

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño e implementación de un prototipo de estación didáctica clasificadora de cajas enfocada en la enseñanza de la automatización de procesos industriales.

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniería en Electrónica y Automatización Industrial

Presentado por:

Jackson Alexander Baque Espinoza

Daniel Elian Sánchez Enríquez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto se lo dedico a mi familia, a mi madre aquella persona que siempre ha estado apoyándome y velando por darme la mejor educación. Y a mi padre y hermanos por brindarme su apoyo y ayuda siempre que la necesito.

Jackson Baque Espinoza

El proyecto se lo de dedico a mi familia, en especial a mi mama que con mucho esfuerzo ella me saco adelanto, a mis abuelitos que todos los días me daban fuerza para seguir adelante, y me han ayudado en muchas cosas en estos 5 años de carrera universitaria.

Daniel Sánchez Enríquez

Agradecimientos

Agradezco a mi mama Sandra Enríquez y mis abuelitos que día a día me han apoyado en este camino, a mis compañeros de clase, amigos, profesores que siempre me han brindado la ayuda en este largo camino y colegas del trabajo del cual he aprendido de ellos y me brindaron su apoyo en este proyecto.

Daniel Sánchez Enríquez

Mi más sincero agradecimiento a mis padres Isidro Baque y Nancy Espinoza por siempre apoyarme incondicionalmente en las decisiones que he tomado, también agradezco a Mina, Sali y Shely por alegrar mis días y estar a mi lado en los días difíciles.

Jackson Baque Espinoza

Declaración Expresa

Nosotros Jackson Alexander Baque Espinoza y Daniel Elian Sánchez Enríquez acordamos y reconocemos que la titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, información no divulgada y cualquier otro derecho o tipo de Propiedad Intelectual que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, incluyendo cualquier derecho de participación de beneficios o de valor sobre titularidad de derechos, pertenecerán de forma total, perpetua, exclusiva e indivisible a LA ESPOL, sin limitación de ningún tipo. Se deja además expresa constancia de que lo aquí establecido constituye un “previo acuerdo”, así como de ser posible bajo la normativa vigente de transferencia o cesión a favor de la ESPOL de todo derecho o porcentaje de titularidad que pueda existir.

Sin perjuicio de lo anterior los alumnos firmantes de la presente declaración reciben en este acto una licencia de uso gratuita e intransferible de plazo indefinido para el uso no comercial de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, sin perjuicio de lo cual deberán contar con una autorización previa expresa de la ESPOL para difundir públicamente el contenido de la investigación, desarrollo tecnológico o invención.

Así también autorizamos expresamente a que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra o invento, por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.

Guayaquil, 27 de octubre del 2023.



Jackson Alexander
Baque Espinoza



Daniel Elian Sánchez
Enríquez

Evaluadores

MSc. Dennys Dick Cortez Álvarez

Profesor de Materia

PhD. Ricardo Alfredo Cajo Díaz

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo y la implementación de un proceso industrial a través de un prototipo de estación didáctica clasificadora de cajas para el fortalecimiento del estudio y la enseñanza de la automatización a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización. El objetivo del desarrollo de la estación didáctica es para ser utilizada como una herramienta por parte de los profesores para fortalecer habilidades técnicas de sus alumnos en distintos campos, y a su vez, los estudiantes tengan esa vinculación con estaciones automatizadas reales. Por medio de esta herramienta, los profesores del Laboratorio de Automatización Industrial podrán diseñar nuevas prácticas basadas en la estación didáctica que permitan fortalecer habilidades de los estudiantes en los campos de programación de PLC, diseño de tableros eléctricos, cableado eléctrico, etc.

Como resultado se obtuvo una estación didáctica que representa un proceso industrial y que cuenta con sensores industriales, actuadores lineales y equipos disponibles por parte del laboratorio de Automatización industrial, además tiene un tablero de control industrial, el cual permite el funcionamiento de toda la estación didáctica. De este modo, el proyecto acerca a los estudiantes a una mayor interacción y familiarización con entornos industriales.

Palabras Clave: Automatización Industrial, Estación Didáctica, Proceso Industrial, Tablero de control.

Abstract

The purpose of this project is the development and implementation of an industrial process through a prototype of a didactic box sorting station to strengthen the study and teaching of automation to students of the Electronics and Automation Engineering degree. The objective of the development of the teaching station is to be used as a tool by teachers to strengthen technical skills of their students in different fields, and in turn, the students have that connection with real automated stations. Through this tool, the teachers of the Industrial Automation Laboratory will be able to design new practices based on the teaching station that will strengthen students' skills in the fields of PLC programming, design of electrical panels, electrical wiring, etc.

As a result, a teaching station was obtained that represents an industrial process and has industrial sensors, linear actuators and equipment available from the Industrial Automation laboratory. It also has an industrial control board, which allows the entire teaching station to operate. In this way, the project brings students closer to greater interaction and familiarization with industrial environments.

Keywords: Industrial Automation, Didactic Station, Industrial Process, Control Board.

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	V
Simbología.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	X
Capítulo 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Marco Teórico.....	4
1.4.1 Prototipos didácticos de procesos industriales.....	4
1.4.2 Automatización industrial.....	7
1.4.3 Tablero eléctrico.....	15
1.4.4 Selección por color.....	16
1.4.5 Ventajas del prototipo en la enseñanza	17
Capítulo 2	19
2. Metodología.....	19

2.1 Diseño preliminar	19
2.1.1 Análisis de alternativas	20
2.1.2 Elección de alternativa de diseño	23
2.2 Diseño del producto	24
2.2.1 Selección de recursos	24
2.2.2 Dimensionamiento	28
2.3 Diseño de Tablero Eléctrico	30
2.3.1 Planos del armario	30
2.3.2 Planos de entradas y salidas	33
2.3.3 Control de motores DC	34
2.4 Arquitectura de control	36
2.4.1 Red de equipos	36
2.4.2 Lógica del proceso	36
2.4.3 Pantalla HMI	38
Capítulo 3	39
3. Resultados y análisis	39
3.1 Análisis de costos	39
3.2 Análisis de encuestas	41
3.3 Resultados	49
Capítulo 4	52
4. Conclusiones y recomendaciones	52
4.1 Conclusiones	52
4.2 Recomendaciones	53
Bibliografía	54
Anexos	56

Abreviaturas

PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfaz Humano-Máquina
CCW	Connected Component Workbench
E/S	Entradas y salidas
DC	Corriente directa
AC	Corriente alterna
NO	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIEC	Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
EPN	Escuela Politécnica Nacional
ESPE	Escuela Superior Politécnica del Ejército
UTN	Unidad Técnica del Norte
DI	Entrada Digital
DO	Salida Digital

Simbología

S	Sensor
M	Motor
A	Bobina de activación
+	+24Vdc de la fuente
-	Común de la fuente
I	Entrada
O	Salida

Índice de figuras

Figura 1. Niveles del proceso de automatización industrial.....	8
Figura 2. Micro 850	8
Figura 3. PanelView 800	9
Figura 4. Sensor de proximidad.....	10
Figura 5. Partes de una banda transportadora.....	11
Figura 6. Sensor de color y contraste	12
Figura 7. Actuadores lineales.....	12
Figura 8. Connected Component Workbench.....	13
Figura 9. Aplicaciones de FactoryTalk View Studio.....	14
Figura 10. Diseño del proceso	19
Figura 11. Elementos del tablero	30
Figura 12. Vistas del tablero	32
Figura 13. Conexiones del PLC.....	33
Figura 14. Conexión de los relevadores.....	35
Figura 15. Arquitectura de control.....	36
Figura 16. Diagrama de flujo del proceso	37
Figura 17. Diagrama pregunta 1	41
Figura 18. Diagrama pregunta 2	42
Figura 19. Diagrama pregunta 3	43
Figura 20. Diagrama pregunta 4	45
Figura 21. Diagrama pregunta 5	46
Figura 22. Circuito pregunta 6.....	47
Figura 23. Diagrama pregunta 6	47
Figura 24. Elemento del tablero.....	48
Figura 25. Diagrama pregunta 7	49
Figura 26. Diseño de la estación didáctica	51
Figura 27. Pregunta 1 y 2 de la encuesta.....	61
Figura 28. Pregunta 3 y 4 de la encuesta.....	62
Figura 29. Pregunta 5 y 6 de la encuesta.....	63
Figura 30. Pregunta 7 de la encuesta.....	64

Figura 31. Pregunta 8 de la encuesta.....	65
Figura 32. Programación proceso de clasificación	67
Figura 33. Programación de conteo correcto.....	68
Figura 34. Vista Lateral y frontal de estructura metálica	69
Figura 35. Vistas del proceso industrial automatizado.....	70
Figura 36. Recomendaciones de instalación Fuente 24VDC	71
Figura 37. Recomendaciones de instalación Stratix 2000.....	71
Figura 38. Recomendaciones de instalación PLC Micro 850	72
Figura 39. Recomendaciones de instalación Panel View 800	72
Figura 40. Estación didáctica.....	73
Figura 41. Banda transportadora y sensores de campo	73
Figura 42. Diseño y control del proceso por medio de HMI.....	74
Figura 43. Vista interior del tablero eléctrico	74
Figura 44. Alimentación principal	75
Figura 45. Alimentación de equipos a 24 Voltios	75
Figura 46. Alimentación de actuador lineal y banda transportadora.....	76

Índice de tablas

Tabla 1. Prototipos didácticos.....	4
Tabla 2. Prototipos didácticos por parte de universidades	6
Tabla 3. Equipos entregados por el laboratorio de Automatización Industrial.....	20
Tabla 4. Tipos de bandas transportadoras de alimentos	21
Tabla 5. Tipos de sensores	22
Tabla 6. Cuadro comparativo del tipo de sensores	22
Tabla 7. Cuadro comparativo el tipo de actuadores	23
Tabla 8. Equipos internos de tablero eléctrico.....	31
Tabla 9. Equipos externos de tablero eléctrico	32
Tabla 10. Resumen de costos.....	39
Tabla 11. Comparación de precios de estaciones universitarias	40
Tabla 12. Tabulación pregunta 1	41
Tabla 13. Tabulación pregunta 2.....	42
Tabla 14. Tabulación pregunta 4.....	44
Tabla 15. Tabulación pregunta 5.....	45
Tabla 16. Costo de materiales del tablero eléctrico	56
Tabla 17. Costo de materiales en la estructura metálica y proceso industrial	58
Tabla 18. Costo de materiales en herrajes y transporte de productos	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Costos de la estación didáctica clasificadora de cajas por color	56
Anexo 2. Encuesta de Proyecto Integrador	61
Anexo 3. Programación del prototipo de estación didáctica clasificadora de cajas enfocada en la enseñanza de la automatización de procesos industriales	66
Anexo 4. Diseño de Estructura del Tablero de Control.....	69
Anexo 5. Diseño de Estructura del Proceso en Miniatura.....	70
Anexo 6. Manual de instalación de equipos Rockwell Automation	71
Anexo 7. Imágenes de la estación didáctica clasificadora de cajas por color finalizada	73
Anexo 8. Diagramas multifilares de la estación didáctica clasificadora de cajas enfocada en la enseñanza de la automatización de procesos industriales	75

Capítulo 1

1. Introducción

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización Industrial de últimos niveles de la carrera deben tener la capacidad de identificar los elementos involucrados en los procesos de automatización, puesto que típicamente los conocimientos adquiridos quedan en su mayoría en forma teórica, una buena parte de esta teoría no puede ser comprobada de forma experimental en un laboratorio, por lo que es necesario que el estudiante se involucre con un sistema físico para apoyar sus conocimientos en un entorno más cercano a la realidad con equipos que se pueden encontrar en la industria.

Con la finalidad de reforzar la enseñanza de la automatización industrial dentro del laboratorio se ha propuesto el diseño y puesta en marcha de un prototipo de estación didáctica enfocada en el proceso de selección de cajas con el propósito de incorporar la metodología del “aprender haciendo” el cual consiste en la adquisición del conocimiento adquirido en el aula mediante la practica brindando de esta forma refuerzo al conocimiento teórico y práctico. De esta forma los estudiantes pueden observar físicamente un proceso y utilizarlo a la vez que los profesores del laboratorio disponen de una herramienta más que pueden utilizar en las prácticas y los proyectos de laboratorio, el prototipo de estación didáctica al contar con sensores industriales, los estudiantes pueden familiarizarse con la utilización de estos sensores, así como sus características y sobre su conexión y su uso con el controlador lógico programable. Para concretar la familiarización de los estudiantes con el entorno industrial el tablero de control del prototipo de

estación didáctica está diseñado para ser lo más cercano a un tablero industrial para que se pueda observar de primera mano el tipo de tablero que se encontrarán en su vida profesional.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, el Laboratorio de Automatización Industrial cuenta con tableros didácticos donde los estudiantes realizan prácticas de programación de controladores lógicos programables (PLC) y redes de comunicación, no obstante, muchas de aquellas asignaciones quedan en simulaciones, mas no se puede ver aplicada la programación realizada en estaciones didácticas reales para verificar su funcionamiento. Por otra parte, la programación de equipos reales conlleva muchas más consideraciones que mediante software de simulación, pues hay que considerar información que se encuentra en las hojas de datos de cada componente y que en las simulaciones muchas veces no son consideradas. De igual manera, los estudiantes desconocen la conexión de equipos de campo con los tableros de control, ya que, allí se encuentran todas las protecciones de los equipos y que son tan comunes dentro las industrias.

1.2 Justificación del problema

Dentro de las industrias, la automatización de procesos de producción cumple un rol esencial, por tal motivo, surge la necesidad de profesionales con experiencia en equipos de campo. Debido a esto se busca reforzar los conocimientos y destrezas de los estudiantes aplicados a la industria por medio del prototipo de estación didáctica de un proceso industrial en miniatura.

En primer lugar, los estudiantes podrán ver a detalle el diseño, funcionamiento y apariencia de un proceso industrial a pequeña escala junto con su respectivo tablero industrial, que contiene las respectivas protecciones eléctricas de los equipos industriales de la estación didáctica. Por medio de este prototipo, los estudiantes podrán aplicar sus conocimientos de programación de

PLC, diseño de HMI, diseño de tableros eléctricos, conexiones eléctricas, entre otras áreas del conocimiento adquiridas en el transcurso de la carrera.

Por otra parte, este prototipo también es un complemento para los profesores responsables del Laboratorio de Electrónica y Automatización para diseñar nuevas prácticas en el laboratorio, logrando así tener una nueva herramienta para el aprendizaje de los estudiantes que les permita adquirir experiencia con equipos de instrumentación industrial.

Por último, es posible usar este prototipo en ferias de inducción a estudiantes como estrategia promocional de la carrera, y de esta forma los estudiantes observen lo que podrán ser capaces de realizar por medio de los conocimientos y experiencia adquirida en la carrera.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un proceso industrial a través de un prototipo de estación didáctica selectora de cajas por medio de la programación de un PLC para el fortalecimiento de la enseñanza en el laboratorio de Automatización Industrial de la ESPOL.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Implementar un prototipo físico del proceso de transporte y selección de cajas por color para que los estudiantes observen un proceso automatizado.
2. Diseñar un tablero de control a través de AutoCAD para visualizar la distribución de los equipos industriales.
3. Crear el tablero de control del proceso para proteger a los equipos de campo del prototipo de estación didáctica basado en normas de seguridad en instalaciones eléctricas.

4. Configurar los equipos de control e instrumentación PLC y HMI para el proceso industrial acorde a su dinámica y operación.

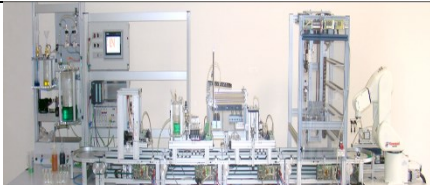
1.4 Marco Teórico

1.4.1 Prototipos didácticos de procesos industriales

Un prototipo didáctico es un equipo elaborado con especificaciones reales enfocada en la enseñanza y utilizado para fortalecer habilidades y técnicas de diferente índole. De acuerdo con [1] “los materiales de aspecto didáctico tienen como finalidad fomentar el proceso de aprendizaje de los estudiantes y la adquisición de nuevos conocimientos.” La práctica con prototipos reales aporta muchas ventajas a la formación académica del estudiante. En base a la investigación realizada por [2] aporta las siguientes ventajas:

- ✓ Reducción de riesgos en conexiones erróneas.
- ✓ Prácticas en tiempos más cortos.
- ✓ Simulación de fallas que pueden presentarse en situaciones reales.
- ✓ Implementación de nuevas prácticas.
- ✓ Da facilidad al instructor al momento de evaluar.
- ✓ Incentiva la cooperación entre compañeros.

Tabla 1. Prototipos didácticos

Prototipo	Empresa	Especificaciones
	Lucas Nülle	Sistema de producción de six-pack de botellas (IPA 26)



Zamtsu

Estación de pick&place,
estación de clasificación por
color o forma



Festo

Estación de embotellado y
llenado de líquidos



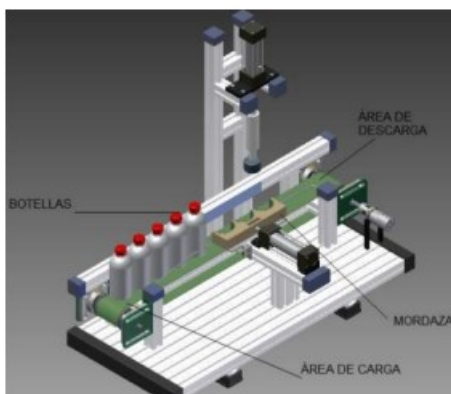
GUNT Hamburg

Planta de clasificación

Los modelos de la Tabla 1 son prototipos didácticos de alto costo, diseñado por empresas multinacionales involucradas en el mundo de la tecnología. Debido a su elevado costo de adquisición, algunas instituciones educativas diseñan sus propios módulos, tableros eléctricos y prototipos industriales con la finalidad de implementarlos en los laboratorios de la institución y ser una herramienta colaborativa para la enseñanza a los estudiantes. En el Ecuador, las universidades que han optado por esta alternativa se muestran en la Tabla 2

Tabla 2. Prototipos didácticos por parte de universidades

Prototipo	Institución	Especificaciones
	ESPE	Estación didáctica para suministro y transporte de materia granulada
	ESPOCH	Control de Caudal
	UTN	Monitoreo y control automático de presión y temperatura de agua
	ESPOCH	Sistema de carga-descarga



EPN

Cerradora de tapas

1.4.2 Automatización industrial

La automatización es un proceso que consiste en utilizar la tecnología para realizar tareas con intervención humana reducida. Un proceso automatizado puede ser implementado en cualquier sector en el que se lleven a cabo tareas repetitivas. Al automatizar un proceso se obtienen beneficios entre los de mayor importancia se encuentra la disminución de gastos y aumento de producción, ya que permite realizar procesos repetitivos manteniendo los tiempos de fabricación.

