

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**REHABILITACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA LÍNEA DE
SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA CAPEIPI.**

**REHABILITACIÓN, DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL
PROCESO DE ALMACENAMIENTO Y REFRIGERACIÓN PARA LA CADENA
DE PROCESAMIENTO DE PAPAS DENTRO DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN
DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA CAPEIPI.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

LEONARDO VICENTE GONZÁLEZ LOPEZ

leonardo.gonzalez01@epn.edu.ec

DIRECTOR: DR. GEOVANNY DANILO CHÁVEZ GARCÍA

danilo.chavez@epn.edu.ec

DMQ, abril 2024

CERTIFICACIONES

Yo, LEONARDO VICENTE GONZÁLEZ LÓPEZ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

LEONARDO VICENTE GONZÁLEZ LÓPEZ

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por LEONARDO VICENTE GONZÁLEZ LÓPEZ, bajo mi supervisión.

DR. GEOVANNY DANILO CHÁVEZ GARCÍA DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

LEONARDO VICENTE GONZÁLEZ LÓPEZ

DR. GEOVANNY DANILO CHÁVEZ GARCÍA

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mis padres, quienes, con sus sabios consejos, infinita paciencia y apoyo incondicional han sido pilares fundamentales para que pueda llegar a esta fase final de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A mi padre quien ha sido mi amigo, apoyo incondicional y fuente de impulso para continuar avanzando en mi camino académico.

A mi madre por su inagotable cariño y paciencia, elementos fundamentales que han guiado mi camino académico.

A mis amigos Johan, Juan, Jhonny y Rubén, cuyos sabios consejos me han ayudado a superar las dificultades que se presentaron a lo largo de mi vida universitaria.

A la Ing. Jenny Haro que fue un gran apoyo durante mi vida universitaria y en el desarrollo del trabajo de titulación

Al Dr. Danilo Chávez gracias al cual he tenido la oportunidad de realizar el presente trabajo de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1	Objetivo General	2
1.2	Objetivos Específicos.....	2
1.3	Alcance	2
1.4	Marco Teórico	3
1.4.1	Procesos Industriales.....	3
1.4.2	Automatización	4
1.4.2.1	Sensores	5
1.4.2.2	Actuadores	6
1.4.2.3	Controladores Logicos Programables	8
1.4.3	Opc.....	10
1.4.3.1	Estandar Opc Clasico	10
1.4.3.2	Servidor Opc.....	10
1.4.4	Sistema Scada.....	11
2	METODOLOGÍA.....	13
2.1	Diseño Del Proceso De Almacenamiento Y Refrigeración De Las Papas En La Línea De Simulación De CAPEIPI	13
2.1.1	Primer Modulo	13
2.1.1.1	Plc Xinje Xc3-32r-E.....	14
2.1.1.2	Sensores Del Primer Modulo	16
2.1.1.3	Motor Dc	17
2.1.1.4	Motor Ac	18
2.1.1.5	Pantalla Touchwin TH465-MT/UT	19
2.1.1.6	Programación Primer Modulo	21
2.1.2	Segundo Modulo.....	23
2.1.2.1	Sensores	25
2.1.2.2	Pantalla Touchwin TH765-MT/UT	26
2.1.2.3	Programación Del Segundo Modulo	26
2.1.3	Comunicación	28
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
3.1	Resultados.....	30

3.1.1	Empaque 1000gr	31
3.1.2	Empaque De 500 Gr	34
3.1.3	Reproceso	35
3.1.4	Trazabilidad	36
3.1.5	Alarmas	37
3.2	Conclusiones	38
3.3	Recomendaciones	38
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

RESUMEN

El proyecto se propone en crear un sistema de almacenamiento y refrigeración de papas en la línea de simulación de CAPEIPI. Inicia con una exhaustiva revisión bibliográfica centrada en el sistema de recepción de datos, SCADA y almacenamiento. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis detallado de los componentes eléctricos y electrónicos en el laboratorio de CAPEIPI, configurando variables para su supervisión a través del PLC Xinje XC3-32 y el software XC Series Program Tool.

Se desarrollan dos interfaces HMI utilizando el software TouchWin Edit Tool, permitiendo la visualización de los módulos de almacenamiento y refrigeración. Además, se implementa la parte electrónica destinada a la clasificación de los paquetes de las papas por su peso, asignándolos a ubicaciones específicas. Además, se establece un sistema SCADA para facilitar la comunicación entre los PLCs Xinje XC3-32 y una computadora, integrando un registro para la trazabilidad de las papas a lo largo del proceso.

El proyecto culmina con la realización de pruebas tanto electrónicas como de simulación, evaluando de manera exhaustiva el rendimiento del sistema en la línea de CAPEIPI.

PALABRAS CLAVE: PLC Xinje XC3-32, SCADA, HMI, TouchWin, CAPEIPI almacenamiento y refrigeración

ABSTRACT

The project aims to create a storage and cooling system for potatoes in the CAPEIPI simulation line. It begins with an in-depth literature review focused on the data reception system, SCADA, and storage. Subsequently, a detailed analysis of electrical and electronic components is carried out in the CAPEIPI laboratory, configuring variables for monitoring through the Xinje XC3-32 PLC and XC Series Program Tool software.

Two HMI interfaces are developed using the TouchWin Edit Tool software, allowing the visualization of storage and cooling modules. Additionally, the electronic part for classifying potato packages by weight and assigning them to specific locations is implemented. Furthermore, a SCADA system is established to facilitate communication between Xinje XC3-32 PLCs and a computer, integrating a record for the traceability of potatoes throughout the process.

The project concludes with both electronic and simulation tests, thoroughly evaluating the system's performance on the CAPEIPI line.

KEYWORDS: PLC Xinje XC3-32, SCADA, HMI, TouchWin, CAPEIPI, storage and refrigeration

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La era moderna de la automatización comienza con la aparición de la máquina de vapor [1]. Este invento cambió la forma en que se realizaban las tareas laboriosas, impulsando la productividad. Y en las últimas décadas se ha marcado una inclinación hacia la automatización de todo tipo de procesos productivos [2]. Todo esto es posible gracias a los avances tecnológicos y las necesidades de las empresas en la reducción de costos de mano de obra y el aumento en la producción.

En la actualidad, la fabricación higiénica y rentable de alimentos y bebidas exige un grado de automatización muy alto [3]. Por lo tanto, la utilización de sensores, actuadores y controladores lógicos programables se vuelven piezas esenciales en la industria alimenticia. Estos componentes tecnológicos tienen un rol importante al facilitar la supervisión en tiempo real de los procesos de producción, permitiendo ajustes precisos y rápidos para mantener los estándares de calidad y eficiencia.

Debido a la tendencia de la automatización en las industrias, se tiene una amplia variedad de sensores, que se pueden emplear en el diseño de sistemas instrumentales para la industria alimenticia [4]. Estos sensores varían según su aplicación y funcionalidad, que pueden ser termo sensores destinadas a monitorear de manera precisa el proceso de cocción y almacenamiento, sensores de nivel que aseguran un control preciso en la manipulación de ingredientes y productos e incluso sensores que nos ayudan a preservar las características de los estándares de calidad como textura, humedad y color.

La simulación de procesos industriales es una técnica informática que permite crear modelos dinámicos de una fábrica que sirven para analizar el comportamiento de ese modelo en diferentes circunstancias [5]. Apoyando al ingeniero a analizar minuciosamente el funcionamiento de la planta bajo diversas circunstancias proporcionando información para la toma de decisiones [6]. La característica más representativa de la simulación de procesos es evaluar diferentes escenarios y capacidades de producción sin incurrir en costos significativos [7].

Por lo tanto, en este trabajo de investigación, se utilizarán sensores, actuadores, controladores lógicos programables y elementos electrónicos que se rehabilitarán, para el desarrollo del proceso de almacenamiento y refrigeración de las papas dentro de la línea de simulación de CAPEIPI. Se explorarán escenarios de empaques defectuosos, empaques que no cumplen con los pesos establecidos con el objetivo de optimizar la producción y reducir los costos. Además, se desarrollará un sistema de simulación más eficiente que considere los posibles desafíos que la industria pueda enfrentar en la producción de papas. Este sistema de simulación ayudará a los ingenieros en la toma de decisiones, permitiéndoles seleccionar la mejor opción al momento de implementar integralmente el sistema de producción.

1.1 Objetivo General

Rehabilitar, diseñar, desarrollar e implementar el proceso de almacenamiento y refrigeración para la cadena de procesamiento de papas dentro del sistema de simulación de procesos industriales de la CAPEIPI.

1.2 Objetivos Específicos

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre el sistema de recepción de datos, el sistema SCADA y el sistema de almacenaje y refrigeración.
2. Realizar un análisis exhaustivo y selección de los componentes eléctricos, electrónicos, digitales, sensores y actuadores que integran el sistema de almacenamiento y refrigeración de las papas en la línea de simulación de CAPEIPI. Además, llevar a cabo la revisión del tratamiento de variables y su adecuación para su manejo mediante controladores lógico-programables, con el objetivo de mantener un registro preciso del proceso.
3. Realizar un estudio y análisis detallado sobre cómo establecer un sistema de registro efectivo para supervisar la trazabilidad de las papas durante el proceso de almacenamiento y refrigeración en la línea de simulación de CAPEIPI.
4. Desarrollar e implementar un sistema SCADA destinado al monitoreo y control del proceso de almacenamiento y refrigeración de papas en la línea de simulación de CAPEIPI, junto con la instauración de un sistema de registro para asegurar la trazabilidad de las papas a lo largo del procedimiento.
5. Realizar pruebas de funcionamiento en el sistema de almacenamiento y refrigeración de papas en la línea de simulación de CAPEIPI. Esto conlleva la implementación de dos espacios de almacenamiento separados para empaques de diferentes pesos, así como establecer una comunicación eficiente para el envío de datos entre los PLCs Xinje y una computadora

1.3 Alcance

Realizar una revisión bibliográfica centrada en el sistema de recepción de datos, el sistema SCADA y el sistema de almacenaje y refrigeración. Se enfocará en la simulación específica de la línea de CAPEIPI

Llevar a cabo un estudio detallado de los elementos eléctricos, electrónicos, digitales, sensores y actuadores presentes en el sistema de almacenaje y refrigeración de papas, localizados dentro del laboratorio de CAPEIPI.

Realizar un estudio exhaustivo de las variables identificadas en el laboratorio de CAPEIPI, preparándolas para su control mediante el PLC Xinje XC3-32. La programación correspondiente se llevará a cabo utilizando el software XC Series Program Tool.

Diseñar dos interfaces HIM utilizando el software TouchWin Edit Tool en las pantallas TouchWin de Xinje. Estas interfaces estarán destinadas a los módulos de almacenamiento y refrigeración, representando visualmente el proceso en la línea de simulación de CAPEIPI.

Implementar la parte electrónica necesaria para el funcionamiento del sistema de almacenaje y refrigeración de papas en la línea de simulación de CAPEIPI. El objetivo es lograr la separación de los empaques según su peso, asignándolos a diferentes ubicaciones de almacenaje

Implementar un sistema SCADA que posibilite la comunicación entre los PLCs Xinje XC3-32 y una computadora, incorporando un sistema de registro para garantizar la trazabilidad de las papas a lo largo del proceso.

Realizar pruebas a nivel electrónico y de simulación con el propósito de evaluar y verificar el rendimiento y la eficiencia del sistema de almacenamiento y refrigeración en la línea de simulación de CAPEIPI.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Procesos Industriales

Los procesos industriales son actividades que se llevan a cabo en las industrias primarias encargadas de tomar la materia prima directamente de la naturaleza, industrias secundarias que parte de un producto proveniente de la industria primaria y lo convierte en un producto utilizable directamente o industrias terciarias que producen productos que van a hacer empleados por el hombre [8]. En la Figura 1.1 se observa un esquema del proceso industrial, donde se evidencia que en la etapa de salida se generan múltiples resultados como información, energía, producto o residuo.

