conical level pr... 0.3%

<https://researcher.manipal.edu/en/publications/implementation-of-fuzzy-control-for-a-nonlinear-system-coni...>

Skip to main navigation Skip to search ...

3 Planificar una solución de automatización - PDF Free Download 0.3%

<https://docplayer.es/52222030-3-planificar-una-solucion-de-automatizacion.html>

Iniciar la sesión ...

(PDF) Development of an Adaptive PID Controller for a Nonlinear Process... 0.2%

https://www.academia.edu/89160273/development_of_an_adaptive_pid_controller_for_a_nonlinear_process?...

Sudharsana Vijayan AEI

Academia.edu no longer supports Internet Explorer. To browse Academia.edu and the wider internet faster and more securely, p...

sudharsana vijayan - Google 学术搜索 0.2%

<https://scholar.google.com/citations?user=65eviqmaaaaaj&hl=zh-cn>

正在加载... 系统目前无法执行此操作,请稍后再试。 每年引用数 重复的引用 下面的文章将在学术搜索中合并。它们的合并引用次数只会计入第一篇文章。 合并的引用 此引用引文的出版物数量 计数包含了对学术搜索中以下文章的引...



About this report
help.copyleaks.com



Ing. Pruna Panchi, Edwin Patricio, Mgs.

Director



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Electrónica y Automatización

Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: **“Automatización y Supervisión de una estación didáctica de procesos Batch.”** fue realizado por los señores **Toapanta Soto, Danny Aldair y Villarroel Veintimilla, Adrián Alexander** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 4 de marzo de 2024

Firma:

Ing. Pruna Panchi, Edwin Patricio, Mgs.

C. C.: 0502651003



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Electrónica y Automatización

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Toapanta Soto, Danny Aldair**, con cédula de ciudadanía n° 0550070247 y **Villarroel Veintimilla, Adrián Alexander**, con cédula de ciudadanía n° 0503507154, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: “**Automatización y Supervisión de una estación didáctica de procesos Batch.**” es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 4 de marzo de 2024

Toapanta Soto, Danny Aldair

C. C.: 0550070247

Villarroel Veintimilla, Adrián Alexander

C. C.: 0503507154



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Electrónica y Automatización

Autorización de Publicación

Nosotros, **Toapanta Soto, Danny Aldair**, con cédula de ciudadanía n° 0550070247 y **Villarroel Veintimilla, Adrián Alexander**, con cédula de ciudadanía n° 0503507154, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **“Automatización y Supervisión de una estación didáctica de procesos Batch.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad

Latacunga, 4 de marzo de 2024

Toapanta Soto, Danny Aldair

C. C.: 0550070247

Villarroel Veintimilla, Adrián Alexander

C. C.: 0503507154

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho cariño a mi madre Maura Soto, por ser mi mayor apoyo y fuente de inspiración a lo largo de este camino académico, por demostrarme que no importa las dificultades que se presente siempre tendré su amor y apoyo incondicional. A mis hermanos, la compañía, la motivación y ser un ejemplo para seguir adelante.

A toda mi familia, por su constante aliento y enseñanzas de vida que han ayudado a formarme como persona y profesionalmente.

A mis profesores por su dedicación de enseñanza y por inspirarme a alcanzar nuevas metas y desafíos, sin tener miedo al rechazo y al fracaso. Toda su orientación me ha guiado en el camino de la excelencia académica y personal.

Este trabajo es el resultado del gran esfuerzo, dedicación y compromiso que todos ustedes han contribuido a que se cristalice una meta. Espero que refleje toda mi gratitud y aprecio hacia cada uno de ustedes.

Danny Aldair Toapanta Soto

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos padres, Mercedes Veintimilla y Eddy Villarroel, quienes me han brindado su amor incondicional, apoyo inquebrantable y ejemplo de perseverancia. A mi amada hermana, Mariana Villarroel, por su constante inspiración y compañía en este camino académico.

A mi familia, por ser mi pilar fundamental y fuente inagotable de motivación. A mis amigos, por su aliento inquebrantable y por compartir conmigo esta emocionante travesía.

A mis profesores, quienes con su sabiduría y dedicación han guiado mis pasos en el aprendizaje y crecimiento académico.

A todos ustedes, les dedico este logro, que es también suyo, pues su apoyo ha sido fundamental en cada paso de este camino.

Adrián Alexander Villarroel Veintimilla

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por darme la salud y vida para poder culminar mi carrera universitaria. Gracias por darme la paciencia y sabiduría de cumplir mis metas.

A mi madre Maura Soto, por ser el pilar más importante de mi vida y demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, por el amor, la confianza y sacrificio que depositó en mis sueños.

A toda mi familia que me apoyó con sus enseñanzas y valores que, de una manera u otra, han contribuido a mi formación y crecimiento como persona y profesional.

A todos mis amigos que compartieron risas, alegrías y experiencias inolvidables a lo largo de este camino, agradezco su amistad, sigamos compartiendo buenos momentos.

Un especial agradecimiento por la confianza, apoyo y dedicación brindada por parte de mi tutor de tesis Ing. Edwin Pruna. Gracias por su dedicación inalcanzable, por su pasión para enseñar e inspirar a conseguir nuevas metas.

A todos ustedes un sincero agradecimiento ya que con su apoyo y colaboración fue posible alcanzar este sueño.

Danny Aldair Toapanta Soto

AGRADECIMIENTO

Primero y, ante todo, quiero agradecer a Dios por permitirme terminar esta etapa muy importante en mi vida, por la salud, sin el nada de esto sería posible.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis queridos padres, Mercedes Veintimilla y Eddy Villarroel, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido mi mayor fortaleza. A mi amada hermana, Mariana Villarroel, por su constante inspiración y compañía en este viaje académico.

A mi familia, por ser mi roca en los momentos más difíciles y mi fuente de alegría en los momentos de triunfo. A mi abuelito Alejandro Veintimilla, por su sabiduría, aliento y apoyo incondicional a lo largo de este camino.

A mis amigos, quienes siempre estuvieron a mi lado en las buenas y en las malas, brindándome su amistad sincera y su apoyo incondicional.

Al clan NUNA ANKA, quienes compartieron conmigo valores de solidaridad, trabajo en equipo y liderazgo, y cuya influencia ha dejado una huella imborrable en mi vida.

Quiero expresar mi gratitud hacia mi director de tesis, el Ing. Edwin Pruna, por su respaldo incondicional, su infinita paciencia, su amistad y su valiosa contribución de conocimientos a lo largo de este período.

A todos ustedes, les debo un profundo agradecimiento por haber sido parte de este camino. Sus palabras de aliento, gestos de amistad y enseñanzas perdurarán en mi corazón para siempre.

Adrián Alexander Villarroel Veintimilla

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| Carátula..... | 1 |
| Reporte de verificación de contenido | 2 |
| Certificación | 3 |
| Responsabilidad de autoría..... | 4 |
| Autorización de publicación..... | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Dedicatoria..... | 7 |
| Agradecimiento..... | 8 |
| Agradecimiento..... | 9 |
| Índice de contenido | 10 |
| Índice de figuras | 14 |
| Índice de tablas | 17 |
| Resumen | 18 |
| Abstract..... | 19 |
| Capítulo I: Introducción | 20 |
| Antecedentes | 20 |
| Planteamiento del problema y justificación | 21 |

| | |
|---|----|
| Objetivos..... | 22 |
| <i>Objetivo general</i> | 22 |
| <i>Objetivos específicos</i> | 23 |
| Hipótesis..... | 23 |
| Capítulo II: Estado del arte | 24 |
| Automatización industrial..... | 24 |
| Sistema automatizado..... | 24 |
| Planta de procesos batch | 24 |
| Instrumentación y sensores..... | 25 |
| <i>Instrumento</i> | 25 |
| <i>Dispositivos electrónicos</i> | 26 |
| <i>Sensor</i> | 27 |
| <i>Sensores capacitivos</i> | 27 |
| <i>Sensores inductivos</i> | 27 |
| <i>Sensores fotoeléctricos</i> | 28 |
| Automatismos y automatización | 29 |
| <i>PLC</i> | 29 |
| Norma ISA S101 | 31 |
| Capítulo III: Diseño e implementación de una solución de automatización | 33 |
| Subdivisión de las etapas de la estación didáctica de procesos batch | 33 |
| Diseño del panel frontal..... | 35 |
| Esquema de conexiones..... | 35 |

| | |
|---|-----------|
| Automatización del proceso batch | 37 |
| <i>Graficet general de programación</i> | 37 |
| <i>Asignación de tablas de variables</i> | 42 |
| <i>Programación del bloque main.</i> | 43 |
| <i>Programación del bloque “MDF”</i> | 53 |
| <i>Programación del bloque “Metal”</i> | 56 |
| <i>Programación del bloque “SELLADO”</i> | 59 |
| Diseño del HMI | 63 |
| <i>Personalización de objetos para el HMI</i> | 63 |
| <i>Personalización de un indicador y botón</i> | 64 |
| <i>Personalización de un slider</i> | 66 |
| <i>Animación de objetos para el HMI</i> | 67 |
| <i>Animación de un indicador y botones</i> | 68 |
| <i>Animación de movimiento mediante slider</i> | 70 |
| <i>Creación de alarmas emergentes</i> | 73 |
| Pantallas del HMI | 73 |
| <i>Pantalla principal del proceso</i> | 73 |
| <i>Pantalla de histórico</i> | 74 |
| <i>Pantalla de alarmas</i> | 75 |
| <i>Diagrama de bloques LabVIEW</i> | 76 |
| Comunicación del HMI con el PLC | 77 |
| Creación del canal y dispositivo en el NI OPC Server | 78 |
| Creación de los tags | 81 |
| Establecimiento de la conexión entre el OPC y el HMI | 83 |

| | |
|---|------------|
| Capítulo IV: Pruebas y análisis de resultados | 85 |
| Comprobación de la comunicación física y direccionamiento IP | 85 |
| Evaluación comunicación del OPC con el PLC | 86 |
| Evaluación del HMI | 87 |
| <i>Verificación del funcionamiento de los indicadores en el HMI</i> | <i>87</i> |
| <i>Verificación de funcionamiento de los pulsadores en el HMI</i> | <i>93</i> |
| Evaluación del sistema físico y HMI..... | 94 |
| Simulación de una estación de procesos batch..... | 99 |
| Evaluación de la ventana de históricos | 103 |
| Activación de alarmas..... | 104 |
| Validación de la hipótesis..... | 106 |
| Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones | 107 |
| Conclusiones | 107 |
| Recomendaciones | 109 |
| Bibliografía | 110 |
| Anexos | 115 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Interacción interna-externa por conocer en un instrumento</i> | 26 |
| Figura 2 <i>Sensor capacitivo</i> | 27 |
| Figura 3 <i>Sensores inductivos</i> | 28 |
| Figura 4 <i>Sensor fotoeléctrico</i> | 28 |
| Figura 5 <i>PLC S7-1200 1214C DC/DC/DC</i> | 30 |
| Figura 6 <i>Diagrama de bloques del sistema batch</i> | 34 |
| Figura 7 <i>Diagrama de panel frontal del sistema batch</i> | 35 |
| Figura 8 <i>Esquema de conexiones del sistema batch</i> | 36 |
| Figura 9 <i>Diagrama Grafcet general del sistema batch</i> | 38 |
| Figura 10 <i>Creación de un nuevo proyecto</i> | 39 |
| Figura 11 <i>Agregar dispositivo</i> | 39 |
| Figura 12 <i>Determinar hardware</i> | 40 |
| Figura 13 <i>PLC y módulo de salidas digitales</i> | 41 |
| Figura 14 <i>Asignación de la dirección IP y activación de PUT/GET</i> | 42 |
| Figura 15 <i>Asignación de variables</i> | 43 |
| Figura 16 <i>Activación de la etapa 1 y etapa 2</i> | 44 |
| Figura 17 <i>Activación del pulsador de paro por etapas</i> | 45 |
| Figura 18 <i>Activación de luces indicadoras</i> | 46 |
| Figura 19 <i>Selección de material</i> | 47 |
| Figura 20 <i>Activación de la banda</i> | 48 |
| Figura 21 <i>Activación de pistones</i> | 49 |
| Figura 22 <i>Sellado y paletizado</i> | 50 |
| Figura 23 <i>Habilitación del brazo robótico</i> | 51 |
| Figura 24 <i>Contadores del proceso batch</i> | 52 |
| Figura 25 <i>Alarmas</i> | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 26 <i>Variables locales del bloque MDF</i> | 53 |
| Figura 27 <i>Activación del pistón de dispensado para el bloque MDF</i> | 54 |
| Figura 28 <i>Clasificación de discos de metal</i> | 55 |
| Figura 29 <i>Movimiento banda para el bloque MDF</i> | 56 |
| Figura 30 <i>Variables locales del bloque Metal</i> | 56 |
| Figura 31 <i>Activación del pistón de dispensado para el bloque metal</i> | 57 |
| Figura 32 <i>Movimiento banda para el bloque MDF</i> | 58 |
| Figura 33 <i>Clasificación discos de MDF</i> | 59 |
| Figura 34 <i>Etiquetado de los discos</i> | 60 |
| Figura 35 <i>Desplazamiento del brazo a la derecha</i> | 61 |
| Figura 36 <i>Desplazamiento del brazo a la izquierda</i> | 62 |
| Figura 37 <i>Temporizadores para la animación en el HMI</i> | 63 |
| Figura 38 <i>Ventana de Image Navigator del DSC Module</i> | 64 |
| Figura 39 <i>Imagen de pasos para abrir la ventana de personalización del objeto</i> | 65 |
| Figura 40 <i>Imagen de activación de la opción personalización</i> | 65 |
| Figura 41 <i>Imagen de la importación del instrumento virtual al objeto</i> | 66 |
| Figura 42 <i>Personalización de un slider</i> | 67 |
| Figura 43 <i>Creación de la propiedad del nodo o del indicador</i> | 68 |
| Figura 44 <i>Animación de un indicador en LabVIEW</i> | 69 |
| Figura 45 <i>Animación de visualización de un indicador u objeto</i> | 69 |
| Figura 46 <i>Animación de movimiento de un disco mediante slider</i> | 70 |
| Figura 47 <i>Imagen de creación de una tabla de datos</i> | 71 |
| Figura 48 <i>Diagrama de bloques con la programación para una tabla de datos</i> | 72 |
| Figura 49 <i>Tabla de datos creada en el panel frontal</i> | 72 |
| Figura 50 <i>Alarma emergente del paro de emergencia</i> | 73 |
| Figura 51 <i>Imagen de la pantalla principal del proceso</i> | 74 |

| | |
|---|-----|
| Figura 52 <i>Imagen de la pantalla de histórico</i> | 75 |
| Figura 53 <i>Imagen de la pantalla de alarmas</i> | 76 |
| Figura 54 <i>Imagen del diagrama de bloques de LabVIEW</i> | 77 |
| Figura 55 <i>Comunicación entre el HMI y PLC para la supervisión del sistema Batch</i> | 78 |
| Figura 56 <i>Creación del nuevo canal en el NI OPC Server</i> | 79 |
| Figura 57 <i>Ventanas de configuración del NI OPC Server para un PLC Siemens</i> | 80 |
| Figura 58 <i>Configuración del dispositivo de comunicación</i> | 81 |
| Figura 59 <i>Pasos para la creación de un tag en NI OPC Server</i> | 82 |
| Figura 60 <i>Tags creados en el NI OPC Server</i> | 82 |
| Figura 61 <i>Configuración para enlazar los datos entre LabVIEW y el OPC</i> | 83 |
| Figura 62 <i>Ventana de direccionamiento de tags</i> | 84 |
| Figura 63 <i>Verificación de la conexión de red</i> | 85 |
| Figura 64 <i>Vista de la opción System del OPC</i> | 86 |
| Figura 65 <i>Variables asignadas al OPC Server</i> | 87 |
| Figura 66 <i>Ventana de históricos para un proceso batch de estampado de MDF</i> | 103 |
| Figura 67 <i>Tabla de activación de alarmas en el panel frontal</i> | 105 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 <i>Salidas utilizables del generador de impulsos y frecuencias límite</i> | 30 |
| Tabla 2 <i>Etapas de una estación de procesos batch</i> | 33 |
| Tabla 3 <i>Definición de cada uno de los símbolos</i> | 36 |
| Tabla 4 <i>Indicadores de activación del HMI</i> | 87 |
| Tabla 5 <i>Funcionamiento de los pulsadores del HMI</i> | 93 |
| Tabla 6 <i>Activación de los sensores y actuadores físicos y simulados en el HMI</i> | 94 |
| Tabla 7 <i>Activación de indicadores físicos y simulados en el HMI</i> | 97 |
| Tabla 8 <i>Simulación de un proceso batch para estampado de MDF</i> | 99 |
| Tabla 9 <i>Funcionamiento de la activación de las alarmas emergentes</i> | 104 |
| Tabla 10 <i>Comparativa de tiempos de ciclos</i> | 106 |

Resumen

Se presenta la automatización del proceso batch utilizando Grafset como herramienta principal. En primer lugar, se analizan los fundamentos teóricos de Grafset y su aplicabilidad en entornos industriales. Se diseña un sistema dividido en dos etapas y cuatro subetapas, cada una con su secuencia de operaciones específica, desde el dispensado hasta el paletizado. La automatización se logra mediante una combinación de sensores (fotoeléctricos, capacitivos, inductivos y finales de carrera) y actuadores (electroválvulas y motores NEMA 17), con parámetros de funcionamiento definidos para garantizar la eficiencia del proceso. La supervisión del sistema o HMI (Interfaz Humano Maquina) se realiza a través del software LabVIEW, que proporciona al operador una interfaz intuitiva con animaciones, alarmas y datos en tiempo real. La comunicación entre los equipos se establece mediante TCP/IP Ethernet, asegurando una transmisión de datos confiable. El diseño de la interfaz sigue las directrices de la norma ISA S101, priorizando la facilidad de uso y la comprensión de la información presentada. Los resultados obtenidos demuestran que la automatización del proceso batch mediante Grafset mejora significativamente la eficiencia y la calidad en entornos industriales. Esta investigación contribuye al avance en el campo de la automatización industrial y ofrece una base sólida para futuros desarrollos en el área.

Palabras Clave: Grafset, automatización del proceso batch, HMI, ethernet

Abstract

The automation of the batch process is presented using Grafcet as the main tool. First, the theoretical foundations of Grafcet and its applicability in industrial environments are analyzed. A system divided into two stages and four substages is designed, each with its specific sequence of operations, from dispensing to palletizing. Automation is achieved through a combination of sensors (photoelectric, capacitive, inductive and limit switches) and actuators (solenoid valves and NEMA 17 motors), with defined operating parameters to ensure process efficiency. System supervision or HMI (Human Machine Interface) is carried out through LabVIEW software, which provides the operator with an intuitive interface with animations, alarms and real-time data. Communication between the devices is established using TCP/IP Ethernet, ensuring reliable data transmission. The interface design follows the guidelines of the ISA S101 standard, prioritizing ease of use and understanding of the information presented. The results obtained demonstrate that the automation of the batch process using Grafcet significantly improves efficiency and quality in industrial environments. This research contributes to progress in the field of industrial automation and provides a solid foundation for future developments in the area.

Key Words: Grafcet, batch process automation, HMI, ethernet

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Las industrias dedicadas a la producción masiva de bienes de consumo trabajan a un ritmo continuo. Esto se debe a la alta competitividad de su sector productivo lo cual implica que los procesos no pueden paralizarse por intervenciones en caso de que se requiera utilizar rediseños de sus componentes o cambios en las formas de trabajo. Esto ha generado en los últimos años avances tecnológicos, propuestas de automatización y control de procesos industriales a través de la implementación de tecnologías de información y comunicación (Cárdenas Quintana & Jiménez León, 2018)

La innovación de producción industrial se realiza mediante la integración de sistemas electrónicos y mecánicos, para lo cual se ha diseñado varias estaciones de procesos batch que distribuyen varias actividades en una línea de producción de acuerdo con una secuencia de operaciones. Este tipo de estaciones son muy utilizadas para la producción en masa que necesitan de operaciones repetitivas, por esta razón sus diseños son autónomos de tal forma que ninguna de las etapas que constituyan la estación detenga el flujo de trabajo del proceso (Amaya Tejero, 2016).

El proceso de una estación didáctica batch se divide en cuatro etapas de control donde la primera etapa se encarga del suministro del material. La segunda etapa transporta y detecta el tipo de material suministrado por la etapa anterior. La tercera etapa es un proceso de estampado del material. Finalmente, la última etapa es brazo robótico para la clasificación del material estampado (Zenner , 2022).

Para el control automático de un proceso industrial se utilizan componentes básicos como sensores, transmisores, controladores y actuadores o elementos de control final que

permitan realiza las tres operaciones básicas, medición, decisión y acción, dentro de un sistema de control (Balaguera Gómez, 2021).

El sistema de procesos batch necesita de una buena transmisión de información para poder conocer el estado de la planta, pero para lograr esta utilidad es necesario contar con una herramienta de gestión de información como el sistema SCADA (Supervisor y Control and Data Acquisition), el cual se encarga de recolectar los datos de la planta. Además, para la comunicación se usa un servidor OPC que tiene la capacidad de adquirir datos de dispositivos de campo y ofrece una tecnología de comunicación con una arquitectura de cliente y servidor, donde una aplicación actúa como servidor proporcionando datos y otra como cliente leyéndolos o manipulándolos. Esto permite el intercambio de información entre varios dispositivos sin restricciones de fabricante. Aunque el hardware y el software proceden de diversas marcas comerciales, el cumplimiento de la norma OPC permite una comunicación continua en tiempo real en entornos industriales avanzados (Ardila Acuña, 2013).

Planteamiento del problema y justificación

La carrera de Electrónica y automatización está enfocada a la industria, por lo cual es esencial contar con laboratorios y equipamiento adecuado para proporcionar a los estudiantes una experiencia educativa completa y prepararlos para el ámbito laboral. Actualmente, se tienen varios laboratorios dedicados al aprendizaje, sin embargo, no se dispone de equipamiento adecuado para las asignaturas en el área de automatización industrial.

La falta de equipamiento específico para las asignaturas relacionadas con la automatización industrial significa que los estudiantes no tienen acceso a las herramientas y recursos necesarios para comprender y aplicar los conceptos teóricos de manera práctica. Esto puede incluir la ausencia de estaciones didácticas, dispositivos de control industrial, sensores, actuadores y otros componentes esenciales utilizados en la automatización industrial.

La ausencia de equipamiento adecuado tiene un impacto negativo en la experiencia educativa de los estudiantes de la carrera de Electrónica y Automatización. En lugar de poner en práctica lo que aprenden en teoría, los estudiantes pueden verse limitados al estudio teórico. La experiencia práctica es fundamental para fortalecer la comprensión de los conceptos y habilidades, así como para preparar a los estudiantes para el mundo laboral.

Por esta razón, la automatización de procesos batch es ampliamente empleada en diversas ramas industriales, como la farmacéutica, química, alimentos y bebidas, entre otras. La capacitación en este ámbito es crucial para que los futuros ingenieros puedan satisfacer las necesidades de la industria y contribuir a su avance. Las empresas buscan profesionales con habilidades en automatización industrial. La carencia de la infraestructura adecuada puede dificultar a los graduados universitarios acceder a empleos, lo que impactaría negativamente en su empleabilidad y competitividad.

La instrucción teórica es fundamental, pero la experiencia práctica resulta esencial para comprender en profundidad los conceptos. Las estaciones didácticas proporcionan un entorno de aprendizaje realista que permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos en situaciones concretas.

La disponibilidad de estas estaciones fomenta la investigación y desarrollo en el campo de la automatización, lo que puede conducir a la creación de nuevas soluciones y tecnologías beneficiosas para la industria y la sociedad en general.

Objetivos

Objetivo general

Automatizar y Supervisar una estación didáctica de procesos Batch.

Objetivos específicos

- Diseñar la solución de automatización para el proceso Batch, mediante diagramas Grafset.
- Programar el PLC, para el funcionamiento en modo automático de las cuatro etapas de la estación didáctica para automatización industrial de procesos Batch.
- Desarrollar un HMI, para el monitoreo y supervisión de la estación didáctica para la automatización industrial de procesos Batch.
- Desarrollar diagramas eléctricos de conexión de los equipos de automatización.

Hipótesis

La automatización y supervisión de la estación didáctica para el transporte y organización de envases para bebidas, permitirá el funcionamiento en modo automático de la estación didáctica de procesos Batch.

Capítulo II

Estado del arte

Automatización industrial

Es la integración de varias tecnologías como sistemas computarizados, electromecánicos, neumáticos, mecánicos, eléctricos y electrónicos con fines industriales. También es considerado un sistema que realiza distintas tareas de forma automática de acuerdo con los parámetros que han sido diseñados (Daneri, 2009).

El objetivo del automatismo es mejorar la eficiencia del proceso de fabricación, incrementando la velocidad de ejecución de tareas, mejorando la calidad y la precisión, además de disminuir los riesgos que puede causar los sistemas manuales (Daneri, 2009).

Sistema automatizado

Son sistemas conformados por un conjunto de elementos, equipos, sistemas de información y procedimientos, que están coordinados funcionalmente entre sí, formando una estructura jerárquica expandida con el objetivo de garantizar un desempeño independiente de un proceso a través de operaciones de control y supervisión total del sistema (Izaguirre Castellanos, 2012).