En los sistemas automatizados se pueden distinguir en tres niveles principales como se observa en el Figura 1, el nivel supervisor, el nivel de control y el nivel de campo. En el nivel supervisor encontramos a todos los dispositivos que permiten el monitoreo de el o los procesos mediante una interfaz gráfica. El nivel de control es donde se ejecutan los programas vinculados con la automatización, para lograr esto, generalmente se utilizan controladores lógicos programables o PLC, que proporcionan la capacidad de cómputo necesario. El nivel de campo está compuesto por los equipos terminales como sensores y actuadores, los sensores como dispositivos para captar magnitudes físicas y actuadores que son los mecanismos que dan lugar a movimientos o soporte dentro del proceso, estos elementos están conectados a un PLC a través de un bus de

campo y la comunicación entre un dispositivo de nivel de campo y su correspondiente PLC es por medio de una conexión punto a punto.



Figura 1. Niveles del proceso de automatización industrial [3]

1.4.3 Equipos utilizados en la automatización de procesos

Micro850.

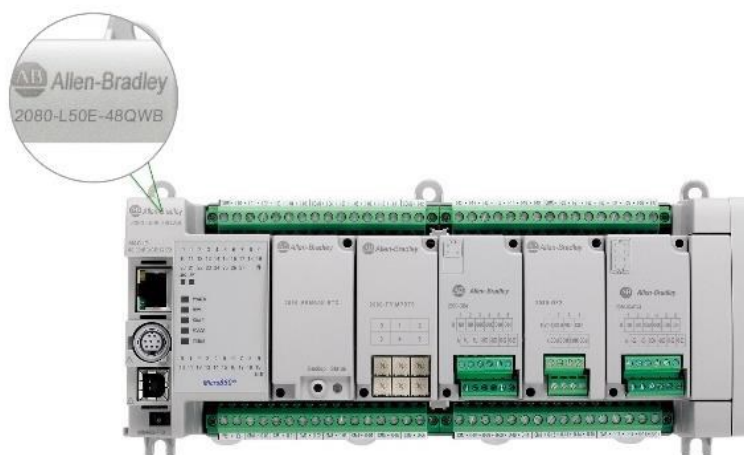


Figura 2. Micro 850 [4]

Un controlador lógico programable (Figura 2) está diseñado para aplicaciones de control de equipos que requieren una comunicación flexible y mayor extensión de E/S. Estos controladores permiten hasta 192 puntos de E/S (entradas y salidas) de alto rendimiento, interrupciones y movimiento de salidas de tren de impulsos (PTO), además de traer incorporados puerto Ethernet y módulos de expansión para E/S. Por otra parte, también permite comunicaciones integradas por medio de puerto USB y el puerto serial no aislado (para RS-232 y RS-485) y puerto Ethernet. El PLC admite hasta cinco módulos enchufables Micro800 y hasta cuatro módulos de E/S de expansión Micro850 [5].

Panel view 800.



Figura 3. PanelView 800 [6]

El propósito del terminal gráfico es monitorear y controlar procesos a través de una pantalla táctil, se encuentran en tamaños de 4" a 10" y son compatibles con controladores micro y pequeños. Poseen procesadores de alto rendimiento, pantallas de alta resolución, memorias flash y dinámica.

Los puertos de comunicaciones en serie y Ethernet incorporados permiten la comunicación con distintas redes [6].

Sensor de proximidad. Esta clase de sensores son dispositivos que detectan la presencia de objetos al estar cerca del sensor. En el mercado existen algunos tipos de sensores de proximidad acorde al principio físico que utilicen, entre ellos están los interruptores de posición, sensores inductivos, fotoeléctricos y capacitivos, como los que se muestran en la figura 4. Son utilizados para conocer el estado del proceso, para conocer la posición del producto a lo largo del proceso se utilizan esta clase de sensores que son capaces de detectar la distancia, ausencia o presencia de un objeto. Los sensores de proximidad son capaces de identificar la presencia de objetos sin necesidad de entrar en contacto directo con ellos, siendo frecuentemente utilizados en cintas transportadoras y procesos continuos; también se usan en vehículos autónomos para frenar automáticamente al detectar la proximidad de un objeto.



Figura 4. Sensor de proximidad [7]

Banda transportadora. Las bandas transportadoras desempeñan una función crucial en las operaciones industriales, su importancia se debe a la función que tienen para el transporte de diferentes materiales que se necesiten como materia prima o para el transporte de productos a lo largo de sus etapas de producción.

Las bandas transportadoras son componentes adicionales en las instalaciones, con la misión de transportar, elevar o distribuir materiales hacia puntos específicos. Estos dispositivos operan de manera autónoma, integrándose en las líneas de proceso y por lo general, no necesitan ser manipulados de manera constante por un operario [8].

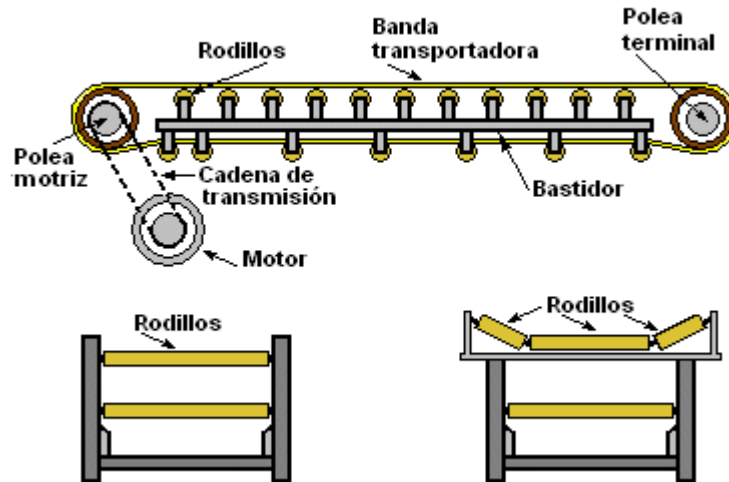


Figura 5. Partes de una banda transportadora [9]

Sensores de color y contraste. Los sensores de color identifican los colores de los objetos mediante la emisión de luz en todo el campo visual sobre los objetos que deben ser analizados. Estos sensores calculan las proporciones de color a partir de la luz reflejada y las comparan con los valores cromáticos de referencia.

Un sensor de color es un tipo de "sensor fotoeléctrico" que emite luz desde un transmisor mediante un receptor, detecta la luz reflejada por el objeto de detección. Este sensor puede evaluar la intensidad de luz recibida de los colores rojo, azul y verde, respectivamente, lo que posibilita la determinación del color del objeto en cuestión [10].

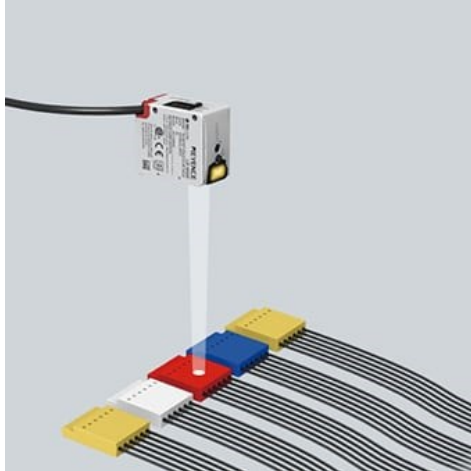


Figura 6. Sensor de color y contraste [11]

Actuador lineal.



Figura 7. Actuadores lineales [12]

Los actuadores lineales son dispositivos actuadores que como su nombre indica realizan un movimiento lineal transformando la energía que puede ser eléctrica, neumática o hidráulica, y la convierte en energía cinética. los actuadores lineales eléctricos transforman el movimiento rotatorio de los motores y los transforman en un movimiento lineal que se puede aprovechar para distintos propósitos dependiendo de la aplicación. Existen diferente tipo de cilindros dependiendo del número de vástagos, pistones o forma de accionamiento.

Softwares utilizados en la automatización industrial.

Connected Component Workbench.

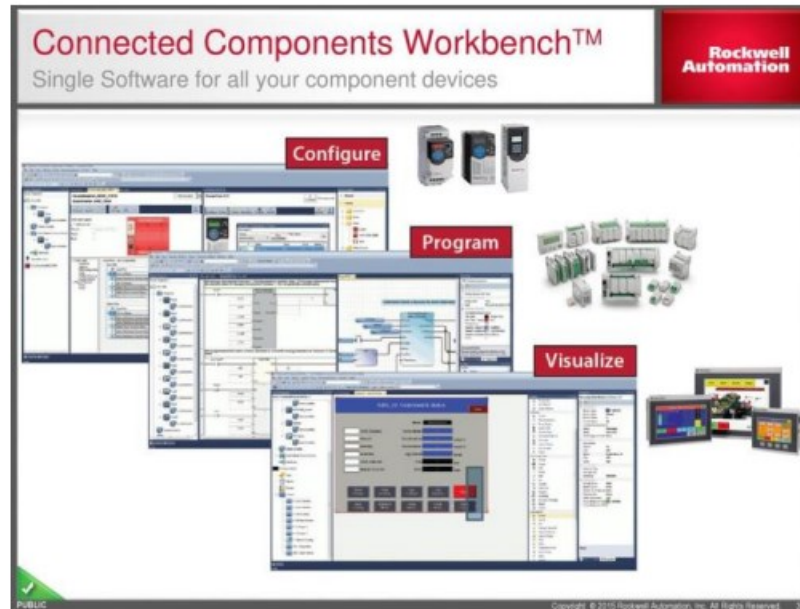


Figura 8. Connected Component Workbench [13]

El software Connected Component Workbench (CCW) de la marca Rockwell Automation (figura 8) es un software de integración total, es decir, permite la programación de controladores de la familia Micro 800 e integra otros dispositivos de la misma marca como son Panel View, variadores PowerFlex, etc. Los controladores que se puede programar por medio de CCW son los siguientes: Micro 810, Micro 820, Micro 830, Micro 850 y Micro 870. Por otra parte, el software dispone de 3 lenguajes de programación como son: escalera (Ladder), Diagrama de Bloque (FBD) y Texto Estructurado (ST) para el desarrollo de los programas. Este programa también permite la programación de pantallas HMI como el PanelView 800.

Ventajas de CCW:

- Interfaz intuitiva
- Creación de propios bloques de programación
- Programación en distintos lenguajes
- Incluye simulador

Factory Talk. es una plataforma integral que permite automatizar y supervisar distintos procesos industriales. La plataforma FactoryTalk View (FTV) permite la comunicación de controladores y otros dispositivos por medio de Ethernet/Ip. Esto implica que los datos obtenidos de los equipos por medio de este protocolo de comunicación se logren mostrar en las pantallas diseñadas en FTV. Por tanto, los operarios pueden supervisar en tiempo real el estado de equipos, maquinas, línea de producción, lo que les permite tomar mejores decisiones en base a la información obtenida en tiempo real.

Esta plataforma permite realizar HMI acorde a la clase aplicación seleccionada como se observa en la siguiente figura:

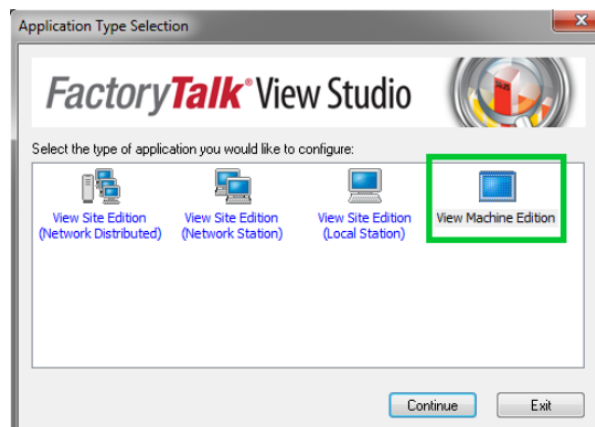


Figura 9. Aplicaciones de FactoryTalk View Studio [14]

- Estación de red: Este tipo de estación permite el acceso a FTV desde un servidor diferente, logrando así el control y supervisión de procesos industriales desde ubicaciones remotas.
- Distribución de red: Este tipo de red utiliza un servidor central que ejecuta FTV y se comunica con múltiples servidores, estén en la misma red de comunicación o en diferentes puntos de red.
- Estación Local: Este tipo de estación se encuentra físicamente cerca del servidor que ejecuta FTV y brinda una comunicación más rápida entre ambos dispositivos ya que tienen una conexión directa.
- Edición de maquina: Permite a los usuarios crear interfaces grafica (HMI) para controlar y supervisar procesos industriales

Las aplicaciones de FactoryTalk View Site usan dos tipos de directorio [15]:

- Directorio Local de FactoryTalk: Ejecuta aplicaciones en una sola computadora, el directorio local debe residir en la misma máquina que la aplicación de la estación local.
- Directorio de red FactoryTalk: Gestiona las aplicaciones de FTV Site Edition y aplicaciones de estaciones de red.

1.4.3 Tablero eléctrico

Un tablero eléctrico es el elemento principal en una instalación eléctrica, en su interior se hallan los elementos de protección eléctrica, control y mando permitiendo que el sistema opere de forma correcta previniendo posibles daños de los componentes mediante la desconexión por medio de un interruptor que salta al detectar un fallo. Dentro de un tablero eléctrico estándar se encuentra con los componentes ICP que es un interruptor de control de potencia encargado del corte de

suministro eléctrico si hay una sobrecarga, ID el interruptor diferencial encargado de determinar fugas de corriente y las PIAs que son pequeños interruptores automáticos que permite la privación de electricidad a una parte de la instalación. Dentro de las normas industriales a considerar para la implementación de un gabinete eléctrico están las más reconocidas que son:

- Norma 60529 de la International Electrotechnical Commission (IEC): incluye Protección IP para proteger partes electrificadas.
- Norma 250 de la National Electrical Manufacturer's Association (NEMA): detalla criterios mínimos de construcción.
- Normas Underwriters Laboratories (UL) 50, 50E: confirmación de que cumple los criterios de construcción y la inspección de pruebas.

1.4.4 Selección por color

Cuando las empresas inician la construcción de la infraestructura para fabricar sus productos, se tienen en cuenta muchos factores para garantizar que sus productos sobresalgan en el mercado. Más allá del aspecto técnico, como las razones por las cuales el “Producto A” es superior al “Producto B”, una manera de destacar en los estantes de las tiendas es a través del embalaje. Desafortunadamente, no todos los materiales de etiquetado y empaque son fácilmente detectados por sensores fotoeléctrico estándar. Por eso, cuando las empresas necesitan más de sus sensores, recurren a los sensores de color [16].

La selección por color dentro de un proceso industrial depende exclusivamente si el color desempeña un factor crucial en el proceso de selección. Entre los beneficios de utilizar los sensores de color para un proceso de selección tenemos; la flexibilidad al momento de detectar objetos

mediante su color dando la posibilidad de manejar múltiples operaciones en una línea de producción, la confiabilidad al detectar los colores un sensor de color tiene la habilidad de identificar de forma adecuada los contraste entre gamas de colores similares.

Entre los principales ejemplos de aplicaciones de clasificación por color tenemos: A nivel farmacéutico la inspección de píldoras dentro de los envases, la identificación de componentes faltantes en kits, comprobación de códigos. La identificación de marcas de registro implica observar marcas específicas y descartar gráficos de colores en la misma área. En las líneas de embotellamiento, se utiliza la clasificación por color para dirigir las botellas hacia la estación correspondiente de llenado. Esto facilita que las botellas de diferentes colores compartan la misma línea, otra función es la de verificar de que se haya colocado la tapa de color o marca adecuada en la botella, así como la verificación de que la etiqueta correcta este presente o el código de barras se ha puesto en la botella para poder clasificar las botellas que cumplen con los debidos requerimientos y las que no.

1.4.5 Ventajas del prototipo en la enseñanza

Las ventajas del prototipo de estación didáctica radican en la capacidad de introducir a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización hacia la practica con equipos de carácter industrial, como lo es el prototipo propuesto. En la actualidad el laboratorio de Automatización Industrial no consta de alguna planta que represente algún tipo de proceso industrial, esto es una desventaja debido que en este laboratorio es donde los estudiantes de la carrera pasan sus últimos semestres aprendiendo a programar PLCs y a realizar comunicaciones entre los equipos del laboratorio, sin embargo esto no es suficiente puesto que aunque se puedan simular procesos con ayuda de software, la experiencia de probar la programación realizada en

una planta real estimula el aprendizaje de los estudiantes y fortalece sus habilidades para trabajar con sensores de campo, actuadores lineales, PLCs, bandas transportadoras, etc. Además, los estudiantes pondrán en práctica sus aptitudes en la programación con PLCs junto con la manipulación de equipos de campo, logrando así que combinen la parte teórica y práctica de la automatización, además de ver reflejado o visualizar el comportamiento de los equipos con la programación implementada.

Por otro lado, el prototipo no solo queda en la visualización de un proceso automatizado, sino que se complementa con un tablero eléctrico, que contiene las protecciones de los equipos de campo, del controlador, e incluso de futuras cargas. Es muy frecuente hallar en las industrias tableros eléctricos sea de fuerza o de control, ya que, es la herramienta de protección y de accionamiento de sus equipos. Por tanto, las ventajas que brinda al estudiante este tablero eléctrico, es que aprendan a como dimensionar y diseñar uno, que elementos hay que considerar, como se conectan los equipos desde el tablero hasta su ubicación, etc.

En resumen, las ventajas del prototipo son las siguientes:

- ✓ Visualización de un proceso automatizado por medio de un prototipo
- ✓ Dimensionamiento y diseño de tableros eléctricos
- ✓ Conexión de equipos de campo hacia el tablero eléctrico

Capítulo 2

2. Metodología.

2.1 Diseño preliminar

El prototipo de estación didáctica cuenta con un proceso de clasificación en miniatura y de un tablero eléctrico de control. El cual por sugerencia del cliente será lo más similar a uno de carácter industrial, puesto que el laboratorio ya consta con tableros didácticos. Dentro del tablero se encontrará todas las protecciones y elementos de control, teniendo las conexiones con los sensores y actuadores por medio de borneras dentro del propio tablero en lugar de conexiones externas a un panel como las mesas de trabajo que existen actualmente en el laboratorio. Esta decisión de diseño se eligió para realizar un acercamiento a los tableros de control que normalmente se encuentran en el campo.