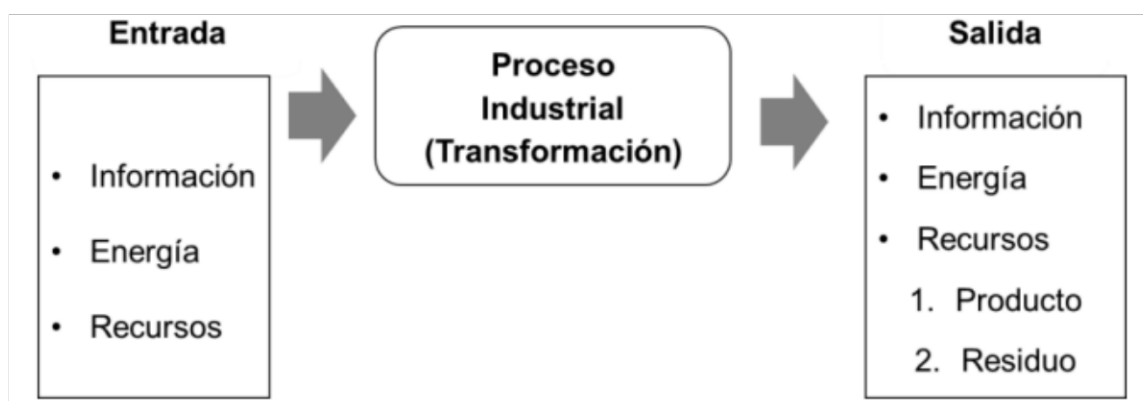


Figura 1.1 Esquema básico de un proceso industrial [9]

Los procesos industriales engloban una secuencia de pasos ejecutados de manera sistemática para alcanzar objetivos específicos en diversos sectores, tales como la

manufactura, química, automotriz, textil, electrónica, alimentaria, entre otros. La amplitud del campo industrial evidencia la diversidad de actividades involucradas [8]. El propósito fundamental de estos procesos es obtener productos con la máxima eficiencia y calidad, optimizando el tiempo de producción.

1.4.2 Automatización

La automatización es el uso de tecnologías en los procesos industriales con el fin de reemplazar ojos, manos, cerebro de los trabajadores con alternativas eléctricas y electrónicas, tales como sensores, actuadores y controladores lógicos programables. La automatización se basa en que los sensores se obtienen señales y medidas necesarias recopiladas del proceso controlado, posterior a esta información es analizada por el controlador lógico programable y finalmente se ejecuta una acción a través de los actuadores. [10]

La automatización en la industria persigue el objetivo de reducir la intervención humana mediante la aplicación de tecnologías teleinformáticas en las actividades de control de la producción. Este enfoque se implementa particularmente en sistemas donde se puede cerrar un lazo de información entre las máquinas y los procesos [11]. La racionalización de tareas a través de la automatización no solo busca mejorar la eficiencia, sino también optimizar la seguridad y calidad en entornos industriales. Al minimizar las labores rutinarias mediante la introducción de sistemas automatizados, se logra no solo disminuir costos, sino también liberar a los trabajadores para que asuman roles de supervisión, donde la seguridad y la calidad de las operaciones pueden ser monitoreadas de manera más efectiva [12].

Entre las razones fundamentales para automatizar, destaca la mejora de la productividad y la reducción de costos asociados a la mano de obra. Al eliminar tareas repetitivas, se fomenta una mayor eficiencia en la producción, permitiendo a los trabajadores centrarse en funciones más analíticas y de supervisión. Asimismo, la automatización contribuye a elevar la calidad de los productos, al reducir el tiempo de espera en la producción y llevar a cabo operaciones de alta precisión.[11]

La automatización se puede clasificar en dos partes claras, la parte operativa formada por conjunto de dispositivos y maquinas que realizan determinadas funciones [1]. Y la parte de control es el dispositivo encargado de realizar la coordinación en las distintas operaciones, en la Figura 1.2 se puede observar el modelo del sistema de automatización diferenciando las funciones de cada parte Figura 1.2 .

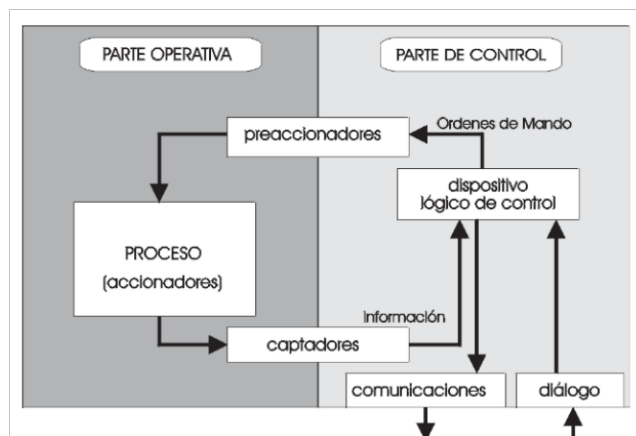


Figura 1.2 Modelo estructural de un sistema automatizado [1]

1.4.2.1 Sensores

Los sensores son dispositivos que detectan una determinada acción externa y convierte esta información en señales eléctricas, ópticas u otros tipos de señales que pueden ser utilizadas para controlar algún proceso. Con frecuencia la acción externa se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material una detección discreta [13]. También es una cantidad capaz de medirse, como el cambio de distancia, tamaño, temperatura o presión una detección analógica. Los sensores son conocidos por su versatilidad, posibilitan la comunicación entre el mundo físico y los sistemas de medición y control tanto eléctricos como electrónicos, se utilizan en una amplia variedad de campos y aplicaciones en los entornos industriales [14].

En el mercado actual, se encuentra disponible una amplia variedad de sensores diseñados para medir diversas magnitudes físicas, como temperatura, humedad, presión, posición, movimiento, caudal, luz, imagen, corriente y conductividad, entre otras. La clasificación de estos sensores adquiere una importancia crucial en el ámbito industrial, ya que permite comprender sus aplicaciones y funciones específicas. En este contexto, existen sensores especializados adaptados a distintas áreas, y la selección de estos está directamente vinculada al entorno particular en el que serán desarrollados [4]. La comprensión detallada de esta clasificación resulta esencial para asegurar la eficacia y relevancia de los sensores en sus respectivas aplicaciones industriales.

Al seleccionar un sensor, es esencial considerar los márgenes máximos y mínimos que puede soportar tanto para las variables de entrada como de salida. La estabilidad del sensor es crucial, reflejando su capacidad para mantener una salida constante en un rango específico [15]. Asimismo, se debe tener en cuenta la cantidad de corriente requerida para el funcionamiento del sensor, ya que este factor determina su eficacia en el sistema. Estos criterios son fundamentales en la elección y evaluación de sensores para diversas aplicaciones

Entre los sensores más comunes, se destacan los sensores de proximidad, que incluyen variantes inductivas, capacitivas y magnéticas, siendo cruciales para detectar la presencia o ausencia de objetos. La explicación del funcionamiento de los sensores de proximidad se puede apreciar en la Figura 1.3. Además, se tienen los sensores de temperatura, como termopares, resistivos y semiconductores que desempeñan un papel crucial en la medición precisa de la temperatura en entornos industriales mediante detección analógica.

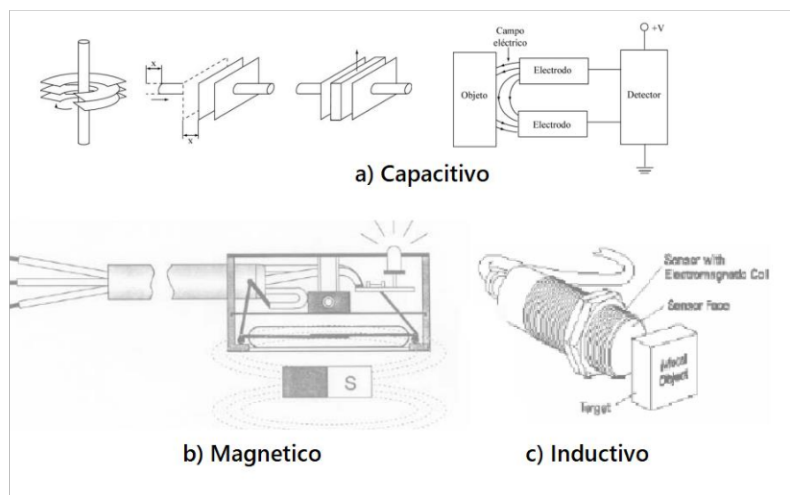


Figura 1.3 Sensores de proximidad [16]

Los sensores de humedad y nivel también forman parte de esta clasificación destacada. La medición de humedad es esencial en procesos industriales alimenticios y químicos, mientras que los sensores de nivel son indispensables en industrias donde se tenga que controlar la cantidad de líquidos y recipientes. La gran cantidad de sensores aborda una gran cantidad de variables, que permite un control eficiente en los procesos industriales. [14]

1.4.2.2 Actuadores

En el ámbito del control de procesos industriales, el actuador desempeña un papel fundamental al transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de procesos automatizados [14]. Este dispositivo recibe órdenes de un regulador o controlador y, en función de estas instrucciones, genera la activación de un elemento final de control, como una válvula, contribuyendo así al resultado deseado en el proceso automatizado [17]. Los actuadores influyen directamente en la señal de salida del sistema automatizado, modificando su magnitud según las instrucciones recibidas de la unidad de control.

Los actuadores son capaces de generar fuerza mediante líquidos, energía eléctrica o gaseosa, lo que implica la necesidad de dispositivos que desempeñen funciones específicas, como el control de fuerza, movimiento, estabilidad, fluidos, temperatura o señales de alarma [18]. Esta característica permite adaptarse a una variedad de

contextos industriales, donde la correcta operación de los actuadores resulta crucial para el funcionamiento eficiente y preciso de los sistemas automatizados.

La elección del actuador adecuado para un sistema específico se basa en el tipo de carga que debe ser manipulada, ya que cada carga requiere un actuador específico. La selección del actuador está básicamente ligada a la aplicación en cuestión, siendo esencial determinar si el control del proceso implica interrupciones, regulaciones o rotaciones. En este proceso de selección, es crucial considerar diversos factores, como la potencia requerida, la controlabilidad deseada, el peso y volumen tolerables, la precisión necesaria, la velocidad de respuesta, los requisitos de mantenimiento y el costo asociado [17]. Estos criterios proporcionan una guía integral para elegir el actuador más apropiado, garantizando un rendimiento eficiente y preciso acorde con las demandas específicas del sistema y la aplicación en cuestión.

Existen tres tipos de actuadores que son usados en la automatización de procesos industriales:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, siendo los más antiguos en su categoría, se emplean principalmente cuando se necesita potencia considerable. Aunque estos actuadores hidráulicos son de los más antiguos, su utilización implica la necesidad de un extenso equipo para suministrar la energía requerida. Estos dispositivos, alimentados con fluido a presión, logran generar movimiento con una velocidad, fuerza, velocidad angular o momento específicos a través de la pérdida de presión de un caudal determinado del fluido. Algunos ejemplos de actuadores hidráulicos se pueden observar en la Figura 1.4.



Figura 1.4 Actuadores hidráulicos [17]

Los actuadores neumáticos son dispositivos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico, generando un movimiento lineal de vaivén o de motores. En comparación con los actuadores hidráulicos, los actuadores neumáticos tienen un rango de compresión mayor. Estos actuadores pueden realizar tanto trabajos lineales como rotativos [19]. Algunos ejemplos de actuadores neumáticos se pueden observar en la Figura 1.5.



Figura 1.5 Actuadores neumáticos [17].

La estructura de los actuadores eléctricos se caracteriza por su simplicidad en comparación con los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que solo necesita energía eléctrica como fuente de poder. Esta sencillez contribuye a su extensa utilización y amplio campo de aplicación, gracias a la fácil disponibilidad de energía eléctrica a través de las redes de distribución [20]. Además, su versatilidad se destaca, ya que prácticamente no existen restricciones en cuanto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador, lo que ofrece flexibilidad en su implementación. Algunos ejemplos de actuadores eléctricos se pueden observar en Figura 1.6



Figura 1.6 Actuadores eléctricos [17].