Planta de procesos batch

Los sistemas batch son sistema de control de procesos de producción por lotes cuyo estándar está definido por la normativa ISA.S88, además involucra la gestión y ejecución de procesos mediante la integración de sistemas electrónicos y mecánicos (Rockwell Automation, 2003). El objetivo de este tipo de procesos es procesar la información y operar en tiempo real bajo un sistema totalmente automatizado que coordine los procesos de control, supervisión y monitoreo (Garzon Gonzales, 2020).

Las estaciones batch son muy utilizadas para la producción en masa que necesitan de operaciones repetitivas, por esta razón sus diseños son autónomos de tal forma que ninguna de las etapas que constituyan la estación detenga el flujo de trabajo del proceso (Garzon Gonzales, 2020).

Instrumentación y sensores

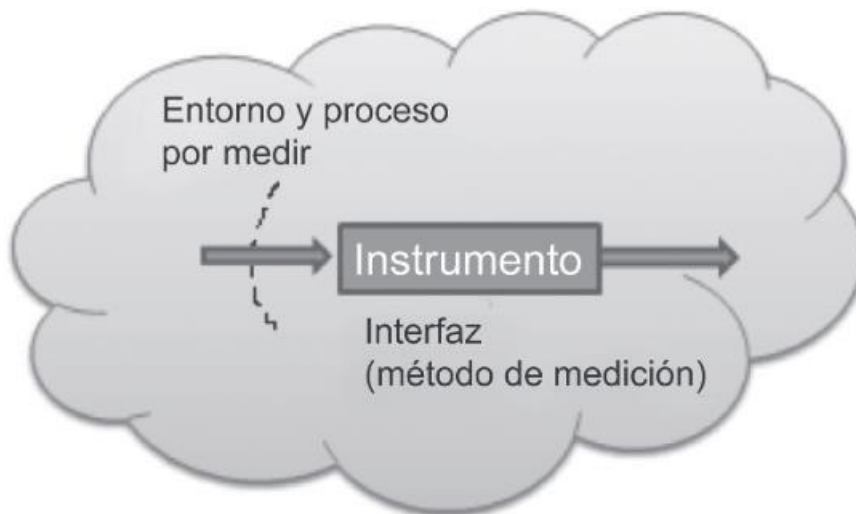
La instrumentación electrónica no se limita al conocimiento de circuitos preestablecidos, sino que implica la habilidad de concebir, desarrollar y finalizar exitosamente dispositivos de medición adaptados a su entorno, garantizando fiabilidad y cumplimiento de especificaciones esperadas. Esto demanda una sólida comprensión de la teoría de las mediciones y la aplicación de prácticas efectivas en el diseño electrónico. (Constaín, 2012)

Instrumento

Un instrumento puede ser concebido como un sistema que se encuentra conectado con su entorno. La conexión entre el exterior y el interior se logra a través de una interfaz especial conocida como transducción, ya que implica la traducción de una forma de energía a otra, generalmente de naturaleza eléctrica o luminosa, como se observa en la figura 1. La importancia de esta interfaz radica en que constituye el método fundamental de medición. (Constaín, 2012)

Figura 1

Interacción interna-externa por conocer en un instrumento



Nota. En la figura 1, se puede ver la conexión entre el exterior y el interior por medio de un instrumento. Tomado de (Constaín, 2012).

Dispositivos electrónicos

Los dispositivos electrónicos de detección han contribuido no solo a mejorar la precisión en la medición de magnitudes, sino también a la capacidad de operar con tales mediciones. Sin embargo, la discusión sobre los sensores no puede obviar la presencia de sus acondicionadores de señal. En la mayoría de los casos, los sensores generan una variación de señal bastante pequeña, y resulta crucial equilibrar las características del sensor con aquellas del circuito que le permite llevar a cabo la medición, acondicionar, procesar y actuar en base a dichas medidas. (Constaín, 2012)

Sensor

Un sensor es un dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde generando una señal eléctrica correspondiente. Además, los sensores se clasifican como activos o pasivos:

- Sensor activo: Requiere una fuente externa de excitación, como en el caso de termopares o fotodiodos.
- Sensor pasivo: No necesita una fuente externa de excitación, como en el caso de las RTD o células de carga (Constaín, 2012).

Sensores capacitivos

El sensor capacitivo como el de la figura 2, permite la detección de presencia en mediciones de cortas distancias en espacios pequeños. Tienen la capacidad de detectar cualquier tipo de objetos en especial plástico y madera.

Figura 2

Sensor capacitivo.



Sensores inductivos

El sensor inductivo (figura 3), tiene la tarea de decidir sin contacto la distancia a un objeto metálico. Si no se alcanza la distancia especificada (distancia de conmutación S), el sensor activa una acción. Por lo tanto, es un instrumento indispensable en la automatización, por ejemplo, como dispositivo de guía para brazos manipuladores de dispositivos industriales.

Sin embargo, su campo de aplicación es claramente más amplio. Así, por ejemplo, un sensor inductivo también puede supervisar niveles de líquidos con ayuda de flotadores metálicos. Su versatilidad lo convierte en un valioso medio auxiliar en todos los sectores industriales y en una gran cantidad de máquinas. (Rechner Sensors, 2023)

Figura 3

Sensores inductivos



Nota. En la figura 3, se puede ver sensores inductivos.

Sensores fotoeléctricos

El sensor fotoeléctrico de la figura 4, emite una luz (infrarroja) desde un emisor, y se refleja en el objeto que se encuentra a su paso para detectar la presencia de este.

Figura 4

Sensor fotoeléctrico



Nota. En la figura 4, se puede ver un sensor fotoeléctrico de la marca BANNER. Tomado de (BANNER, 2023)

Automatismos y automatización

Se conoce como automatismo a un dispositivo eléctrico, electrónico, hidráulico, neumático, u otros, incorporado en una máquina o dispositivo con el propósito de permitir su funcionamiento automático. En la actualidad, la manera común y general de llevar a cabo estos procesos es mediante el uso de PLC's, que proviene del término en inglés "Programmable Logic Control". (Vallejo, 2019)

PLC

Los PLC surgieron hacia el final de los años 60 y principios de los 70. El impulso para este desarrollo provino principalmente de la industria automotriz, que en ese momento empleaba sistemas industriales basados en relés en cada uno de sus procesos. (Vallejo, 2019)

El PLC SIEMENS S7-1200 proporciona diversas funcionalidades para el desarrollo eficiente de soluciones rápidas y simples. Posee las siguientes características:

- Capacidad de procesamiento de 64 bits
- Integración de comunicación Ethernet/Profinet
- Inclusión de entradas analógicas
- Programación a través del software STEP 7 Basic V13

Este autómeta, representado en la figura 5, está disponible en cinco variantes de CPU: 1211C, 1212C, 1214C, 1215C y 1217C, las cuales pueden ampliarse según las necesidades o requisitos del usuario (SIEMENS, 2016).

| Integrado | Q0.0 | Q0.1 | Q0.2 | Q0.3 | Q0.4 | Q0.5 | Q0.6 | Q0.7 | Q1.0 | Q1.1 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CPU 1217 (DC/DC/DC) | 1 MHz | 1 MHz | 1 MHz | 1 MHz | 100 KHz | 100 KHz | 100 KHz | 100 KHz | 100 KHz | 100 KHz |
| Signal Board | Qx.0 | Qx.1 | Qx.2 | Qx.3 | | | | | | |
| Signal Board DI2/DQ2 x DC24V 20kHz | 20 kHz | 20 kHz | - | - | | | | | | |
| Signal Board DI2/DQ2 x DC24V 200kHz | 200 kHz | 200 kHz | - | - | | | | | | |
| Signal Board DQ4 x DC24V 200kHz | 200 kHz | 200 kHz | 200 kHz | 200 kHz | | | | | | |
| Signal Board DI2/DQ2 x DC5V 200kHz | 200 kHz | 200 kHz | - | - | | | | | | |
| Signal Board DQ4 x DC5V 200kHz | 00 kHz | 2 00 kHz | 2 00 kHz | 2 00 kHz | | | | | | |

Norma ISA S101

Para el diseño del HMI se toma en cuenta la norma ISA S101 en la cual se especifica el diseño, implementación y mantenimientos de las interfaces HMI para sistemas automatizados de procesos (American National Standard, 2015).

Su objetivo es que el HMI cumpla su funcionalidad de forma eficaz y eficiente tanto en situaciones normales y anormales, dando la posibilidad de que el usuario pueda detectar,

diagnosticar y responder de forma adecuada a los eventos que se presenten en el sistema automatizado (American National Standard, 2015).

La norma considera:

- Debe ser intuitivo para el operador y usuario.
- Presentar la información de los objetos en los formatos apropiados para el usuario.
- Las tareas más frecuentes para el usuario deben estar siempre disponibles.
- Condiciones visuales como la iluminación ambiental y pantalla de iluminación, color, densidad de información, entre otros.
- Condiciones auditivas
- Presentación de números y entradas como tipo de letra y formato decimal.
- Rangos de funcionamiento crítico como uso de colores y curvas, valores críticos.
- Comandos de entrada como soporte de comandos y facilidad de navegación.

Capítulo III

Diseño e implementación de una solución de automatización

A continuación, se dará a conocer el diseño de una solución de automatización para una estación didáctica de procesos batch, para lo cual se sigue un procedimiento básico que se utiliza en cualquier proyecto. El procedimiento consiste en subdividir el proceso, describir las diferentes áreas funcionales, definir los requerimientos de seguridad, describir los elementos de manejo y visualización necesarios, crear los esquemas de configuración para el sistema de automatización.

También en el contenido del procedimiento se presenta el diseño, eléctrico, electrónico y neumático de la solución de automatización, el dimensionamiento y especificaciones de los sensores y actuadores que tiene la estación con sus respectivos esquemas de conexiones.

Subdivisión de las etapas de la estación didáctica de procesos batch

La estación didáctica de procesos batch se divide 2 etapas y en 4 subetapas de procesos de control, que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Etapas de una estación de procesos batch.

| Subetapa | Dispositivos |
|-------------------------------|--|
| Dispensado de material | Pistón 1 de dispensado para el material A y B |
| | Electroválvula para el accionamiento pistón 1 |
| | Sensor fotoeléctrico 1 para detectar el material |
| Selección y transporte | Motor Nema en la banda transportadora |
| | Sensor Inductivo para material A |
| | Sensor capacitivo 1 para material B |
| | Pistón 2 para material B |
| | Electroválvula para el accionamiento pistón 2 |

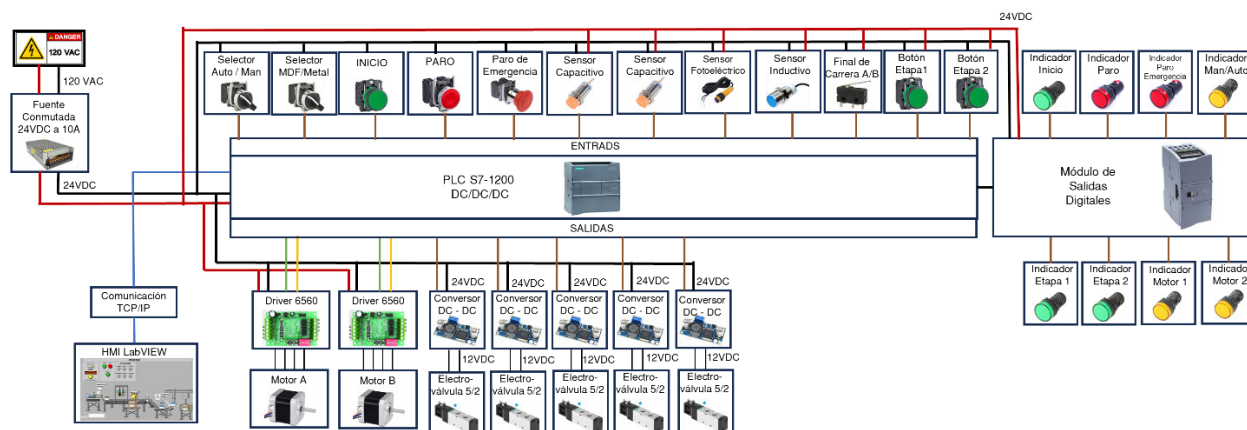
| Subetapa | Dispositivos |
|------------|--|
| Estampado | Pistón 3 para material A |
| | Sensor fotoeléctrico 2 para material A |
| | Electroválvula para accionamiento del pistón 3 |
| Paletizado | Motor Nema para movimiento lineal |
| | Pistón 4 para material A |
| | Generador de vacío (ventosa) para recoger material A |
| | Electroválvula para pistón 4 |
| | Final de carrera para detectar posición 1 |
| | Final de carrera para detectar posición 2 |

Nota. En la tabla 2, se presentan las subetapas que tiene la estación de procesos batch, así como también los sensores y actuadores que tienen cada etapa.

Para el diseño del sistema batch es necesario establecer los elementos de entrada y salida del PLC S7 1200 y el diagrama de bloques de la figura 6 con las respectivas conexiones.

Figura 6

Diagrama de bloques del sistema batch.



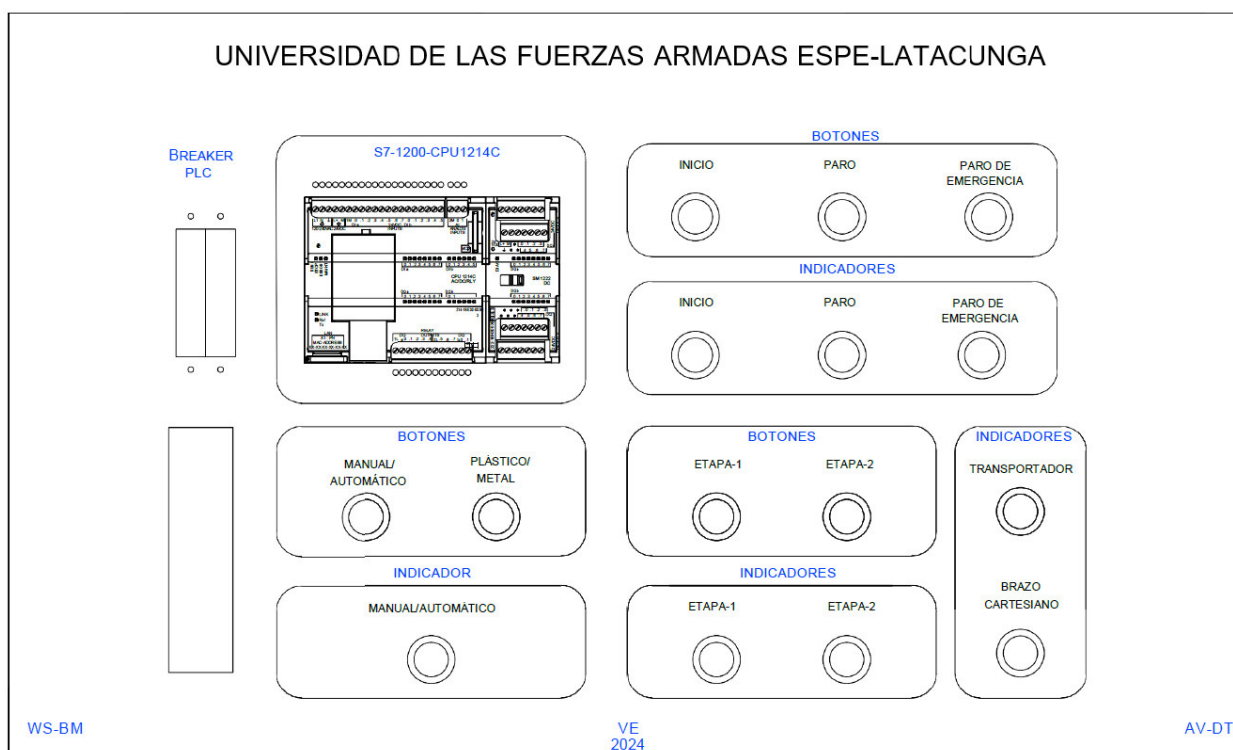
Nota. En la figura 6, se puede visualizar las conexiones respectivas para cada elemento del sistema batch para su implementación.

Diseño del panel frontal

El diseño del diagrama del panel frontal del módulo (figura 7), se lo realizó en AutoCAD, en este se especifica los componentes del sistema didáctico con sus respectivos indicadores, selectores, pulsadores, PLC y switch.

Figura 7

Diagrama de panel frontal del sistema batch



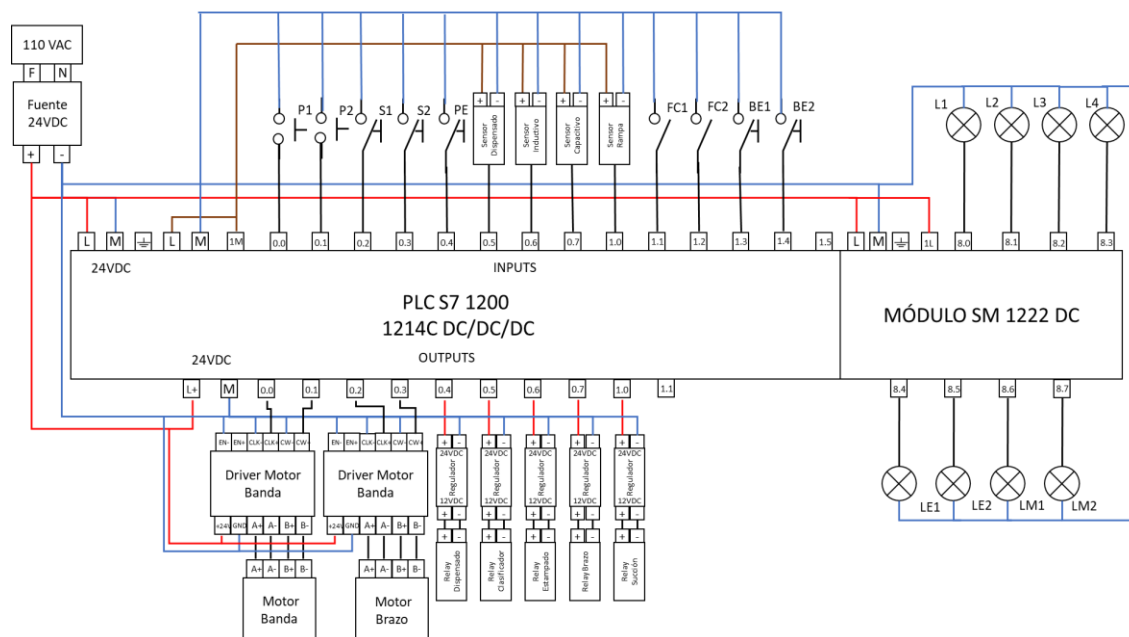
Nota. La figura 7, muestra el diseño del diagrama del panel frontal.

Esquema de conexiones

La figura 8, muestra el esquema de conexiones del proceso batch, el cual indica las conexiones con el PLC. La fuente, los drivers, motores, led y reductores se enlazan mediante señales eléctricas. En la tabla 3, se muestra la definición de cada elemento utilizado en el esquema de conexiones.

Figura 8

Esquema de conexiones del sistema batch



Nota. En la figura 8, se presenta el esquema de conexiones de los elementos en cada salida y entrada del PLC y su respectivo módulo.

Tabla 3

Definición de cada uno de los símbolos

| ENTRADAS | | SALIDAS | |
|----------|----------------------------|---------|-----------------------|
| Símbolo | Definición | Símbolo | Definición |
| P1 | Pulsador Inicio | L1 | Led Inicio |
| P2 | Pulsador Paro | L2 | Led Paro |
| S1 | Selector Manual/Automático | L3 | Led Paro Emergencia |
| S2 | Selector MDF/Metal | L4 | Led Manual/Automático |
| PE | Paro de Emergencia | LE1 | Led Etapa 1 |
| FC1 | Final de carrera A | LE2 | Led Etapa 2 |
| FC2 | Final de carrera B | LM1 | Led Banda |
| BE1 | Botón Etapa 1 | LM2 | Led Brazo |
| BE2 | Botón Etapa 2 | | |

Nota. La tabla 3, presenta la definición de cada uno de los símbolos que se encuentran en la figura anterior.

Automatización del proceso batch

Para la automatización del proceso batch, se toma en cuenta como trabaja cada una de las etapas, las respuestas de los sensores y la activación de las salidas, es decir:

Etapa 1: se iniciará con la habilitación de la banda, se tomará en cuenta si existe material para iniciar con la activación del pistón de dispensado, a continuación, dependiendo del lote seleccionado, MDF o metal, activará el pistón clasificador caso contrario permitirá avanzar el material hasta la siguiente etapa.

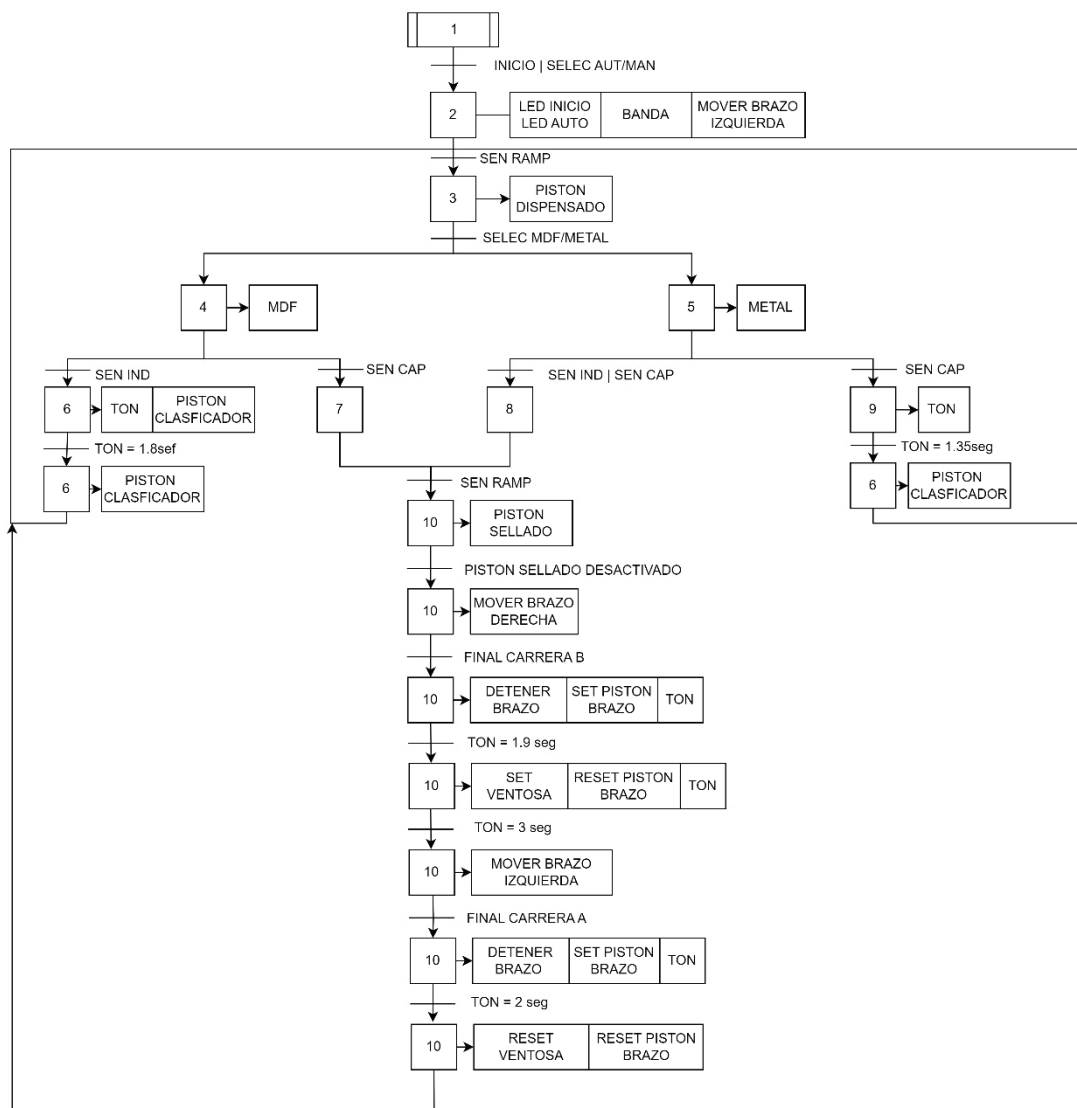
Etapa 2: Se tiene en cuenta para iniciar esta etapa el brazo, que se debe encontrar en el lado izquierdo por seguridad. El sensor de la rampa activará el pistón de estampado y después de un tiempo activará el brazo y cuando llegue al final de carrera A setea el pistón del brazo y la ventosa respectivamente. A continuación, el brazo se moverá hacia el final de carrera B donde se resetea la ventosa, permitiendo caer al disco dentro de una caja.

Grafcet general de programación

En la siguiente figura 9, se tiene el diagrama Grafcet general de la estación didáctica para procesos batch, en el diagrama se visualiza los sensores y actuadores que tiene el sistema, además de una visión general del funcionamiento de la Automatización para un sistema batch.

Figura 9

Diagrama Grafcet General del sistema batch.