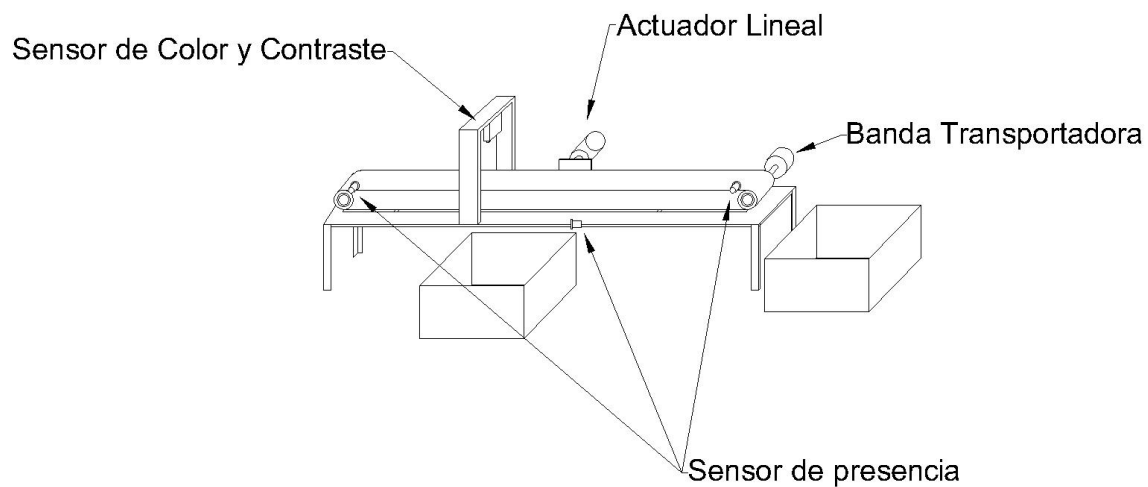


Figura 10. Diseño del proceso

2.1.1 Análisis de alternativas

El proyecto fue planteado para realizar un proceso de clasificación de cajas basado en el color, para este propósito se requiere de varios elementos, entre los principales están un sensor de color y contraste, sensores de presencia para la identificación de las cajas, una banda transportadora, un elemento actuador para realizar la clasificación y elementos de control y los elementos de control.

Con la finalidad de realizar el diseño final del prototipo de estación clasificadora se requiere conocer los elementos a utilizar, en el laboratorio de automatización industrial disponemos de varios equipos que tenemos a nuestra disposición, la alternativa de diseño se inicia con los elementos de control.

Tabla 3. Equipos entregados por el laboratorio de Automatización Industrial

ITEM	Descripción	Modelo	Marca
1	Fuente de alimentación micro800 de 24 VDC,5A	2080-PS120-240VAC	ROCKWELL AUTOMATION
2	Controlador micro850	2080-LC50-48QWB	ROCKWELL AUTOMATION
3	Panelview 800	2711R-T10T	ROCKWELL AUTOMATION



En primer lugar, tenemos a las cintas transportadoras, necesitamos conocer los tipos y características de ellas para definir cuál es la más apropiada.

Tabla 4. Tipos de bandas transportadoras de alimentos

Tipo de banda	Características	Imagen
De rodillos	la superficie de este tipo de banda transportadora está compuesta por rodillos, lo que la convierte en una excelente opción para transportar artículos a largas distancias, ya que minimizan la fricción	
Banda plana	Este tipo de cinta transportadora utiliza poleas que giran por la acción de un motor para mover una banda plana continua	
Modulares	Las cintas transportadoras modulares utilizan un solo bucle hecho de una gran cantidad de piezas entrelazadas, fabricadas con plástico resistente.	
Con tacos verticales	Es una cinta con barreras verticales que son utilizados con múltiples propósitos entre los cuales están: mantener seguros los materiales sueltos durante pendientes y para crear espacio entre los artículos para mantenerlos seguros	

Entre los sensores de color y contraste existen varios tipos los cuales debemos conocer para seleccionar alguno de ellos.

Tabla 5. Tipos de sensores

Tipo de sensor	Características	Imagen
Sensor cromático	Esta clase de sensores son capaces de sensar varios colores a la vez de forma fiable y rápida.	
Sensor de contraste	Los sensores de contraste detectan un color que es configurado por el usuario sobre una superficie de color diferente. Comúnmente utilizado en la detección de marcas	

Entre los sensores de proximidad o de presencia son los encargados de detectar los objetos que se encuentran dentro de su rango de detección, para seleccionar alguno primero debemos conocer su característica.

Tabla 6. Cuadro comparativo del tipo de sensores

Tipo de sensor	Ventajas	Desventajas
Inductivo	Detección sin contacto Considerablemente baratos Especializado en la detección de metales	Bajo rango de detección Limitado a detectar objetos metálicos
Capacitivo	Detección sin contacto Capaz de detectar una amplia gama de materiales Sensibilidad elevada	Relativo bajo rango de detección Precios más elevados
Fotoeléctrico	Detección sin contacto Capacidad de detectar objetos blandos	Disminuye su rendimiento a largas distancias Se puede ver afectado por el nivel de reflexión del objeto

Por último, para seleccionar el actuador a utilizar tenemos que conocer las características de cada uno para seleccionar el más indicado en nuestro caso.

Tabla 7. Cuadro comparativo el tipo de actuadores

Tipo de actuador	Ventajas	Desventajas
Neumático	De accionamiento rápido Robustos De funcionamiento sencillo	Requiere la instalación de otros equipos Son ruidosos
Hidráulico	Capacidad de carga elevada Estabilidad en cargas estáticas	Requiere la instalación de otros equipos Precio elevado
Eléctrico	Instalación sencilla De fácil uso	Tienen limitaciones en su potencia

2.1.2 Elección de alternativa de diseño

Entre los sensores de presencia la elección elegida fue el sensor fotoeléctrico, se tomó el sensor fotoeléctrico como la mejor elección por sus características ya que a diferencia del sensor inductivo este no depende de que el material sea magnético y tiene rangos de detección más elevados y un costo más accesible que los sensores capacitivos, teniendo la ventaja que pueden funcionar como barrera para el censado del flujo de cajas en el proceso. El proceso de clasificación cuenta de tres sensores fotoeléctricos para detectar las cajas cuando pasan por puntos clave, puntos los cuales son el punto de inicio y los puntos de descarga de las cajas, esto se hace con la finalidad de realizar un conteo de las cajas que entran al proceso con las cajas totales del proceso de clasificación para tener la capacidad de verificar el total de cajas, dando la oportunidad de mostrar errores en la interfaz hombre máquina.

De entre los sensores para la selección del color fue escogido el sensor de color y contraste. El sensor de color y contraste se configura para que detecte el color a clasificar, este sensor funciona como un sensor con salida digital por lo que dependiendo si es NPN o PNP cuando cense el color configurado será o un alto o un bajo, una vez identificado el valor del sensor una vez

detecta el color se debe activar el actuador lineal para realizar la selección y ser desactivado tiempo después para que no interfiera en las cajas siguientes.

El actuador lineal escogido fue el eléctrico dado que no requiere de elementos externos como un compresor en el caso de los actuadores neumáticos. De ha escogido una posición horizontal para que el actuador realice la clasificación de las cajas.

Mientras que la cinta transportadora escogida fue la cinta de banda plana debido a que una banda de este estilo construida con un motor de 24V de un tamaño de 460x100 mm es capaz de transportar de 3.5 a 5 kg, lo cual es más que suficiente para mover las cajas.

2.2 Diseño del producto

2.2.1 Selección de recursos

Contactor

Es un dispositivo eléctrico capaz de abrir o cerrar un circuito. Cuando se energiza su bobina permite el paso de la corriente, caso contrario, no circula corriente al sistema.

Características:

- Bobina: 120VAC
- Corriente: 12-20A

PLC

Se hizo uso de un PLC Micro850 LC50-48QWB para que los estudiantes de la materia de Automatización Industrial y Comunicaciones Industriales y Sistemas SCADA puedan manipular los equipos de la estación didáctica, además de implementar la programación en el controlador y comprobar si obtienen los resultados esperados al momento de cargar el programa con todas sus señales.

Características:

- Salida: 24VDC
- Entradas/Salidas digitales: 28/20
- Módulos de expansión: 5

HMI

La interfaz gráfica es el PanelView 800 con la finalidad de que los estudiantes implementen sistemas de alarmas, eventos, además de integrarlo en el prototipo de estación didáctica con el objetivo que los usuarios manipulen el proceso.

Características:

- Voltaje: 24 VDC
- Potencia: 11W
- Corriente: 0.4-1 A

Fuente de Voltaje

El modelo por usar es 1606-XLB120E el cual proporciona una salida de voltaje de 24V que alimentara a algunos equipos de control.

Características:

- Voltaje: 100-240VAC input, 24VDC output
- Potencia: 120W
- Consumo de corriente entrada: 2.4 A
- Corriente de salida: 5 A

Módulo de Alimentación Micro 850

El módulo de alimentación para el controlador y sus módulos E/S es 2080-PS120-240VAC.

Características:

- Voltaje: 100-240VAC input, 24VDC output
- Potencia: 38.4W
- Corriente: 1.6 A

Banda transportadora

Este dispositivo es una banda de tipo plana y se encarga de transportar productos, en este caso cajas de colores.

Características:

- Voltaje: 24V
- Longitud: 50mm
- Corriente máxima: 2 A

Actuador lineal

Es un tipo de actuador que al ser energizado genera un movimiento lineal, capaz de desplazar diferentes cargas.

Características:

- Voltaje: 24V
- Longitud: 100mm
- Corriente: 2,5 A

Sensor fotoeléctrico reflectivo

Utilizado para detectar la posición del objeto. El sensor emite y receptor están contenidos en el sensor, y recibirá la luz reflejada cuando las cajas pasen frente al equipo.

Características:

- Voltaje: 6-36 VDC
- Tipo: NPN
- Corriente máxima: 300 mA

Sensor de color y contraste

Utilizado para realizar la clasificación por color de las cajas por medio de su color, es capaz de diferenciar un color configurado sobre una superficie.

Características:

- Voltaje: 6-36 VDC
- Tipo: NPN
- Corriente máxima: 200 mA

2.2.2 Dimensionamiento

Consumo de equipos a 120VAC

Fuente de Voltaje 24VDC

Fuente de alimentación eléctrica industrial de la marca Allen Bradley de larga duración

- Cantidad: 2
- Consumo corriente entrada: 2.4 A
- Breaker: 1P-6 A
- Corriente salida: 5 A
- Breaker: 1P-6 A (para distribución de voltaje para resto de disyuntores)

Módulo de Alimentación Micro 850

Proporciona alimentación de bus hasta para 4 módulos de E/S

- Cantidad: 1

- Corriente: 1.6 A
- Breaker: 1P-2 A

PanelView 800

Permite al usuario u operario visualizar, monitorear y controlar el proceso industrial.

- Cantidad: 1
- Corriente: 0.5-0.7 A
- Breaker: 1P-2 A

Switch Stratix

Switch con 5 puertos ethernet que permite enlazar a diferentes dispositivos Allen Bradley

- Cantidad: 1
- Corriente: 0.5-0.7 A
- Breaker: 1P-2 A

Sensores

En este grupo se encuentran los sensores fotoeléctricos y el de contraste, el cual sirven para detectar la presencia y el color de cada caja

- Corriente: Máximo 1 A
- Voltaje: 24V
- Breaker: 1P-2 A

2.3 Diseño de Tablero Eléctrico

2.3.1 Planos del armario

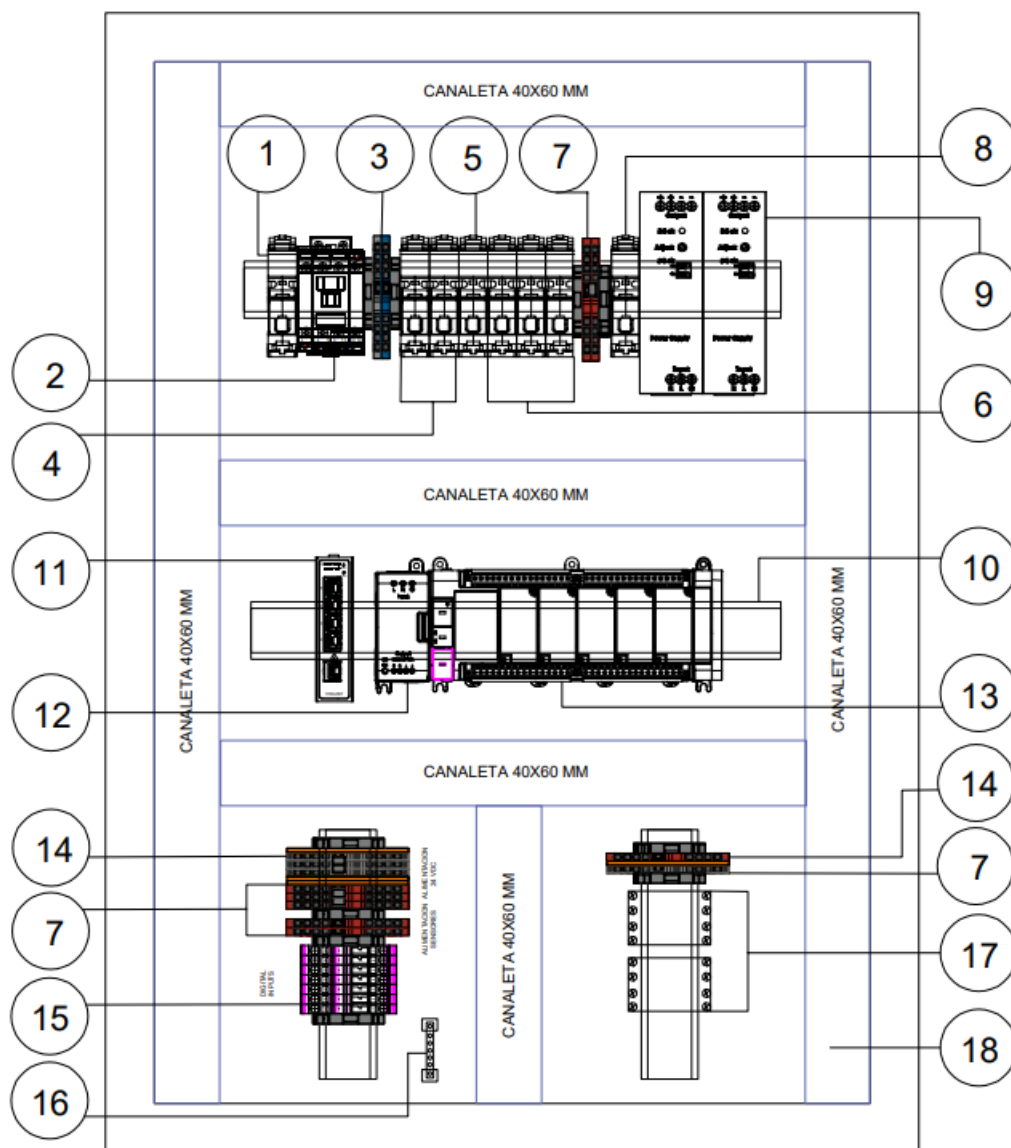


Figura 11. Elementos del tablero

Tabla 8. Equipos internos de tablero eléctrico

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MODELO	MARCA
1	1	DISYUNTOR 1P-16A	CHI0070A	CHINT
2	1	CONTACTOR 120 VAC - 24A	AB C09-10	ALLEN BRADLEY
3	2	BORNERA 4 CONDUCTORES LINEA Y NEUTRO-26A	WAG100346	WAGO
4	2	DISYUNTOR 1P-6A	CHI0173A	CHINT
5	1	DISYUNTOR 1P-2A	CHI0172A	CHINT
6	3	DISYUNTOR 1P-2A	CHI0172A	CHINT
7	7	BORNERA 4 CONDUCTORES 24VDC- 26A	WAG100346	WAGO
8	1	DISYUNTOR 1P-6A	CHI0173A	CHINT
9	2	FUENTE DE VOLTAJE 24VDC	1606 XLB120E	ALLEN BRADLEY
10	2	RIEL DIN 35x7.5mm x2m	-	-
11	1	SWITCHES ETHERNET STRATIX 2000	1783-US5T	ALLEN BRADLEY
12	1	MODULO ALIMENTACION MICRO 850	2080-PS120- 240VAC	ALLEN BRADLEY
13	1	CONTROLADOR MICRO 850	2080-LC50- 48QWB	ALLEN BRADLEY
14	5	BORNERAS 4 CONDUCTORES 0VDC	WAG100346	WAGO
15	4	BORNERAS PORTAFUSIBLES 10...57V AC/DC	1492- WFB424	ALLEN BRADLEY
16	1	BARRA DE TIERRA	-	-
17	2	RELE 8 PINES (2NA/2NC) 10A	-	CAMSCO
18	2	CANALETA RANURADA 40x60mmx3m	-	-

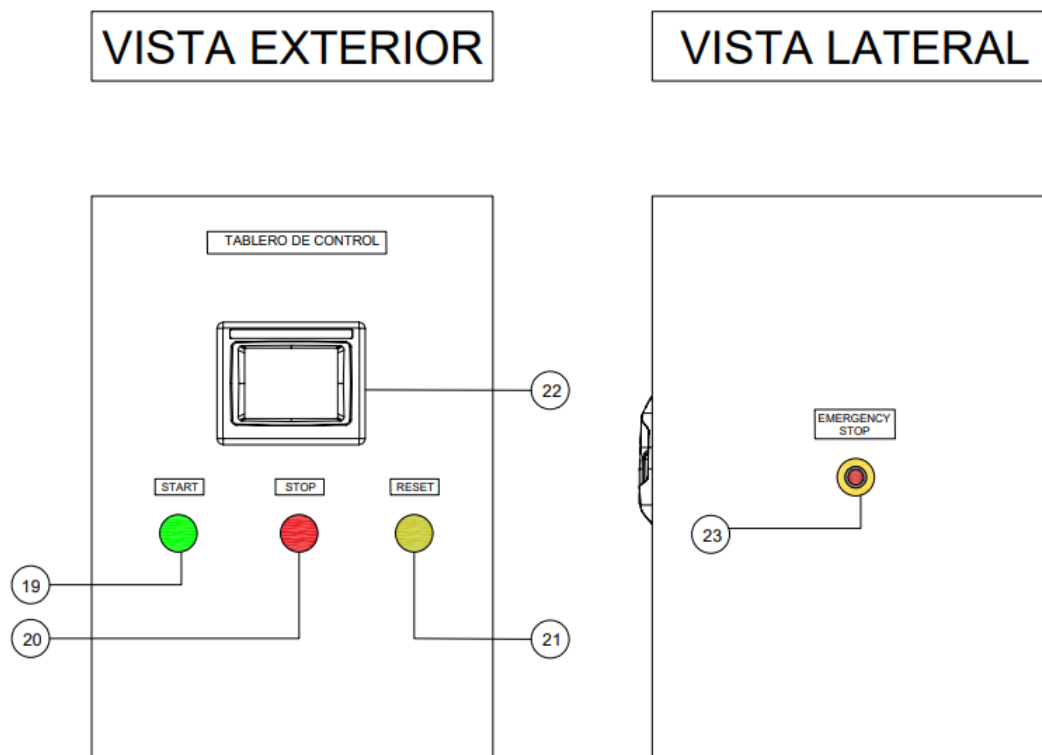


Figura 12. Vistas del tablero

Tabla 9. Equipos externos de tablero eléctrico

ITEM	CANT	DESCRIPCION	MODELO	MARCA
19	1	PULSADOR NO VERDE/START	IDS-BW G/220V	CAMSCO
20	1	PULSADOR NC ROJO/STOP	IDS-BW R/220V	CAMSCO
21	1	PULSADOR NO AMARILLO LUMINOSO / RESET	IDS-BW Y/220V	CAMSCO
22	1	HMI - PANEL VIEW 800	2711R-T7T	ALLEN BRADLEY
23	1	PULSADOR TIPO HONGO/ EMERGENCIA	LMB-BS5	CAMSCO

2.3.2 Planos de entradas y salidas

Las entradas y salidas digitales utilizadas para el control del proceso de clasificación de cajas son las que se pueden apreciar en la figura 13.