1.4.2.3 Controladores Logicos Programables

Controlador lógico programable (PLC), se puede definir prácticamente como una computadora que se utiliza en la ingeniería para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de maquinaria de la fábrica en líneas de montaje mecánicas. Está diseñado para recibir múltiples señales de entrada y salida, rangos de temperatura amplios, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. [21]

La ventaja más significativa de estos equipos es realizar operaciones en tiempo real, debido a su disminuido tiempo de reacción. Además, son dispositivos que se adaptan fácilmente a nuevas tareas debido a su flexibilidad a la hora de programarlos reduciendo los costos adicionales a la hora de elaborar proyectos.[22]

En la Figura 1.7 se aprecia la representación gráfica, de los componentes esenciales para que el sistema funcione primordialmente es necesario un suministro de energía cuya función principal es asegurar los voltajes internos de operación tanto del controlador como de sus bloques. Los valores comúnmente empleados son $\pm 5V$, $\pm 12V$ y $\pm 24V$, existen dos tipos de módulos de suministro de energía: los que utilizan un voltaje proveniente de la red de trabajo y los que necesitan suministradores de energía operacionales para el control d ellos elementos. [22]

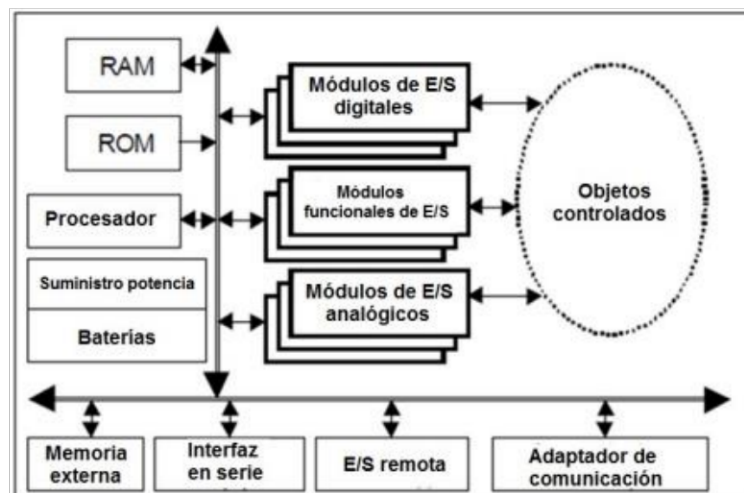


Figura 1.7 Diagrama generalizado de un PLC [22]

La parte fundamental es la unidad de procesamiento del controlador (CPU) que se basa en un microprocesador capaz de realizar operación aritméticas y lógicas para que se ejecuten en diversas funciones. [22]

La transmisión de datos en los PLCs se lleva a cabo gracias a cuatro tipos de buses.

- Bus de datos: destinado a la transferencia de datos entre los componentes individuales.
- Bus de direcciones: utilizado para las transferencias entre celdas donde se almacenan datos.
- Bus de control: encargado de las señales de control de los componentes internos.
- Bus de sistema: utilizado para conectar los puertos con los módulos de entrada/salida

El almacenamiento de datos e instrucciones se dan en dos memorias: la memoria permanente (PM) y la memoria de acceso rápido (RAM). La memoria permanente se basa en tecnologías como la ROM, EPROM, EEPROM o FLASH y ejecuta el sistema operativo del PLC. La memoria de acceso permanente de tipo SRAM, lugar donde se guarda y ejecuta el programa utilizado.

Los componentes de entradas y salida (E/S) son componente que coordinan la interacción entre las señales internas del PLC y las señales provenientes o dirigidas a dispositivos como sensores, actuadores, interruptores, etc. Las señales pueden ser analógicas (AI, AO) o digitales (DI, DO). [21]

1.4.3 Opc

OPC (OLE for Process Control) es un método de conectividad utilizado en la automatización industrial cuya función principal es comunicar a los dispositivos, controladores, y aplicaciones evitando toparse con los problemas de conexión por propietarios. OPC no se clasifica como un protocolo sino como un estándar de conectividad de datos. Este estándar apoya diversas especificaciones gestionadas por la fundación OPC, y cualquier software que cumpla con estas especificaciones brindan a usuarios e integradores la ventaja de una conectividad abierta e independiente sin depender del fabricante de dispositivo. [23]

1.4.3.1 Estandar Opc Clasico

El estándar OPC clásico está diseñado para que funcione en la plataforma de Windows mediante el uso de COM/DCOM (Modelos de objetos distribuidos/ Modelo de objetos Componentes Distribuidos) para facilitar el intercambio de datos entre diferentes componentes del software. Las especificaciones del estándar incluyen definiciones separadas para el acceso a datos, gestión de alarmas e historiales. Estas áreas son abordadas por OPC DA, OPC AE y OPC HDA. [24]

- OPC Data Access (OPC DA): Define la transferencia de datos, abarcando valores, tiempo y calidad de la información. Cubre aspectos clave, como los principios de la tecnología OPC Cliente/Servidor y la definición de datos, así como actividades generales que involucran la creación de un espacio de direcciones y su explorador, lector, escritor y suscriptor para notificaciones de datos modificados
- OPC Alarms and Events (OPC AE): Esta especificación define el intercambio de información en forma de alarmas, mensajes de eventos, estado de variables y gestión de estado, cuya función es supervisar áreas y notificar a los clientes sobre condiciones de alarma.
- OPC Historical Data Access (OPC HDA): Esta especificación aborda la definición de métodos de consulta y análisis aplicables al historial y la trazabilidad de datos. Se centra en el almacenamiento de información en una especie de base de datos, así como en la forma en que los clientes pueden recuperar esta información mediante el uso de OPC.[24]

1.4.3.2 Servidor Opc

Un servidor OPC es una aplicación de software diseñada conforme a una o más especificaciones OPC, siendo esencialmente un driver estandarizado. Estos

servidores actúan como conectores o transductores entre el entorno OPC y los protocolos nativos de diversas fuentes de datos. La comunicación con estos servidores es bidireccional, permitiendo la lectura y escritura de datos. La relación entre servidor OPC y cliente OPC es maestro/esclavo, lo que implica que el servidor transferirá datos solo cuando sea solicitado por un cliente OPC. [23]

1.4.4 Sistema Scada

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos) se refiere a un sistema integral de adquisición de datos y control supervisor [25]. En su configuración clásica, un SCADA se define como un sistema que permite la supervisión de una planta o proceso a través de una estación central actuando como Maestro, conectada a una o varias unidades remotas [26]. En la Figura 1.8 se puede observar los componentes nivel hardware del sistema SCADA.

El sistema SCADA se configura como una aplicación o conjunto de aplicaciones software especialmente diseñadas para operar en ordenadores de control de producción [27]. Estas aplicaciones facilitan el acceso a la planta mediante comunicación digital con instrumentos y actuadores, estableciendo así una interfaz gráfica de alto nivel con el usuario [25]. En términos simples, el SCADA representa una aplicación de control de producción que se comunica con los dispositivos de campo, automatizando y supervisando el proceso directamente desde la pantalla del ordenador [28].

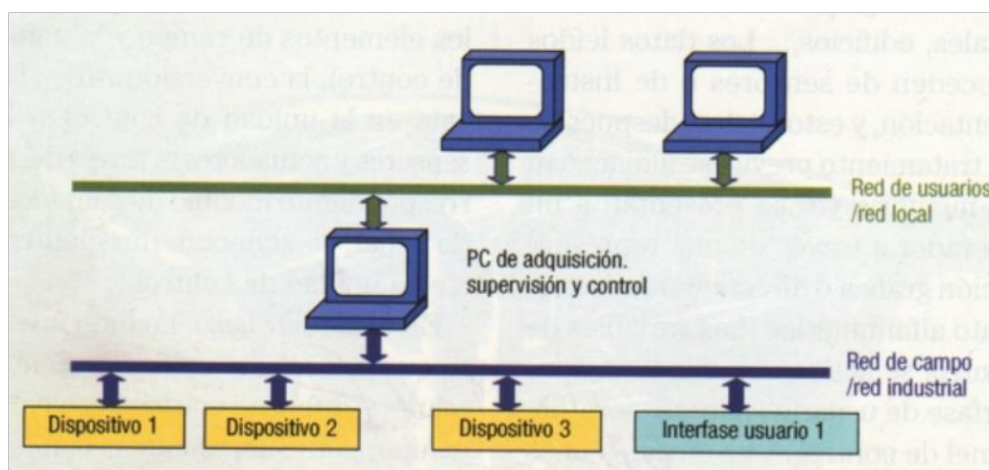


Figura 1.8 Componentes Hardware sistema SCADA [28]

Esquemáticamente el sistema SCADA de un proceso automatizado es representado como en el diagrama presentado en la Figura 1.9.

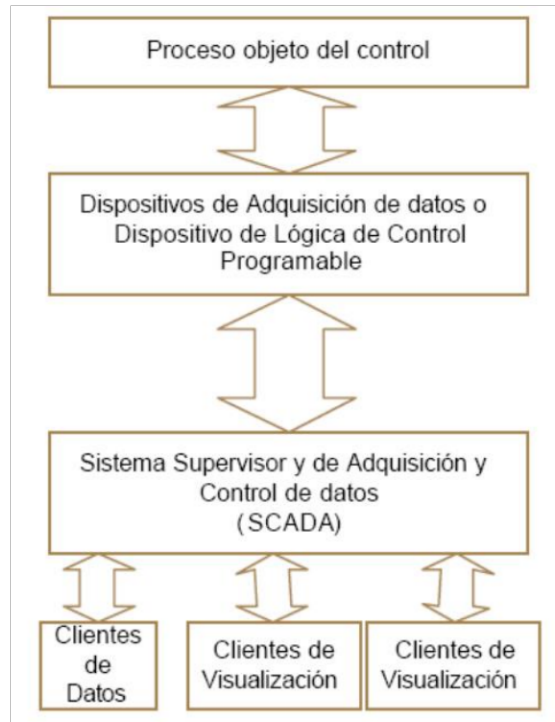


Figura 1.9 Conexión esquemática del sistema SCADA [26].

Donde

- El proceso de objeto de control representa la operación que se desea supervisar, siendo la fuente primaria de los datos que necesitan ser recopilados y distribuidos.
- La adquisición de datos implica un conjunto de instrumentos de medición equipados con interfaces de comunicación que posibilitan su interconexión.
- SCADA se define como una combinación de hardware y software que posibilita la recopilación y visualización de los datos provenientes de los instrumentos.
- Los clientes constituyen un conjunto de aplicaciones que hacen uso de los datos proporcionados por el sistema SCADA, facilitando así la utilización y gestión de la información recolectada [26].

Un sistema SCADA debe cumplir con varios objetivos para asegurar su eficacia y adaptabilidad en entornos industriales cambiantes. En primer lugar, es esencial que estos sistemas cuenten con una arquitectura abierta, lo que les permite crecer y adaptarse a las necesidades en evolución de la empresa. Deben garantizar una comunicación fluida y transparente tanto con el equipo de planta como con el resto de la organización, incluyendo redes locales y de gestión [28]. Asimismo, se requiere que los programas SCADA sean fáciles de instalar, sin imponer grandes exigencias de hardware, y de uso sencillo, proporcionando interfaces amigables para el usuario. Estos criterios destacan la importancia de la flexibilidad, interoperabilidad y accesibilidad en la funcionalidad de los sistemas SCADA, asegurando así su eficiencia y facilidad de integración en distintos contextos industriales.

2 METODOLOGÍA

2.1 Diseño Del Proceso De Almacenamiento Y Refrigeración De Las Papas En La Línea De Simulación De CAPEIPI

Para el diseño del proceso, se dividirá en dos módulos fundamentales. El primer módulo se encargará del proceso de clasificación del empaque, mientras que el segundo módulo estará dedicado a la fase de almacenamiento.