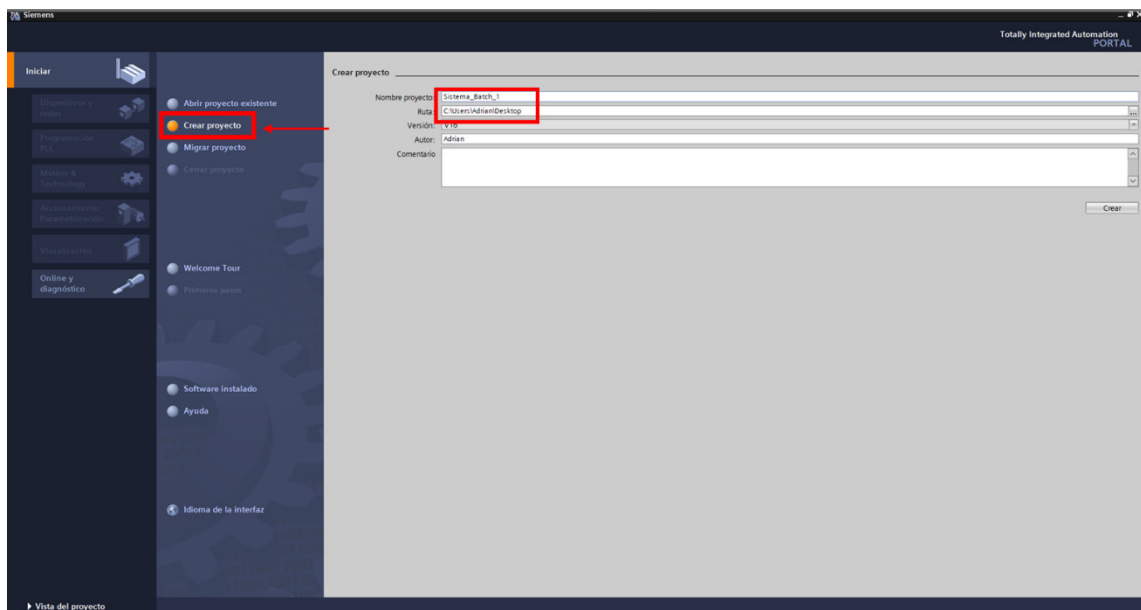


A continuación, se describe de forma detallada la creación de un nuevo proyecto y los bloques de programación en el software TIA Portal V16.

1. Crear un nuevo proyecto con su respectivo nombre, y verificar la ruta donde se guardará (figura 10).

Figura 10

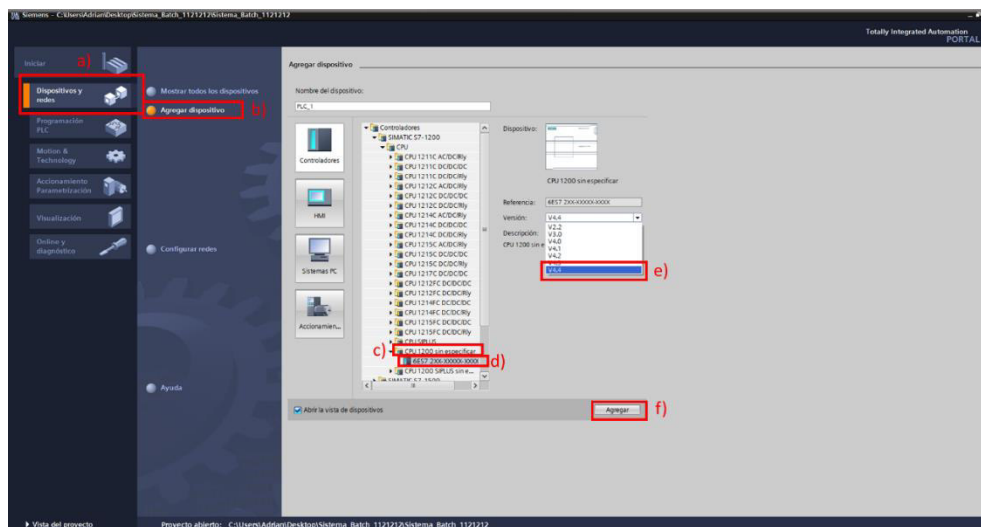
Creación de un nuevo proyecto



2. Se abre una nueva ventana (figura 11), donde se elige el dispositivo, para este caso se seleccionará un dispositivo sin especificar. a) Dispositivos y redes, b) Agregar dispositivo, c) CPU 1200 sin especificar, d) Modelo sin especificar, e) v4.4 y f) Agregar.

Figura 11

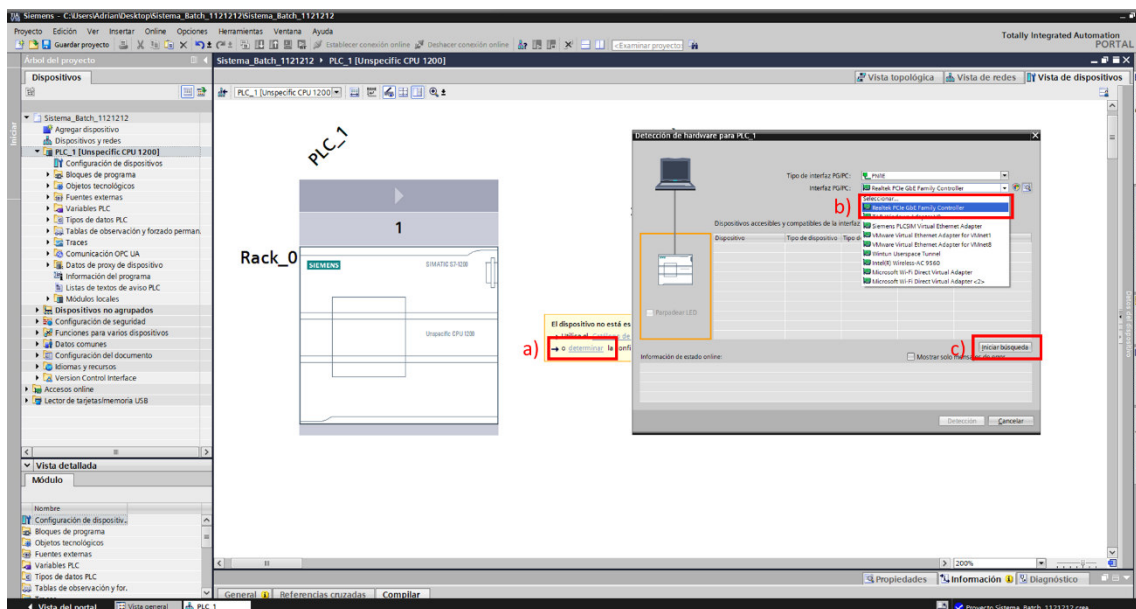
Agregar dispositivo



3. Se abre la ventana del proyecto (figura 12), donde se determinará el dispositivo por medio de una autodetección. a) Determinar, b) seleccionamos la tarjeta de red del computador, c) iniciar búsqueda.

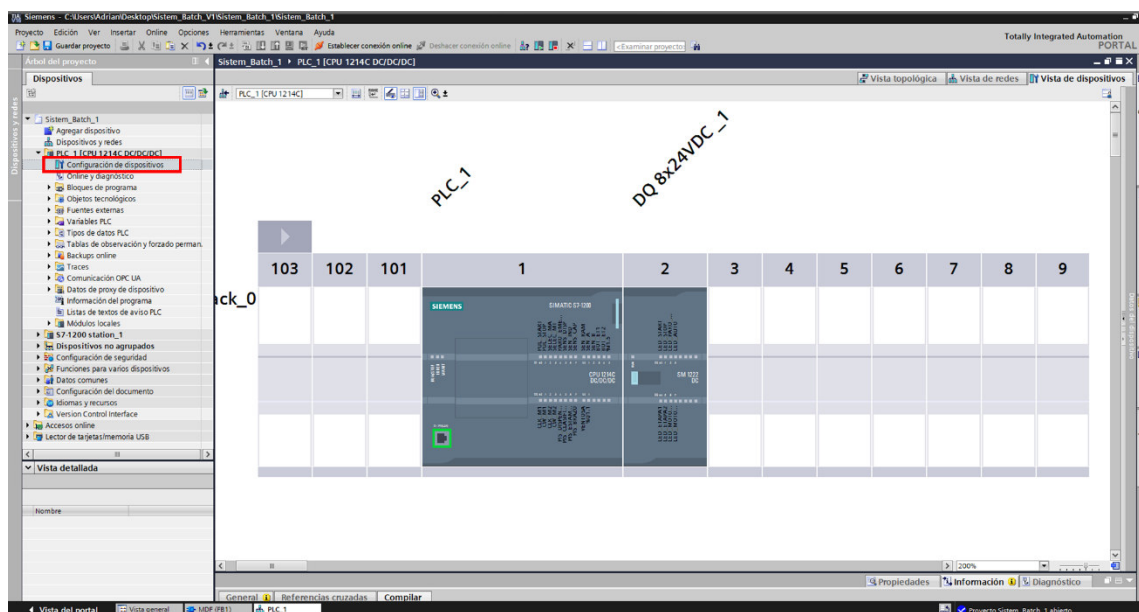
Figura 12

Determinar hardware



4. En el árbol del proyecto (figura 13), se selecciona Configuración de dispositivos. Se presenta el PLC CPU 1214 DC/DC/DC y el módulo de salidas digitales SM 1222 DC.

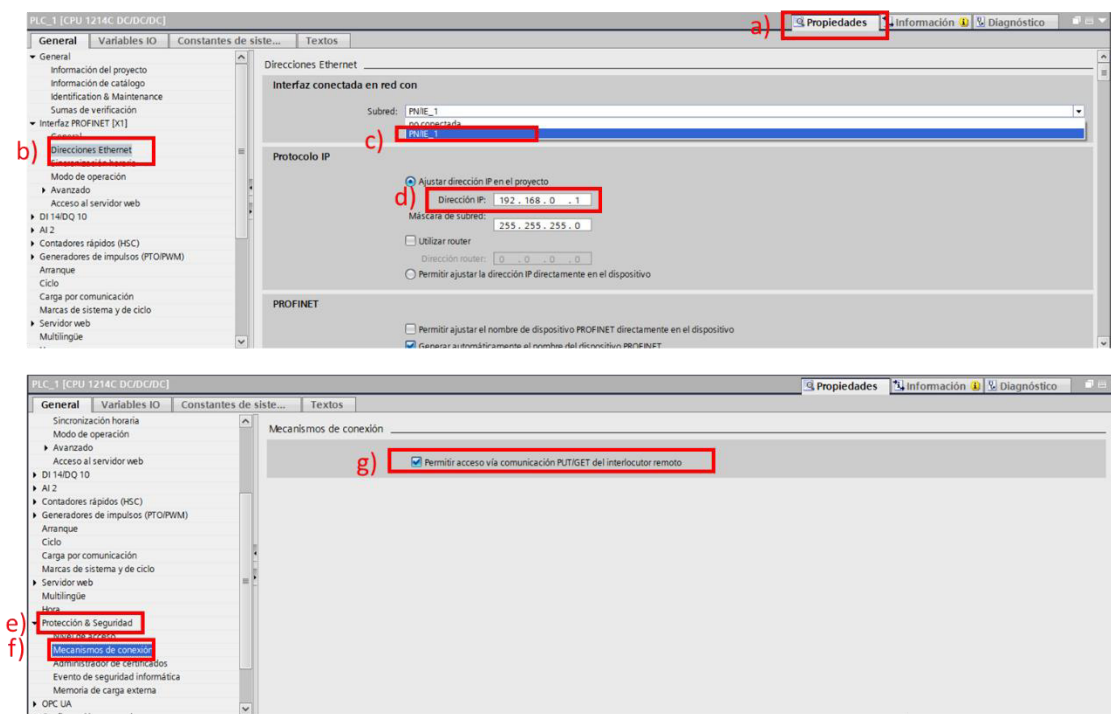
Figura 13
 PLC y módulo de salidas digitales



- Asignación de una nueva subred y activación de PUT/GET para la comunicación con el OPC (figura 14). a) Propiedades, b) Direcciones Ethernet, c) Nueva subred PN/IE, d) Asignar una dirección IP al PLC en este caso 192.168.0.1, e) Protección y Seguridad, f) Mecanismos de conexión, g) Activar el PUT/GET.

Figura 14

Asignación de la dirección IP y activación de PUT/GET



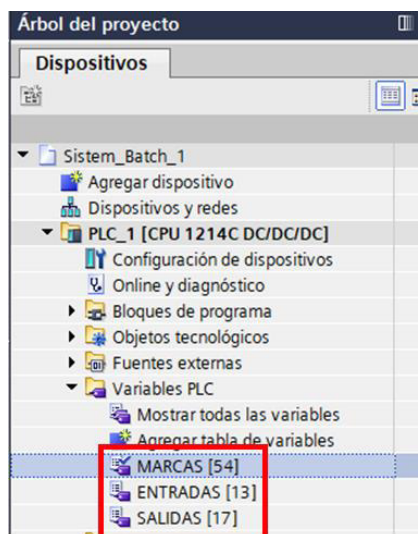
Se guardan los cambios del proyecto, se inicia con la programación de los bloques y la asignación de variables.

Asignación de tablas de variables

En el árbol de proyecto se selecciona Variables de PLC y a continuación, se agrega tres tablas de variables las cuales corresponden a: Entradas, Salidas y Marcas (figura 15).

Figura 15

Asignación de variables



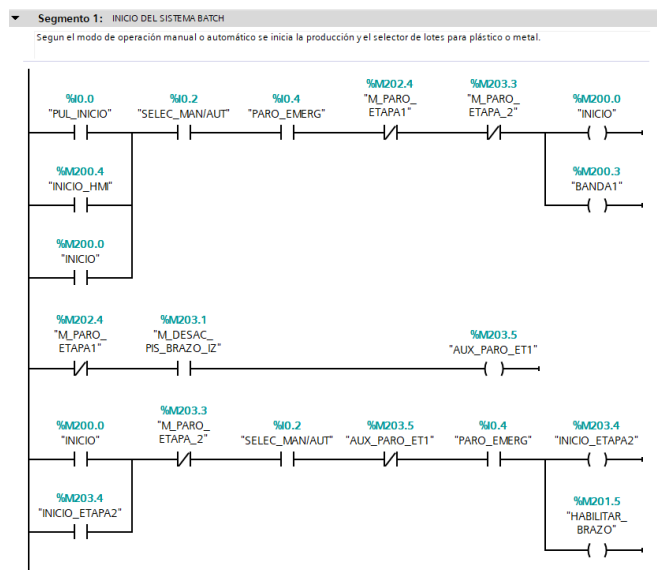
En la tabla de entradas se ingresa los tags correspondientes a pulsadores, selectores y sensores. En la tabla de salidas, se asigna los tags de los drivers, electroválvulas, luces indicadoras. Y en la tabla de marcas se crean los tags necesarios para la programación.

Programación del bloque main.

Para la programación del proceso Bach se utiliza el lenguaje Grafcet que presenta una programación por secuencias. De esta manera se inició con la activación de las etapas por medio del pulsador de inicio, teniendo en cuenta que el paro y paro de emergencia desactivaran el proceso, como se observa en la figura 16, en el segmento 1 permitirá la habilitación de la banda y el brazo cartesiano.

Figura 16

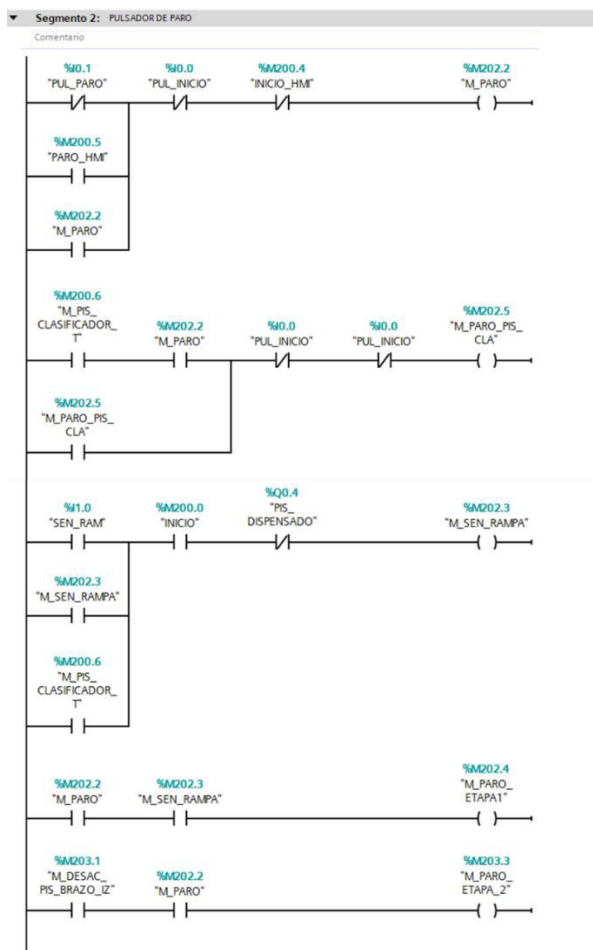
Activación de la etapa 1 y etapa 2.



En el segmento 2 de la figura 17, permite realizar el paro que al ser pulsado detendrá la etapa 1 o etapa 2 dependiendo de donde se encuentre el material, si se encuentra en la etapa 1 se detendrá el proceso al llegar al sensor de la rampa. Si se encuentra en la etapa 2 terminara el proceso al soltar el disco en la caja.

Figura 17

Activación del pulsador de paro por etapas.



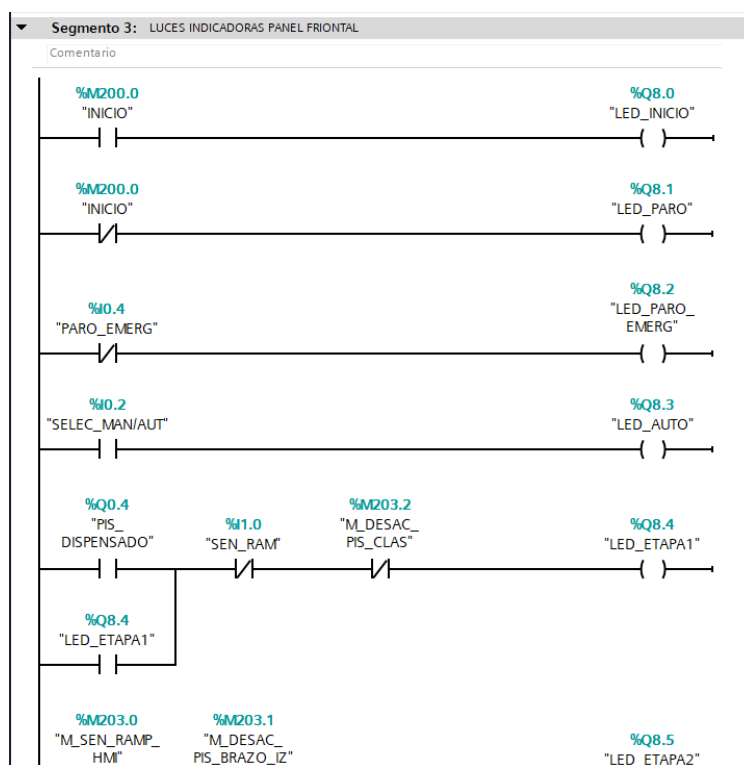
En el segmento 3 de la figura 18, presenta la activación de los distintos leds indicadores, las luces leds verdes indicaran activación de bandas, etapas o el funcionamiento del proceso. En cambio, las luces led indicatoras rojas presentaran los paros en el proceso o algún paro de emergencia.

1. Led indicador etapa 1: se setea cuando del pistón de dispensado ha sido eyectado y se resetea cuando el material haya pasado por el sensor de la rampa o con el pistón de clasificado de material.
2. Led indicador etapa 2: se setea cuando el sensor de la rampa haya detectado los discos y se resetea al momento de depositar el disco en la caja.

3. Led indicador inicio: se setea cuando se haya pulsado el inicio desde el HMI o Panel frontal y se resetea al momento que se haya pulsado paro o paro de emergencia
4. Led indicador paro: se setea cuando el proceso este detenido o se haya pulsado paro o paro de emergencia
5. Led indicador paro de emergencia: se setea siempre y cuando se activó el pulsador de paro de emergencia.
6. Led indicador automático: se setea siempre y cuando el selector se encuentre en automático.
7. Led indicador transportador: se setea cuando la banda está en funcionamiento.
8. Led indicador brazo: se setea cuando el brazo está en movimiento.

Figura 18

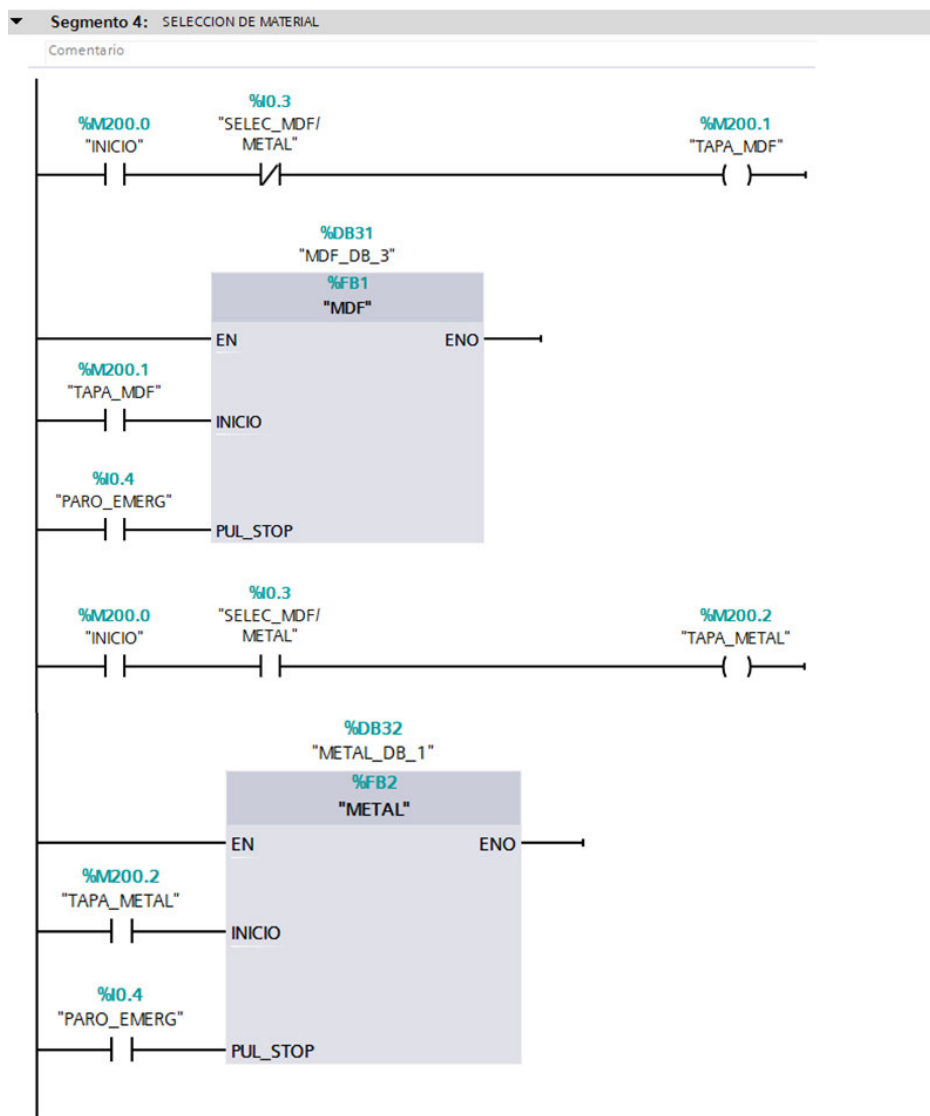
Activación de luces indicadoras.



En el segmento 4 de la figura 19, se muestran dos bloques para la selección del material por medio de un selector %I0.3. El primer bloque corresponde a “MDF” que permite pasar los discos de MDF a la segunda etapa y rechaza los discos de metal. El segundo bloque corresponde a “METAL” que permite pasar los discos de metal a la segunda etapa y rechaza los discos de MDF.

Figura 19

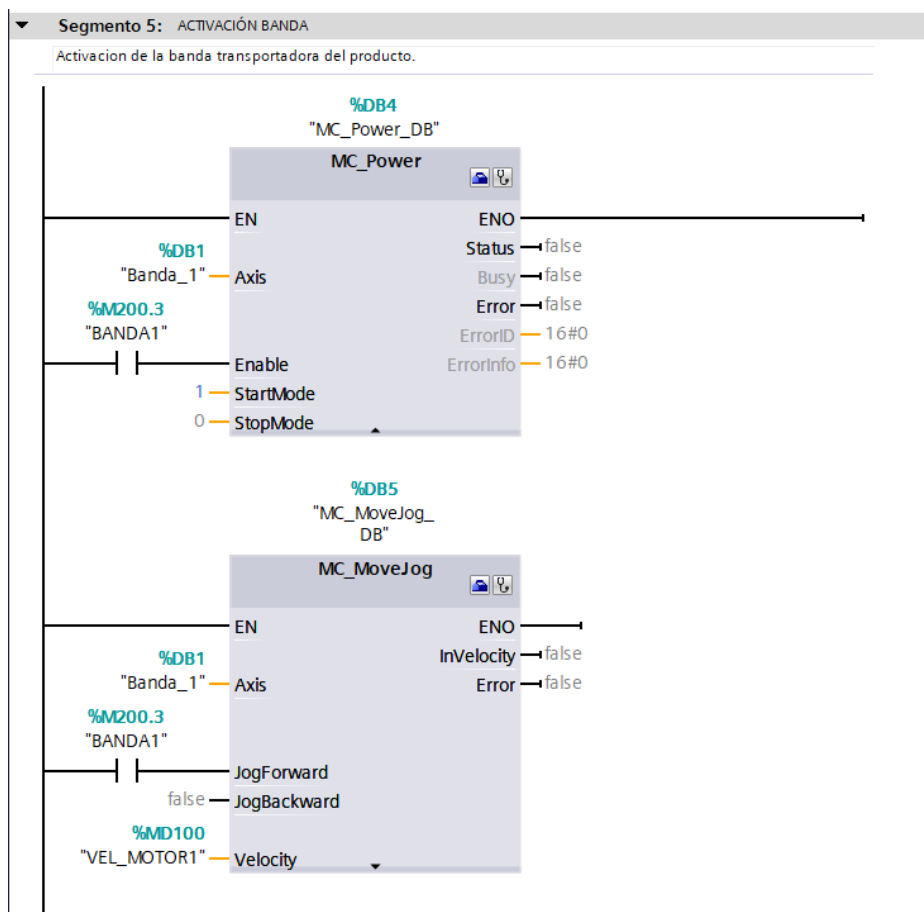
Selección de material



En el segmento 5 de la figura 20, realiza la activación y movimiento de la banda por medio del objeto tecnológico MC_Power, que permite la habilitación del objeto tecnológico banda. El bloque MC_MoveJog da acceso al movimiento y envía la velocidad a la banda la cual se encuentra seteada en 50mm/s desde el HMI.