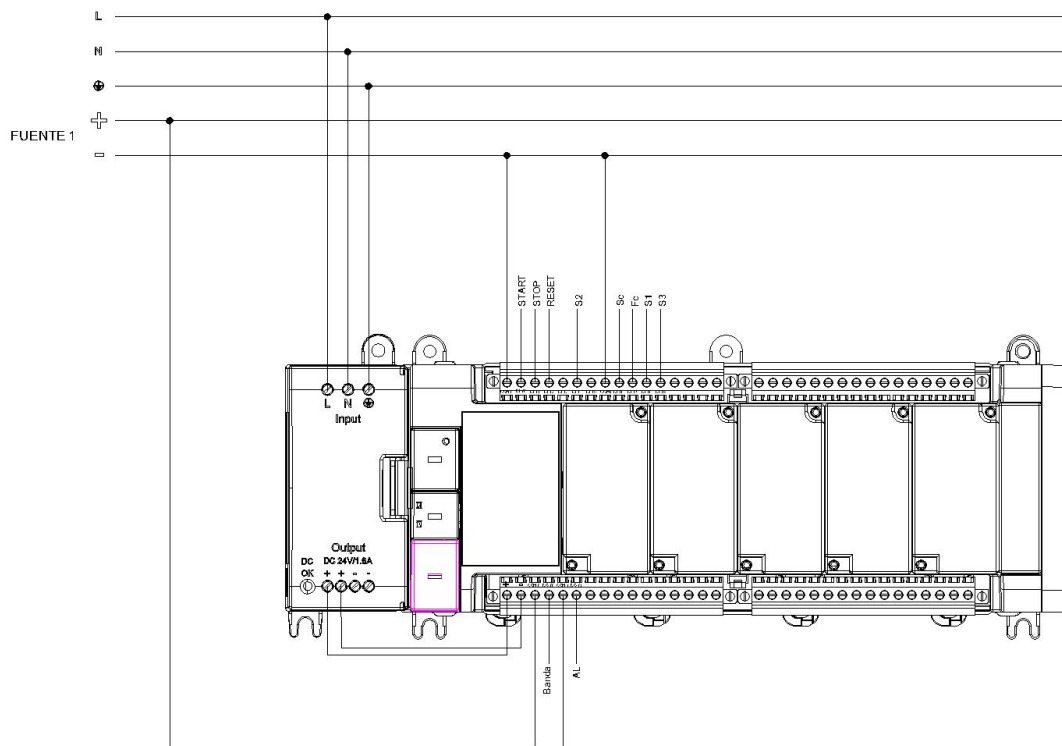


Figura 13. Conexiones del PLC

Estas entradas y salidas fueron las utilizadas en la programación del proyecto y a continuación se pasará a describir cada una de ellas.

Se hicieron uso de siete entradas digitales las cuales son las siguientes:

- Inicio (Start): Encargado de recibir la señal del botón tipo NO encargado de poner en marcha el proceso, conectado en DI-00.

- Paro (Stop): Capta la señal del botón de tipo NC encargado de parar el proceso, conectado en DI-01.
- Reinicio (Reset): Recibe la señal del botón de tipo NO encargado de regresar a cero las variables del proceso, conectado en DI-02.
- S1: Responsable de captar la señal del sensor de presencia inicial, conectado a DI-08.
- S2: Recibe la señal del sensor encargado de detectar la caja que fue procesada por el actuador lineal, conectado a DI-04.
- S3: Recibe la señal del sensor encargado de detectar la caja que pasa del principio de la línea de producción hasta el final sin inconvenientes, conectado a DI-09.
- Sc: Encargado de captar la señal del sensor de color, conectado a DI-06.
- Fc: Responsable de recibir la señal del contacto tipo NO del rodillo de final de carrera, conectado a DI-07.

Las salidas digitales utilizados fueron los siguientes:

- Banda: Señal de salida digital encargado del control de la bobina de activación del relé que controla el encendido de la banda transportadora, conectado a DO-00
- AL: Señal de salida digital encargado del control de la bobina de activación del relé que controla la salida y retorno del pistón del actuador lineal, conectado a DO-01

2.3.3 Control de motores DC

Con el fin de aislar las corrientes producidas por los motores DC se utilizó relevadores para el control de estas salidas. La corriente máxima que es capaz de soportar las salidas tipo relé del PLC micro 850 es de 2 amperios lo cual es poco para el control de los motores del actuador lineal y de la banda transportadora, los cuales operan con 2.5 A y 2 A respectivamente. Con estas

condiciones es necesario utilizar relés o contactores con el fin de evitar que estas corrientes puedan llegar a dañar el PLC. Para realizar el control de los motores DC del proyecto fueron utilizados 2 relevadores MK2P-1-24VDC, los cuales tienen una bobina de activación de 24 VDC y pueden soportar hasta 10 A.

Con la ayuda de los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados de los relevadores realizó el cambio de giro del motor DC del actuador lineal para realizar la salida y retorno del actuador con una sola salida digital del PLC de la misma forma la conexión y desconexión de la banda transportadora también es realizada gracias a los contactos del relé, las conexiones de los contactos están especificadas en la figura 14.

Para evitar caídas de tensión que provoquen falsas lecturas de los sensores se optó por utilizar de una segunda fuente y que sea esta segunda fuente la que alimente solo a los motores DC de 24V.

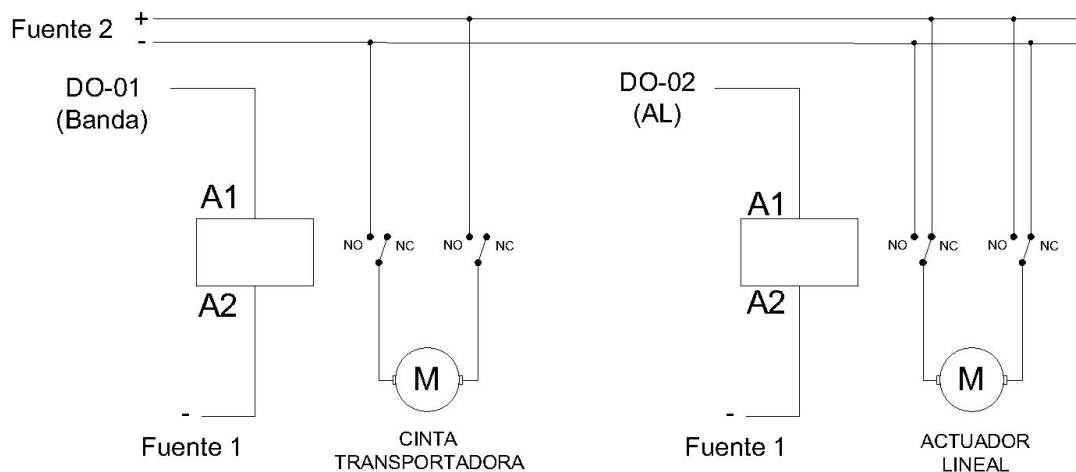


Figura 14. Conexión de los relevadores

2.4 Arquitectura de control

2.4.1 Red de equipos

La red de equipos sensores y actuadores tiene como centro el controlador lógico programable micro 850, el cual es el encargado de realizar el control del proceso de clasificación en miniatura, los dispositivos actuadores son accionados mediante salidas digitales del PLC y los elementos sensores se encuentran conectados a las entradas digitales del PLC. La programación se realizó por medio de un computador con el software CCW y se realizó la configuración del PanelView con este mismo programa.

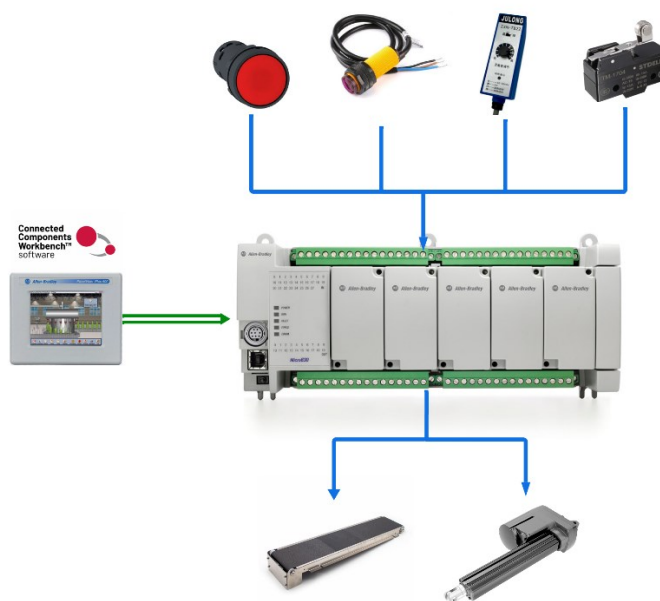


Figura 15. Arquitectura de control

2.4.2 Lógica del proceso

El sistema está compuesto de tres sensores de presencia ubicados en posiciones estratégicas para contabilizar el flujo de las cajas dentro del proceso de clasificación, a su vez un sensor de color que es capaz de detectar el color a descartar de la línea de producción principal de la cinta

transportadora. La posición y la velocidad del actuador lineal permite la utilización de temporizadores en la programación. A continuación, en la figura 14 se muestra un diagrama de flujo del proceso de clasificación.

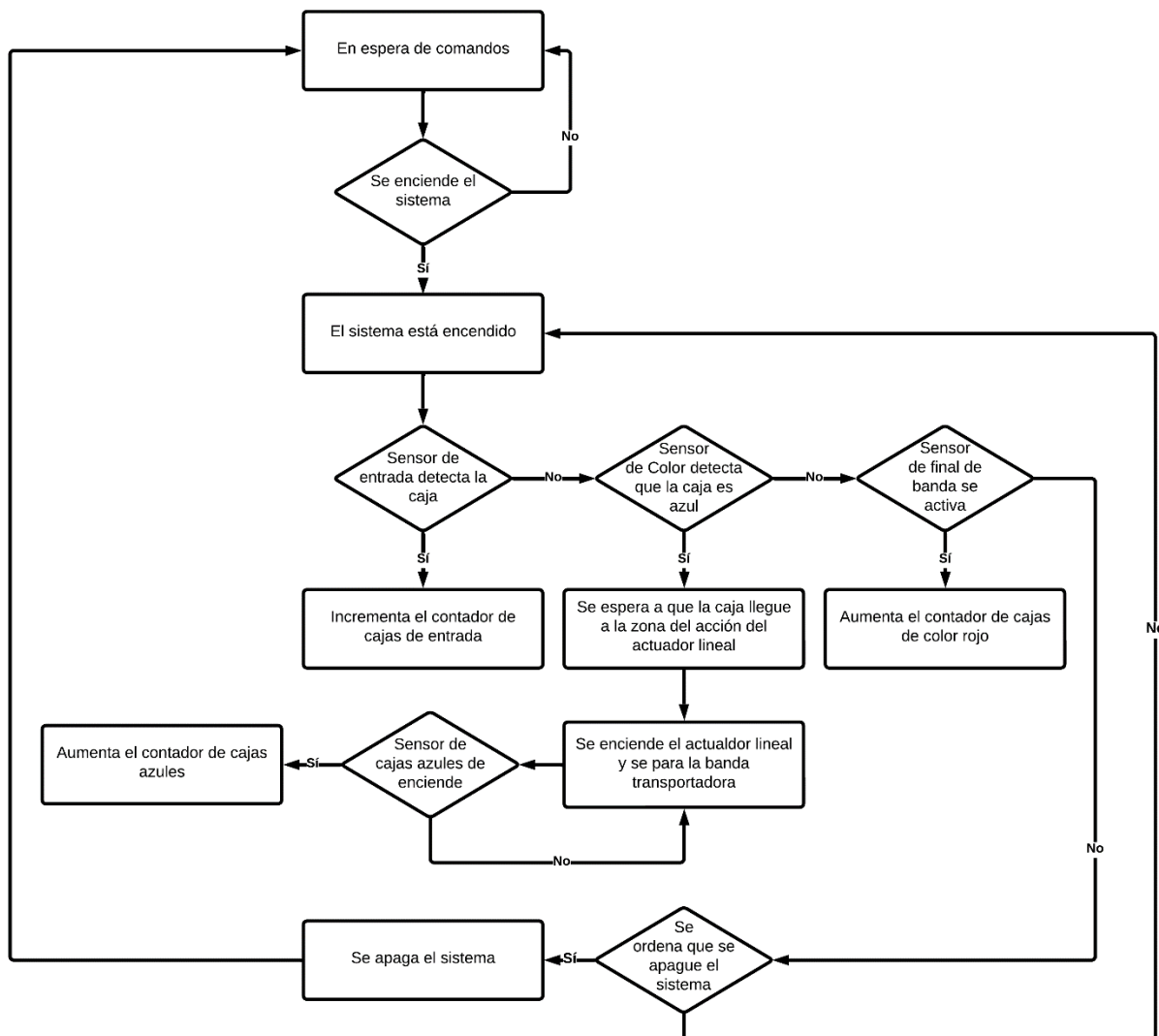


Figura 16. Diagrama de flujo del proceso

2.4.3 Pantalla HMI

Para realizar el control y monitoreo del proceso industrial en miniatura se ha realizado el diseño de una pantalla HMI en donde se incluye los botones necesarios para el control, a la vez de mostradores numéricos para mostrar el conteo de las cajas a los operarios del proceso. La pantalla HMI se ha realizado en el programa CCW debido a que el PanelView800 facilitado por el Laboratorio de Automatización industrial solo puede ser programado con este programa, en la figura 17 se muestra la interfaz gráfica realizada y sus elementos.

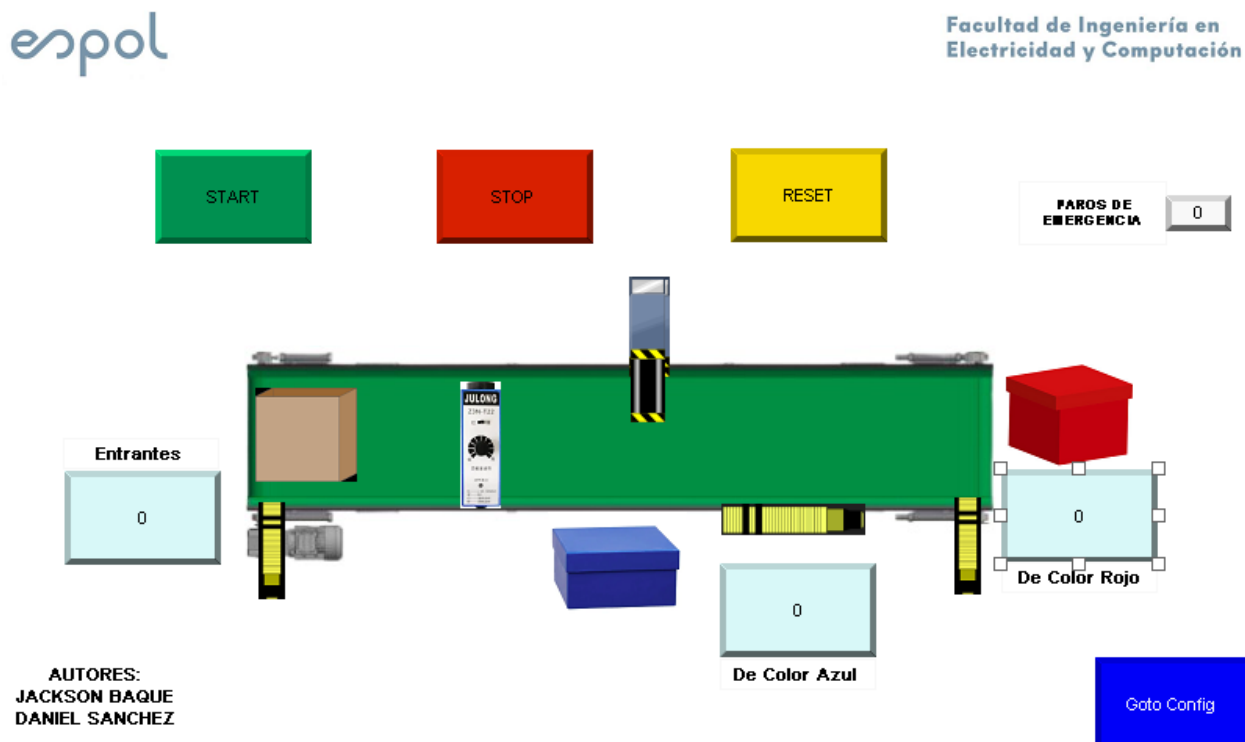


Figura 17. Pantalla HMI de la clasificadora de cajas

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Análisis de costos

Para la construcción y montaje del proyecto se emplearon equipos de carácter industrial, como son sensores, disyuntores, etc. Los materiales se adquirieron de dos formas, por financiación propia, y equipos donados del laboratorio de Automatización Industrial. Además, en los costos se incluyen los valores correspondientes a equipos comprados, equipos por parte del laboratorio, estructura mecánica y mano de obra, el cual se tiene en cuenta el tiempo de montaje del tablero con sus respectivos equipos, además del diseño y programación del prototipo. Los detalles de los rubros se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Resumen de costos

DESCRIPCION	V. TOTAL
MATERIALES PARA MONTAJE DEL TABLERO ELÉCTRICO	\$ 435,00
EQUIPOS DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL	\$ 2.155,00
ESTRUCTURA Y MATERIALES PARA PROTOTIPO DIDÁCTICO	\$ 377,00
TRANSPORTE DE MATERIALES Y OTROS	\$ 80,00
MANO DE OBRA	\$ 700,00
TOTAL	\$ 3.747,00

Para mayor desglose de los costos del proyecto véase en Anexos

El costo total del proyecto es de \$3747,00, debido a que se montó toda una planta automatizada con su respectivo tablero de control, es decir, un prototipo muy similar al que se encuentra en las industrias. No obstante, se puede apreciar que, en comparación con los proyectos de otras universidades, es mayor, tabla 11, pero aquellos sistemas cuentan con controladores de bajo costo no aptos para ambientes industrial u hostiles, además, de que no cuentan con un tablero industrial capaz de proteger toda su planta, como si lo consigue nuestro proyecto.