2.1.1 Primer Modulo

El primer módulo se compone de los elementos detallados en la Tabla 2.1. Su funcionamiento se describe de la siguiente manera: se integran sensores inductivos a lo largo de una banda Figura 2.1 (b) por la cual se desplaza una bandeja simulando el empaque que contiene papas. Al ingresar el empaque, se realiza una validación del peso; si corresponde a los estándares de almacenamiento establecidos para este proyecto (500 gramos o 1 kilogramo), el empaque sigue su trayectoria a lo largo de la banda hasta llegar a una clasificadora Figura 2.1(d). En este punto, gira a la derecha y continúa con el proceso si el peso es correcto, o gira a la izquierda en caso contrario, enviándose a la sección de reprocesamiento.

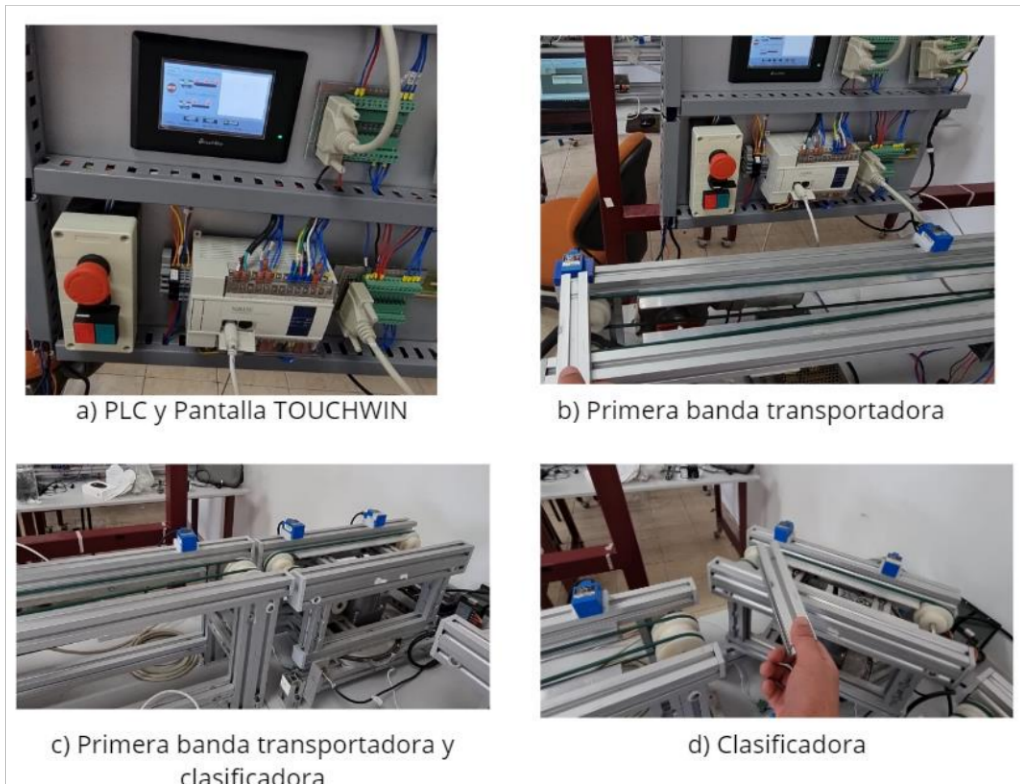


Figura 2.1 Primer Modulo

Tabla 2.1 Elementos del primer Modulo

Elemento	Modelo	Cantidad
PLC Xinje	XC3-32R-E	1
Sensor inductivo	LMF6-3010NA	7
Motor DC		1
Motor AC		1
Pantalla TouchWin	TH465-MT/UT	1

2.1.1.1 Plc Xinje Xc3-32r-E

Controlador lógico programable XC3-32R-E cuenta con 18 entradas digitales y 14 salidas digitales (Rele), tiene las siguientes características presentadas en la Tabla 2.2

Tabla 2.2 Características de PLC XINJE XC3-32R-E [29].

ELEMENTO	VALOR
Voltaje De Aislamiento	Hasta 500V CC 2MΩ
Inmunidad Al Ruido	1000V pulso de 1uS por minuto
Temperatura Ambiente	0°C~60°C
Humedad Ambiente	5~95%
Com1	RS-232C, conectado con la máquina principal, programa HMI o depuración
Com2	RS-232C/RS-485, conectado a la red o instrumento de aptitud, inversor, etc.
Instalación	Fijado con tornillos o instalación en riel
puesta a tierra	Tercer tipo de puesta a tierra (no se puede conectar a tierra pública con sistema de energía fuerte).

Los pines de conexión se presentan en la Figura 2.2 y las características de los pines se presentan en la Tabla 2.3.

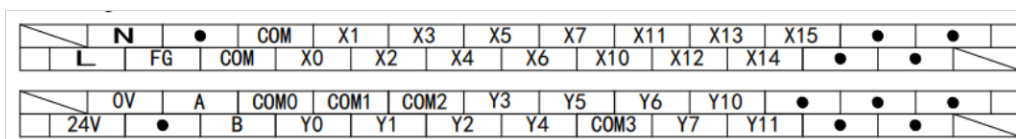


Figura 2.2 Pines del PLC XINJE XC3-32R-E [29]

Tabla 2.3 Descripción de pines a conectar en el PLC XINJE XC3-32R-E [29]

Pin	Descripción
L, N	Alimentación de entrada 110/220 VAC
FG	Conexión a tierra
COM	Punto común de las entradas
X0-X7/14	Entradas digitales
0V-24V	Alimentación de salida 24VDC
COM0	Punto común para Y0-Y1/Y0
COM1	Punto de común Y2-Y4/Y1
COM2	Punto común Y2-Y5
COM3	Punto común Y6-Y11
Y0-Y1	Salidas tipo transistor NPN
Y2-Y5/Y11	Salidas tipo relé

La configuración de las conexiones de las entradas y salidas dependerá según el tipo requerido para la conexión. En la Figura 2.3 se exhibe el diagrama de conexión apropiado tanto para las entradas como para las salidas en el PLC.

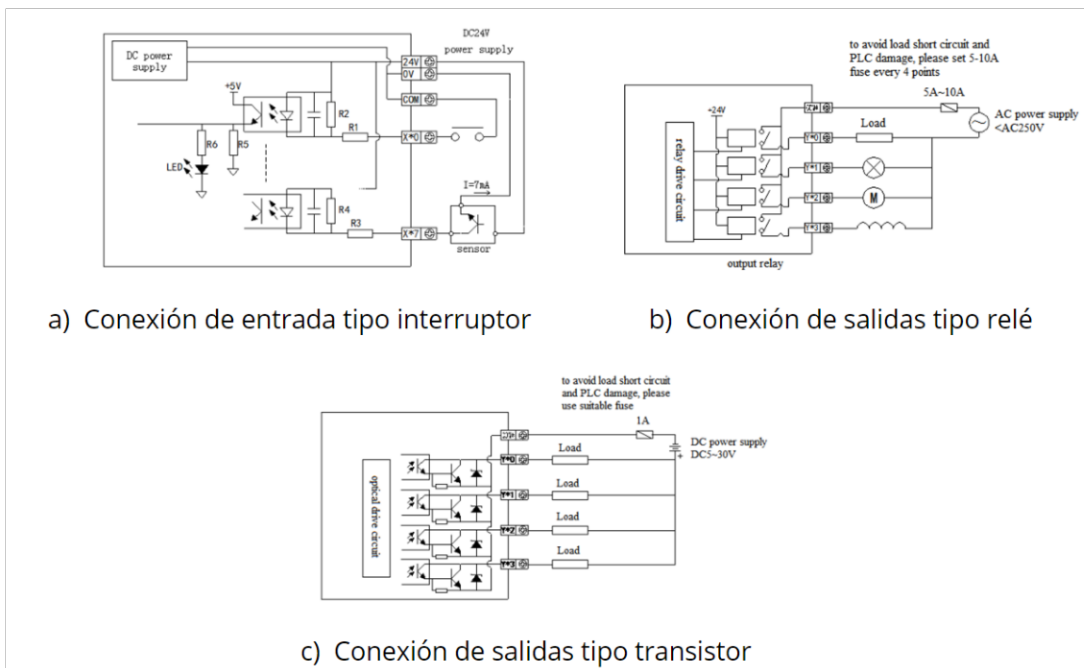


Figura 2.3 Diagrama de conexiones [29]

Para la programación del PLC, se utiliza el software XC Series Program Tool, como se evidencia en la Figura 2.4. Este programa presenta una interfaz altamente didáctica. El usuario debe seleccionar el modelo específico de PLC en el cual se llevará a cabo la programación. La programación se realiza utilizando el lenguaje Ladder, y el programa incluye diversas herramientas de programación. Estas herramientas están detalladas en el manual correspondiente al PLC [29].

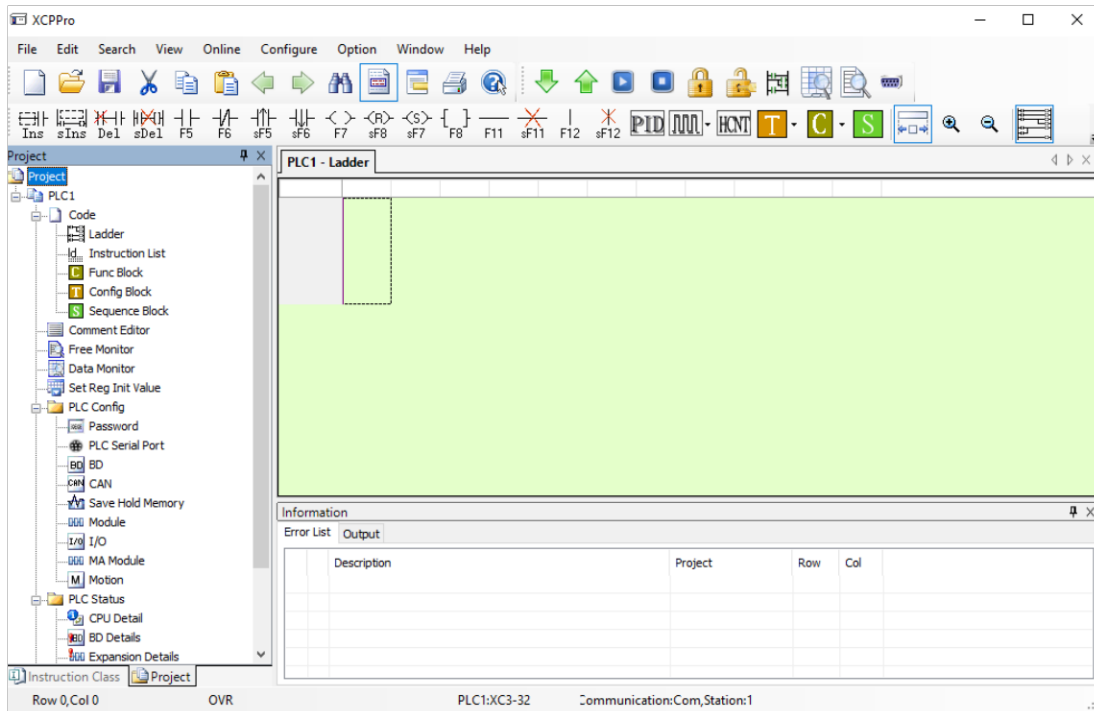


Figura 2.4 XC Series Program Tool

2.1.1.2 Sensores Del Primer Modulo

En el primer módulo, se incorporan siete sensores inductivos del modelo LMF6-3010NA Figura 2.5, cuyas características se encuentran detalladas en la Tabla 2.4.