Figura 20

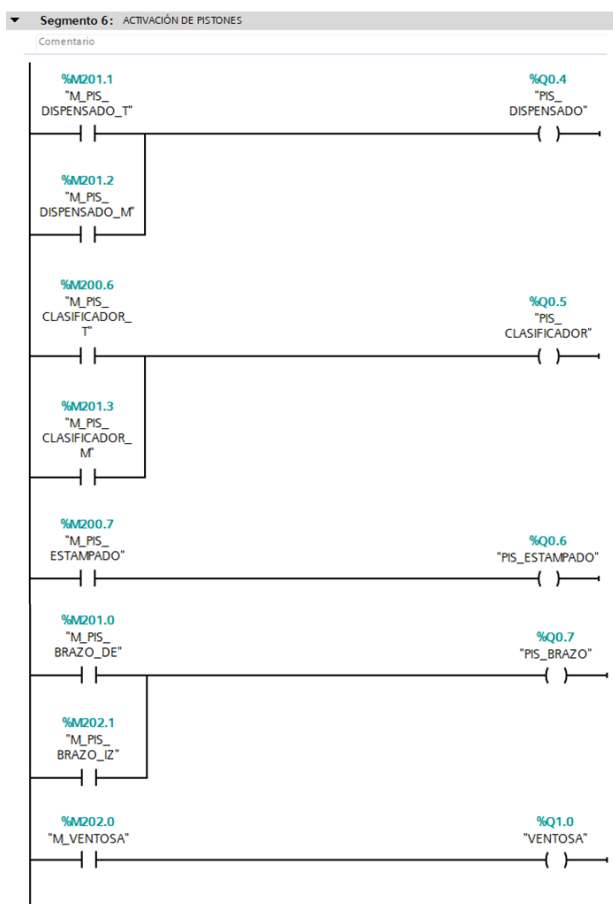
Activación de la banda



En el segmento 6 de la figura 21, activa los distintos pistones mediante marcas de los bloques mencionados. Se utiliza marcas debido a que una salida del PLC no puede ser seteada en repetidas ocasiones sin antes haber sido reiniciada.

Figura 21

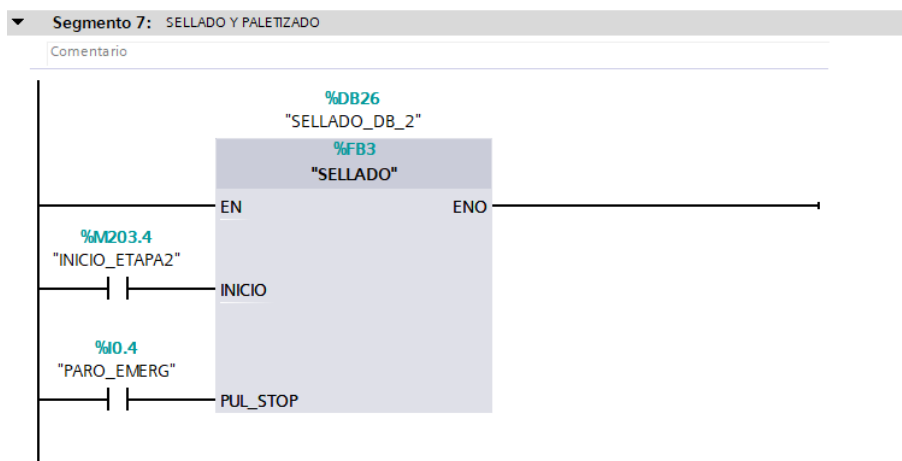
Activación de pistones



En el segmento 7 de la figura 22, presenta el bloque de “SELLADO” para la etapa 2 el cual inicia con la detección del sensor rampa y setea el pistón de estampado, a continuación, el brazo se desplaza a la izquierda hasta el final de carrera A, setea el pistón de paletizado y la ventosa. El brazo se desplaza hasta el final de carrera B donde resetea la ventosa y deposita el disco en la caja.

Figura 22

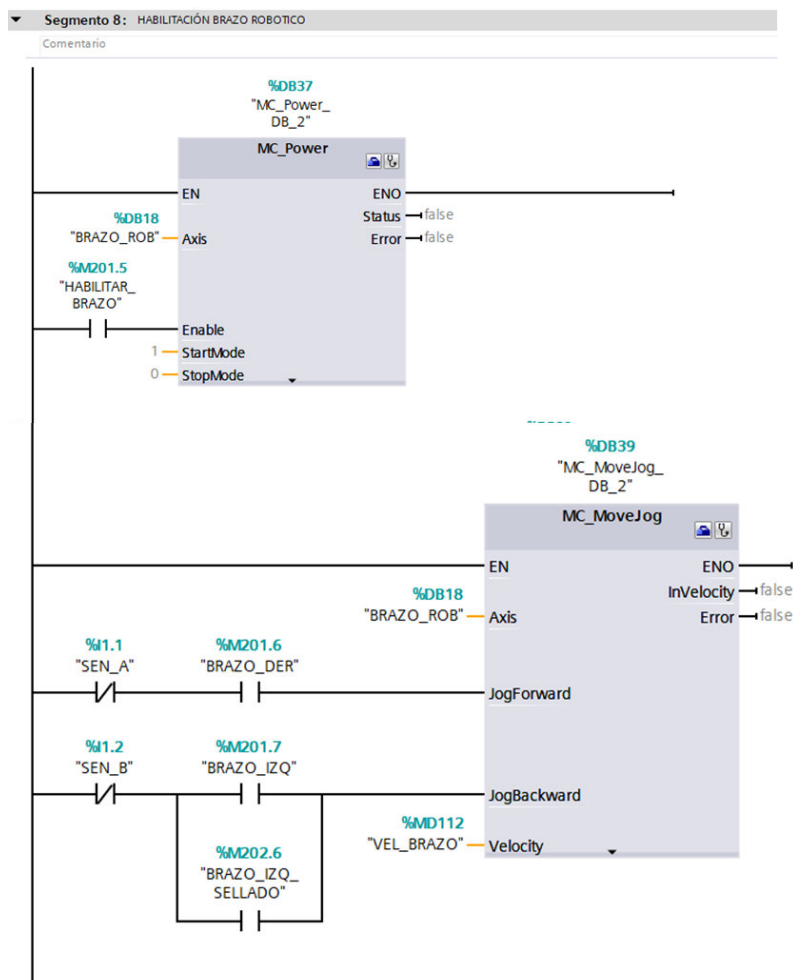
Sellado y paletizado



En el segmento 8 de la figura 23, realiza la activación y movimiento del brazo robótico por medio del objeto tecnológico MC_Power, que permite la habilitación del objeto tecnológico banda. El bloque MC_MoveJog que permite desplazar hacia la derecha con la activación de la marca %M201.6 y hacia la izquierda con el seteo de las marcas %M201.7 o %M202.6. Desde el HMI se setea una velocidad de 125mm/s.

Figura 23

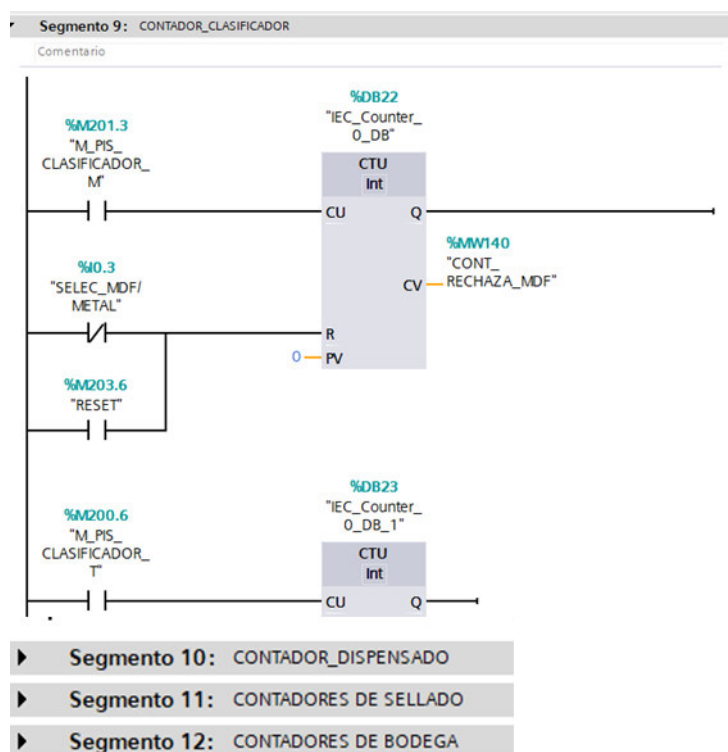
Habilitación del brazo robótico



En los segmentos 9, 10, 11 y 12 de la figura 24, presentan los contadores que muestran los datos de los discos que se encuentran en el dispensado, clasificado, estampado y en la bodega, ya sean discos de metal o MDF, para poder ser presentados en el HMI.

Figura 24

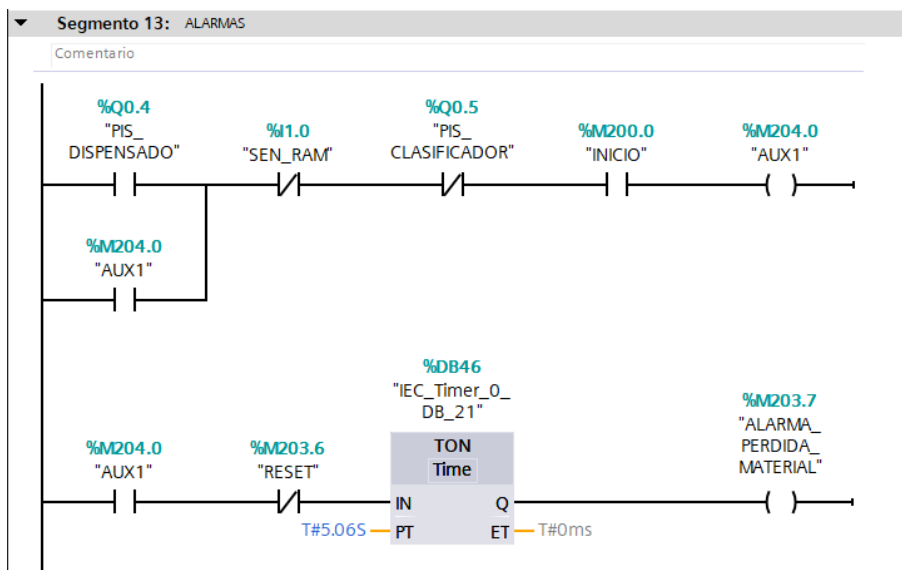
Contadores del proceso batch.



En el segmento 13 de la figura 25, presenta el seteo de una alarma cuando no ha llegado el disco a la etapa 2 ya sea debido a que la banda se detuvo o a su vez alguien retiró el disco de la banda y el sensor de la rampa no lo detectó. Se hace uso de un temporizador TON para que después de 5.06 segundos que dura el transporte del disco se active y de el estado de alarma.

Figura 25

Alarmas



Programación del bloque "MDF"

Se agrega un nuevo bloque y se asignan las variables locales que se utilizan cuando el bloque está habilitado, que corresponden a variables de entrada y estáticas, según la figura 26.

Figura 26

Variables locales del bloque MDF

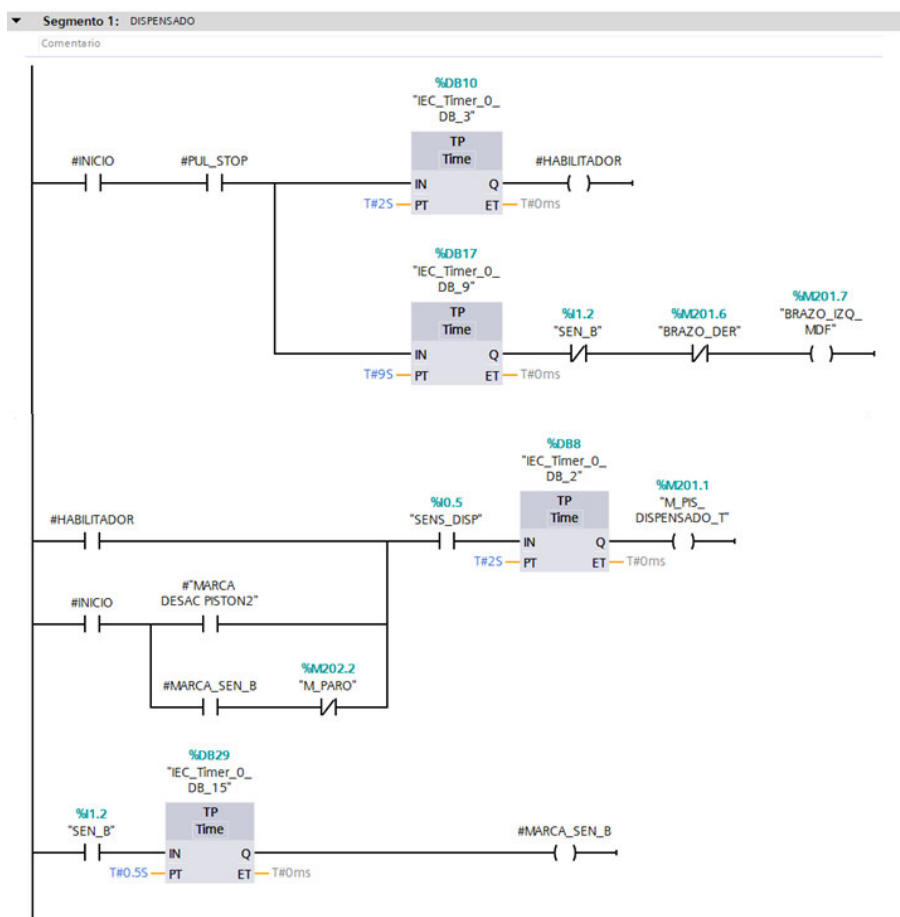
| MDF | | | | | | | | | |
|-----|----------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|
| | Nombre | Tipo de datos | Valor predet. | Remanencia | Accesible d... | Escrib... | Visible en .. | Valor de a... | Comentario |
| 1 | Input | | | | | | | | |
| 2 | INICIO | Bool | false | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3 | PUL_STOP | Bool | false | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | Output | | | | | | | | |
| 5 | <Agregar> | | | | | | | | |
| 6 | InOut | | | | | | | | |
| 7 | <Agregar> | | | | | | | | |
| 8 | Static | | | | | | | | |
| 9 | HABILITADOR | Bool | false | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 10 | MARCA TIEMPO | Bool | false | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 11 | MARCA DESAC PISTON | Bool | false | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 12 | MARCA SENSOR INDC | Bool | false | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 13 | MARCA_SEN_B | Bool | false | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 14 | IEC_Timer_0_Instance | TP_TIME | | No remane... | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 15 | Temp | | | | | | | | |
| 16 | <Agregar> | | | | | | | | |
| 17 | Constant | | | | | | | | |
| 18 | <Agregar> | | | | | | | | |

En el segmento 1 de la figura 27, setea un habilitador durante 2 segundos por medio de un TP y desplaza el brazo hacia el final de carrera B como condición inicial de trabajo.

El habilitador permite activar el pistón de dispensado sí el sensor detecta la presencia de material, además el pistón puede activarse cuando el brazo a llegado al final de carrera B o se ha desactivado el pistón clasificador.

Figura 27

Activación del pistón de dispensado para el bloque MDF

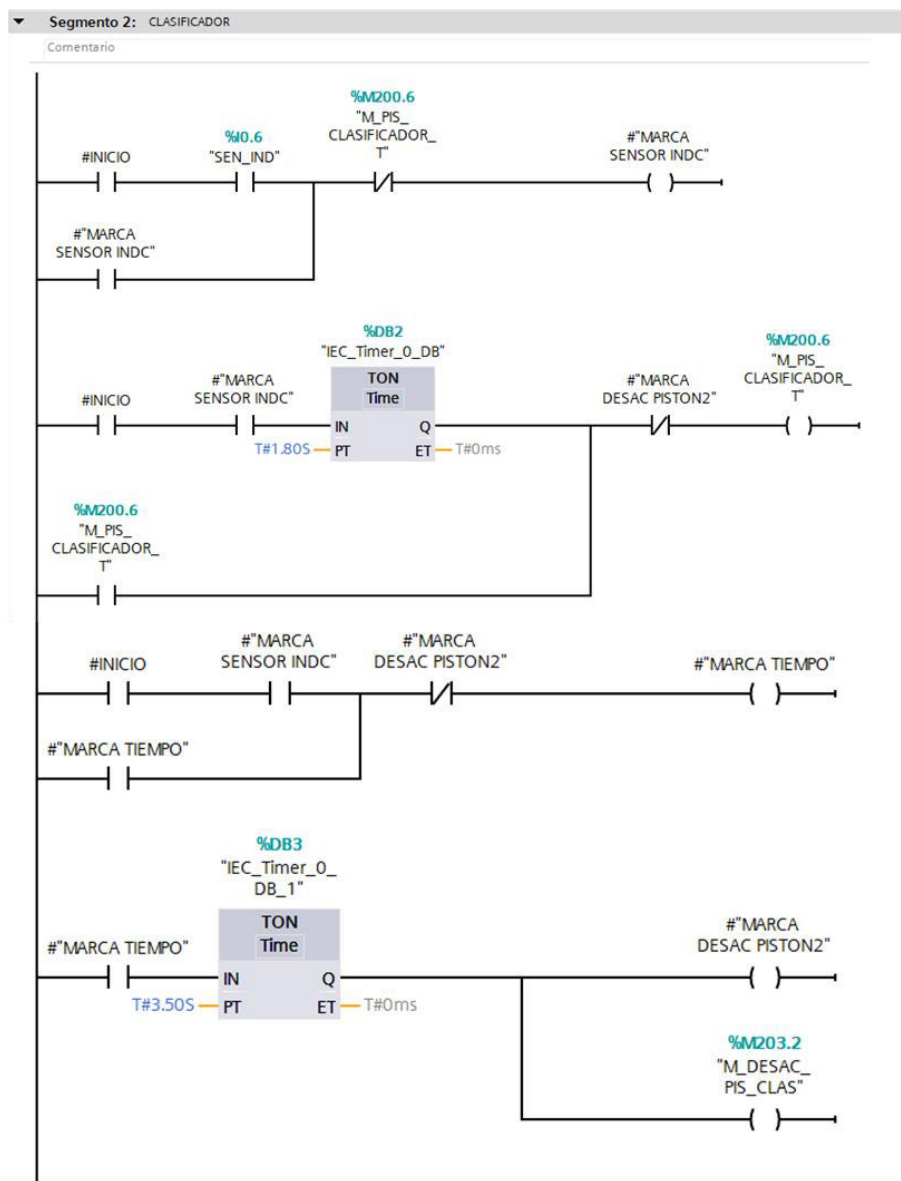


En el segmento 2 de la figura 28, clasifica el material, rechaza los discos de metal y permitirá el paso de los discos de MDF a la siguiente etapa.

El sensor inductivo %I0.6 se activa cuando existe presencia de discos de metal, por medio de 2 temporizadores TON setea y resetea el pistón clasificador a los 1.8 segundos y 3.5 segundos respectivamente. Si el sensor inductivo no detecta la presencia de discos de metal permite el paso de los discos de MDF a la siguiente etapa.

Figura 28

Clasificación discos de metal



Finalmente, en el segmento 3 de la figura 29, activa un temporizador TONR mediante la marca % M202.7, que permite animar el movimiento en el HMI del disco. Es reseteado cuando se ha activado el pistón clasificador, sensor de la rampa o por el pulsador de paro.

En el segmento 1 (figura 31) y 3 (figura 32) son similares a los segmentos 1 (figura 27) y 3 (figura 29) del bloque de MDF, debido a que sigue la misma lógica de programación para el habilitador y el inicio del brazo robótico. En el caso del segmento 3 varían las variables a marcas que serán utilizadas solo para metal.

Figura 31

Activación del pistón de dispensado para el bloque metal

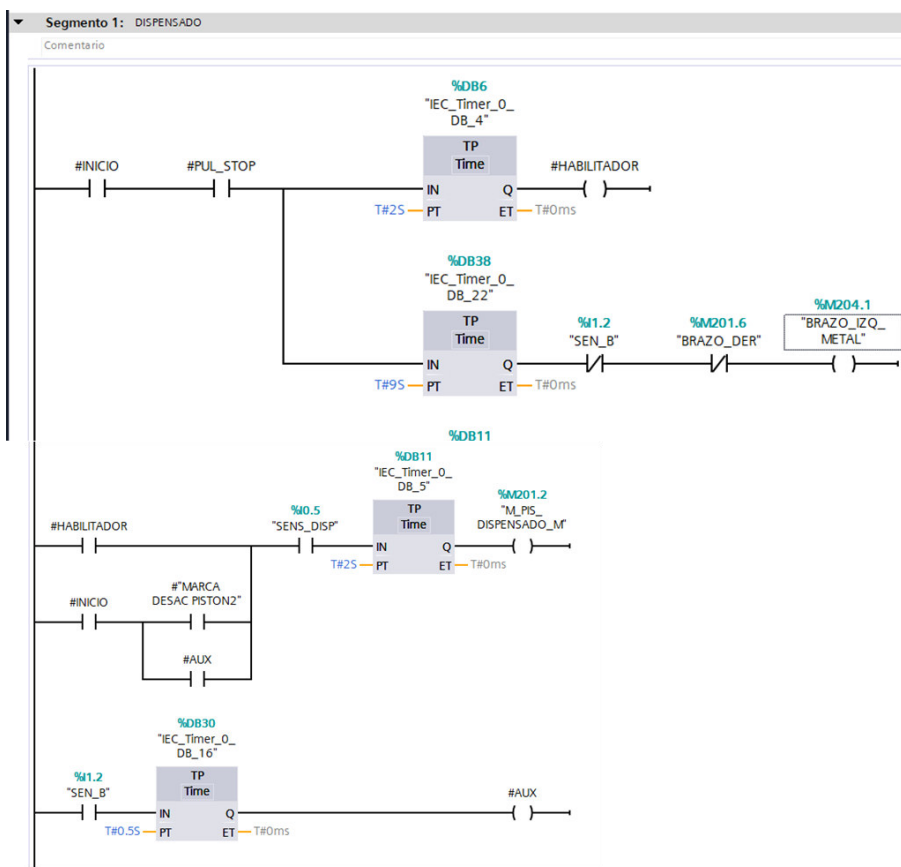
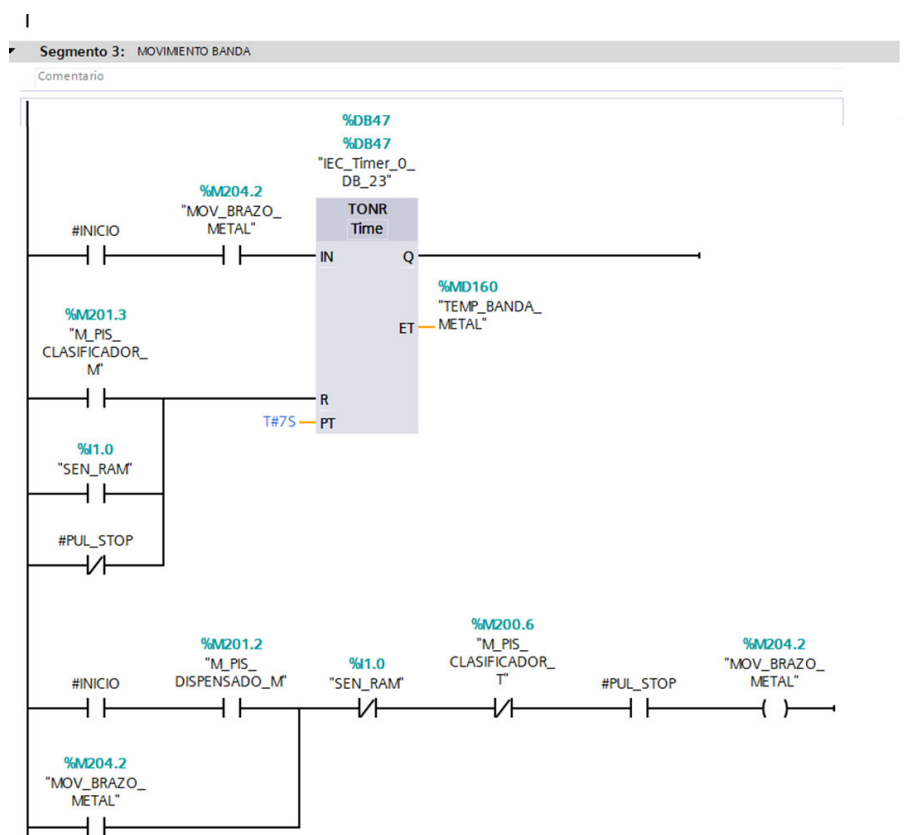