Tabla 11. Comparación de precios de estaciones universitarias

DESCRIPCIÓN	INSTITUCIÓN	V.TOTAL
Estación didáctica para suministro y transporte de materia granulada	ESPE	\$ 2.373,00
Sistema de carga-descarga	ESPOCH	\$ 3.329,00

3.2 Análisis de encuestas

1. ¿En qué estado de la carrera de Electrónica y Automatización se encuentra?

Tabla 12. Tabulación pregunta 1

DESCRIPCION ENCUESTADOS

CULMINANDO (6TO-8VO)	26
CURSANDO (1ERO-5TO)	4
TOTAL	30

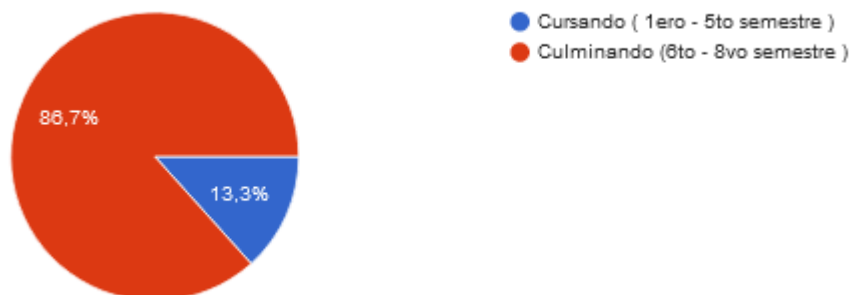


Figura 17. Diagrama pregunta 1

Para el análisis de la encuesta se emplea las respuestas de 30 estudiantes de la carrera de Electrónica y Automatización Industrial, el cual aproximadamente el 87% de los encuestados están por culminar la carrera, mientras un 13% está iniciando la carrera o se encuentra dentro de los primeros semestres. En la tabla 12 y en la figura 17, se observan los resultados.

2. Indique el nivel de dificultad de las siguientes actividades. Siendo 1, el menor, y 5, el máximo

Tabla 13. Tabulación pregunta 2

Respuesta	Encuestados				
	1	2	3	4	5
Dimensionamiento de Tableros Eléctricos	3	3	10	9	5
Elección de equipos de protección para equipos industriales	5	7	8	6	4
Conexionado y cableado de equipos	8	5	9	4	4
Programación y configuración de equipos industriales	2	3	8	4	13
Comunicación entre equipos industriales	4	1	7	7	11

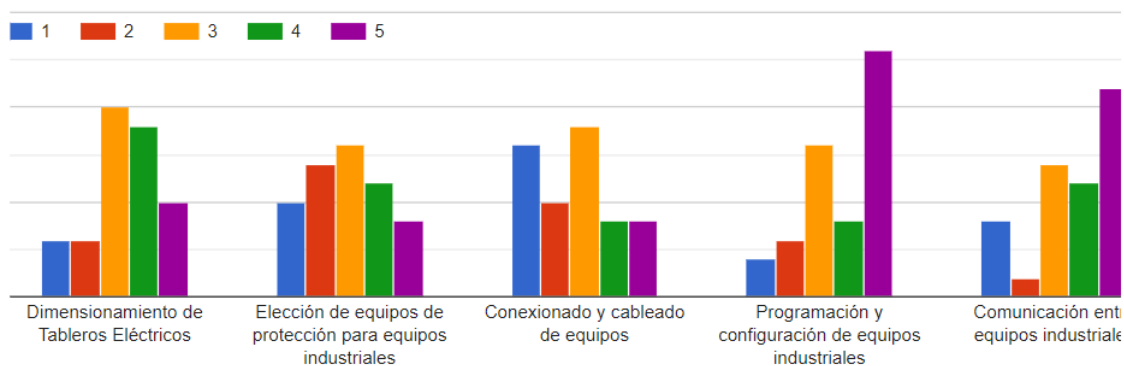


Figura 18. Diagrama pregunta 2

En la figura 18 y tabla 12 se observan los resultados de la pregunta 2, la mayoría de los estudiantes escogieron un nivel intermedio en todas las actividades, no obstante, también gran parte consideran un nivel de dificultad alto a las actividades de programación, configuración y comunicación de equipos industriales.

3. ¿Considera como un buen complemento educativo realizar prácticas en el laboratorio de Automatización y Control Industrial con un prototipo didáctico de una planta como herramienta para fortalecer el aprendizaje estudiantil?

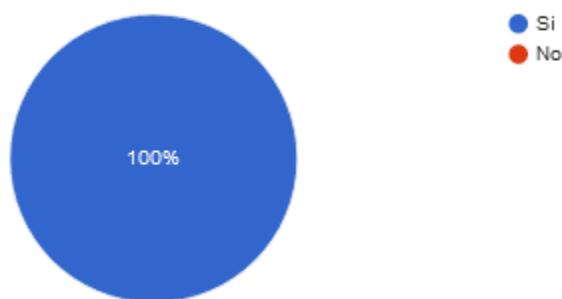


Figura 19. Diagrama pregunta 3

En la figura 19 podemos observar cómo el 100% de los encuestados consideran esencial realizar prácticas en el laboratorio de Automatización Industrial con un prototipo de planta real. La finalidad del prototipo didáctico elaborado es para que profesores por medio de esta herramienta, diseñen nuevas prácticas que fortalezcan las habilidades de los estudiantes, en la parte de programación, identificación de elementos, cableado, dimensionamiento de tableros, etc. Adicionalmente, que los estudiantes interactúen con una planta real, que sepan manipular los elementos del proceso, fortalezcan sus habilidades de programación, cableado y conexión, etc.

Actualmente las practicas realizadas en el laboratorio, en su mayoría son simuladas, ahora con esta herramienta, los profesores encargados del laboratorio podrán diseñar practicas con una planta real, y reforzar no únicamente la programación con PLC, sino, también habilidades de diseño eléctrico y de operación, que son fundamentales en el ámbito industrial. [Obj]

4. ¿Qué área del conocimiento involucrado en el proyecto integrador, le gustaría que se fortaleciera en las aulas de clases?

Tabla 14. Tabulación pregunta 4

RESPUESTA	ENCUESTADOS
Dimensionamiento de elementos de protección y tableros eléctricos	6
Programación de controladores lógicos programables (PLC)	17
Diseño de interfaz hombre-máquina (HMI)	2
Conexionado y cableado de equipos	5
Total	30

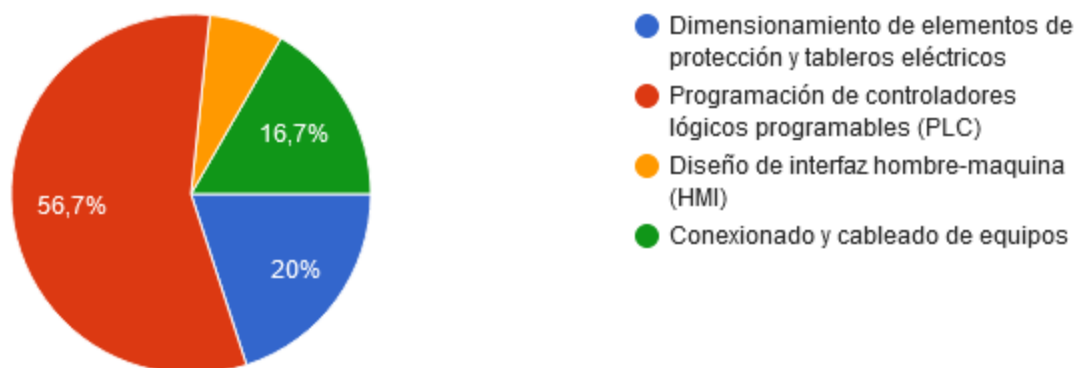


Figura 20. Diagrama pregunta 4

El proyecto abarca distintas áreas del conocimiento aprendidos durante los años. No obstante, hay áreas que los estudiantes desean que sean fortalecidos por medio de la practica e interacción con prototipos reales. En la tabla 13 y figura 19 se observan los resultados. Aproximadamente el 57% del total de encuestados, correspondiente a 17 personas, desean que la programación de PLC se vea fortalecida con más actividades, practicas, y con interacción de prototipos de plantas reales. Por otra parte, el 20% de los encuestados consideran que otro aspecto a fortalecer es el dimensionamiento de elementos de protección y tableros eléctricos. Todas las áreas involucradas son aplicadas en las industrias en los diferentes procesos industriales que manejan.

5. ¿Qué es lo que más le atrae del proyecto integrador?

Tabla 15. Tabulación pregunta 5

RESPUESTA ENCUESTADOS

Tablero Eléctrico	8
-------------------	---

Proceso industrial en miniatura	10
Estructura mecánica del proceso	2
Equipos involucrados en el proceso industrial	10
Total	30

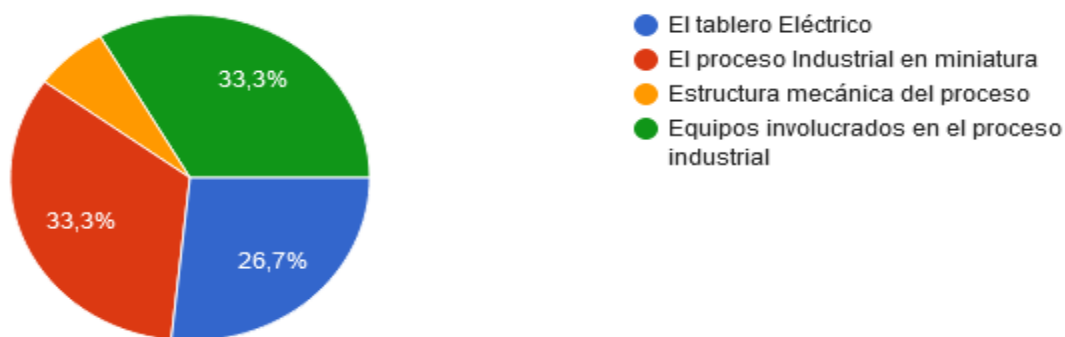


Figura 21. Diagrama pregunta 5

En base a los resultados de la figura 20 y tabla 14, la estación didáctica llamó la atención en su mayoría por el proceso industrial, que consiste en clasificar cajas por colores (azul y rojo) y por los equipos involucrados, el cual todos ellos son de carácter industrial y de fabricantes garantizados cuyos productos forman parte de los procesos industriales de distintas fabricas a nivel nacional e internacional. Por otra parte, otro gran porcentaje de los encuestados les gusto el tablero eléctrico también de carácter industrial con normativa IP63, el cual alberga el PLC, y todas las protecciones de los equipos de campo, además de controlar eléctricamente todo el proceso.

6. En el siguiente circuito de relé el motor DC gira en sentido horario mientras la señal DO-01 sea un bajo, ¿Qué sucede cuando la señal DO-01 sea un alto?

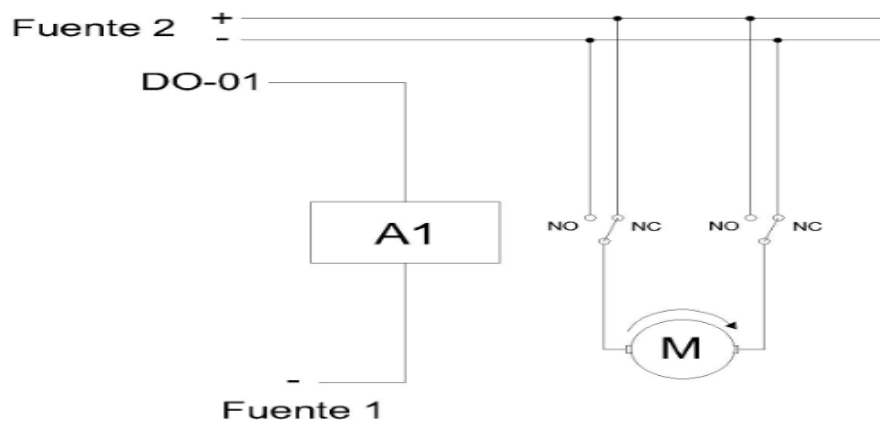


Figura 22. Circuito pregunta 6

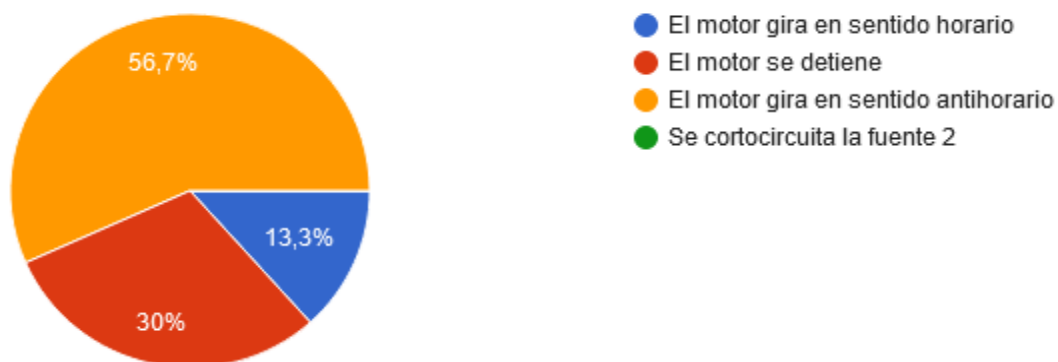


Figura 23. Diagrama pregunta 6

La pregunta 5 es una pregunta de conocimiento que busca analizar la capacidad de los estudiantes para interpretar diagramas unifilares, y en base a eso fortalecer este campo. Un dispositivo esencial en el proyecto que permite mover y detener la banda, es el relé. El rol de este

elemento se interpreta de mejor manera con el diagrama de la figura 21. Un total de 21 personas no respondieron correctamente, es decir, aproximadamente el 70% de los encuestados no interpretaron el esquema el cual se debe tener en cuenta para fortalecer esta área, debido que, los relés a nivel industrial son esenciales y forman parte a menudo de procesos de gran escala.

Únicamente el 30% de los encuestados identificaron que cuando no está el relé energizado, el motor se detiene, su contacto se abre, lo cual corta el paso de la corriente, obteniendo como resultado que el motor de la banda no este energizado, y, por ende, no se mueva.

7. ¿El siguiente elemento del tablero de control es?

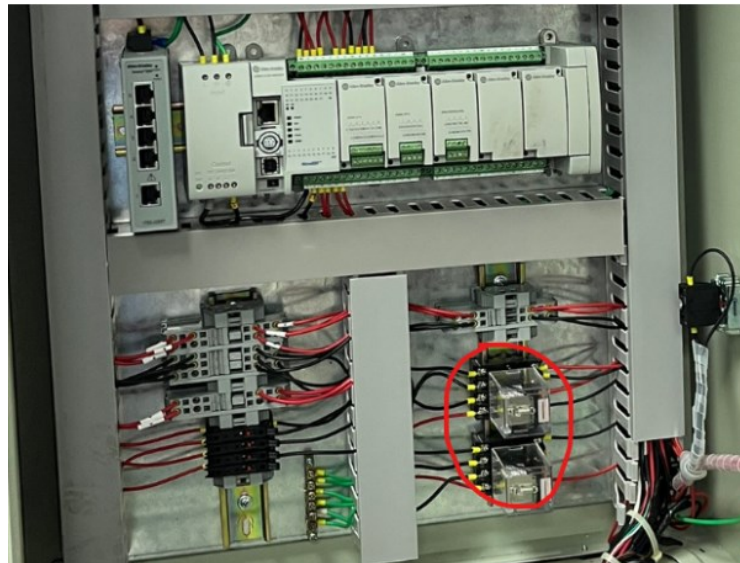


Figura 24. Elemento del tablero

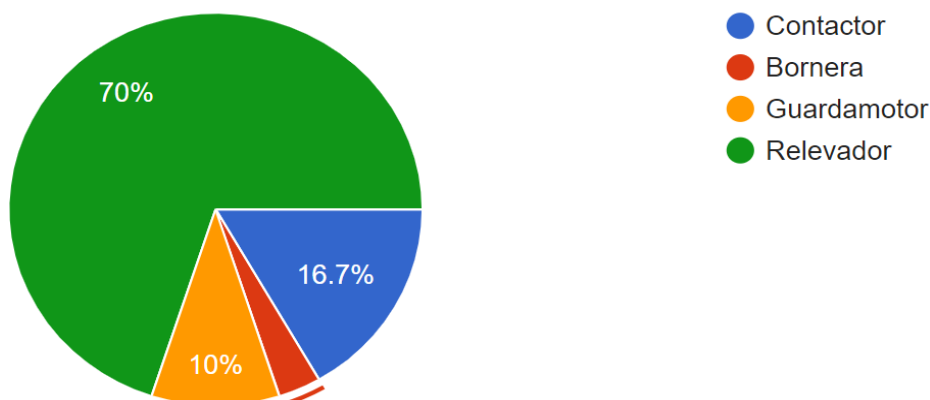


Figura 25. Diagrama pregunta 7

Los resultados de esta pregunta se ven en la figura 24. El 70% de los estudiantes identificaron correctamente el elemento del tablero eléctrico, el cual es un relé. Cuyo rol en el proyecto fue fundamental, tanto para el motor de la banda como para el actuador lineal, por ello la importancia de conocer su funcionamiento. El 30% restante, no lograron identificar el elemento es un porcentaje considerado, lo que implica por medio de esta pregunta, que muchos estudiantes no están familiarizados con identificar equipos industriales.

3.3 Resultados

El prototipo de estación didáctica se encarga de clasificar cajas por colores, azul y rojo, y como medida de protección de todos los equipos y sensores involucrados en el proceso se encuentra un tablero eléctrico industrial. La estación cuenta con 4 sensores fotoeléctricos, tres de ellos de presencia y uno de marcas de color, El proceso de clasificación fue automatizado con la ayuda de 3 botones los cuales son el botón de inicio(start) que es el encargado de dar marcha al

proceso, el botón de paro (stop) encargado de parar el proceso y el botón de reinicio (reset) para restablecer los valores del proceso. El proceso de clasificación se realizó utilizando 3 sensores de presencia fotoeléctricos ubicados de forma que detecten las cajas que pasan por lugares de interés estratégicos para contabilizar el flujo de cajas y mostrar el conteo en el PanelView. Para iniciar el proceso de clasificación se pulsa el botón de inicio, de esta manera se activa la banda y se muevan las cajas que se encuentren sobre la misma, una vez que una caja pase por el primer sensor primer sensor de presencia, aumentará el contador correspondiente a las cajas de entrada, luego la caja pasa por el sensor de contraste, el sensor de contraste envía una señal al PLC y se determina el color de la caja, si la caja es color rojo pasa hasta el final de la banda y si es azul se activa el actuador lineal para clasificarla y una vez que el actuador lineal regresa, se retorna el accionamiento de la cinta transportadora gracias a un final de carrera instalado en la posición de retorno del actuador. Los sensores fotoeléctricos contabilizaran las cajas tanto de color azul y rojo, por tanto, la cantidad de cajas que ingresan a la banda debe ser igual a la cantidad de cajas rojas y azules. Finalmente, al presionar el botón de emergencia, se cortará la energía de todo el sistema.