Figura 2.5 Sensor LMF6-3010NA [30]

Tabla 2.4 Características del sensor LMF6-3010NA [30]

Característica	Valor
Distancia de detección	10 mm
Caída de voltaje de salida cc/ca	DC<3V AC<10V

Corriente de consumo cc/ca	DC<15mA AC<10mA
Salida de control	300 mA
Frecuencia de respuesta	200Hz/25Hz
Temperatura del entorno de trabajo	25°C ~+75°C
Objeto detectado estándar	Hierro

Los tres primeros sensores se ubican en la primera banda, como se muestra en la Figura 2.1(b). En la parte de clasificación, los sensores 4 y 5 están situados en la banda, mientras que los sensores 6 y 7, como se visualiza en la Figura 2.1(d), se encuentran debajo de la clasificadora. Las funciones específicas de cada sensor se detallan en la Tabla 2.5

Tabla 2.5 Funciones de cada Sensor del Primer modulo

Sensor	Función
1	Si el sensor detecta, la banda se pone en marcha, iniciando así el proceso
2	Al identificar el sensor, la banda se detiene temporalmente para validar el peso del empaque
3	Cuando el sensor detecta, se activa la banda de la clasificadora
4	Si el sensor detecta, se desactivan tanto la primera banda como la banda clasificadora
5	Se activa la banda del otro módulo mediante comunicación
6	Para el motor de la clasificadora, al girar en sentido horario.
7	Para el motor de la clasificadora, al girar en sentido antihorario

2.1.1.3 Motor Dc

El motor DC destinado al funcionamiento de la primera banda se presenta conectado a una fuente de 24V independiente, se configura mediante contactores para operar en ambas direcciones, tanto en sentido horario como antihorario, según se ilustra en la Figura 2.6

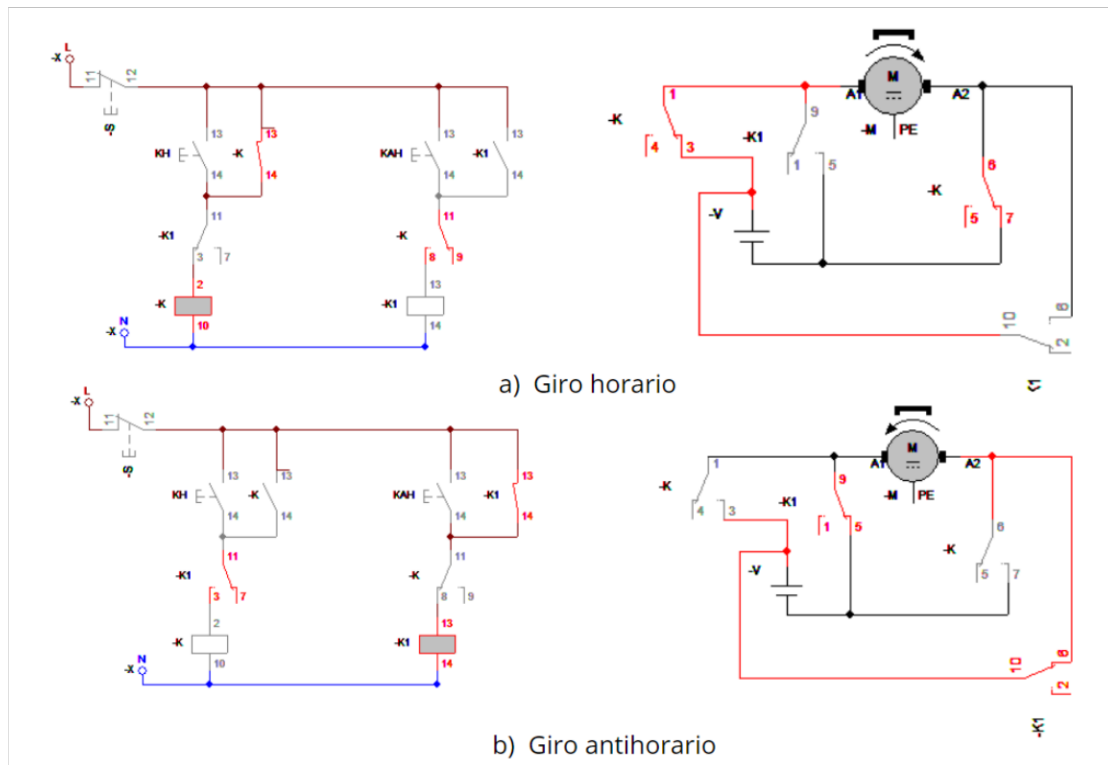


Figura 2.6 Conexión Motor DC

En la Figura 2.6, KH, representado como un switch, indica la señal proporcionada por el PLC para que el giro del motor DC sea en sentido horario. Por otro lado, KAH representa la señal del PLC para que el motor DC funcione en sentido antihorario. Es importante destacar que la configuración de los contactos está diseñada de manera que, si el motor está girando en sentido horario o antihorario, no puede cambiar automáticamente al sentido opuesto. Primero, se requiere detener el motor y luego iniciar el giro en la dirección deseada.

2.1.1.4 Motor Ac

En el primer módulo, se emplean dos motores AC: uno asociado a la banda ubicada en la clasificadora y otro encargado del giro de la clasificadora. Dado que ambos motores son monofásicos AC, se utiliza la misma disposición de contactores detallada en la Figura 2.6. No obstante, gracias al regulador de velocidad modelo US-52 Figura 2.7, no es necesario emplear contactores para evitar que ambos motores giren en direcciones opuestas simultáneamente. El regulador de velocidad bloquea automáticamente esta posibilidad.

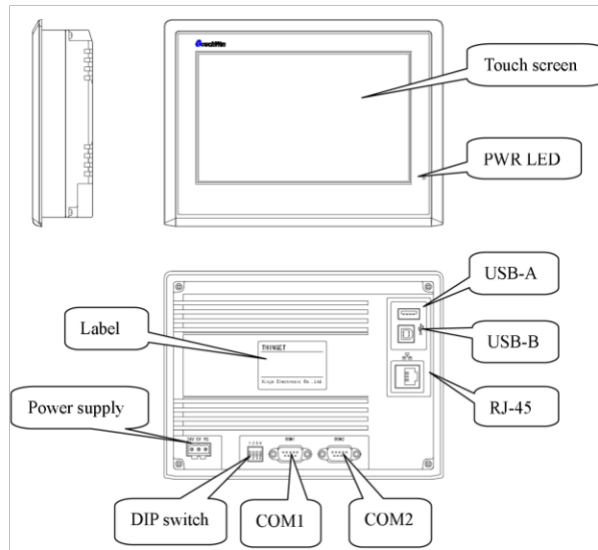


Figura 2.8 Hardware de TouchWin TH465-MT/U

La conexión de la pantalla requiere cables adicionales, entre ellos:

- Cable Ethernet.
- Cable USB-A a USB-B.
- Cable RS235 o RS485 a DB-9.
- Disco externo USB 2.0.

Para la descarga o carga de los HMI en las pantallas, se precisa un cable USB-A a USB-B Figura 2.9(a). Además, para la comunicación con el PLC, se requiere un cable RS232 a DB9 Figura 2.9(b).



Figura 2.9 Cable para carga/descarga de HMI y Comunicación

Para la programación de la pantalla TouchWin, se emplea la herramienta TouchWin Edit Tool versión V2.D3n, como se muestra en la Figura 2.10. Este programa incorpora motores, lámparas, pulsadores y funciones predefinidas para facilitar su uso. Para utilizarlo, basta con seleccionar la pantalla deseada. Es importante señalar que, para habilitar todas las opciones de programación, es necesario desbloquear dicha función.

Las instrucciones para desbloquear se detallan en el manual de TouchWin Edit Tool [33]. Esta medida permite representar de manera más eficiente el proceso que se lleva a cabo.

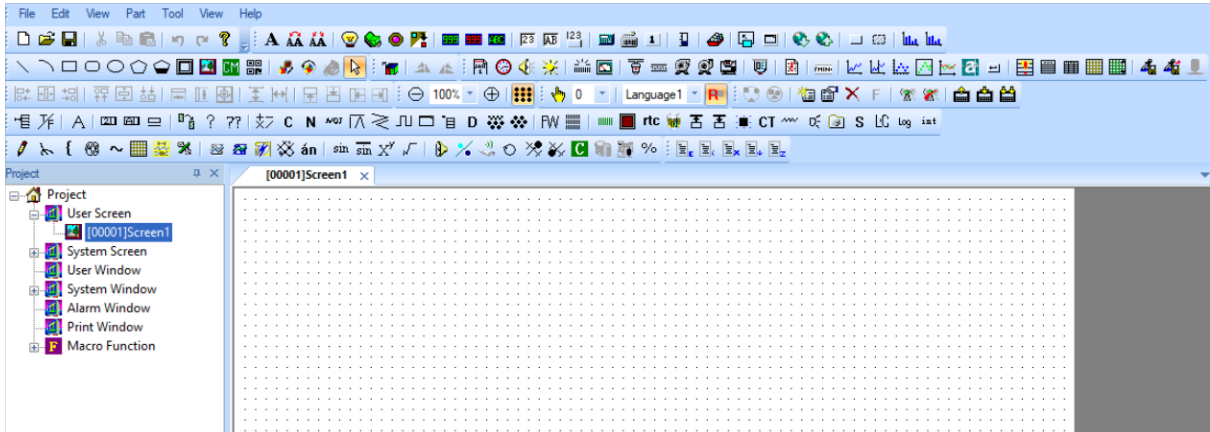


Figura 2.10 TouchWin Edit Tool

2.1.1.6 Programación Primer Modulo

En la programación del PLC Xinje XC3-32R-E para el primer módulo, se emplea el software XC Series Program Tool, según se evidencia en la Figura 2.4. La lógica de programación seguirá las pautas detalladas en la Figura 2.11, y el código correspondiente al PLC se presentará en los Anexos.

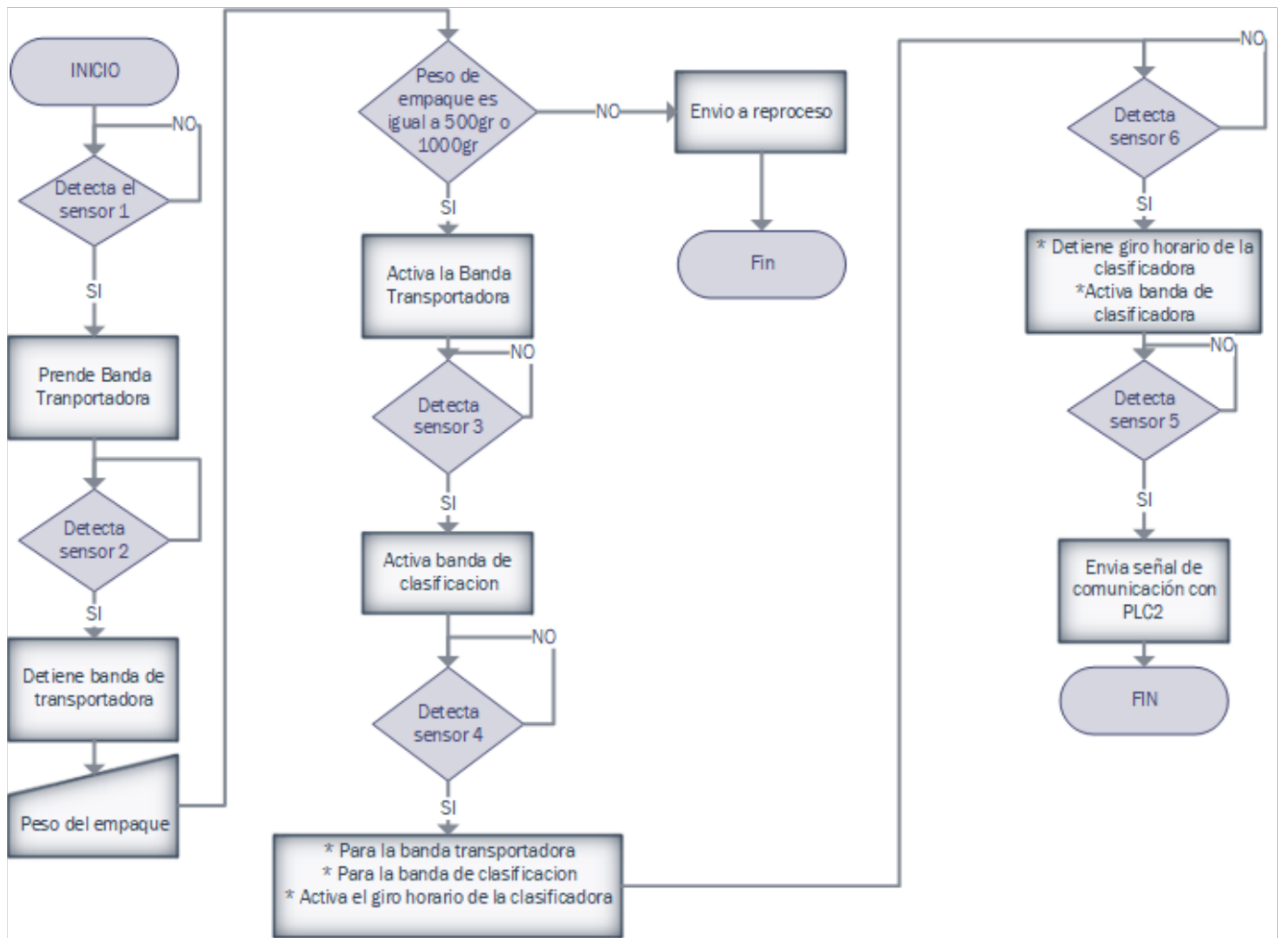


Figura 2.11 Diagrama de flujo del funcionamiento del primer modulo

La programación de la pantalla TouchWin TH465-MT/UT se realiza mediante el programa TouchWin Edit Tool en su versión V2.D3n, tal como se ilustra en la Figura 2.10 . La lógica de programación se ajustará al diagrama de flujo detallado en la Figura 2.12.