Figura 32

Movimiento banda para el bloque MDF



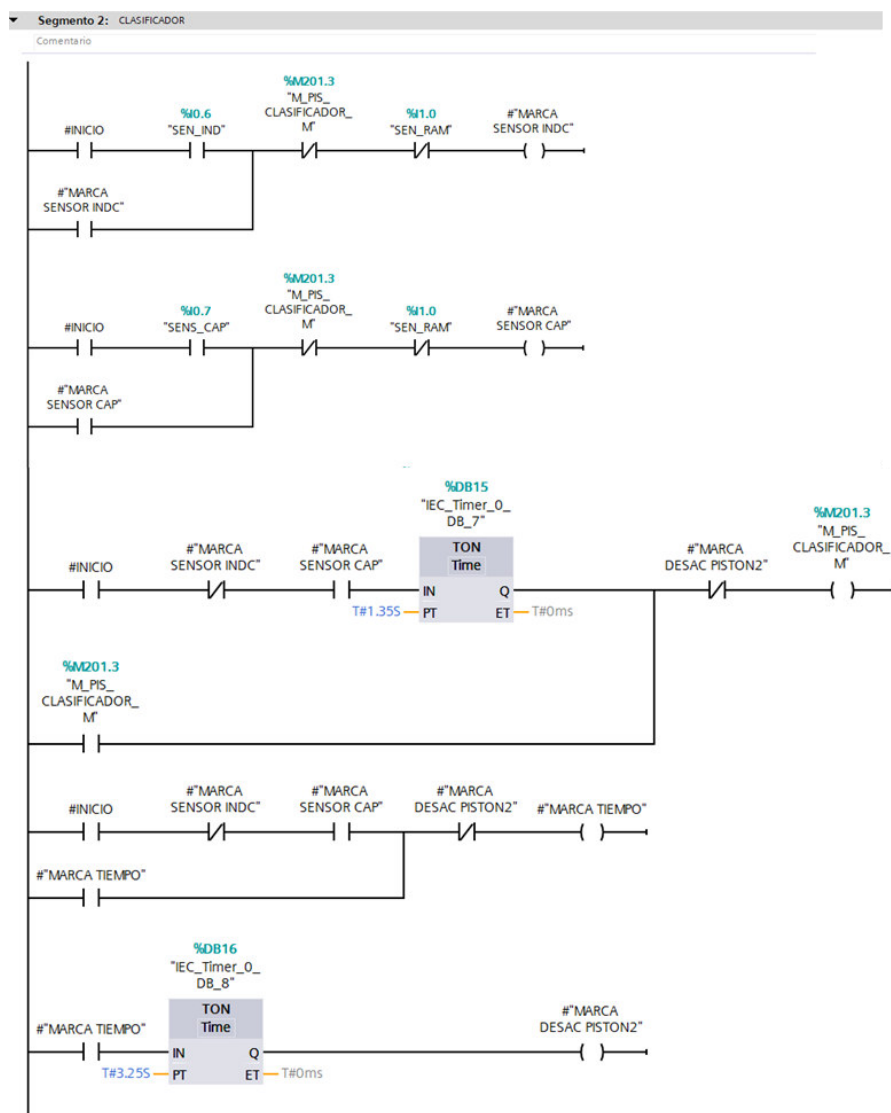
En el segmento 2, como se observa en la figura 33, clasifica el material, rechaza los discos de MDF y permitirá el paso de los discos de metal a la siguiente etapa.

El sensor inductivo %I0.6 se activa cuando existe presencia de discos de metal y el sensor capacitivo %I0.7 cuando existe presencia de discos de MDF, por lo tanto se utiliza dos señales para la activación del pistón clasificador, es decir cuando pase los discos de MDF el sensor capacitivo detecta el material pero el sensor inductivo enviara una señal normalmente cerrada para el seteo respectivo, en el caso de que se activen los 2 sensores no se setea el pistón clasificador y continuara hasta la siguiente etapa.

El seteo del pistón clasificador se lo realiza por medio de 2 temporizadores TON setea y resetea el pistón clasificador a los 1.35 segundos y 3.25 segundos respectivamente.

Figura 33

Clasificación discos de MDF

**Programación del bloque "SELLADO"**

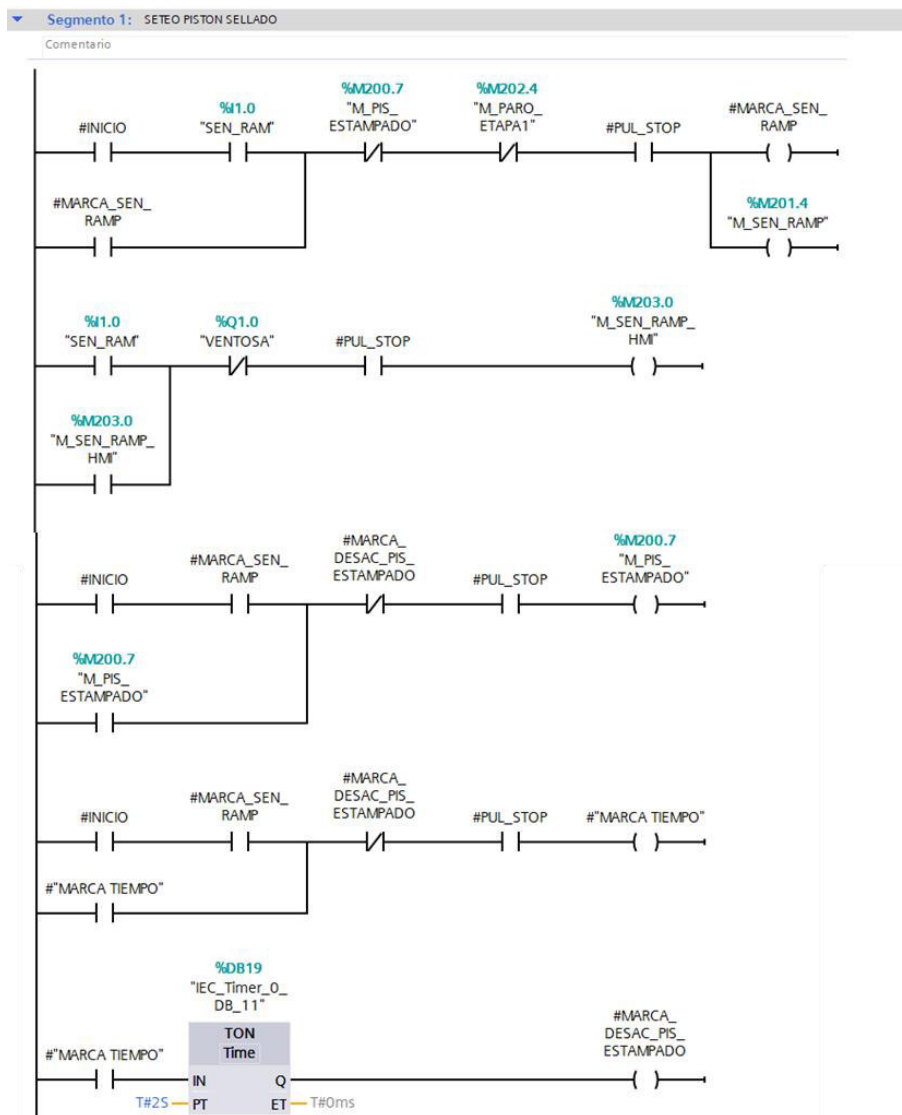
El bloque de "SELLADO" contiene la programación respectiva a la segunda etapa del proceso la cual inicia cuando el sensor de la rampa ha detectado el paso del disco.

En el segmento 1 de la figura 34, da comienzo la etapa 2 cuando la etapa 1 ha terminado y setea el pistón de estampado durante 2 segundos. Se tiene la marca %M203.0 que

permite enviar la señal booleana al HMI y mostrar la presencia del disco en el área de estampado, este se resetea cuando se activa la ventosa.

Figura 34

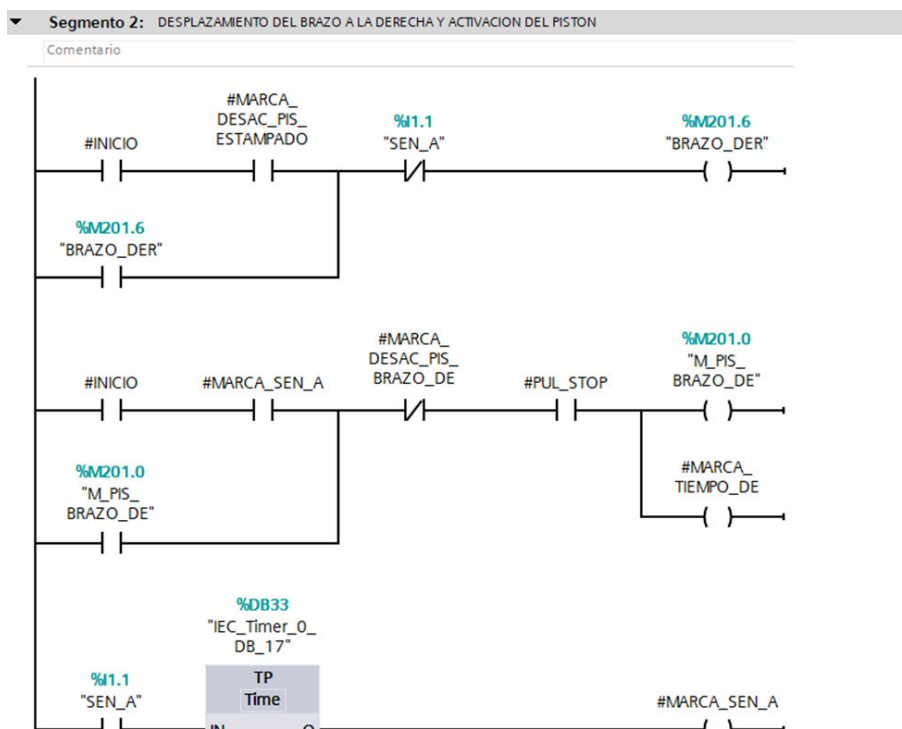
Etiquetado de los discos



En el segmento 2 de la figura 35, presenta el desplazamiento del robot hacia la derecha, el cual se detendrá por medio del final de carrera A. A continuación, activara el pistón y por medio de un temporizador TON setea la ventosa después de 1.9 segundos. Finalmente resetea el pistón y después de 3.8 segundos activa una marca para poder desplazar el brazo.

Figura 35

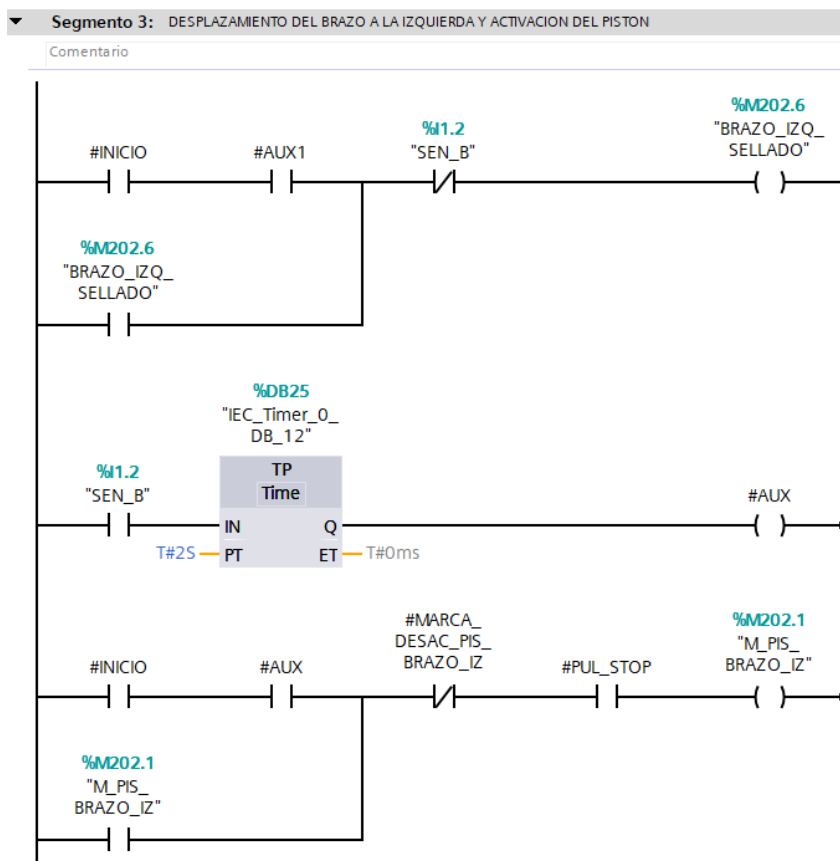
Desplazamiento del brazo a la derecha



En el segmento 3 de la figura 36, presenta el desplazamiento del robot hacia la izquierda, el cual se detendrá por medio del final de carrera A. Posteriormente, activará el pistón y por medio de un temporizador TON resetea la ventosa después de 2 segundos. Finalmente resetea el pistón y da por finalizada la etapa 2.

Figura 36

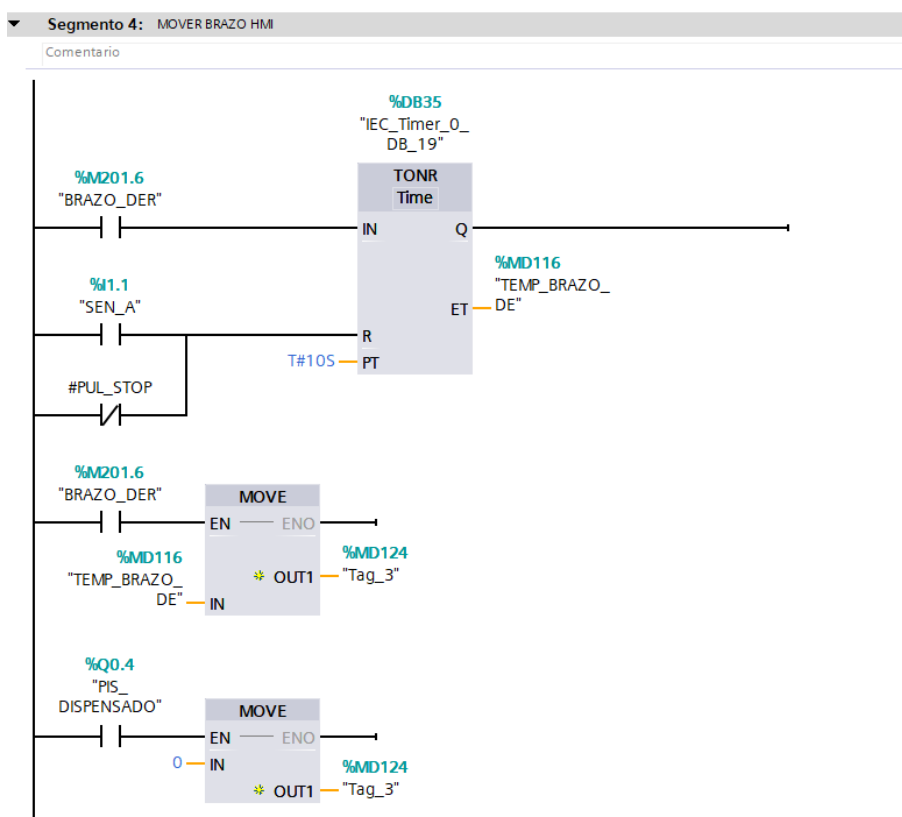
Desplazamiento del brazo a la izquierda.



Finalmente, En el segmento 4 de la figura 37, presenta la activación de dos temporizadores TONR uno para el movimiento a la derecha y otro a la izquierda, los cual se utilizan para animar el movimiento del brazo y el disco en el HMI.

Figura 37

Temporizadores para la animación en el HMI



Diseño del HMI

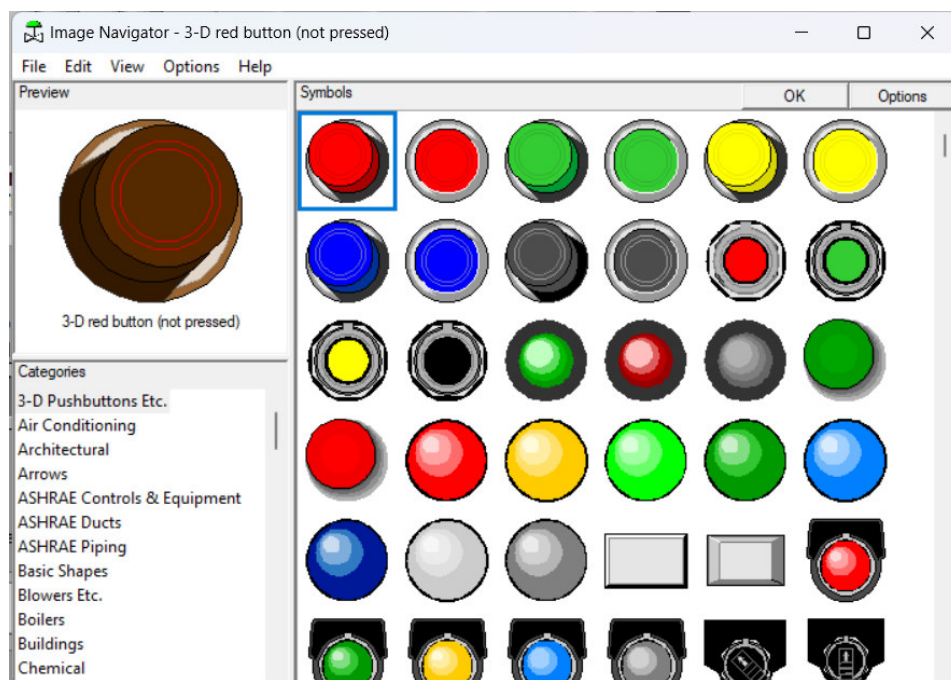
Para la supervisión del sistema batch se necesita de una interfaz de usuario con el sistema, el cual da la facilidad de visualizar el estado de operación con la finalidad de que el usuario u operador pueda tomar las decisiones.

Personalización de objetos para el HMI

Para la personalización de los objetos en el software de LabVIEW se utilizó la librería Datalogging and Supervisory Control (DSC) Module, como se observa en la figura 38, que es una aplicación para el desarrollo de HMI o sistemas SCADA mediante la opción "Imagen Navigator" donde se puede escoger el objeto o instrumento virtual.

Figura 38

Ventana de Image Navigator del DSC Module



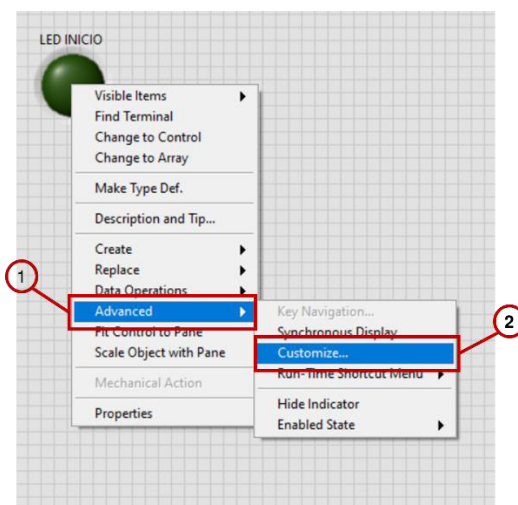
Nota. En la figura 38, se puede visualizar que en la ventana de Image Navigator se puede escoger el instrumento virtual necesario para el HMI (National Instruments, 2024)

Personalización de un indicador y botón

Para la personalización de un indicador en LabVIEW es necesario dar un clic derecho en la opción “Advance” – “Customize...”, como se observa en la figura 39.

Figura 39

Imagen de pasos para abrir la ventana de personalización del objeto

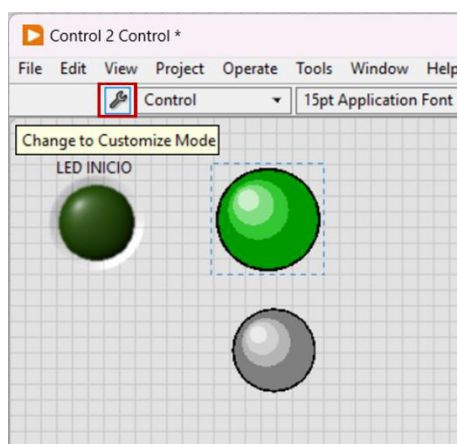


Nota. En la figura 39, se puede visualizar los pasos para la personalización de un led circular.

Se abrirá una ventana donde insertaremos el instrumento virtual a personalizar en el indicador. Dependiendo del estado del objeto (ON/OFF) se personalizará. Para poder cambiar la apariencia se activa la opción de “Change to Customize Mode”, que se presenta en la figura 40.

Figura 40

Imagen de activación de la opción personalización



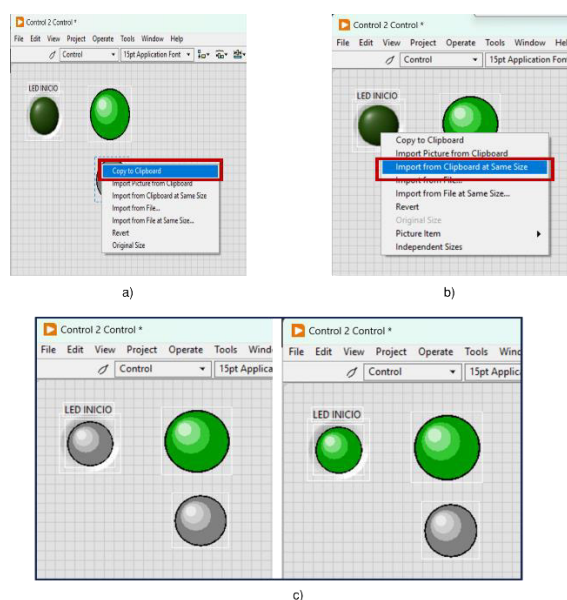
Nota. Imagen de la nueva ventana emergente insertado los instrumentos virtuales y activación de la opción de personalización del indicador o botón.

Se copia el instrumento virtual en el portapapeles, para luego importarlo al objeto con el mismo tamaño. Dependiendo del estado de activación se importará el instrumento virtual correspondiente, como se observa en la figura 41.

Se guarda y cierra el nuevo VI creado con la personalización, en la ventana emergente se elige la opción “Yes” para aceptar los cambios realizados en el VI principal y que el objeto cambie de apariencia. Este procedimiento se aplica a los botones u otro objeto de control e indicador.

Figura 41

Imagen de la importación del instrumento virtual al objeto.



Nota. En la figura 41, se puede observar la personalización de led indicador. a) Copia del objeto en el portapapeles, b) Importación el instrumento virtual, a) al objeto con el mismo tamaño, c) La personalización presentada para el led cuando está en estado “OFF” es de color plomo y cuando está en “ON” es de color verde de los instrumentos virtuales.

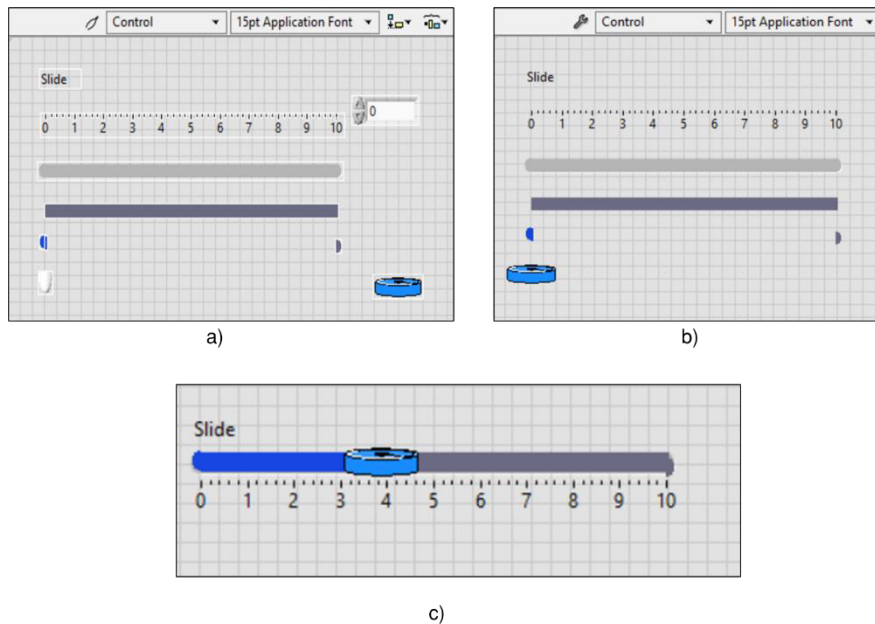
Personalización de un slider

Se repiten los pasos anteriormente mencionados para la personalización de los indicadores, sin embargo, el slider tiene más elementos que modificar, como se visualiza en la

figura 42. Se guarda los cambios y se cierra el nuevo VI creado con la personalización, en la ventana emergente se elige la opción “Yes” para aceptar los cambios realizados en el VI principal y que el objeto cambie de apariencia.