La estación didáctica cuenta con su respectivo tablero de control, como medida de protección para los sensores y otros equipos. En el tablero se encuentran disyuntores para proteger a los sensores y equipos industriales, el PLC que almacena la programación, el HMI que muestra una representación del sistema de clasificación de cajas y permite al usuario interactuar con la estación, y otros dispositivos que permiten poner en funcionamiento a todo el sistema.



Figura 26. Diseño de la estación didáctica

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

El prototipo de estación didáctica representa un acercamiento a los procesos y tableros industriales por parte de los estudiantes de la materia de Ingeniería en Electrónica y Automatización, además de la posibilidad de realizar prácticas y proyectos de laboratorio por medio de esta herramienta educativa dentro del laboratorio. Los estudiantes tienen la posibilidad de programar la estación didáctica con códigos propios realizados en CCW, un entorno simple en donde pueden aplicar diferentes tipos de temporizadores para el control del proceso. Por otra parte, ya que, los sensores son de carácter industrial, los estudiantes podrán practicar aspectos como la instalación y configuración de estos equipos.

Una limitación del proyecto fue a nivel interfaz hombre máquina puesto que el PanelView800 que se programa con CCW es muy limitado a nivel de animaciones y funciones en el diseño del HMI. Sin embargo, es posible diseñar el HMI en FactoryTalkView, el cual dispone de más funciones y animaciones, pero no puede ser descargado al PanelView integrado al tablero de control.

4.1 Conclusiones

- ❖ La estación didáctica destaca por la implementación de un proceso industrial automatizado de clasificación por color en miniatura, que cuenta con sensores de carácter industrial y de un tablero que permite el control del proceso dentro del cual se encuentran los elementos de control, logrando así vincular a los estudiantes con equipos industriales.
- ❖ El tablero de control se dimensionó acorde a los equipos a utilizar y al nivel de corriente que manejan los equipos de campo de la estación didáctica, además de respetar las normativas eléctricas que los fabricantes sugieren para la instalación de sus equipos,

garantizando así la seguridad tanto de los equipos como de las personas que manipulen el tablero eléctrico.

- ❖ La estación didáctica es un 12% más costosa en comparación con otros proyectos realizados por parte de otras universidades del Ecuador, no obstante, esta estación integra los campos de la automatización industrial y de electricidad, el cual permite a los estudiantes una mayor vinculación con equipos de carácter industrial, similares a los que encuentran en las fábricas.
- ❖ Los planos de diseño y conexión del tablero permitirán comprender la función de cada elemento y servirá de guía para posibles cambios dentro del tablero.
- ❖ Se configuró el HMI para la visualización y control del proceso industrial y el PLC para recibir todas las señales por parte de los equipos de campo y pulsadores de la estación didáctica.

4.2 Recomendaciones

- ❖ Hacer uso del módulo enchufable de puerto en serie aislado RS232/485 Micro800 para conectar el proceso por comunicación serial a otros equipos, por ejemplo, variadores de frecuencia entre otros.
- ❖ Se puede realizar una HMI más compleja con FactoryTalk View para ser utilizado con las computadoras del laboratorio.
- ❖ El proceso en miniatura puede ser ampliado con otras etapas en caso de ser necesario.
- ❖ El proceso en miniatura puede ser trasladado a una banda más grande con un motor AC y un variador de frecuencia para controlar la velocidad de la nueva banda.

Bibliografía

- [1] A. Perez, J. Serrano y M. Enrech, «Una Biblioteca Virtual para una comunidad Virtual.,» 2010.
- [2] J. Falcón, Diseño de un equipo didáctico en los Centros de Capacitación para el Trabajo Industrial bajo el modelo de educación basada en competencias, (Tesis de maestría, México, Cicata–IPN), 2009.
- [3] Aula21, «Aula21 centro de formación técnica para la industria,» [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>. [Último acceso: 2023].
- [4] Rockwell Automation, «Sistemas de controlador lógico programable Micro850,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/micro-controllers/micro800-family/micro850-controllers.html>. [Último acceso: 2023].
- [5] D. M. E. S. Paiva, «Diseño de un sistema para el ahorro de energía en el edificio Park Office La Molina,» 11 10 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/464>.
- [6] Rockwell Automation, «Terminales Gráficos PanelView 800 | Allen-Bradley,» [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/hmi/graphic-terminals/2711r-panelview-800.html>. [Último acceso: 2023].
- [7] COSMOS, «Sensores foto eléctricos de proximidad,» [En línea]. Available: <https://sensores-de-proximidad.com.mx/sensores-fotoelectricos-de-proximidad.html>. [Último acceso: 2023].
- [8] M. S. Gervaso, «Diseño de una banda transportadora mediante guide de Matlab,» 29 10 2013. [En línea]. Available: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/18109>.
- [9] Comercial Pasific, «Funcionamiento de una banda transportadora,» [En línea]. Available: <https://www.cpacific.cl/blog/cinta-transportadora-funcionamiento>. [Último acceso: 2023].
- [10] keyence, «Características del sensor a color,» [En línea]. Available: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/color/feature/>. [Último acceso: 2023].
- [11] Keyence, «Fundamentos del sensor de color,» [En línea]. Available: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/color/feature/>.
- [12] TiMOTION, «Actuadores lineales eléctricos MA: potencia y rendimiento para sus equipos industriales,» [En línea]. Available: <https://www.timotion.com/es/news-and->

articles/electric-linear-actuators-for-industrial-and-agricultural-equipment. [Último acceso: 2023].

- [13] SlidePlayer, «CCW presentación,» [En línea]. Available: <https://slideplayer.com/slide/11824672/>. [Último acceso: 2023].
- [14] Laboratorio de Comunicaciones Industriales y Sistemas SCADA - ESPOL, «FactoryTalk View Machine Edition: Usuarios y alarmas,» [En línea]. Available: http://blog.espol.edu.ec/auto2/files/2020/10/Pr%C3%A1ctica-2_FTV_V3.pdf. [Último acceso: 2023].
- [15] FIEC ESPOL, «Practica introducción a FactoryTalk View,» [En línea]. Available: http://blog.espol.edu.ec/auto2/files/2023/05/Pr%C3%A1ctica_Introducci%C3%B3n_FTV-Site-Edition_23.pdf. [Último acceso: 2023].
- [16] Logicbus, «Beneficios de usar sensores de color sobre sensores estándar,» [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/blog/los-beneficios-de-usar-sensores-de-color-sobre-sensores-estandar/>. [Último acceso: 2023].

Anexos

Anexo 1. Costos de la estación didáctica clasificadora de cajas por color

Tabla 16. Costo de materiales del tablero eléctrico

TABLERO ELECTRICO					
CANT	DESCRIPCION	MODELO	MARCA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	TABLERO METALICO SBOX 70X50X25 CM	BJS1-7050/250		\$ 102,24	\$ 102,24
1	DISYUNTOR 1P-16A	CHI0070A	CHINT	\$ 2,95	\$ 2,95
1	CONTACTOR 120 VAC - 24A	AB C09-10	ALLEN BRADLEY	\$ 78,70	\$ 78,70
2	BORNERA 4 CONDUCTORES LINEA Y NEUTRO-26A	WAG100346	WAGO	\$ 2,11	\$ 4,22
11	TOPE DE CIERRE DE BORNERA ANCHO 10 MM		WAGO	\$ 1,16	\$ 12,76
10	PUENTE CONTIGUO DE BORNERA SERIE 280		WAGO	\$ 0,48	\$ 4,80
6	PLACA FINAL DE BORNERA ESPESOR 2,5MM DE 4 CONDUCTORES		WAGO	\$ 0,49	\$ 2,94
2	DISYUNTOR 1P-6A	CHI0173A	CHINT	\$ 3,55	\$ 7,10
1	DISYUNTOR 1P-2A	CHI0172A	CHINT	\$ 3,55	\$ 3,55
3	DISYUNTOR 1P-2A	CHI0172A	CHINT	\$ 3,55	\$ 10,65
7	BORNERA 4 CONDUCTORES 24VDC-26A	WAG100346	WAGO	\$ 2,11	\$ 14,77
1	DISYUNTOR 1P-6A	CHI0173A	CHINT	\$ 3,55	\$ 3,55
2	FUENTE DE VOLTAJE 24VDC	1606 XLB120E	ALLEN BRADLEY	\$ 119,51	\$ 239,02

2	RIEL DIN 35x7.5mm x2m	-	-	\$	2,71	\$	5,42
200	TERMINALES PUNTERA SIMPLE	-	-	\$	1,72	\$	1,72
5	TERMINALES HORQUILLA CABLE 16-18 AWG	-	-	\$	0,15	\$	0,75
100	TORNILLOS AUTOPERFORANTES	-	-	\$	1,20	\$	1,20
1	25 MT CABLE NEGRO 18AWG SUPERFLEX	-	-	\$	1,25	\$	31,25
1	25 MT CABLE ROJO 18AWG SUPERFLEX	-	-	\$	1,25	\$	31,25
1	5 MT CABLE VERDE 18 AWG SUPERFLEX	-	-	\$	1,25	\$	6,25
1	SWITCHES ETHERNET STRATIX 2000	1783-US5T	ALLEN BRADLEY	\$	225,00	\$	225,00
1	MODULO ALIMENTACION MICRO 850	2080-PS120- 240VAC	ALLEN BRADLEY	\$	149,42	\$	149,42
1	CONTROLADOR MICRO 850	2080-LC50- 48QWB	ALLEN BRADLEY	\$	575,00	\$	575,00
5	BORNERAS 4 CONDUCTORES 0VDC	WAG100346	WAGO	\$	2,11	\$	10,55
4	BORNERAS PORTAFUSIBLES 10..57V AC/DC	1492- WFB424	ALLEN BRADLEY	\$	8,00	\$	32,00
4	FUSIBLES 500mA	-	-	\$	0,10	\$	0,40
1	BARRA DE TIERRA	-	-	\$	0,50	\$	0,50
2	RELE 8 PINES (2NA/2NC) 10A	MK2P-1- 24VDC	CAMSCO	\$	5,95	\$	11,90
2	BASE DE RELE 8 PINES	MK2P-1/ TC-0	OMRON	\$	2,03	\$	4,06
2	CANALETA RANURADA 40x60mmx3m	-	-	\$	13,02	\$	26,04
1	PULSADOR NO VERDE/START	IDS-BW G/220V	CAMSCO	\$	1,59	\$	1,59

1	PULSADOR NC ROJO/STOP	IDS-BW R/220V	CAMSCO	\$	1,59	\$	1,59
1	PULSADOR NO AMARILLO LUMINOSO / RESET	IDS-BW Y/220V	CAMSCO	\$	2,44	\$	2,44
1	HMI - PANEL VIEW 800	2711R-T7T	ALLEN BRADLEY	\$	625,00	\$	625,00
1	PULSADOR TIPO HONGO/ EMERGENCIA	LMB-BS5	CAMSCO	\$	2,08	\$	2,08
1	CABLE 12 AWG CONCENTRICO 50 MT	-	-	-		\$	85,00
1	ENCHUFE VINIL 3 POLOS 15A 125V 2P+T	-	-	\$	2,98	\$	2,98
TOTAL							\$ 2.320,64

Tabla 17. Costo de materiales en la estructura metálica y proceso industrial

ESTRUCTURA Y PROCESO EN MINIATURA						
CANT	DESCRIPCION	MODELO	MARCA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
1	ESTRUCTURA METÁLICA PARA TABLERO ELÉCTRICO	-	-	\$	90,00	\$ 90,00
1	TABLA DE MADERA MDF 100x70 CM	-	-	\$	35,00	\$ 35,00
1	MINI BANDA TRANSPORTADORA 460x45MM	-	-	\$	92,88	\$ 92,88
1	ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO 24V 100MM	HY02-24- A1-230- 100	-	\$	47,99	\$ 47,99

1	SENSOR DE MARCA DE COLOR FOTOELECTRICO	Z3N-TB22	JULONG	\$	60,38	\$	60,38
3	SENSOR FOTOELECTRICO DE PRESENCIA 3-50CM 6- 36VDC	E18- D50NK	OVMANUE	\$	7,99	\$	23,97
1	LIMIT. MICRO SWICHT RODILLO CORTO BAJO 5A 250V	AM-1704	-	\$	5,95	\$	5,95
1	ESTRUCTURA METÁLICA PARA LA BANDA TRANSPORTADORA Y ACTUADOR LINEAL	-	-	\$	20,00	\$	20,00
TOTAL						\$	376,17

Tabla 18. Costo de materiales en herrajes y transporte de productos

HERRAJES, OTROS MATERIALES Y TRANSPORTE UTILIZADOS EN EL PROYECTO						
CANT	DESCRIPCION	MODELO	MARCA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
1	UNA DOCENA Y MEDIA DE TORNILLOS AUTOPERFORANTES DE 1 PULGADA Y MEDIA	-	-	\$	1,20	\$ 1,20
1	ESMALTE COLOR NEGRO HUMO	-	-	\$	1,50	\$ 1,50
1	UNA DOCENA Y MEDIA DE TORNILLOS Y TUERCA M2.5 6MM	-	-	\$	3,60	\$ 3,60
1	1/4 DE LITRO DE MASILLA PLASTICA	-	-	\$	1,50	\$ 1,50

1	ENVIO DE MATERIALES DESDE ESTADOS UNIDOS	-	-	\$	21,00	\$	21,00
1	ENVIO DE MATERIALES DESDE QUITO	-	-	\$	17,00	\$	17,00
1	TRANSPORTE DE MATERIALES DENTRO DE LA CIUDAD	-	-	\$	20,00	\$	20,00
5	ROTULOS			\$	14,00	\$	14,00
					TOTAL	\$	79,80

Anexo 2. Encuesta de Proyecto Integrador

¿En qué estado de la carrera de Electrónica y Automatización se encuentra?

Cursando (1ero - 5to semestre)

Culminando (6to - 8vo semestre)

Indique el nivel de dificultad de las siguientes actividades. Siendo 1, el menor , y 5, el máximo

	1	2	3	4	5
Dimensionami...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elección de eq...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conexionado y ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programación ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comunicación ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 27. Pregunta 1 y 2 de la encuesta

¿Considera como un buen complemento educativo realizar prácticas en el laboratorio de Automatización y Control Industrial con un prototipo didáctico de una planta como herramienta para fortalecer el aprendizaje estudiantil?

Sí

No

El proyecto consiste en un clasificador de caja por colores.
En base al siguiente video, responder las siguientes preguntas :

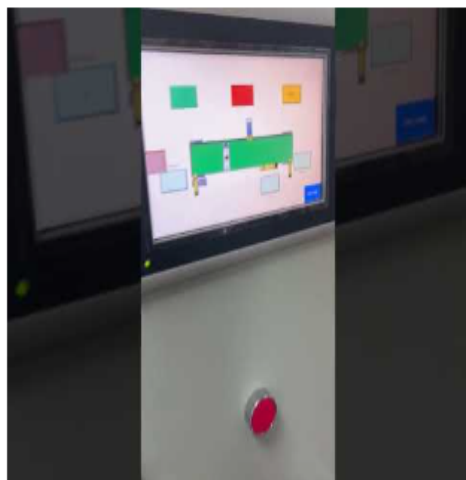


Figura 28. Pregunta 3 y 4 de la encuesta

¿Qué área del conocimiento involucrado en el proyecto integrador, le gustaría que se fortaleciera en las aulas de clases?

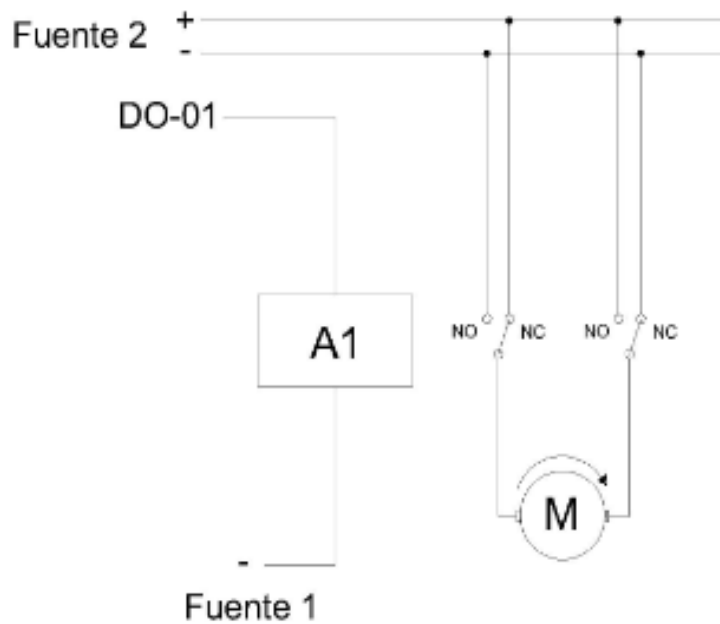
- Dimensionamiento de elementos de protección y tableros eléctricos
- Programación de controladores lógicos programables (PLC)
- Diseño de interfaz hombre-maquina (HMI)
- Conexionado y cableado de equipos

¿Qué es lo que más le atrae del proyecto integrador?

- El tablero Eléctrico
- El proceso Industrial en miniatura
- Estructura mecánica del proceso
- Equipos involucrados en el proceso industrial

Figura 29. Pregunta 5 y 6 de la encuesta

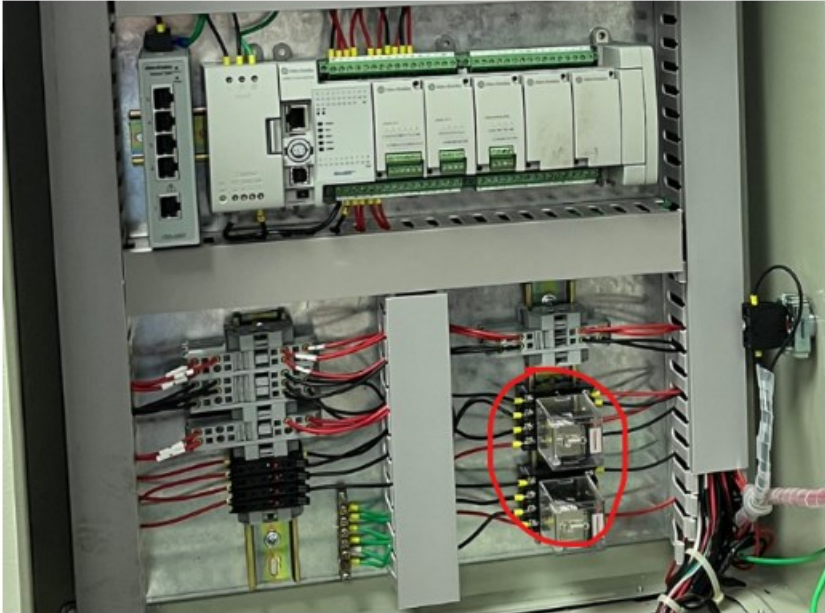
En el siguiente circuito de relé el motor DC gira en sentido horario mientras la señal DO-01 sea un bajo, ¿Qué sucede cuando la señal DO-01 sea un alto?