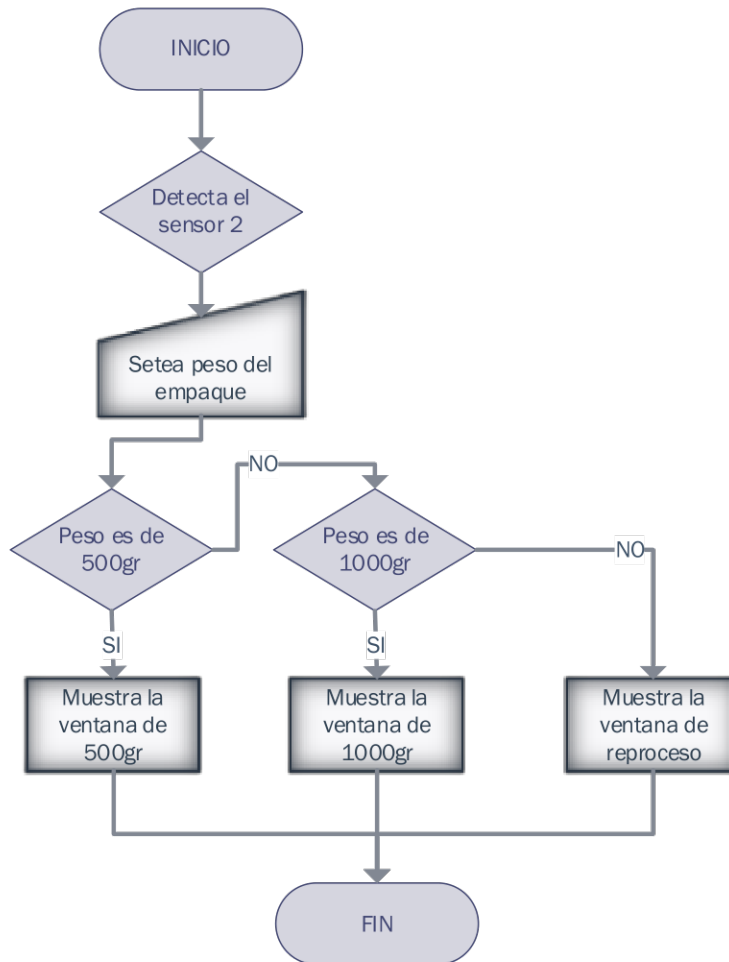


Figura 2.12 Diagrama de flujo de funcionamiento de la pantalla del primer modulo

2.1.2 Segundo Modulo

El segundo módulo está compuesto por los elementos detallados en la Tabla 2.7. Su funcionamiento se describe de la siguiente manera: al recibir la información del sensor 5 del primer módulo, se activa la banda del elevador hasta que el sensor inductivo detecte el paso del empaque Figura 2.13 (b). Dependiendo del peso del empaque, el sistema ejecuta las siguientes acciones.

Si el empaque pesa 500 gramos, la banda del elevador se detiene, y el elevador comienza a subir hasta alcanzar su tope máximo Figura 2.13(c). Luego, se detiene y se activa la banda del elevador por 10 segundos para posicionar el empaque en la zona de almacenamiento. Tras esos 10 segundos, se verifica en la pantalla si el empaque efectivamente pesa 500 gramos Figura 2.13(a).

Si el empaque pesa 1 kg, la banda no se detiene por 10 segundos, colocando el empaque en la parte inferior de la zona de almacenamiento Figura 2.13(d). Después de los 10 segundos, se detiene la banda del elevador y se verifica en la pantalla si el empaque es efectivamente de 1 kg.

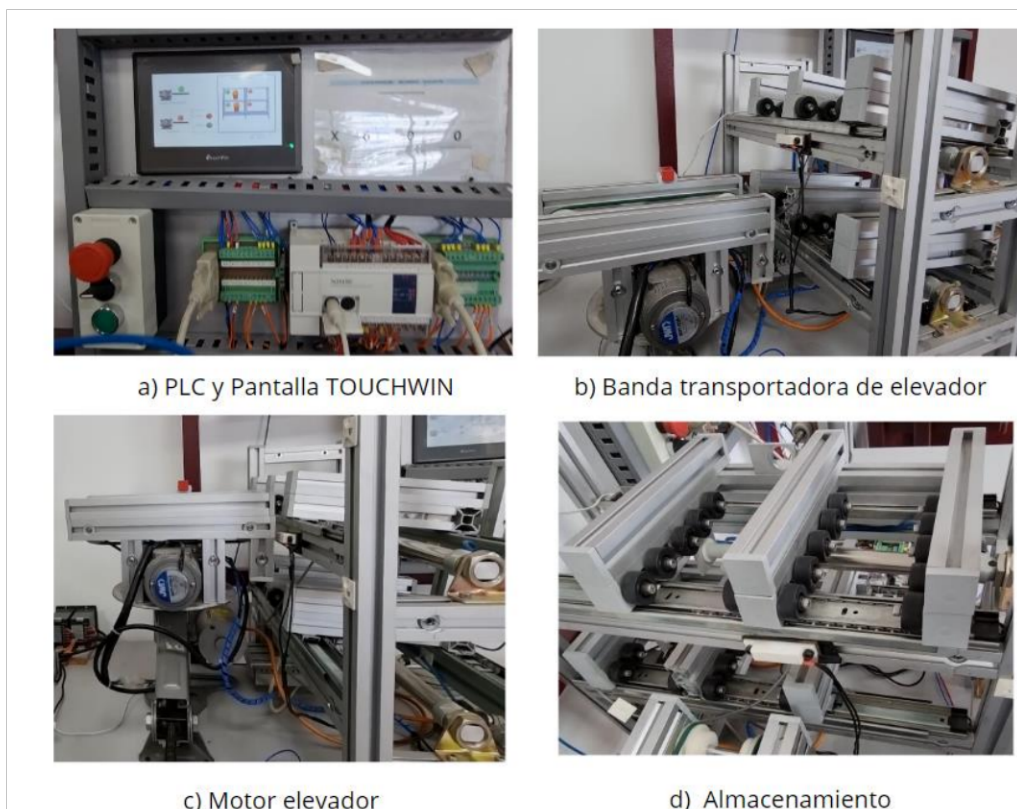


Figura 2.13 Segundo Modulo

Tabla 2.7 Elementos del Segundo Modulo

Elemento	Modelo	Cantidad
PLC Xinje	XC3-32R-E	1
Sensor Inductivo	LMF4-3005NA	1
Sensor Magnético		1
Cilindro de simple efecto		3
Motor DC		1
Motor AC		1
Pantalla TouchWin	TH765-MT/UT	1

Tanto el PLC Xinje XC3-32R-E del primer modulo que se detalla 2.1.1.1 es el mismo que el segundo modulo no se detalla en este modulo así como el motor DC designado para el elevador tiene el mismo funcionamiento que el motor detallado 2.1.1.3 y el motor AC designado para la banda transportadora del elevador tiene el mismo funcionamiento que el motor AC detallado 2.1.1.4

El PLC Xinje XC3-32R-E mencionado en detalle en la sección 2.1.1.1 para el primer módulo es el mismo que se utiliza en el segundo módulo, aunque no se presenta una

descripción detallada en esta sección. Además, el motor DC asignado al elevador opera de manera similar al motor DC descrito en la sección 2.1.1.3 y el motor AC destinado a la banda transportadora del elevador comparte las mismas características de funcionamiento con el motor AC explicado en la sección 2.1.1.4.

2.1.2.1 Sensores

En el segundo módulo, se incorporan dos sensores. El primero es un sensor inductivo, identificado como modelo LMF4-3005NA como se observa en la Figura 2.14, cuyas características detalladas se presentan en la Tabla 2.8. Este sensor se sitúa en la mitad de la banda del elevador y, al detectar el paso del empaque, activa una función que implica esperar 10 segundos antes de desactivar la banda del elevador.

El segundo sensor es magnético, representado en la Figura 2.15 y ubicado en el extremo superior de la repisa de almacenamiento. Se activa cuando el elevador alcanza su altura máxima.



Figura 2.14 Sensor LMF4-3005NA [34]

Tabla 2.8 Características del sensor LMF4-3005NA [34]

Característica	Valor
Distancia de detección	5 mm
Caída de voltaje de salida cc/ca	DC<3V AC<10V
Corriente de consumo cc/ca	DC<15mA AC<10mA
Salida de control	200 mA
Frecuencia de respuesta	300 Hz
Temperatura del entorno de trabajo	-25°C ~+75°C
Objeto detectado estándar	Hierro



Figura 2.15 Sensor Magnético

2.1.2.2 Pantalla Touchwin TH765-MT/UT

La pantalla TouchWin TH765-MT/UT tiene las siguientes características presentadas en la Tabla 2.9

Tabla 2.9 Características TouchWin TH765-MT/UT [32]

Característica	Valor
Tamaño	7.0"
Resolución	800x480
Panel Touch	Modo resistencia 4 cables
Capacidad	128 MB
Voltaje de entrada	24 V DC
Corriente de consumo	140 mA
Temperatura de operación	0-50

En cuanto al hardware, la pantalla TH765-MT/UT comparte las mismas características que la pantalla TouchWin TH465-MT/UT. Además, para la programación de ambas pantallas, se utiliza el mismo programa, y se requieren los mismos cables tanto para la comunicación como para cargar y descargar el HMI, tal como se detalla en la sección 2.1.1.5.

2.1.2.3 Programación Del Segundo Modulo

En la programación del PLC Xinje XC3-32R-E para el primer módulo, se emplea el software XC Series Program Tool, según se evidencia en la Figura 2.4. La lógica de programación seguirá las pautas detalladas en la Figura 2.16, y el código correspondiente al PLC se presentará en los Anexos.