Figura 42

Personalización de un slider



Nota. En la figura 42, a) Se muestra los elementos del slider separados para su personalización, b) Se inserta el objeto en el indicador del slider, c) Nuevo slider creada para ser trabajado en el VI principal.

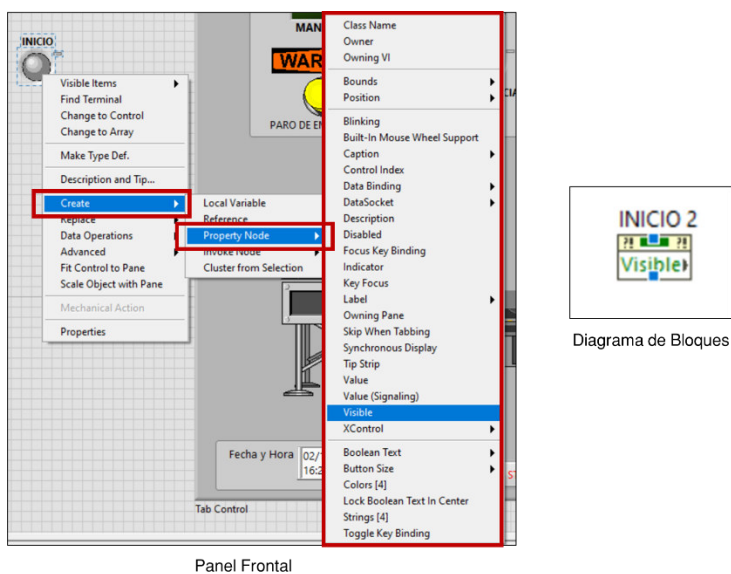
Animación de objetos para el HMI

Las animaciones de los objetos se pueden realizar personalizando los indicadores, botones, slider, entre otros. Y según el dato o estado cambian de apariencia o color, además LabVIEW da la posibilidad de utilizar las propiedades del nodo, el modifica los distintos elementos que conforma el indicador como por ejemplo la posición, visibilidad, Label, Boolean Text, color, entre otros.

Para poder trabajar con las propiedades de nodo en el panel frontal se da clic derecho en el indicador “Create” – “Propiety Node” – “Visible” o se escoge la propiedad que el usuario necesite para la animación. En el diagrama de bloques se creará un bloque con la propiedad del nodo elegido, como se visualiza en la figura 43.

Figura 43

Creación de la propiedad del nodo o del indicador



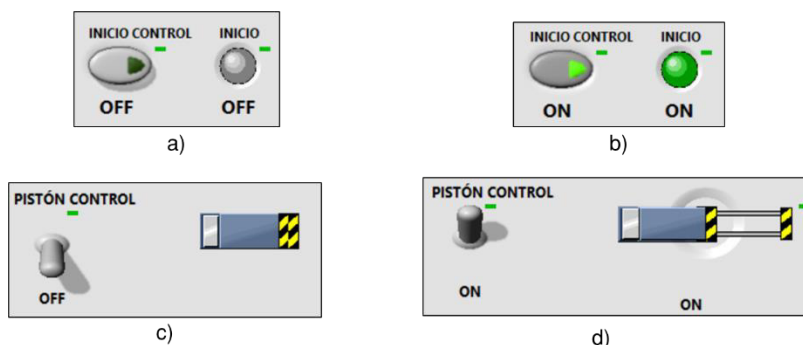
Nota. En la figura 43, se presenta la forma de crear la propiedad del nodo y el bloque creado en el diagrama de bloques.

Animación de un indicador y botones

En la figura 44, la animación de un indicador o botón, dependiendo del estado o acción cambiará de color, además con la personalización se puede cambiar de forma según la necesidad de visualización en el HMI.

Figura 44

Animación de un indicador en LabVIEW.

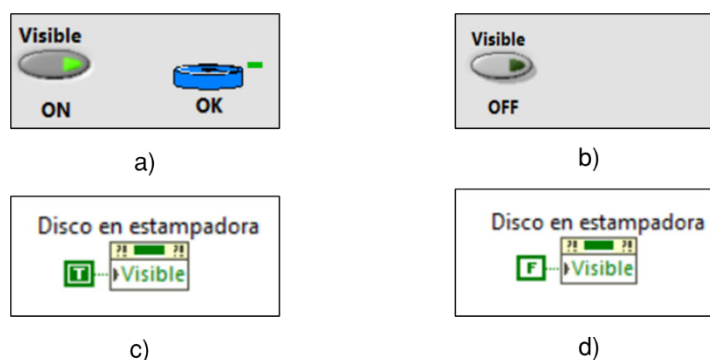


Nota. En la figura 44, se puede visualizar los diferentes estados de un indicador. a) El indicador del led en “OFF”, b) El indicador led está en “ON”, c) El indicador del pistón está en “OFF”, d) El indicador del pistón está en “ON”.

Una de las propiedades de nodo que más se utilizó fue la de “Visible” que dependiendo del dato booleano ingresado (True o False) se visualiza en el panel frontal el indicador, como se observa en la figura 45.

Figura 45

Animación de visualización de un indicador u objeto



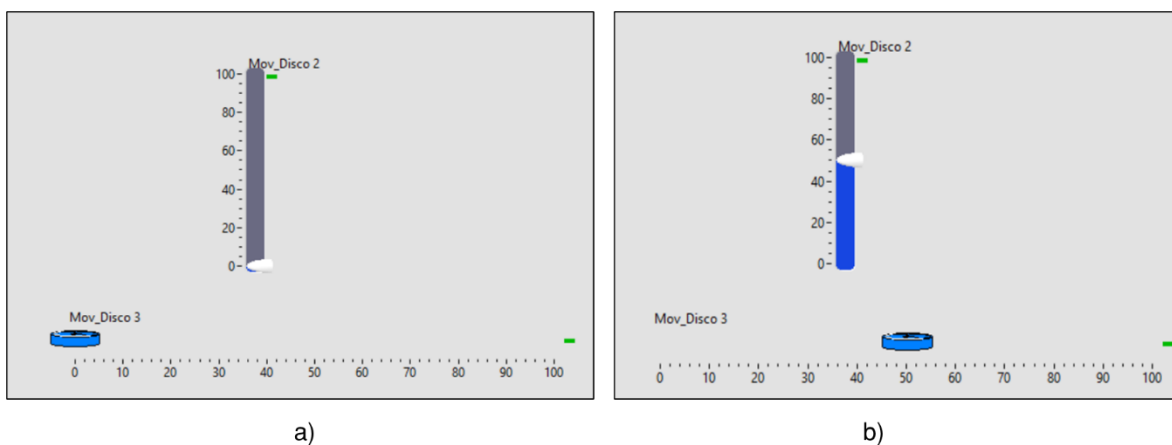
Nota. En la figura 45, se realiza la animación de visualización del indicador de un disco. a) El disco es visible en “True”, b) El disco no es visible “False”, c) Bloque del disco cuando este es visible, d) Bloque del disco cuando desaparece el disco.

Animación de movimiento mediante slider

Para la animación de movimiento se utiliza los sliders personalizados que dependiendo del dato recibido el indicador se moverá progresivamente, como se observa en la figura 46, para poder trabajar con el slider es importante saber exactamente el rango de movimiento con sus límite superior e inferior y el dato que se va a recibir (int, float, entre otros).

Figura 46

Animación de movimiento de un disco mediante slider



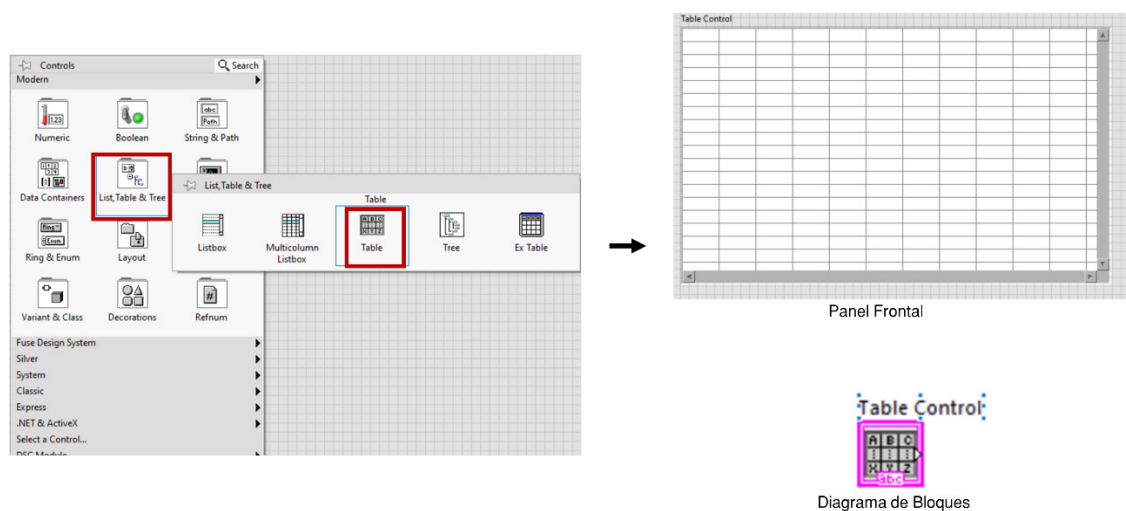
Nota. En la figura 46, se visualiza el movimiento del disco azul. a) Disco en la posición 0 o al 0% de movimiento, b) Disco al 50% del recorrido de movimiento.

Creación de una tabla de datos en LabVIEW

Para la creación de una tabla de datos, en el panel frontal se abre el panel de comandos, en "List, Table & Tree" se escoge el bloque de control "Table", como se visualiza en la figura 47.

Figura 47

Imagen de creación de una tabla de datos



Nota. En la figura 47, se visualiza, dónde encontrar la tabla de control y la tabla en el panel frontal y diagrama de bloques.

Para asignación de datos en la tabla se realiza la programación en el diagrama de bloque, como se muestra en la figura 48. La programación debe realizarse en un “While Loop” que se actualiza cada 10 ms.

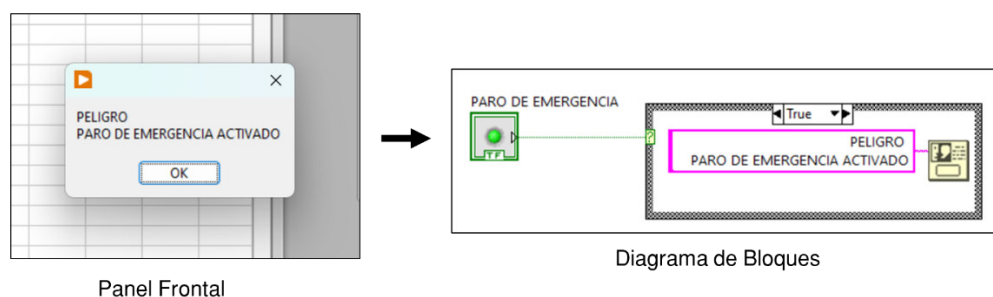
Mediante un “Case Structure” se realiza los distintos casos de presentación de datos, como se observa en la figura 48, según la activación de alarmas o botones, logrando así visualizar diferentes datos en la tabla como la fecha, hora, estado de activación, entre otros. La tabla de la figura 49, muestra el tipo de alarma, estado de activación, la fecha y la hora.

Creación de alarmas emergentes

Las alarmas emergentes son de alta prioridad por lo tanto aparecen en una nueva ventana que no se cierra hasta que se solucione el problema, como se muestra en la figura 50. También se muestra el diagrama de bloques de programación de una alarma emergente.

Figura 50

Alarma emergente del paro de emergencia



Pantallas del HMI

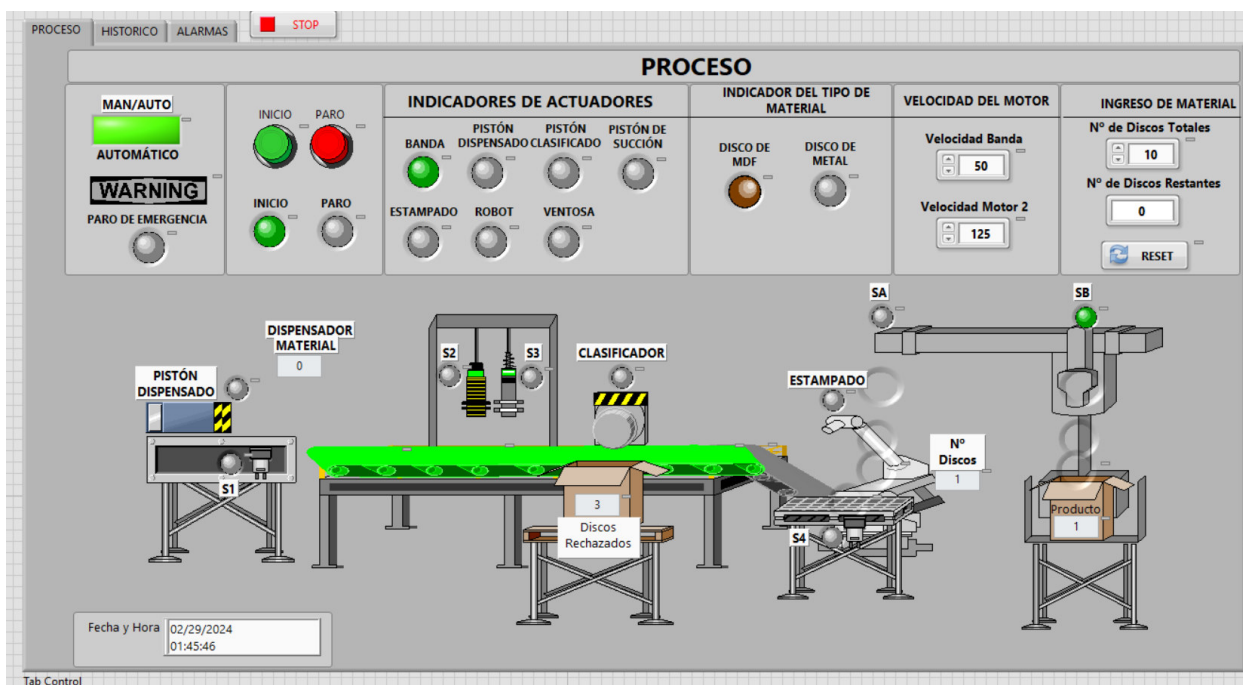
Pantalla principal del proceso

En la pantalla principal de supervisión del proceso, contiene indicadores para el modo de operación manual y automático, indicadores de accionamiento de los actuadores y del tipo de material a estampar (metal o MDF). Como parte de control se tiene los botones de inicio y paro, además de la posibilidad de ingresar la velocidad del motor de la banda y del brazo robótico. Se ingresa la cantidad de material en el dispensador.

En la ventana también se tiene la animación de las 2 etapas del sistema batch que son la etapa uno de dispensado y transporte, la etapa dos de estampado y paletizado. Existen displays indicadores para visualizar el material disponible en el dispensador, el material rechazado, el número de discos estampados y el producto almacenado en la etapa final, como se puede observar en la figura 51.

Figura 51

Imagen de la pantalla principal del proceso



Nota. En la figura 51, se puede observar la pantalla principal del proceso batch con sus respectivos indicadores y botones de control.

Pantalla de histórico

En la pantalla de históricos de la figura 52, se puede visualizar en la tabla con los datos de producción de discos de metal y MDF realizados, el producto rechazado junto con la fecha y hora de realización. Se tiene tres apartados para presentar los datos de producción, material rechazado y producto en bodega.

Figura 52

Imagen de la pantalla de histórico



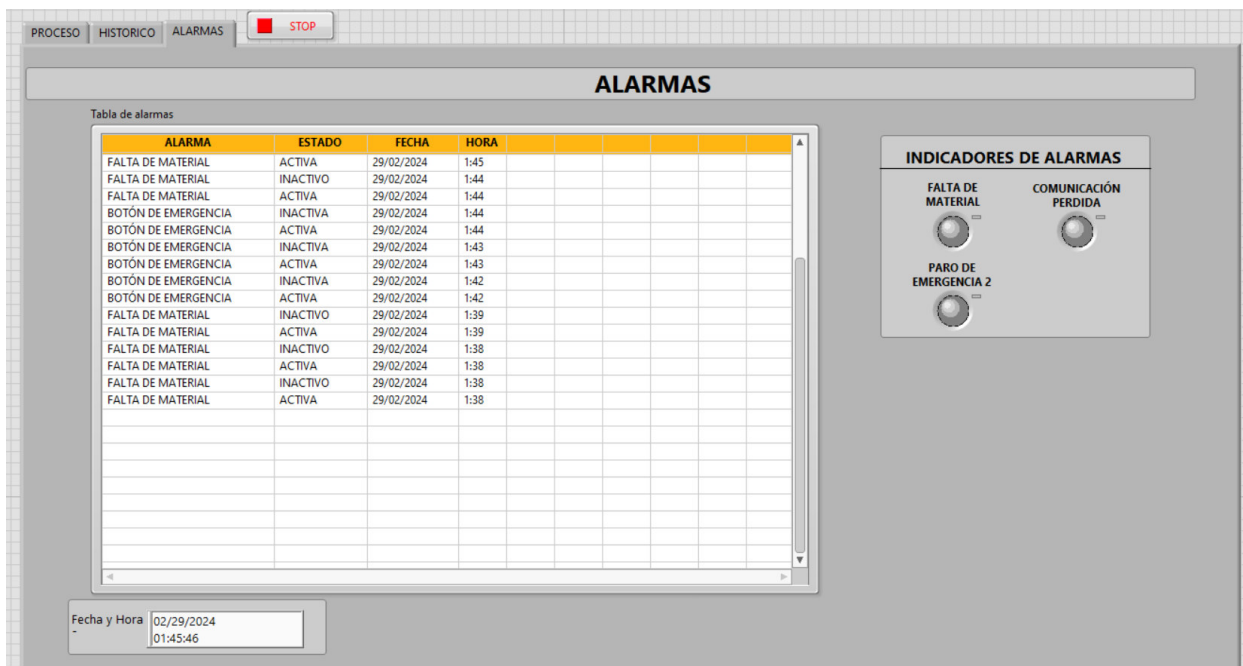
Nota. En la figura 52, se presenta la pantalla de visualización con su respectiva tabla y displays de datos.

Pantalla de alarmas

En la pantalla de alarmas de la figura 53, se presenta una tabla con la activación y desactivación de las alarmas del sistema batch. Los tres indicadores que se visualizan son de falta de material en el dispensado, falla en la comunicación Ethernet entre el PLC y LabVIEW, el paro de emergencia.

Figura 53

Imagen de la pantalla de alarmas



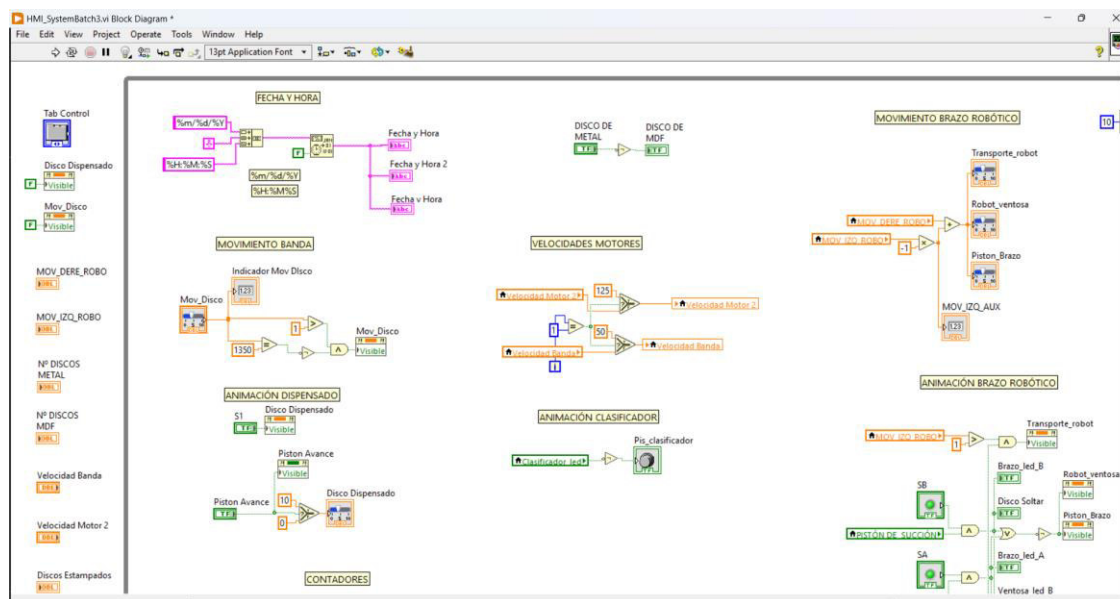
Nota. En la figura 53, se observa la pantalla de Alarmas donde se presenta una tabla con la fecha y hora de activación y desactivación de cada una.

Diagrama de bloques LabVIEW

En diagrama de bloques se programa cada una de las animaciones, operaciones, generación de datos y guardado de los mismos. En la figura 54, se puede visualizar la pantalla de diagrama de bloques.

Figura 54

Imagen del diagrama de bloques de LabVIEW



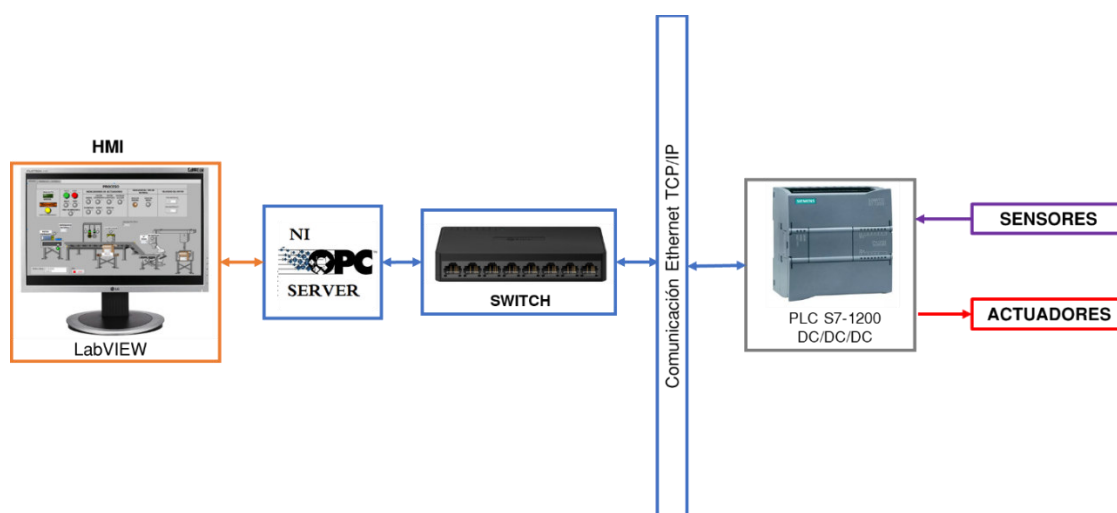
Nota. En la figura 54, se visualiza parte de la programación realizada en LabVIEW para la programación.

Comunicación del HMI con el PLC

El PLC es el encargado de recibir y enviar todas las señales de los sensores y actuadores del proceso. Para la transmisión de datos desde el PLC hacia el HMI se utiliza el protocolo de comunicación industrial TCP/IP, donde el PLC está conectado por cable ethernet a un switch y en el mismo dispositivo está conectado el ordenador con el software NI OPC Server y el HMI en LabVIEW, como se muestra en la figura 55.

Figura 55

Comunicación entre el HMI y PLC para la supervisión del sistema batch



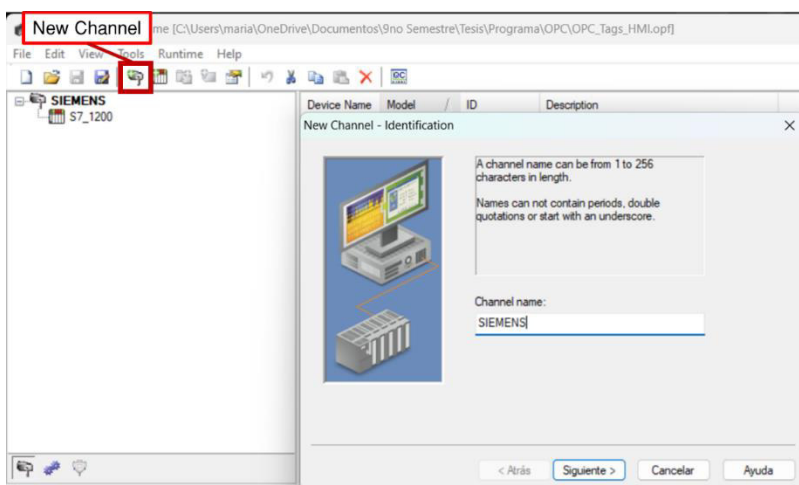
Nota. En la figura 55, se puede visualizar la comunicación y transmisión de datos entre PLC y HMI en un ordenador

Creación del canal y dispositivo en el NI OPC Server

En el software NI OPC Server se crea un nuevo canal en "New Channel", donde se desplegará una ventana para ingresar el nombre del nuevo canal, que se muestra en la figura 56. Se elige en "Device Driver" la comunicación tipo Siemens TC/IP Ethernet. En el adaptador de comunicación se escoge de la tarjeta ethernet del computador y además se debe tomar en cuenta que la dirección IP asignada al computador esté en el mismo grupo que el PLC.