- El motor gira en sentido horario
- El motor se detiene
- El motor gira en sentido antihorario
- Se cortocircuita la fuente 2

Figura 30. Pregunta 7 de la encuesta

¿El siguiente elemento del tablero de control es?:



Contactor

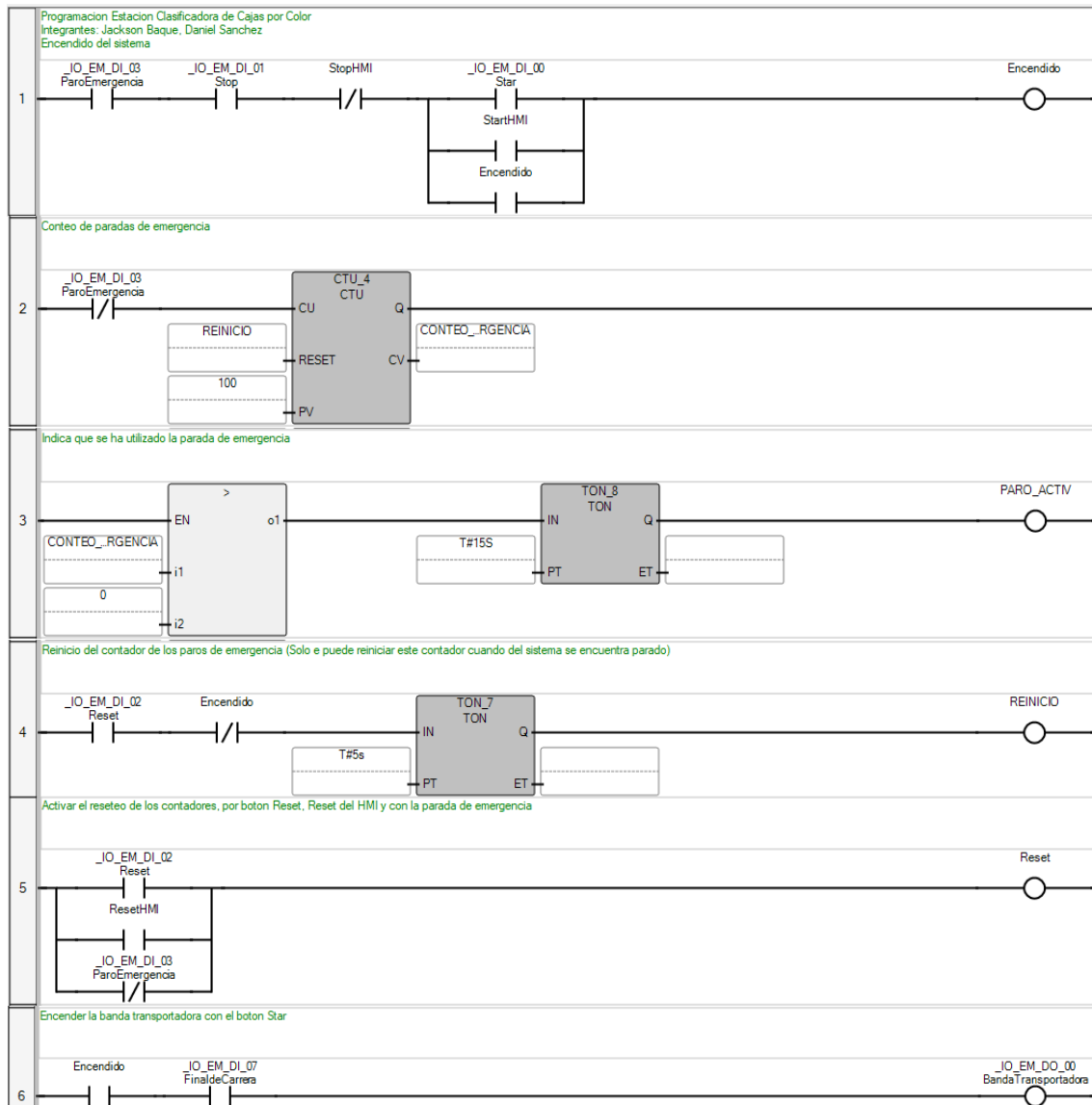
Bornera

Guardamotor

Relevador

Figura 31. Pregunta 8 de la encuesta

Anexo 3. Programación del prototipo de estación didáctica clasificadora de cajas enfocada en la enseñanza de la automatización de procesos industriales



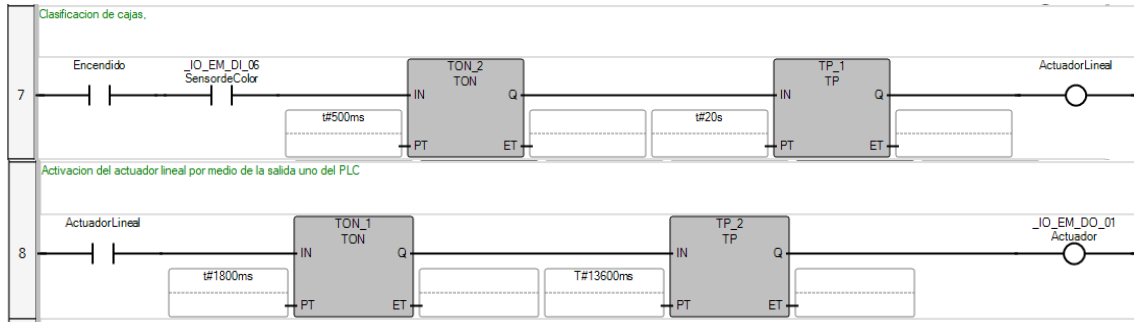
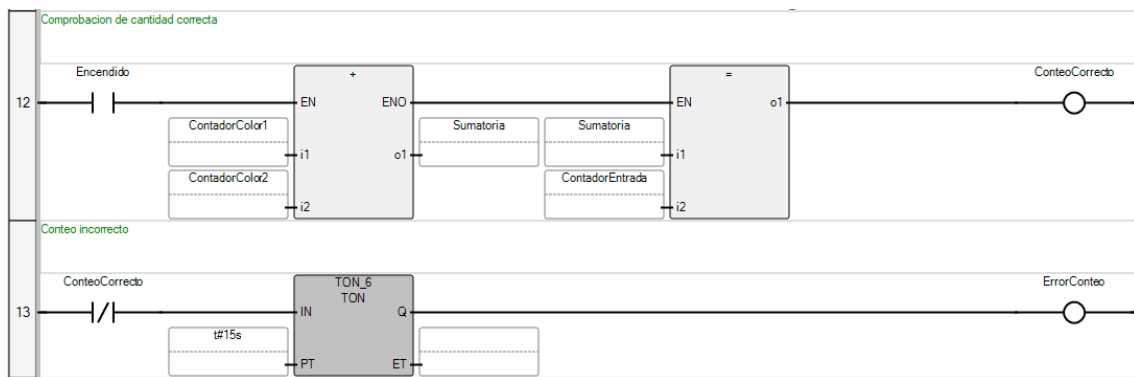
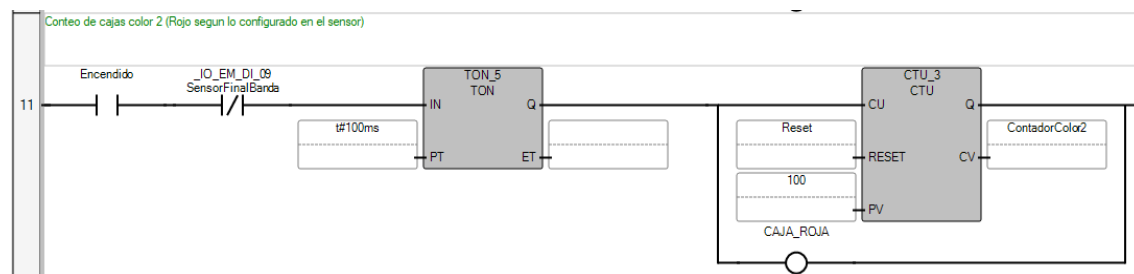
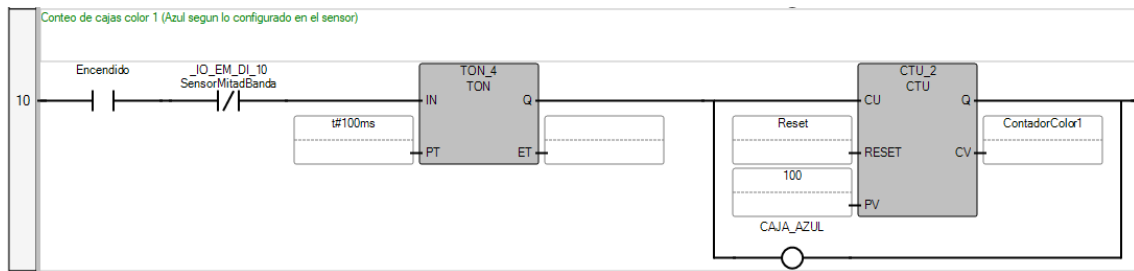
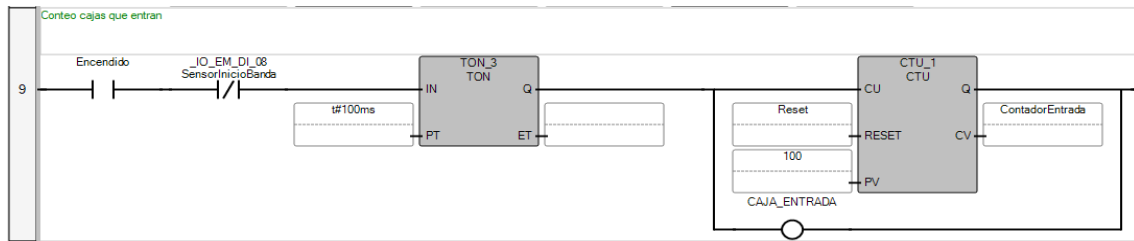


Figura 32. Programación proceso de clasificación



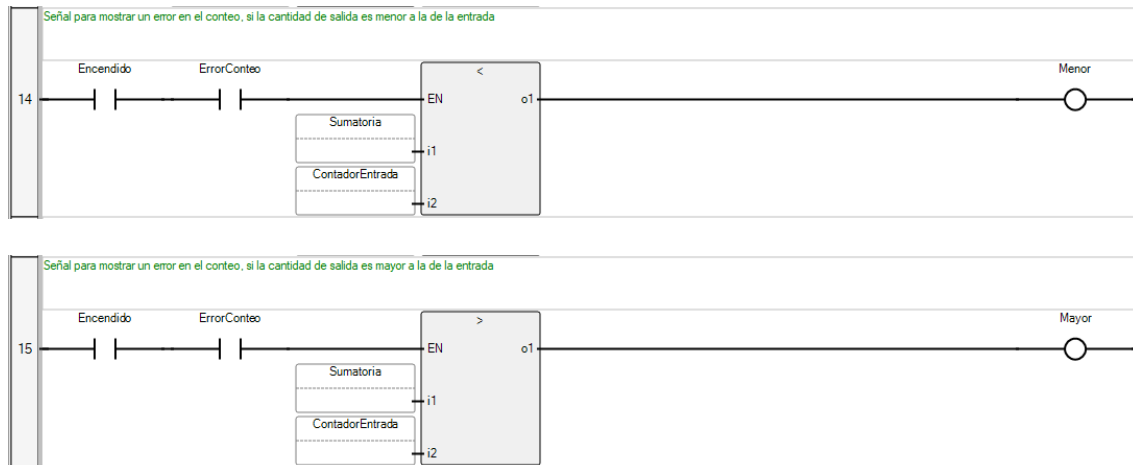


Figura 33. Programación de conteo correcto

Anexo 4. Diseño de Estructura del Tablero de Control

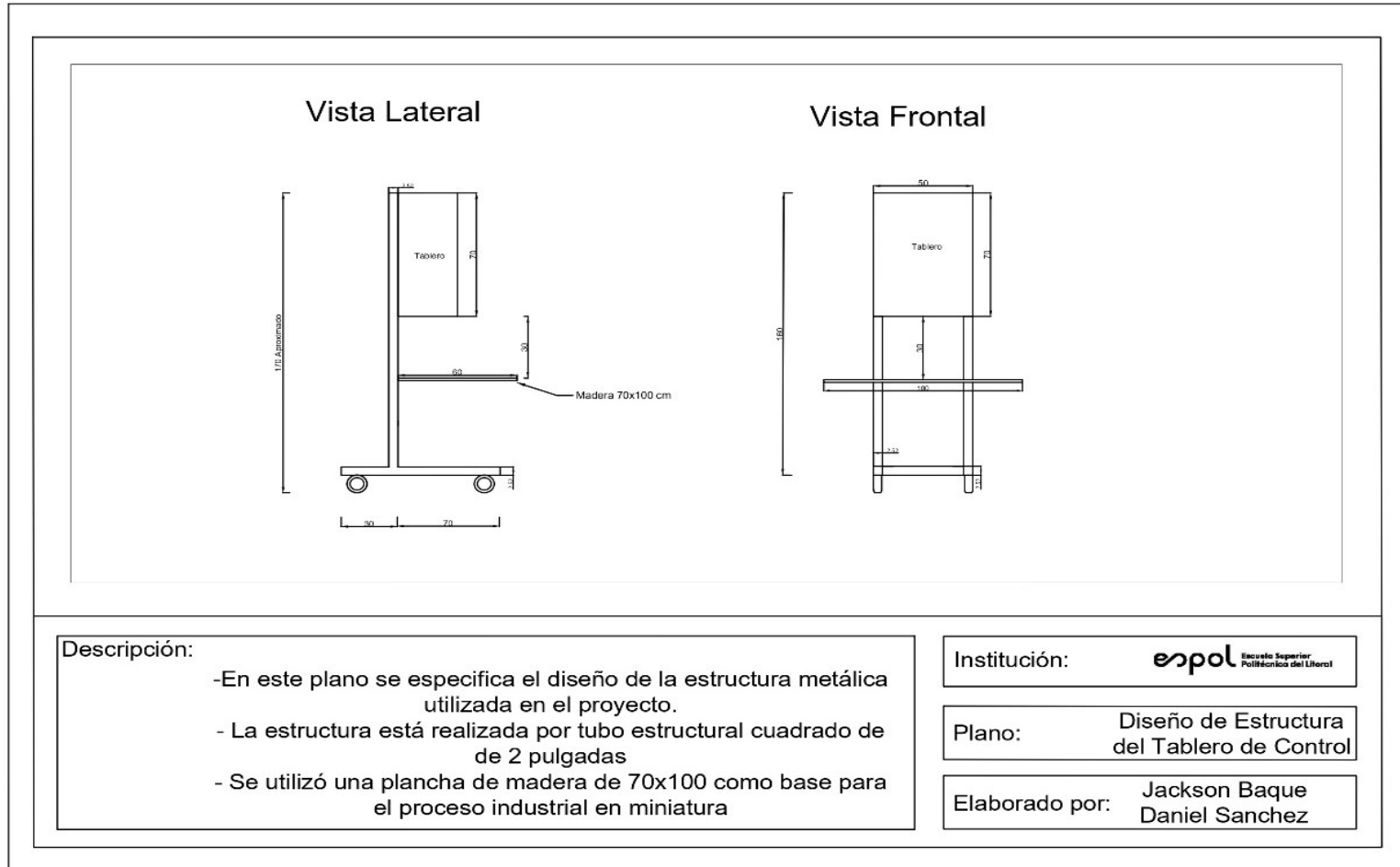


Figura 34. Vista Lateral y frontal de estructura metálica

Anexo 5. Diseño de Estructura del Proceso en Miniatura

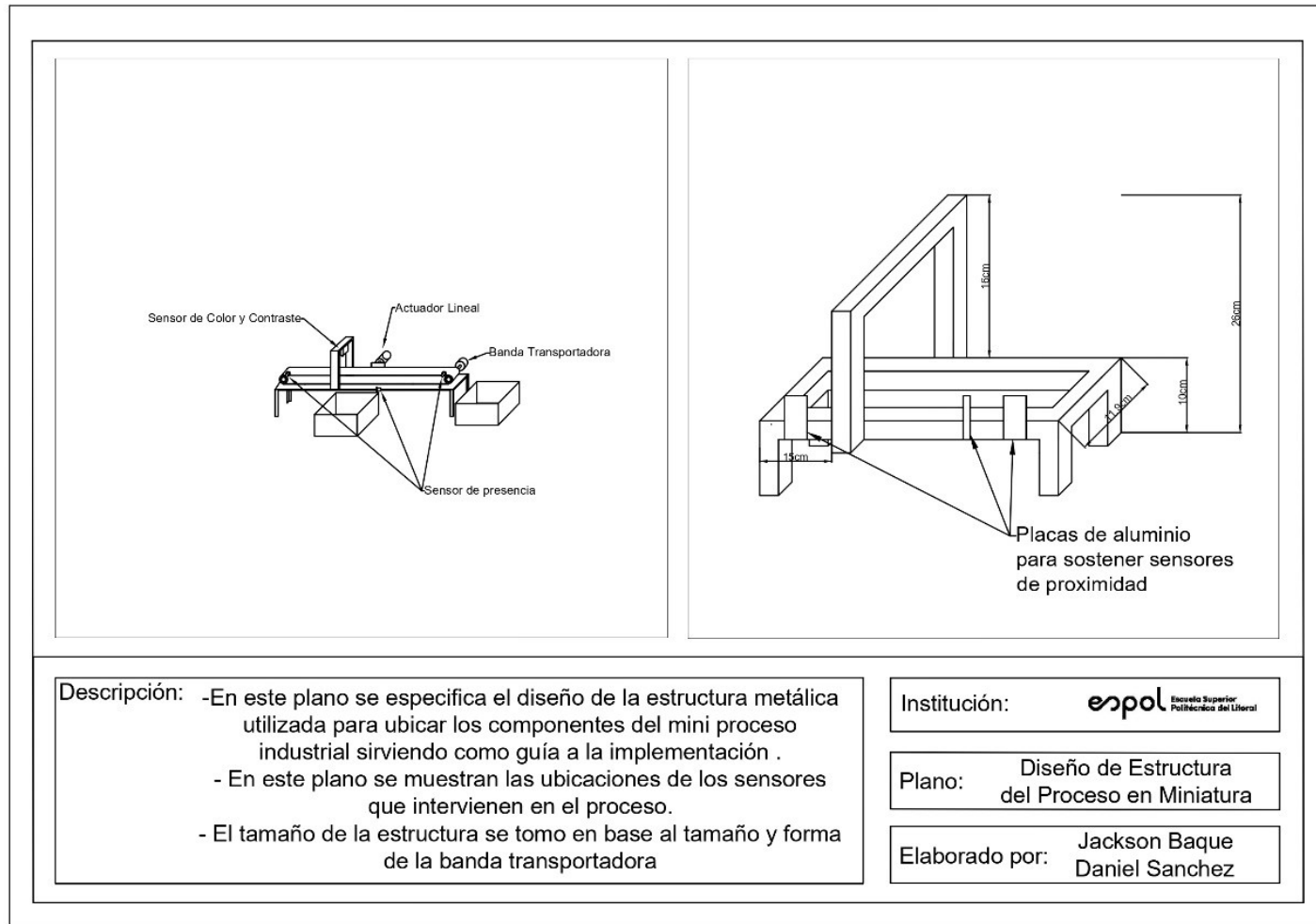


Figura 35. Vistas del proceso industrial automatizado

Anexo 6. Manual de instalación de equipos Rockwell Automation

FUENTE DE VOLTAJE 24 VDC (1606 XLB120E-ALLEN BRADLEY)



Manual de instrucciones de fuente de alimentación EN 1606-XLB120/240E 1606-XLB120E
CA 100-120 V/200-240 V

Manual de instalacion

- Instale el dispositivo en un carril DIN según EN 60715 con los terminales de entrada en la parte inferior de la unidad.
- No obstruya el flujo de aire ya que la unidad se enfría por convección.