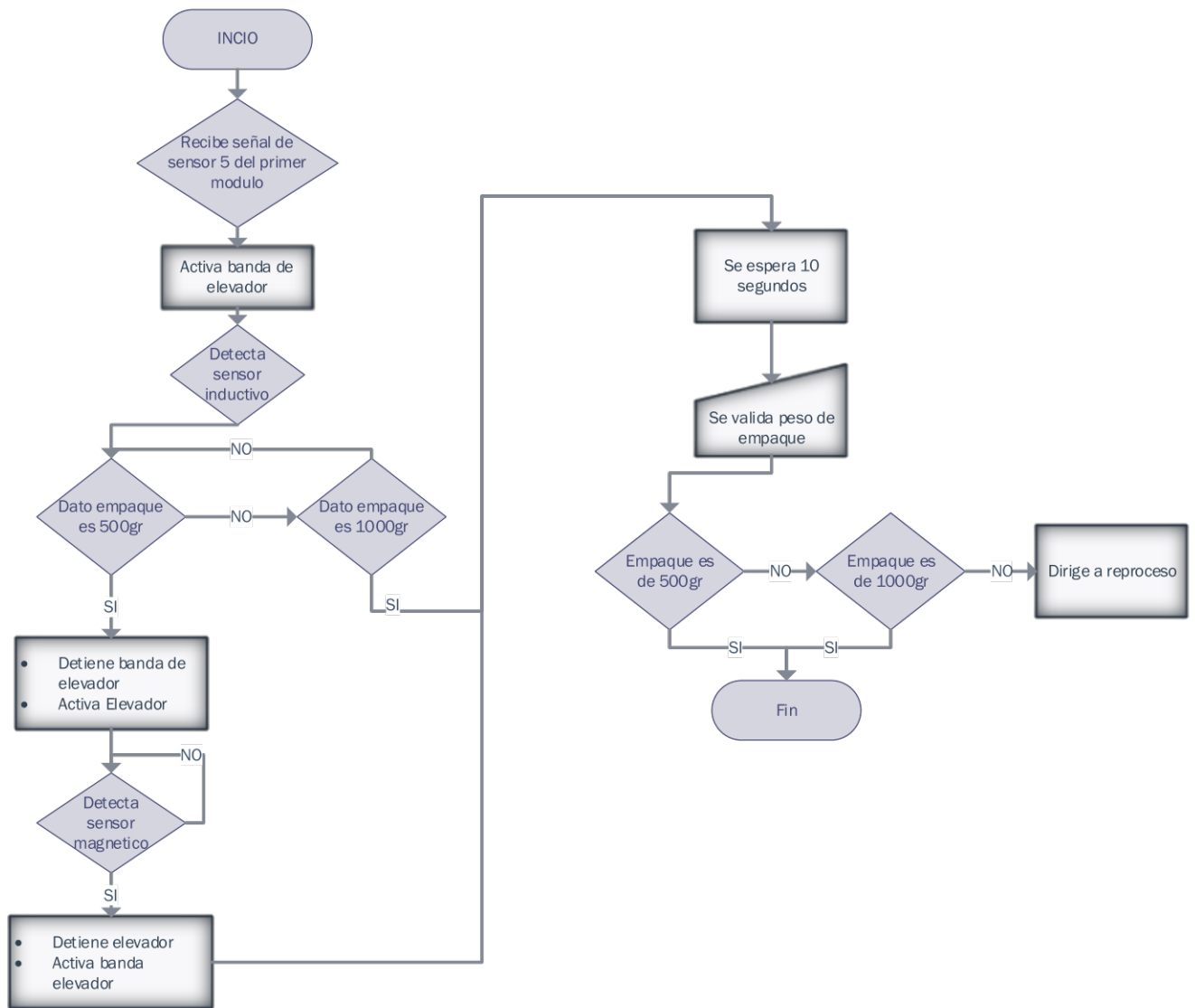


Figura 2.16 Diagrama de flujo del funcionamiento del segundo modulo

La programación de la pantalla TouchWin TH765-MT/UT se realiza mediante el programa TouchWin Edit Tool en su versión V2.D3n, tal como se ilustra en la Figura 2.10 . La lógica de programación se ajustará al diagrama de flujo detallado en la Figura 2.12.

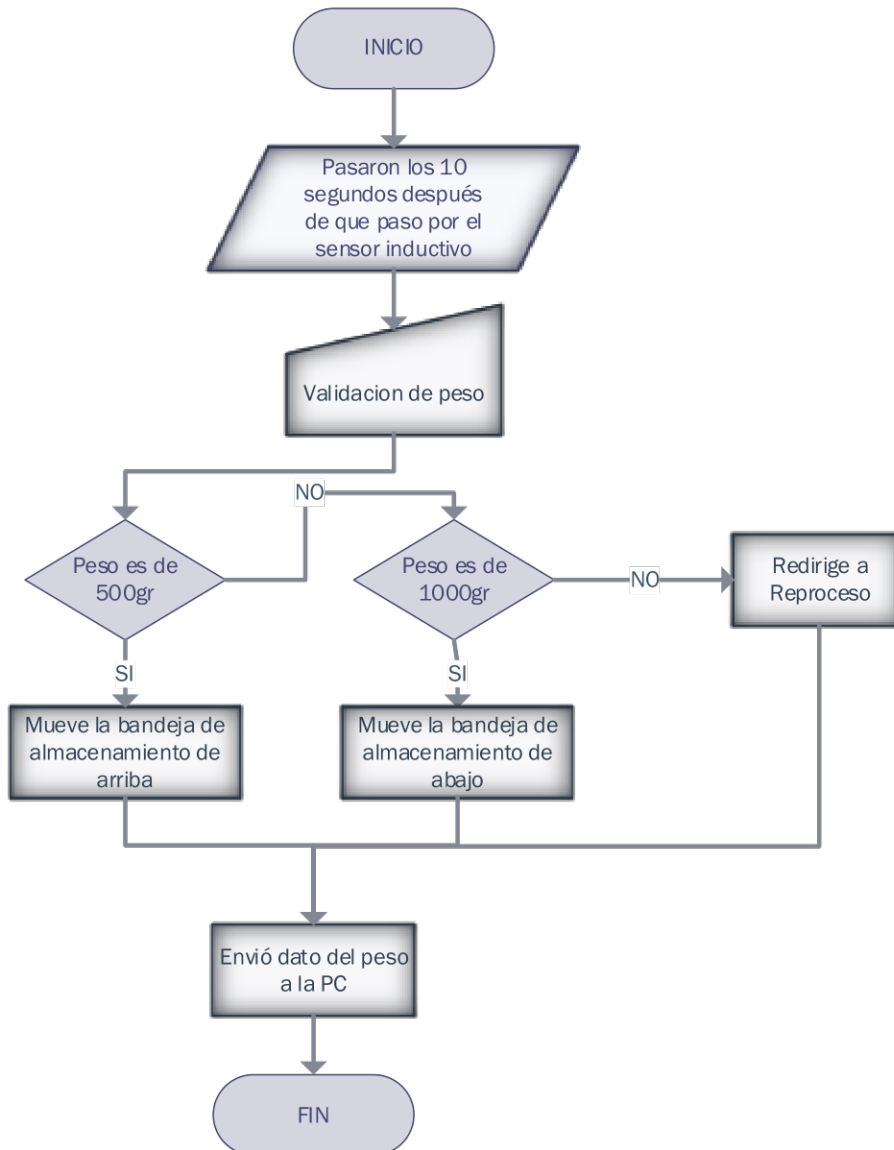


Figura 2.17 Diagrama de flujo de funcionamiento de la pantalla del segundo modulo

2.1.3 Comunicación

En el servidor, se empleará el programa KEPServerEX 6.6, conforme se visualiza en la Figura 2.18. Para la configuración básica, se requiere referirse al manual proporcionado por el fabricante, el cual está disponible en la página web oficial [35].

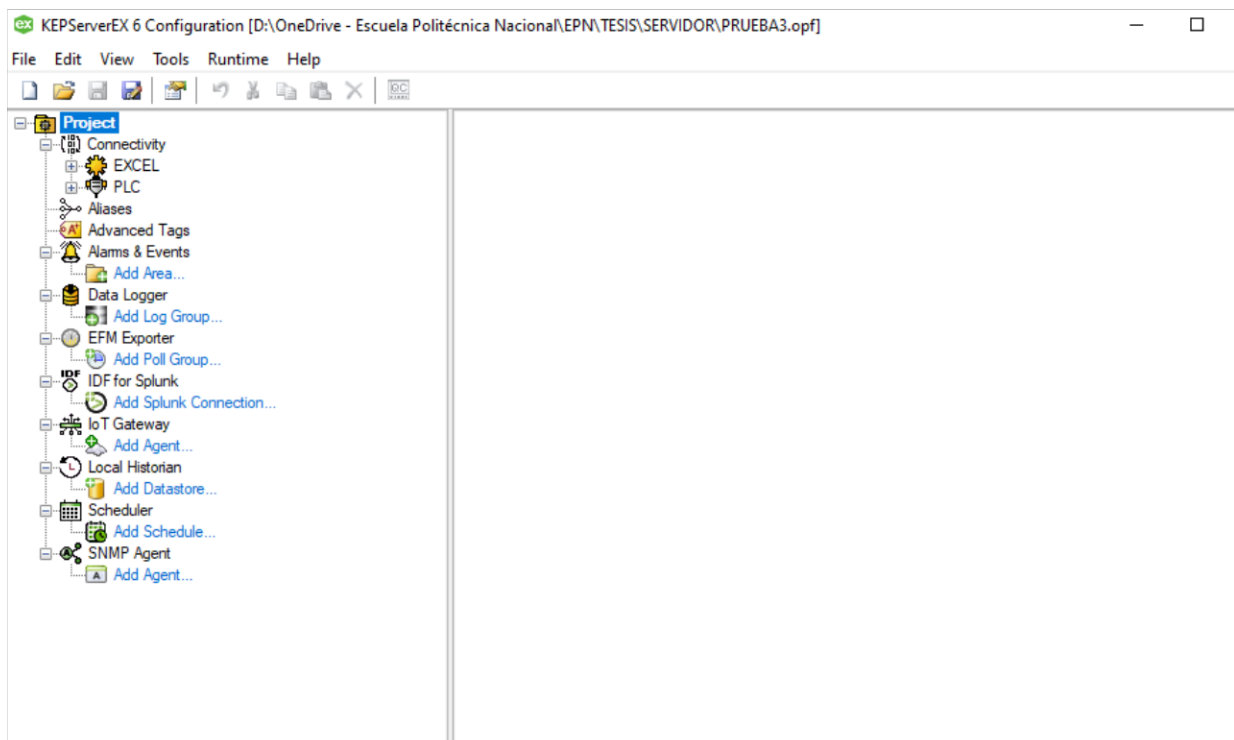


Figura 2.18 Servidor KEPServerEx 6

La implementación de un servidor OPC (OPC Server) facilita el intercambio de información entre varios PLCs y una PC equipada con una hoja de Excel destinada a gestionar la trazabilidad. Se han configurado dos canales para optimizar esta conexión: uno mediante Modbus RTU Serial para la comunicación con el PLC Xinje y otro a través de DDE Client para establecer la conexión con Microsoft Excel, esta configuración se puede apreciar en la Figura 2.19.

Channel Name	Driver	Connection	Sharing	Virtual Network	Description
EXCEL	DDE Client	Other	N/A	N/A	
PLC	Modbus RTU Serial	COM 12	No	None	

Figura 2.19 Canales de configuración

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate
DD	ExcellHoja1!PRUEBA	Word	100
PLC1	ExcellHoja1!DATOPLC1	DWord	100

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate
DATOPRUEBA	400002	Word	100
PESO	400001	Word	100
500 gr defecto	000025	Boolean	100
OK PESO PLC2	000024	Boolean	100
Final de camera Asensor	000023	Boolean	100
1kg defecto	000022	Boolean	100
Sensor pos 6	000021	Boolean	100
Sensor Pos 3	000007	Boolean	100
Final proceso desecho	000006	Boolean	100
Sensor Pos 2	000005	Boolean	100
Sensor_Pos5	000004	Boolean	100
Dato 1Kg	000003	Boolean	100
Dato 500 gr	000002	Boolean	100
Nuevo Producto	000001	Boolean	100

Figura 2.20 Tags de Hoja de Excel y PLC

Tag Name	Tag Type	Data Type
DEFECTO 1KG	Link	String
DEFECTO 500 Gr	Link	String
Final de camera Ascensor	Link	String
FINAL PROCESO DESECHO	Link	String
Nuevo Producto	Link	String
OK PESO DEL PLC2	Link	String
paque500gr	Link	String
Paquete 1Kg	Link	String
prueba datos PLC2	Link	String
PRUEBADATOPLC1	Link	String
PRUEBAPESO DE PLC 1 A 2	Link	String
Sensor pos5	Link	String
Sensor pos6	Link	String
SENSOR POSICION 2	Link	String
Sensor Posicion 3	Link	String

Figura 2.21 Advanced Tags

La generación de Advanced Tags, como se visualiza en la Figura 2.21 simplifica el intercambio de información entre los dos PLCs Xinje y cualquier otro PLC, así como la conexión bidireccional con la hoja de Excel.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

El proceso de almacenamiento y refrigeración de papas dentro de la línea de simulación de CAPEIPI diseñado, se han establecido tres procesos específicos. Estos procesos se diferencian según el peso del empaque: uno está diseñado para

empaques de 500 gramos, otro para empaques de 1 kilogramo, y el tercero se aplica a los empaques que no cumplen con ninguno de estos dos pesos, siendo dirigidos a un proceso de reproceso.