Figura 56

Creación del nuevo canal en el NI OPC Server

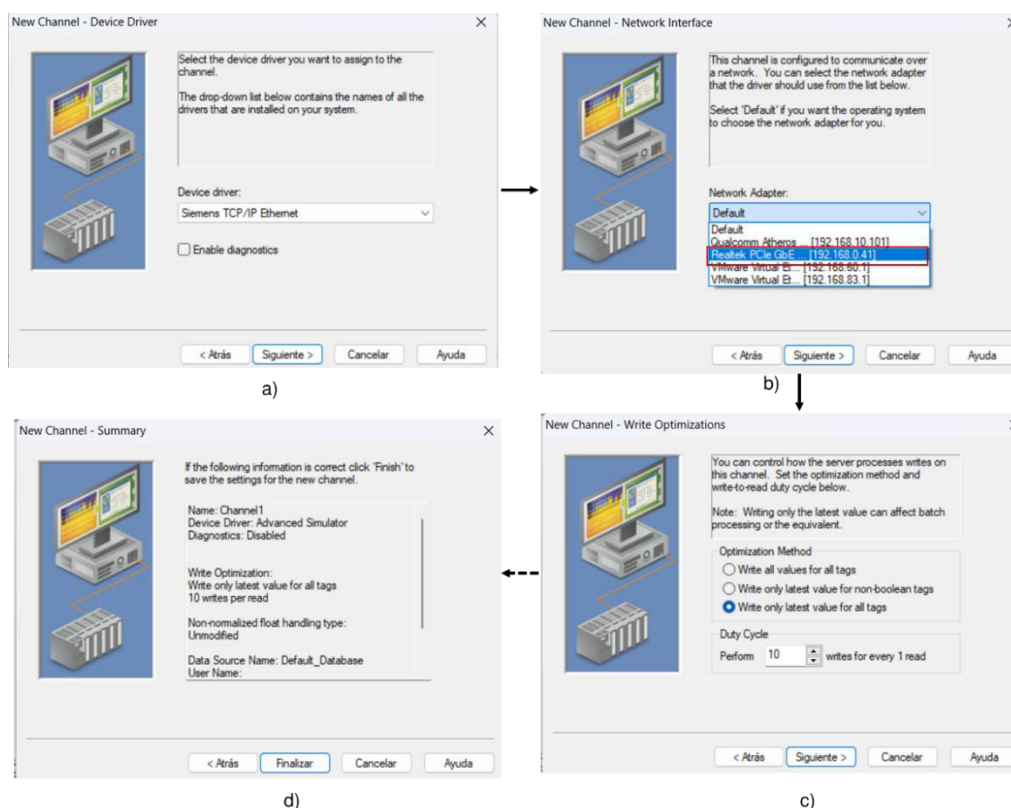


Nota. En la figura 56, se puede visualizar que el nuevo canal creado se llamara SIEMENS.

En las siguientes ventanas se deja por defecto y se escoge “Siguiente y Finalizar”, como se muestra en la figura 57.

Figura 57

Ventanas de configuración del NI OPC Server para un PLC Siemens



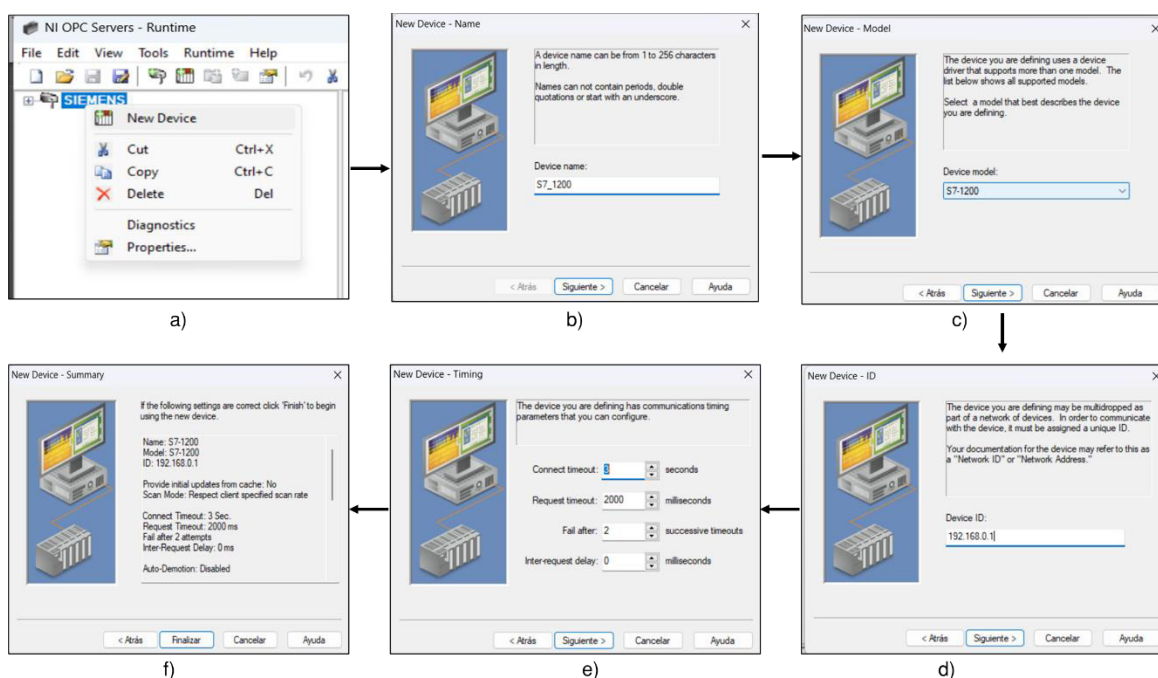
Nota. En la figura 57, se visualiza las diferentes ventanas de configuración del NI OPC Server.

a) Tipo de comunicación para Siemens TCP/IP Ethernet, b) Adaptador de red de la tarjeta de red del ordenador con la IP 192.168.0.41, c) Ciclo de trabajo en 10, d) Ventana final que presenta el resumen de la configuración.

Se crea el nuevo dispositivo de comunicación con el nombre "S7_1200". En el modelo escogemos la serie S7-1200. Colocamos la dirección IP del PLC en "Device ID". Configuramos los tiempos de comunicación, de respuesta, de conexión fallida y el retardo de la transmisión de datos. En las siguientes ventanas dejamos por defecto la configuración y en la ventana de resumen elegimos "Finalizar" como se indica en la figura 58.

Figura 58

Configuración del dispositivo de comunicación



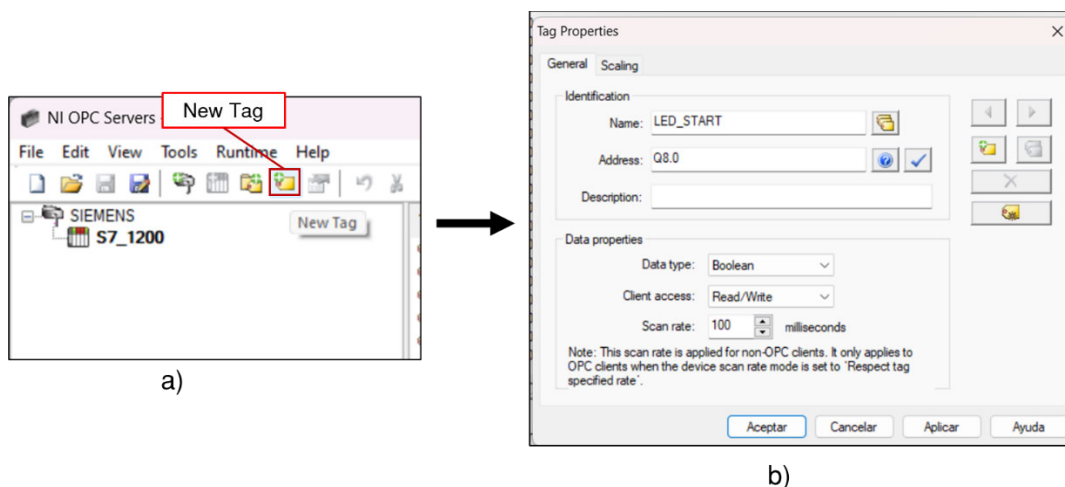
Nota. En la figura 58, se visualiza las ventanas de configuración del dispositivo a comunicar. a) Se crea un nuevo dispositivo, b) Se ingresa el nombre “S7-1200”, c) Se escoge el modelo S7-1200 del PLC, d) La dirección IP del PLC es 192.168.0.1, e) Configuración de la transmisión de datos por defecto, f) Ventana de resumen de configuración del dispositivo.

Creación de los tags

Los tags son las etiquetas que se asignan a las distintas variables utilizadas para las entradas y salidas en el PLC S7-1200. Los tags pueden ser de distinto tipo (Int, float, Word, Char, boolean, entre otros) por lo cual es importante conocer qué tipo de dato que se recibe en el PLC. En la figura 59, se muestra cómo crear un tag en NI OPC Server de tipo booleana para la leer una salida en el PLC.

Figura 59

Pasos para la creación de un tag en NI OPC Server



Nota. En la figura 59, se visualiza la forma de crear un nuevo tag. a) Escoge la opción crear nuevo tag, b) Se ingresa el nombre del tag y en “Address” se pone la dirección o byte designado en PLC a leer o escribir.

Este procedimiento se realiza para todas las variables o tags necesaria para el HMI, como se observa en la figura 60.

Figura 60

Tags creados en el NI OPC Server

| Tag Name | Address | Data Type | Scan Rate | Scaling | Description |
|------------------|---------|-----------|-----------|---------|-------------|
| LED_AUTO | Q8.3 | Boolean | 100 | None | |
| LED_ETAPA1 | Q8.4 | Boolean | 100 | None | |
| LED_ETAPA2 | Q8.5 | Boolean | 100 | None | |
| LED_MOTOR1 | Q8.6 | Boolean | 100 | None | |
| LED_MOTOR2 | Q8.7 | Boolean | 100 | None | |
| LED_PARO_EMERG | Q8.2 | Boolean | 100 | None | |
| LED_START | Q8.0 | Boolean | 100 | None | |
| LED_STOP | Q8.1 | Boolean | 100 | None | |
| MOV_BANDA | MD108 | DWord | 100 | None | |
| PIS_BRAZO | Q0.7 | Boolean | 100 | None | |
| PIS_CLASIFICADOR | Q0.5 | Boolean | 100 | None | |
| PIS_DISPENSADO | Q0.4 | Boolean | 100 | None | |
| PIS_ESTAMPADO | Q0.6 | Boolean | 100 | None | |
| SELEC_MAN | I0.2 | Boolean | 100 | None | |
| SEN_IND | I0.6 | Boolean | 100 | None | |
| SEN_RAM | I1.0 | Boolean | 100 | None | |
| SENS_CAP | I0.7 | Boolean | 100 | None | |
| SENS_DISP | I0.5 | Boolean | 100 | None | |
| START_HMI | M200.4 | Boolean | 100 | None | |
| STOP_HMI | M200.5 | Boolean | 100 | None | |
| VEI_BANDA | MD100 | DWord | 100 | None | |

Nota. En la figura 60, se tienen todos los tags necesarios para el diseño del HMI. Todos tienen acceso “Read/Write” con un tiempo de actualización de datos de 100 ms.

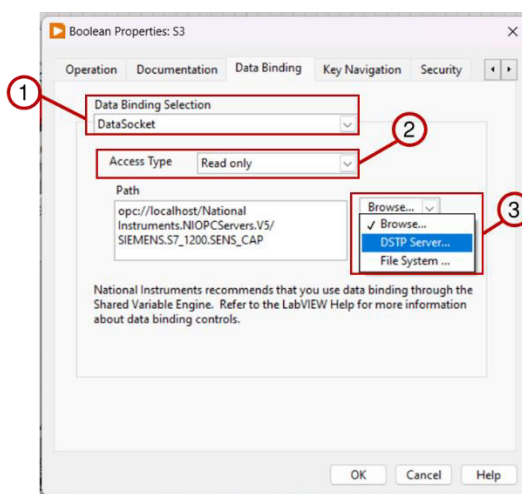
Establecimiento de la conexión entre el OPC y el HMI

LabVIEW tiene la opción de utilizar el enlace de datos a través del motor de variables compartidas con el NI OPC Server, para lo cual se debe dar clic derecho en el objeto, indicador o botón, se selecciona propiedades y en la pestaña de “Data Binding”.

La configuración, 1) en “Data Binding Selection” es DataSocket, 2) en el tipo de acceso dependiendo si es indicador o botón sería Read o Write. 3) En la parte de “Browser” seleccionamos “DSTP Server”, como se indica en la figura 61.

Figura 61

Configuración para enlazar los datos entre LabVIEW y el OPC

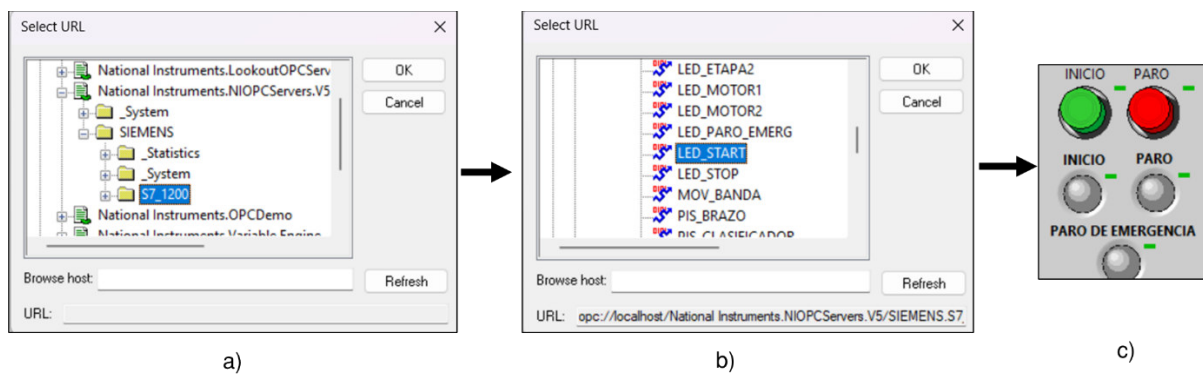


Nota. En la figura 61, se puede visualizar que para enlazar un indicador lo único que cambia es el tipo de acceso que para este caso es “Read Only”.

En la nueva ventana emergente se selecciona la dirección del tag al que se quiere vincular la variable, se busca en la sección de “National Instrumentes.NIOPCServer.V5”, donde debe tener el mismo nombre de canal y dispositivo creado anteriormente en el OPC, como se visualiza en la figura 62.

Figura 62

Ventana de direccionamiento de tags



Nota. En la figura 62, se verifica el direccionamiento de un indicador. a) Búsqueda del nombre del canal SIEMENS y del dispositivo S7_1200, b) Selección del Tag a vincular, c) Verificación del indicador con un recuadro verde de comunicación exitosa.

Capítulo IV

Pruebas y análisis de resultados

En este capítulo se presentan las pruebas y resultados de la estación didáctica de procesos batch para comprobar su funcionamiento en modo automático con la clasificación de los dos tipos de materiales (MDF/metal) y verificar que el HMI cumpla con el comportamiento adecuado de visualización.

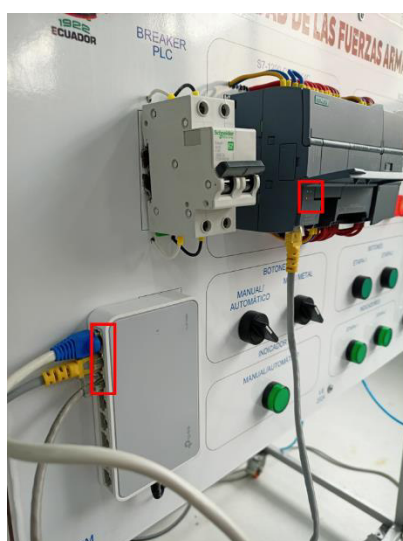
Comprobación de la comunicación física y direccionamiento IP

Toda la red de comunicación está conectada a un switch con cable ethernet, como se observa en la figura 63. El led “Link” está encendido y el led de comunicación “RX/TX” parpadeando en color naranja. En el “Comand Windows” se realizó un ping de establecimiento de comunicación al HMI con la dirección IP 192.168.0.41 y al PLC con la dirección 192.168.0.1.

La comunicación es exitosa ya que se tiene un tiempo de respuesta de promedio de 2.25 ms para el envío de datos al PLC y un tiempo de respuesta promedio de 1ms al HMI, con cuatro paquetes enviados y recibidos exitosamente.

Figura 63

Verificación de la conexión de red



a)

```
C:\Users\Adrian>ping 192.168.0.1 Dirección IP del PLC
Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=3ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=255
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=255

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 3ms, Media = 2ms

C:\Users\Adrian>ping 192.168.0.41 Dirección IP del HMI
Haciendo ping a 192.168.0.41 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.41: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.41: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.41: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.41: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.41:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms
```

b)

Nota. En la figura 63, se visualiza la conexión ethernet. a) Conexión física entre el PLC y el switch mediante cable Ethernet, b) Ping realizado al PLC y al HMI para verificar su correcta comunicación.

Evaluación comunicación del OPC con el PLC

Para la comunicación con el OPC, se verifica en la figura 64, el ítem “Error” que se encuentra en cero, además de que el rango de comunicación por defecto es de 1000 ms y un tiempo fuera de comunicación de 2000 ms.

Figura 64

Vista de la opción System del OPC

| Item ID | Data Type | Value | Timestamp | Quality | Update Count |
|---|-----------|---------------|--------------|---------|--------------|
| SIEMENS.S7_1200_System._AutoCreate Tag... | Boolean | 0 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._AutoDemoted | Boolean | 0 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._AutoDemotionD... | Boolean | 0 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._AutoDemotionE... | Boolean | 0 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._AutoDemotionF... | Long | 3 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._AutoDemotionI... | Long | 10000 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._ConnectTimeout | Long | 3 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._DemandPoll | Boolean | 0 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._Description | String | | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._DeviceId | String | 192.168.0.1 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._Enabled | Boolean | 1 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._Error | Boolean | 0 | 16:43:19.145 | Good | 3 |
| SIEMENS.S7_1200_System._InterRequestDe... | Long | 0 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._NoError | Boolean | 1 | 16:43:19.145 | Good | 3 |
| SIEMENS.S7_1200_System._RequestAttempts | Long | 2 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._RequestTimeout | Long | 2000 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._ScanMode | String | UseClientRate | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._ScanRateMs | DWord | 1000 | 16:42:10.294 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200_System._SecondsInError | DWord | 0 | 16:43:19.145 | Good | 65 |
| SIEMENS.S7_1200_System._Simulated | Boolean | 0 | 16:42:10.294 | Good | 1 |

Nota. Se puede visualizar en la figura 64, la ventana de “Quick Client” donde se visualiza el estado de todas las variables de comunicación y tags en tiempo real.

En la figura 65, los tags creados para el HMI están en estado “Good” por lo que se verifica que existe la comunicación entre las variables del PLC y NI OPC Server.

Figura 65

Variables asignadas al OPC Server

| Item ID | Data Type | Value | Timestamp | Quality | Upd |
|---------------------------------------|-----------|-------|--------------|---------|-----|
| SIEMENS.S7_1200.Rack | Byte | 0 | 16:53:34.759 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.Slot | Byte | 1 | 16:53:34.759 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.ALARM_FALTA_MATERI... | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.ALARM_PERD_MATERIAL | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.BOD_MDF | Word | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.BOD_METAL | Word | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.CONT_BODEGA | Word | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.CONT_SELLADO | Word | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.DISCOS_RECHAZADOS | Word | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.DISPENSADO_TOTAL | Word | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.INICIO_HMI | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.LED_AUTO | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.LED_BANDA | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.LED_ETAPA1 | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.LED_ETAPA2 | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.LED_MOTOR1 | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.LED_MOTOR2 | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.LED_PARO_EMERG | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.LED_START | Boolean | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.LED_STOP | Boolean | 1 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.MATERIAL | Word | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.MOV_BANDA | DWord | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.MOV_DERECHA_ROBO | DWord | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |
| SIEMENS.S7_1200.MOV_IZQ... | DWord | 0 | 16:53:34.782 | Good | 1 |


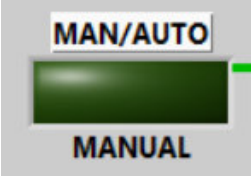
Evaluación del HMI









Verificación del funcionamiento de los indicadores en el HMI





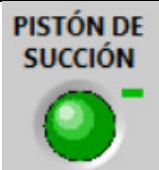
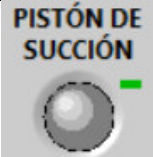


En la tabla 4, se observa el estado de activación de cada uno de los indicadores del HMI necesarios para la supervisión del sistema batch en tiempo real, para la identificación se lo realiza mediante un cambio de color en el led o indicador.





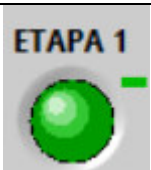
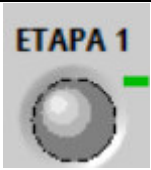
Tabla 4


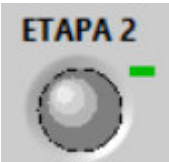




Indicadores de activación del HMI





| Indicador | Función | HMI | Estado de Activación |
|-----------------------|--|---|----------------------|
| Led modo de operación | Indica si el sistema está en modo automático o manual. |  | AUTOMÁTICO |
| | |  | MANUAL |


| Indicador | Función | HMI | Estado de Activación |
|---------------------------|--|---|----------------------|
| Led de paro de emergencia | Indica el paro del sistema debido a alguna causa anormal al proceso. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led inicio | Indica el inicio del proceso. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led de paro | Indica el paro del sistema. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led banda transportadora | Indica la activación de la banda transportadora. |  | ON |
| | |  | OFF |

| Indicador | Función | HMI | Estado de Activación |
|------------------------|---|---|----------------------|
| Led pistón dispensado | Indica la activación del pistón del dispensador. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led pistón clasificado | Indica la activación del pistón para rechazar material. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led pistón succión | Indica la activación del pistón del brazo robótico. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led estampado | Indica la activación del pistón de estampado. |  | ON |
| | |  | OFF |

| Indicador | Función | HMI | Estado de Activación |
|------------------------|---|---|----------------------|
| Led brazo estampado | Indica la activación de todo el sistema que conforma el brazo robótico. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led ventosa | Indica la activación de la ventosa. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led etapa 1 | Indica que el proceso se encuentra en la etapa de dispensado y transporte. |  | ON |
| | |  | OFF |

| Indicador | Función | HMI | Estado de Activación |
|--------------------|---|---|----------------------|
| Led etapa 2 | Indica que el proceso se encuentra en la etapa de estampado y paletizado. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led disco de MDF | Indica que el tipo de material a estampar es MDF. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Led disco de metal | Indica que el tipo de material que se va a estampar es Metal. |  | ON |
| | |  | OFF |

| Indicador | Función | HMI | Estado de Activación |
|--|---|---|--|
| Indicadores de control de las velocidades de los motores | En los displays se ingresan los valores. |  | <p>Rango de operación: 47 a 59 mm/s</p> <hr/> <p>Rango de operación: 50 a 250 mm/s</p> |
| Indicadores numéricos para el ingreso de material | Se ingresa el número total de material en el dispensado y se muestra los discos restantes en el dispensador |  | - |
| Indicadores numéricos para la producción | Se muestra el producto dispensado y los discos estampados del proceso actual. |  | - |
| Indicadores numéricos de producto en bodega | Se muestra el número de discos de MDF, Metal y total en bodega del proceso actual. |  | - |

| Indicador | Función | HMI | Estado de Activación |
|--|---|---|----------------------|
| Indicadores numéricos del material rechazado | Se muestra los discos de metal y MDF rechazados del proceso actual. |  | - |





Nota. En la tabla 4, se muestra cada uno de los indicadores de los actuadores, inicio, paro, modo de operación, indicadores numéricos, de control y tipo de material a estampar.

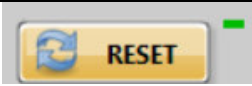

Verificación de funcionamiento de los pulsadores en el HMI

En la tabla 5, se verifica la activación y funcionamiento de los botones de control del HMI y el botón de reseteo de los indicadores numéricos.

Tabla 5

Funcionamiento de los pulsadores del HMI

| Botón | Función | HMI | Estado de Activación |
|----------------------------|---|--|----------------------|
| Botón de inicio de proceso | Proporciona la activación del proceso desde el HMI. |  | ON |
| | |  | OFF |
| Botón de paro del proceso | Proporciona el paro del proceso desde el HMI. |  | ON |
| | |  | OFF |

| Botón | Función | HMI | Estado de Activación |
|---|--|--|----------------------|
| Botón de reseteo de los contadores del HMI | Realiza el reseteo de todos los contadores a cero o por defecto. |  | ON |
| | |  | OFF |

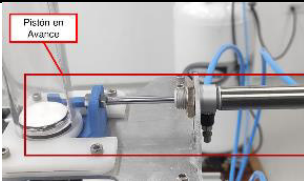
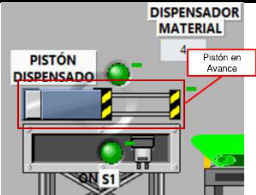
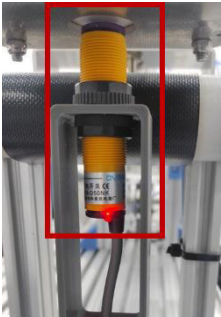
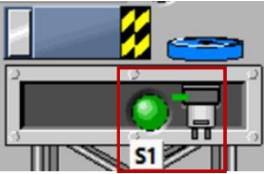
Nota. En la tabla 5, se muestra los botones de control que tienen el HMI.