La rejilla de ventilación debe mantenerse libre de obstrucciones (min. 40 mm en la parte superior, 20 mm en la parte inferior, 5 mm en los lados izquierdo y derecho).

- No coloque fuentes de calor adyacentes a la fuente de alimentación.
- No utilice el dispositivo en ambientes con grado de contaminación 3.
- No utilice el dispositivo en conexión paralela.
- La unidad está probada y aprobada para circuitos derivados de hasta 32 A sin dispositivo de protección adicional. Si se utiliza un fusible externo, no utilice disyuntores menores de 10 A B o 6 A C para evitar disparos molestos.
- Temperatura máxima del aire circundante: 70°C / 158°F.
- Para uso en áreas CSA C22.2 No 107: proporcione un medio de desconexión de salida y utilícelo solo en entornos controlados.

Figura 36. Recomendaciones de instalación Fuente 24VDC

SWITCHES ETHERNET STRATIX 2000 (1783 US5T-ALLEN BRADLEY)

MANUAL DE INTRUCCION SWITCH STRATIX 2000

INTRUCCIONES ORIGINALES



MANUAL DE INSTALACION

El espacio libre para los paneles delantero y trasero debe cumplir estas condiciones:

- Los indicadores de estado del panel frontal se pueden leer fácilmente.
- El acceso a los puertos es suficiente para un cableado sin restricciones.
- El conector de alimentación está al alcance de la conexión a la fuente de alimentación.

Para evitar que el interruptor se sobrecaliente, observe las siguientes distancias mínimas:

- Superior e inferior: 51 mm (2,0 pulg.)
- Lados: 51 mm (2,0 pulg.)
- Frente: 64 mm (2,50 pulg.)

Figura 37. Recomendaciones de instalación Stratix 2000

PLC MICRO 850 (2080-LC50- 48QWB ALLEN BRADLEY)

MANUAL DE CONTROLADOR MICRO 830,MICRO 850 Y MICRO 870



INTRUCCIONES ORIGINALES

REQUERIMIENTOS Y RECOMENDACIONES DE CABLEADO

- Deje al menos 50 mm (2 pulg.) entre los conductos de cableado de E/S o las regletas de terminales y el controlador.



Dirija la energía entrante al controlador por una ruta separada del cableado del

- dispositivo.
- Cuando los caminos deban cruzarse, su intersección debe ser perpendicular.
- No instale cableado de señales o comunicaciones y cableado de alimentación en el mismo

Figura 38. Recomendaciones de instalación PLC Micro 850

PANEL VIEW (2711R-T7T ALLEN BRADLEY)

MANUAL DE PANEL VIEW 800 HMI



INTRUCCIONES ORIGINALES

REQUERIMIENTOS Y RECOMENDACIONES DE INSTALACION

Espaciado mínimo

Planifique un espacio adecuado alrededor de la terminal, dentro del recinto, para ventilación y cableado. Considere el calor producido por otros dispositivos en el recinto.

La temperatura ambiente alrededor del terminal debe ser de 0...50 °C (32...122 °F).

Número de	Arriba	Abajo	Lados	Atrás
catálogo	51 mm (2 pulg.)	51 mm (2 pulg.)	51 mm (2 pulg.)	51 mm (2 pulg.)
2711R-T4T	51 mm (2 pulg.)	51 mm (2 pulg.)	25 mm (1 pulg.)	51 mm (2 pulg.)
2711R-T7T	51 mm (2 pulg.)	25 mm (1 pulg.)	25 mm (1 pulg.)	51 mm (2 pulg.)
2711R-T10T				

Figura 39. Recomendaciones de instalación Panel View 800

Anexo 7. Imágenes de la estación didáctica clasificadora de cajas por color finalizada



Figura 40. Estación didáctica

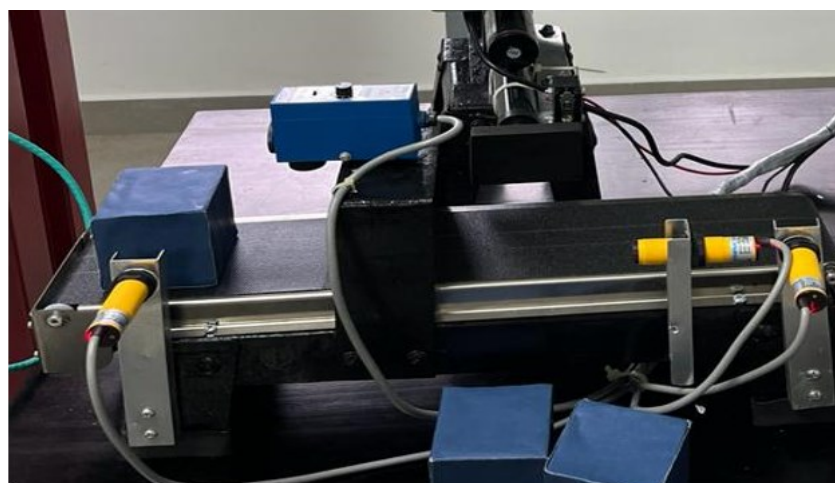


Figura 41. Banda transportadora y sensores de campo

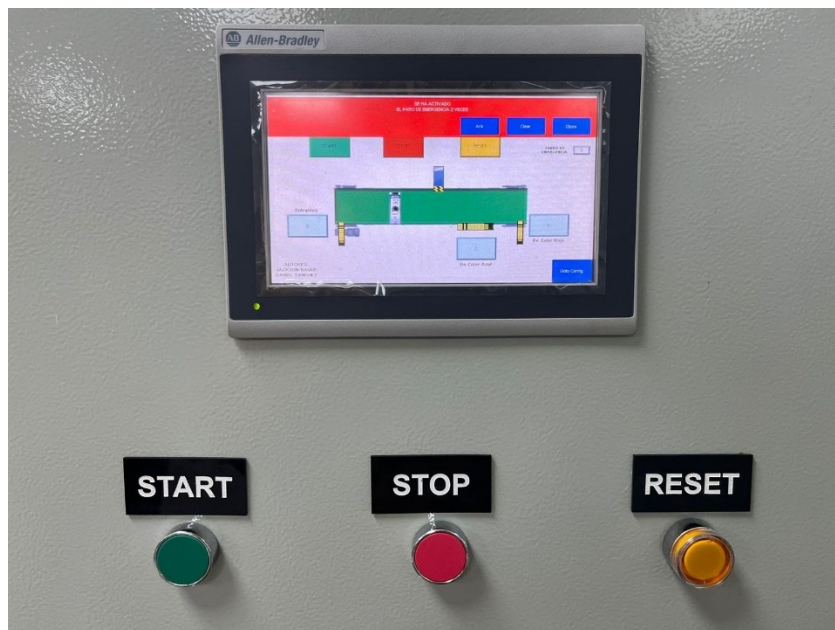


Figura 42. Diseño y control del proceso por medio de HMI

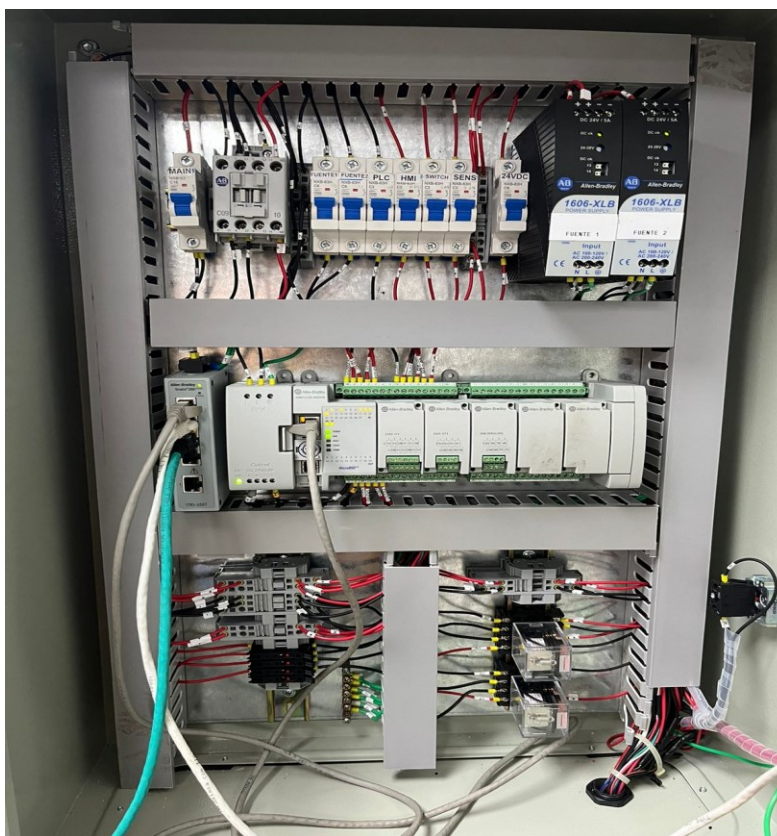


Figura 43. Vista interior del tablero eléctrico

Anexo 8. Diagramas multifilares de la estación didáctica clasificadora de cajas enfocada en la enseñanza de la automatización de procesos industriales

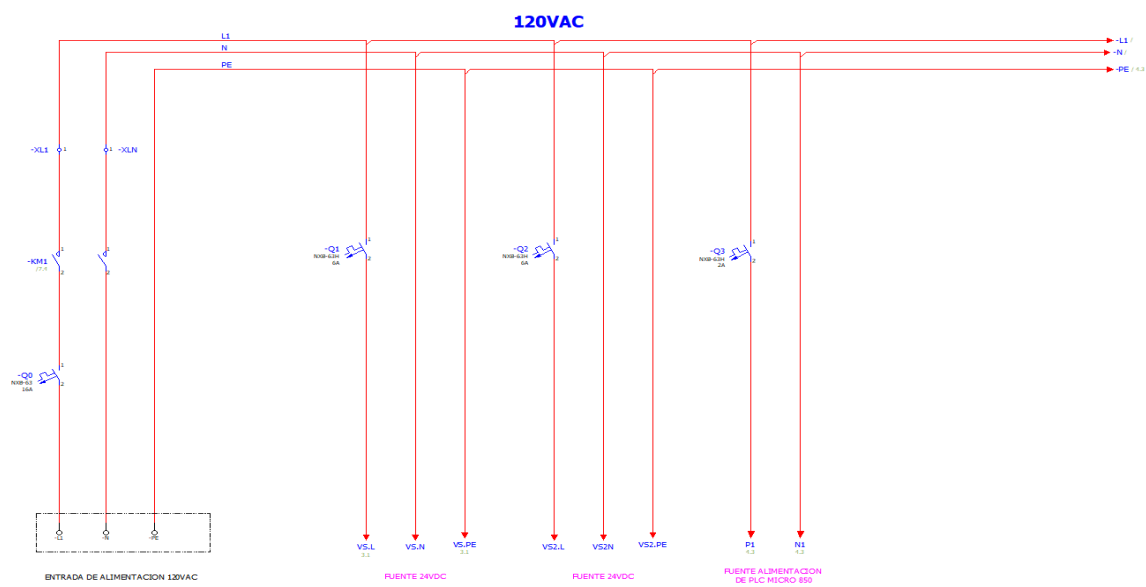


Figura 44. Alimentación principal

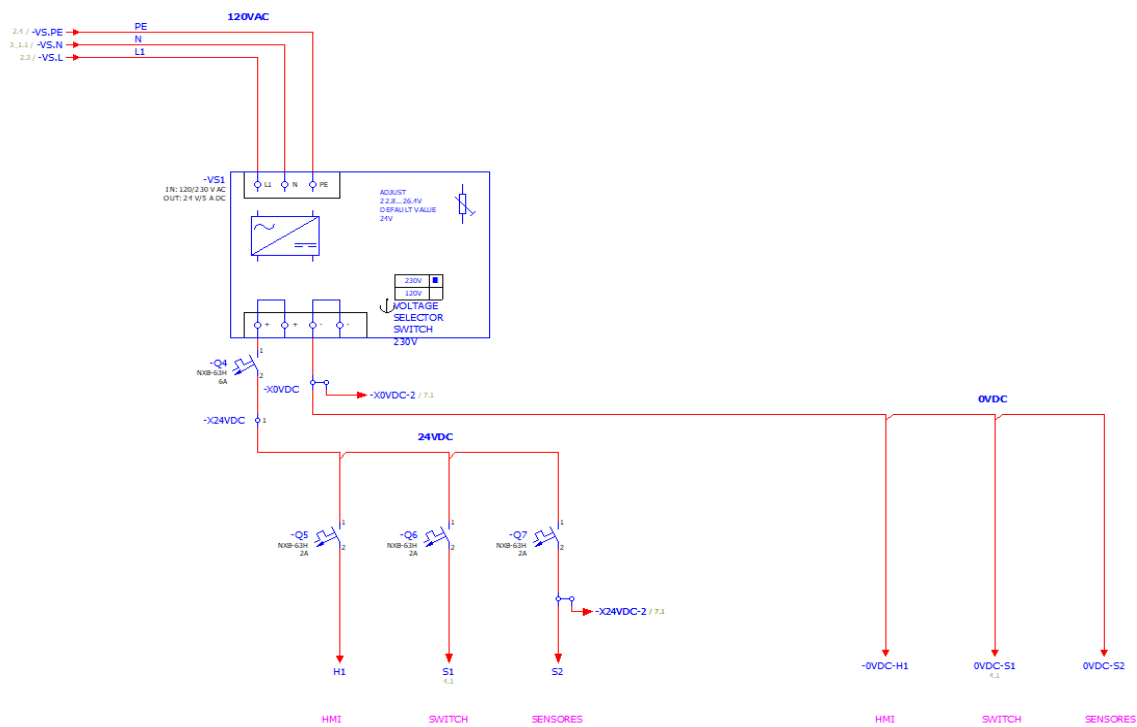


Figura 45. Alimentación de equipos a 24 Voltios

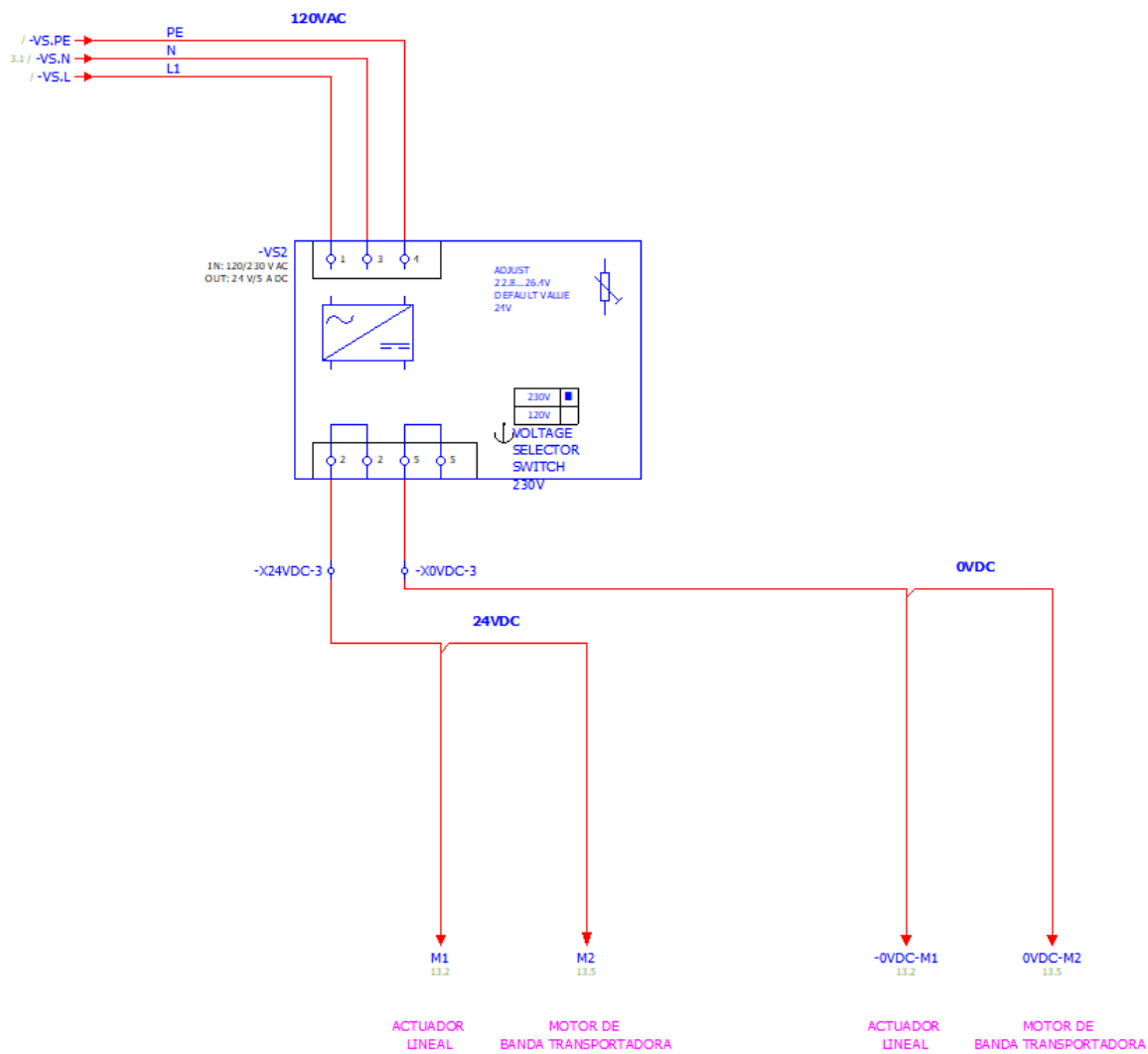


Figura 46. Alimentación de actuador lineal y banda transportadora