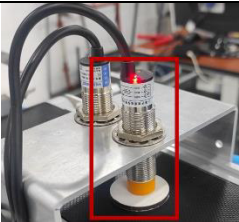
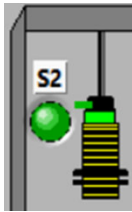
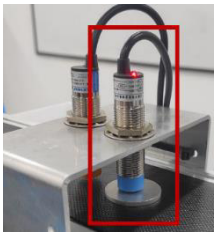

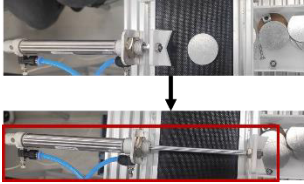


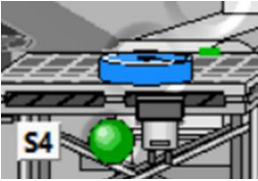
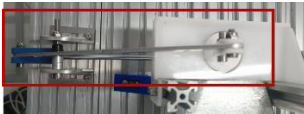

Evaluación del sistema físico y HMI


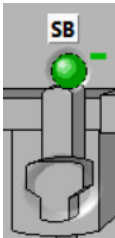
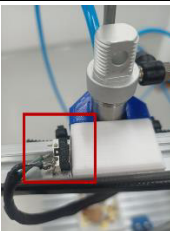
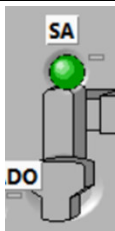
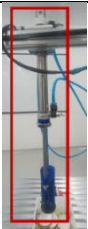
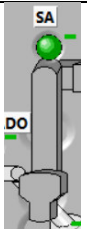

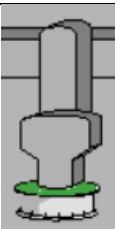
En la tabla 6, se muestra la evaluación de cada etapa del sistema batch, donde se verifica la activación de los sensores y actuadores físicos y simulados del HMI para poder visualizar su sincronización con el HMI.

Tabla 6

Activación de los sensores y actuadores físicos y simulados en el HMI

| Etapa | Actuador/Sensor | Sistema Físico | HMI | Activación |
|---|----------------------|---|--|--|
| Pistón dispensado | |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> |
| | | | | OFF <input type="checkbox"/> |
| Dispensado y transporte de material | Sensor dispensado |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> |
| | | | | OFF <input type="checkbox"/> |









| Etapa | Actuador/Sensor | Sistema Físico | HMI | Activación |
|-------------------------------------|----------------------|---|---|--|
| | Banda transportadora |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> |
| | |  | | OFF <input type="checkbox"/> |
| Dispensado y transporte de material | Sensor capacitivo |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> |
| | Sensor inductivo |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> |
| | Pistón clasificado |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> |
| | Sensor rampa |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> |
| Paletizado | Pistón estampado |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> |
| | | | | OFF <input type="checkbox"/> |

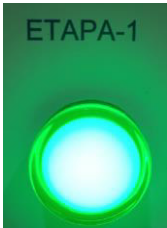



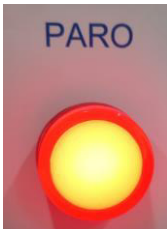

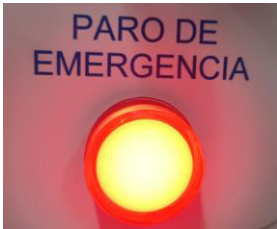

| Etapa | Actuador/Sensor | Sistema Físico | HMI | Activación |
|------------|-----------------------|---|---|--|
| | Sensor B |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |
| | Sensor A |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |
| Paletizado | Pistón brazo robótico |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |
| | Ventosa |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |

Nota. En la tabla 6, se puede visualizar a cada sensor y actuador activado correctamente y sincronizado con el HMI.

En la tabla 7, se presenta la comparación de activación del panel frontal con el HMI de los leds, los cuales muestran la activación de distintas funciones dentro del proceso y permite alertar o indicar si se activó alguna banda, etapa, o el inicio del proceso.

Tabla 7*Activación de indicadores físicos y simulados en el HMI*

| Led indicador | Función | Panel frontal | HMI | Activación |
|-----------------------|--|---|---|--|
| Led de inicio | Indica que el proceso se encuentra en funcionamiento |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |
| Led manual automático | Indica cuando el proceso entra en modo automático. |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |
| Led transportador | Indica cuando la banda está habilitada |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |
| Led brazo cartesiano | Indica cuando el brazo cartesiano se desplaza a la izquierda o derecha |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |

| Led indicador | Función | Panel frontal | HMI | Activación |
|------------------------|--|---|---|--|
| Led etapa 1 | Indica cuando la etapa 1 se encuentra en funcionamiento |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |
| Led etapa 2 | Indica cuando la etapa 2 se encuentra en funcionamiento |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |
| Led paro | Indica cuando el proceso se ha detenido o se ha habilitado el paro de emergencia |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |
| Led paro de emergencia | Indica cuando se ha activado el paro de emergencia. |  |  | ON <input checked="" type="checkbox"/> OFF <input type="checkbox"/> |

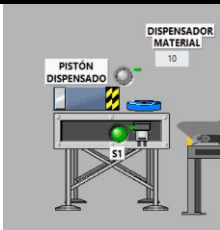
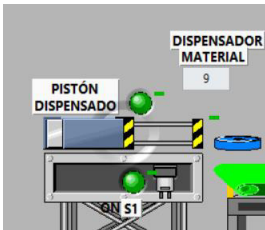
Nota. En la tabla 7, se visualiza que los indicadores físicos y simulados están sincronizados.



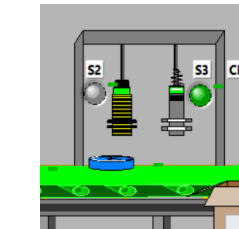

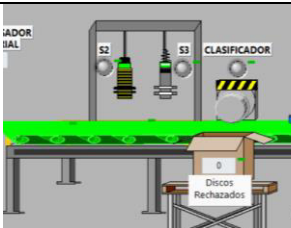
Simulación de una estación de procesos batch

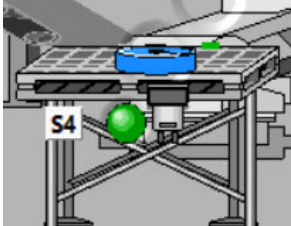
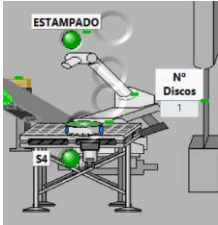
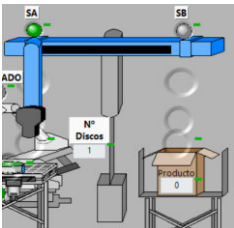
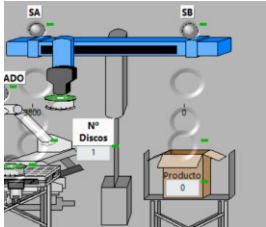
En la tabla 8, se visualiza la secuencia de activación de los equipos según la etapa o subetapa, así como también los discos en el dispensador, discos de metal y MDF, para la demostración se elige la opción imprimir MDF.

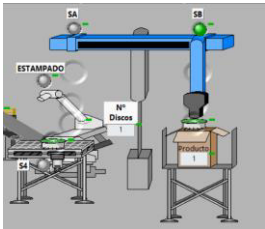
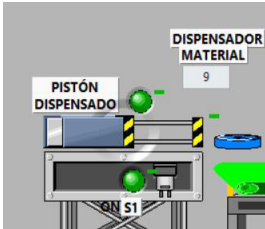
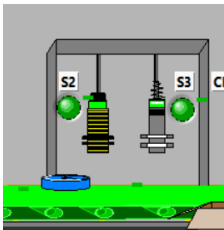
Tabla 8


Simulación de un proceso batch para estampado de MDF

| Figura | Subetapa | Objeto | Funcionamiento | Observaciones |
|---|------------|-----------------------------|----------------|---|
|  | Dispensado | Sensor presencia dispensado | Correcto | Se tiene 10 discos en el dispensador |
| | | Sensor presencia dispensado | Correcto | - |
|  | Dispensado | Pistón dispensado | Correcto | Con la activación se tiene 9 discos en el dispensador |

| Figura | Subetapa | Objeto | Funcionamiento | Observaciones |
|---|------------|----------------------|----------------|---------------|
|  | Transporte | Banda transportadora | Correcto | - |
|  | Transporte | Banda transportadora | Correcto | - |
|  | Transporte | Banda transportadora | Correcto | - |
|  | Transporte | Banda transportadora | Correcto | - |
|  | Transporte | Banda transportadora | Correcto | - |

| Figura | Subetapa | Objeto | Funcionamiento | Observaciones |
|---|------------|--------------------------------|----------------|--|
|  | Estampado | Sensor presencia en estampador | Correcto | - |
| | | Sensor presencia en estampado | Correcto | - |
|  | Estampado | Pistón estampado | Correcto | Con su activación se tienen 1 disco estampado en el display. |
|  | Paletizado | Pistón brazo robótico | Correcto | - |
| | | Final de carrera SA | Correcto | - |
|  | Paletizado | Motor brazo robótico | Correcto | - |
| | | Ventosa | Correcto | - |

| Figura | Subetapa | Objeto | Funcionamiento | Observaciones |
|---|------------|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|
|  | Paletizado | Pistón brazo robótico | Correcto | - |
| | | Ventosa | Correcto | - |
| | | Final de carrera B | Correcto | - |
|  | Dispensado | Sensor presencia material dispensado | Correcto | - |
| | | Pistón dispensado | Correcto | Se tiene 8 discos en el dispensador. |
|  | Transporte | Banda transportadora | Correcto | - |
| | | Sensor capacitivo | Correcto | - |
| | | Sensor inductivo | Correcto | - |

| Figura | Subetapa | Objeto | Funcionamiento | Observaciones |
|---|-------------|----------------------|----------------|------------------|
|  | Clasificado | Banda transportadora | Correcto | Se tiene 1 disco |
| | | Pistón clasificado | Correcto | rechazado. |

Evaluación de la ventana de históricos

En la figura 66, se visualiza los discos de producción del proceso actual para estampado de MDF, el material rechazado en este caso los discos de metal con un total de 5 discos de Metal y 12 discos de MDF estampados, el total de producto dispensado 17 discos.

Figura 66

Ventana de históricos para un proceso batch de estampado de MDF




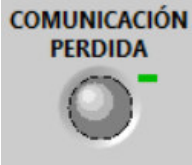


Activación de alarmas

En la tabla 9, se muestra las alarmas de emergencia que se tienen en el HMI, se menciona la descripción de su función y su activación emergente. En la figura 67, se visualiza la ventana de alarmas con su tabla e indicadores, además se indica el tipo de alarma, el estado la fecha y hora de activación.

Tabla 9

Funcionamiento de la activación de las alarmas emergentes

| Alarma | Función | HMI | Activación |
|----------------------|---|--|------------|
| Falta de material | Indica la falta de material en el dispensador |  | ON |
| | |  | OFF |
| Comunicación perdida | Indica la desconexión de la comunicación Ethernet |  | ON |
| | |  | OFF |

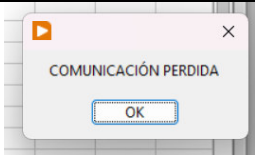

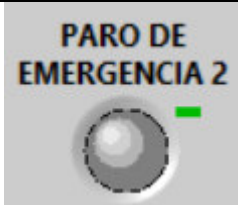
| Alarma | Función | HMI | Activación |
|--------------------|---|--|------------|
| Paro de emergencia | Indica la activación del paro de emergencia |  | ON |
| | |  | |
| | |  | OFF |

Figura 67

Tabla de activación de alarmas en el panel frontal

| ALARMA | ESTADO | FECHA | HORA | | | | | | |
|---------------------|----------|------------|-------|--|--|--|--|--|--|
| BOTÓN DE EMERGENCIA | INACTIVA | 29/02/2024 | 19:40 | | | | | | |
| BOTÓN DE EMERGENCIA | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:39 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:37 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:37 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:35 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:35 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:35 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:34 | | | | | | |
| BOTÓN DE EMERGENCIA | INACTIVA | 29/02/2024 | 19:33 | | | | | | |
| BOTÓN DE EMERGENCIA | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:33 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:29 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:28 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:24 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:24 | | | | | | |
| BOTÓN DE EMERGENCIA | INACTIVA | 29/02/2024 | 19:22 | | | | | | |
| BOTÓN DE EMERGENCIA | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:22 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:20 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:20 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:20 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:20 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:19 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:19 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:19 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | ACTIVA | 29/02/2024 | 19:19 | | | | | | |
| FALTA DE MATERIAL | INACTIVO | 29/02/2024 | 19:19 | | | | | | |

Validación de la hipótesis

En la tabla 10, se presenta una tabla comparativa de los tiempos de respuestas de la etapa 1 y 2, clasificado, brazo robótico y el ciclo completo de los discos de metal y MDF.

Se realizaron 10 pruebas en 3 días con un total de 30 pruebas, donde se obtuvo una media de las pruebas realizadas. De esta manera se pudo visualizar que los discos de MDF se desplazan con un menor tiempo de 22.44 segundos en un ciclo completo y con 2.64 segundos en el clasificado, debido a que tiene un peso menor a los discos de metal por lo tanto el disco sale eyectado a una mayor distancia.

Tabla 10

Comparativa de tiempos de ciclos

| | MDF (segundos) | METAL (segundos) |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Etapa 1 | 4.55 | 4.90 |
| Etapa 2 | 17.39 | 17.39 |
| Clasificado | 2.64 | 3.212 |
| Brazo Robótico | 4.26 | 4.26 |
| Ciclo completo | 22.44 | 22.58 |

De acuerdo a los resultados presentados, se observa que existe el funcionamiento correcto en modo automático del proceso batch, por lo mencionado se valida la hipótesis planteada.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La implementación de la automatización del proceso batch a través del uso de Grafcet ha demostrado ser una solución altamente eficiente y efectiva para optimizar la producción en entornos industriales. A lo largo de esta investigación, hemos explorado en profundidad los principios fundamentales de Grafcet y su aplicación práctica en la automatización del proceso batch.
- El proceso fue dividido en dos etapas y en cuatro subetapas, con la finalidad de tener una visión general del proceso y realizar el diseño en Grafcet. En la primera subetapa se encuentra el dispensado de los discos colocados por el operados. En la segunda subetapa se tiene el clasificado de material es decir rechaza MDF o metal dependiendo del selector. En la tercera subetapa se realiza el estampado de los discos. Finalmente, en la cuarta subetapa se ejecuta el paletizado de los discos, que se colocan en una caja. Esto permite tener una visión general del proceso para poder realizar el diseño en Grafcet según las especificaciones del sistema.
- Para la automatización del proceso se utilizó sensores de tipo, fotoeléctrico, capacitivo, inductivo, y finales de carrera. Para los actuadores se utilizó electroválvulas, que a su vez accionan los pistones neumáticos, de cada una de las etapas, además, de motores nema 17, para movimiento de la banda y el desplazamiento del brazo robótico.
- Los pistones trabajan a una presión de 30 psi que es seteado en la unidad de mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento del proceso, además las electroválvulas son activadas con un voltaje de 12VDC. Los motores nema son

- controlados por medio del driver TB6560 el cual se encuentra seteado a una corriente de trabajo de 1.2A.
- Para la supervisión del sistema batch se utilizó el software LabVIEW desde el cual se presenta cada una de las animaciones, alarmas, tablas de datos e indicadores necesarios para que el operador pueda realizar su trabajo. La comunicación se lo realiza mediante TCP/IP Ethernet, donde se crea una red de comunicación y se asigna a cada equipo una dirección IP.
 - La transmisión de datos se lo realiza con el software NI OPC Server, el cual estandariza todas las variables del PLC mediante tags, y desde LabVIEW se asigna cada uno de los tags creados a los objetos industriales del HMI, logrando realizar animaciones, operaciones matemáticas y alarmas.
 - Para el diseño de la interfaz se toma en consideración la norma ISA S101 la cual considera que el HMI debe ser intuitivo para que el operador pueda tomar decisiones y entienda la información presentada en pantalla. El operador desde el HMI supervisará el sistema durante varias horas por lo tanto se debe considerar condiciones visuales, de iluminación, ambiental, color, información presentada, rangos de funcionamiento críticos, comandos de entrada y fácil navegación por la interfaz, entre otros.
 - La elaboración de diagramas eléctricos de conexión para equipos de automatización, es esencial para garantizar la eficiencia y la seguridad en los sistemas eléctricos. Este proceso permite una comprensión clara de cómo se conectan los componentes, facilitando la identificación de posibles problemas y simplificando el mantenimiento y la resolución de fallos. Además, la creación de estos diagramas promueve la estandarización y la coherencia en el diseño, lo que conduce a una mayor fiabilidad y un funcionamiento más fluido de los sistemas de automatización

Recomendaciones

- Es necesario que la banda y el brazo robótico sean lubricados con aceite de 3 tiempos antes de poner en marcha el proceso, debido a que produce fricción y genera desgaste en la banda y correa respectivamente.
- Se debe activar el PUT/GET para poder realizar la comunicación con el OPC Server y de esta manera obtener los datos necesarios para el HMI.
- Revisar las direcciones IP de los dispositivos que se encuentre conectados al switch para evitar conflictos de comunicaciones.
- Se debe observar que el tipo de dato asignado en el OPC sea el mismo que se encuentra en el PLC.

Bibliografía

- Acura, G. (16 de 04 de 2021). *GRUPO ACURA*. Obtenido de GRUPO ACURA:
<https://grupoacura.com/es/blog/tanques-de-almacenamiento/>
- Aimacaña- Cueva, L. G.-A.-P. (November 23–25, 2022). Advanced Control Algorithms for a Horizontal Three-Phase Separator in a Hardware in the Loop Simulation Environment. In *Applied Technologies: 4th International Conference, ICAT 2022. En Revised Selected Papers, Part II. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023* (págs. p. 399-414.). Quito, Ecuador,.
- Amaya Tejero, J. J. (2016). *Organización de la producción industrial: Un enfoque de gestión operativa en fábrica*. Madrid: ESIC Editorial.
- American National Standard. (2015). *Human machine interfaces for process automation systems: American national standard: ANSI/ISA-101.01-2015*. North Carolina, North Carolina: ISA.
- Ardila Acuña, V. A. (2013). *Automatización, supervisión y control de la línea de producción para la Planta de Bucaramanga*.
- Baeza, G. (Dirección). (2021). *Clase completa de Selección y cálculo de bombas hidráulicas domiciliarias. NPSH Disponible cálculo*. [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/?v=Rz41st01JBQ>
- Balaguera Gómez, A. J. (2021). *Estudio del proceso de automatización de las estaciones de trabajo de una línea de producción industrial*. Cataluña.
- BANNER. (20 de Diciembre de 2023). *Productos y Tecnologías Innovadoras*. Obtenido de <https://www.bannerengineering.com/mx/es.html>
- Bobin Thomas and Lina Rose . (2014). Intelligent Controllers for Conical Tank Process. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 4.

- Cárdenas Quintana, A. I., & Jiménez León, I. P. (2018). *Diseño e implementación de un sistema didáctico para el desarrollo de prácticas sobre control avanzado de procesos industriales*. Latacunga: Repositorio ESPE.
- Carvalho, J., & Castro, R. ((s/f)). Power Conditioning Performance Analysis for a Fuel Cell Power Plant. *Aedie.org*. Recuperado el 12 de noviembre de 2022, de <http://www.aedie.org/9CHLIE-paper-send/319-CARVALHEIRO.pdf>
- CHANGO, C. G., & LEMA, S. M. (2007). "Diseño e implementación de un sistema DAQ y HMI de un Analizador de Calidad de Energía para la Empresa Eléctrica Bolívar EMELBO S.A. LATACUNGA-ECUADOR: PROYECTO DE GRADO. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4199/1/T-ESPEL-0161.pdf>
- Constaín, A. J. (2012). *Metodología básica de instrumentación industrial y electrónica*. Bogotá: Universidad de La Salle.
- Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Buenos Aires: elibro.net.
- Dhanoj Mohan, Dr. Rathika Rani Rani, Dr. G.Glan Devadhas Devadhas, Dr. K.Gopakumarumar, Sudharsana Vijayan Vijayan, Shalet K S S. (2019). Development of an Adaptive PID Controller for a Nonlinear Process. *International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 14, 7*.
- Dr.G.Saravanakumar, Dinesh.S, Preteep.S, Sridhar.P and Suresh.M. (2017). Controller Tuning Method for Non-Linear Conical Tank System. *Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST)*, 5.
- Edminister, J. (1988). *Circuitos Eléctricos* (Segunda ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- G.Sreenivasulu, N. y. (2016). Comparison of PI Controller Performances for aConical Tank Process using different tuning methods. *IEEE*, 4. doi:10.1109/ICAEE.2014.6838426
- Garzon Gonzales, E. Y. (2020). *Plataforma de aprendizaje para control* Bogotá.

- George, M. A. (2020). An Optimized Fractional-Order PID (FOPID) Controller for a Non-Linear Conical Tank Level Process. In 2020 IEEE Applied Signal Processing Conference (ASPCON). En IEEE.
- Ina Rose, B. T. (s.f.). Intelligent Controllers for Conical Tank Process. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol, 3.
- Izaguirre Castellanos, E. (2012). *Sistemas de automatización*. Santa Clara: Feijóo.
- K Ashutha, Eadala Sarath Yadav, Thirunavukkarasu Indiran, Shreesha.C. (2017). Implementation of Fuzzy Control for a Nonlinear System - Conical Level Process. *9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Phuket, Thailand*, 4. Obtenido de 10.1109/ICITEED.2017.8250455
- Martin Klaučo, Ľuboš Čirka, Juraj Kukla. (2005). Non-linear model predictive control of conically shaped liquid storage tanks. *sciendo*, 6.
- Mercy, D. &. (2017). An algorithmic approach based pso-pid tuning of a real time conical tank process used in waste water treatment. In 2017 International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC). En IEEE.
- National Instruments. (22 de Enero de 2024). *LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module*. Obtenido de ni: <https://www.ni.com/es/support/downloads/software-products/download.labview-datalogging-and-supervisory-control-module.html#521676>
- National Instruments Corporation. (2023). *GUIA DE USO Y ESPECIFICACIONES USB-6008/6009*. NATIONAL INSTRUMENT. Obtenido de file:///C:/Users/Acer.LAPTOP-E63M5IK4/Downloads/scribd.vdownloaders.com_manual-usb-6008.pdf
- Omran, H. M.-h. (2018). An Intelligent Controller of Nonlinear Conical Tank Water Level System. The Academic Research Community publication.
- Rechner Sensors. (15 de Diciembre de 2023). *Rechner Sensors*. Obtenido de <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-inductivo>

Rockwell Automation. (2003). *he ISA S88 Standard A Roadmap for automation a Powerful Management tool.*

Romero, O. (2017). Control Predictivo de Estados Finitos Basado en Modelos aplicado en un Inversor Cuasi-Fuente Impedancia. Monterrey, Nuevo León: Tecnológico de Monterrey.

Saravanakumar, G. D. (2017). "Controller tuning method for non-linear conical tank system". En *Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST)* (págs. pp. 224-228).

SIEMENS. (2016). *S7-Motion Control V6.0 en el TIA portal V14.* Alemania: Siemens AG.

SIEMENS. (17 de abril de 2020). © *Copyright Siemens.* Obtenido de 6EP3332-6SB00-0AY0
SIEMENS LOGO!POWER 24 V:

<https://www.electricalautomationnetwork.com/es/siemens/6ep3332-6sb00-0ay0-6ep33326sb000ay0-siemens-logopower-24-v-25-a-fuente-de-alimentacion-estabilizada-entrada->

Siemens 2021. (2021). *SIEMENS.* Obtenido de Catálogo FI01 2021:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/224/109781224/att_1056682/v1/sitransl_lr140_fi01_es.pdf

Simón, C. C. (2010). *SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL REMOTO UTILIZANDO LA HERRAMIENTA GRÁFICA LABVIEW PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.* AMBATO-ECUADOR: FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL.

Sitanshu SATPATHY, Prabhu RAMANATHAN. (2015). Real Time Control of Non-Linear Conical Tank. *IFSA Publishing, S. L., 6.*

SITRANS L. (2020). *Siemens. com.* Obtenido de Transmisores de radar SITRANS LR140:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/369/109781369/att_1031870/v1/A5E50352144-AAes_LR140_OI.pdf

- Thara Nk, S. M. (2018). Control Schemes For a Nonlinear Conical tank System. *International Conference on Control, Power, Communication and Computing Technologies (ICCPCT)*, 4. doi:10.1109/ICCPCT.2018.8574267
- Ustundag, A., & Evikcan, E. (2018). *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Cham: Springer.
- Vallejo, D. V. (2019). *PLC Los Controladores Lógicos Programables*. Buenos Aires: Saber Electrónica.
- Warier, S. R. (2012). Design of Controllers based on MPC for a Conical Tank System. In IEEE-International Conference On Advances In Engineering, Science And Management (ICAESM-2012). En IEEE.
- Zenner Tecnologías. (2022). *Catálogo de Productos Tecnologías Educativas*. Santiago.

ANEXOS