3.1.1 Empaque 1000gr

Para dar comienzo al proceso, es necesario activar el sensor 1 situado en el extremo de la banda transportadora. Una vez que este sensor detecta la presencia, se inicia la banda, como se ilustra en la Figura 3.1. El recorrido continúa hasta llegar al sensor 2, donde se realiza la validación del peso del empaque.



Figura 3.1 Pantalla 1 - Inicio de proceso

Al alcanzar el sensor 2, la pantalla se activa de inmediato para validar el peso, que en este escenario deberá ser de 1000 gramos. Para que el peso sea considerado aceptable, debe situarse dentro del rango de error de $\pm 10\%$, como se visualiza en la Figura 3.2.



Figura 3.2 Pantalla 1- Validación de peso

Después de establecer el peso del empaque, la información se transfiere a la hoja de trazabilidad, tal como se muestra en la Figura 3.3. Simultáneamente, en la pantalla, aparece una ventana que señala que el empaque se dirige al espacio designado para los empaques de 1 kilogramo como se observa en la Figura 3.4.

CONTROL DE TRAZABILIDAD			
Nombre del producto	Papa Chola	Humedad	60%
Numero de Lote	1	Temperatura	10 °C
Origen	Carchi		
Peso de Ingreso	1002		
Peso de Almacenamiento	1000		
			0

Figura 3.3 Hoja Trazabilidad



Figura 3.4 Pantalla 1 – Direccionamiento a 1 Kg

Después de completar todo el proceso y llegar al espacio designado para el empaque de 1 kilogramo, en la pantalla aparece una ventana para validar el peso de almacenamiento. Este procedimiento específico se muestra detalladamente en la Figura 3.5.



Figura 3.5 Pantalla 2 – Validación de peso

Una vez validado el peso en la pantalla 2, se presenta visualmente la disposición de puestos de empaque, indicando aquellos que están disponibles y los que están ocupados. Esta representación gráfica se puede apreciar en la Figura 3.6.



Figura 3.6 Pantalla 2 – Empaque de 1Kg Almacenado

3.1.2 Empaque De 500 Gr

El proceso de inicio para el empaque de 500 gramos es similar al del empaque de 1 kilogramo, como se evidencia en la Figura 3.1 y la Figura 3.2. La diferencia radica en la validación del peso, que en este caso debe ser de 500 gramos con un margen de error de $\pm 10\%$. Cuando el peso ingresado es correcto, en la pantalla 1 aparece una ventana indicando que el empaque se dirige al espacio designado para los empaques de 500 gramos, como se muestra detalladamente en la Figura 3.7.



Figura 3.7 Pantalla 1- Dirigiendo a espacio de 500gr

Igualmente, en la pantalla 2, después de transcurrir los 10 segundos, aparece una ventana para validar el peso de almacenamiento. Una vez que se establece el peso y

cumple con el margen de error, se muestra otra ventana que indica que el empaque ha sido almacenado, acompañada de la visualización de los espacios disponibles para almacenar, según se detalla en la Figura 3.8.



Figura 3.8 Pantalla 2 – Empaque de 500gr Almacenado

3.1.3 Reproceso

El proceso de reproceso se activa cuando el empaque presenta alguna falla y no cumple con los estándares de peso de los empaques establecidos es decir no cumple con un margen de error ± 10 tanto para los empaques de 1Kg y de 500 gr, en la Figura 3.9 se evidencia el ingreso de un peso invalido y en la Figura 3.10 se evidencia como en la pantalla salta la ventana que nos informa que se está dirigiendo a reproceso el empaque.



Figura 3.9 Pantalla 1 – Ingreso de peso invalido



Figura 3.10 Pantalla 1 – Direccionamiento a reproceso

3.1.4 Trazabilidad

En la Figura 3.11 se puede observar el registro completo de todos los empaques almacenados, incluyendo la cantidad final de almacenamiento. En el caso de los empaques que fueron enviados a reproceso, se registra el peso con el que ingresaron, señalando la observación de que el empaque se dirigió a reproceso. En la hoja de Excel, es posible borrar todos los datos. Además, una vez que se haya completado la cantidad necesaria de empaques, se puede utilizar el botón de impresión para generar un archivo PDF que contenga el registro completo de la información.

CONTROL DE TRAZABILIDAD							
Nombre Producto		Papa Chola			Humedad		0.6
Numero Lote		1			Temperatura		10 °C
Origen		Carchi					
Fecha	Hora	Peso	Cantidad	Tipo	Observaciones	Fecha Caducidad	
8/1/2024	12:37:19	1009	1	1000		8/4/2024	
8/1/2024	12:38:49	100	1		Reproceso	8/4/2024	
8/1/2024	12:41:16	500	1	500		8/4/2024	
8/1/2024	12:42:53	1000	1	1000		8/4/2024	
8/1/2024	12:43:39	148	1		Reproceso	8/4/2024	

Figura 3.11 Hoja de Trazabilidad

3.1.5 Alarmas

Al momento que ocurre un problema en el proceso y al activar el botón de emergencia en la pantalla de los módulos aparece la pantalla que nos informa que ocurrió una alarma como se evidencia en la en esa pantalla la única opción es dirigirse a la pantalla donde se encuentran el historial de alarmas como se observa en la Figura 3.12, para poder salir de la pantalla de lista de alarmas es necesario identificar las alarmas y desenclavar el botón de emergencia

En caso de un problema durante el proceso que requiera la activación del botón de emergencia, la pantalla de los módulos mostrará una notificación de alarma, como se ilustra en la Figura 3.12 . En esta pantalla, la única opción disponible es dirigirse a la pantalla que contiene el historial de alarmas, como se visualiza en la Figura 3.13. Para salir de la lista de alarmas, es necesario identificar la alarma específica y desenclavar el botón de emergencia.

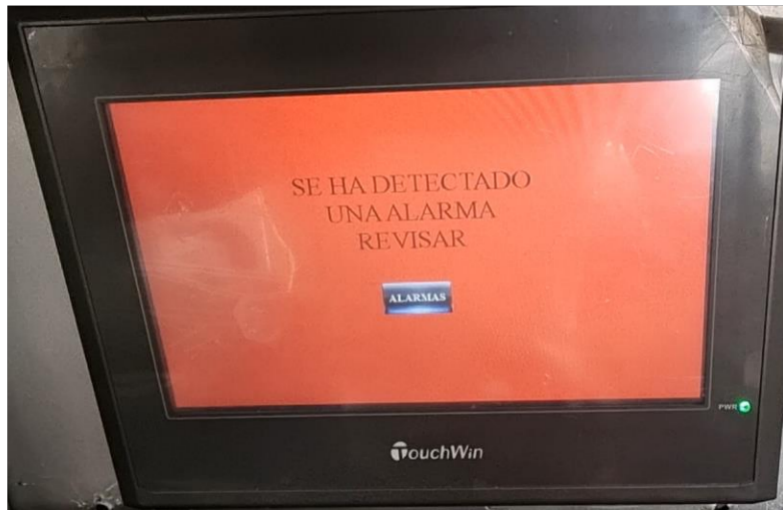


Figura 3.12 Pantalla de Alarma

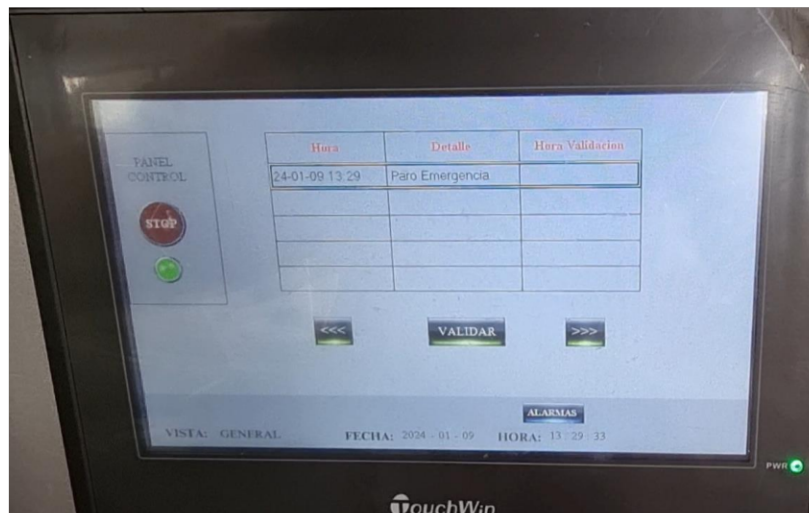


Figura 3.13 Pantalla de lista de Alarmas

3.2 Conclusiones

La evaluación de los aparatos electrónicos reveló que la mayoría se encontraba en buen estado, a pesar de presentar acumulación de polvo, pero funcionaban correctamente. Sin embargo, algunos dispositivos fueron afectados de manera irreparable debido a la combinación de polvo y humedad. Además, se necesitó realizar una nueva conexión neumática, ya que la tubería existente presentaba múltiples fugas. Este análisis detallado destaca la importancia de mantener un mantenimiento preventivo adecuado para garantizar el óptimo funcionamiento y la longevidad de los equipos electrónicos.

La exhaustiva revisión bibliográfica y la variedad de opciones para el desarrollo del sistema SCADA ha permitido una adaptación eficiente a nuestros recursos. La revisión minuciosa de los datos necesarios para la simulación ha sido esencial, al igual que la orientación en los sistemas de almacenamiento de diversas industrias alimenticias. Estas estrategias combinadas han posibilitado una planificación más precisa y eficaz del proyecto.

La revisión detallada de los datasheet de los componentes ha sido fundamental para gestionar eficazmente las variables en la programación del controlador lógico programable. Además, La diversidad de elementos con funciones similares en diversas condiciones ha permitido seleccionar componentes óptimos para el sistema de almacenamiento y refrigeración de papas, destacando la importancia de una evaluación minuciosa y flexibilidad en la selección.

La implementación del registro de trazabilidad en productos alimenticios se revela como una medida crucial para garantizar el control de calidad y conocer la procedencia del producto. Paralelamente, la adopción de un sistema SCADA para monitorear el proceso de almacenamiento y refrigeración de papas no solo previene posibles problemas, sino que también permite realizar ajustes para mejorar la eficiencia y eficacia del sistema. Estas estrategias combinadas son cruciales para garantizar la calidad y optimización en la gestión de productos alimenticios.

En términos de eficacia, el sistema implementado ha arrojado resultados positivos y eficientes, si bien existen consideraciones que pueden ser implementadas y mejoradas para lograr un mayor control sobre las variables de los empaques. La realización de múltiples pruebas del proyecto ha demostrado ser crucial, ya que no solo ayuda a identificar posibles fallas en el sistema de comunicación, sino que también proporciona guías y recomendaciones esenciales para el inicio efectivo del proyecto implementado.

3.3 Recomendaciones

Se recomienda asignar valores aleatorios al momento de validar el peso del primer producto antes de su registro. Esta medida busca asegurarse de que la comunicación entre los PLCs y la computadora se esté ejecutando correctamente. Dado que al inicio

del proceso pueden existir retardos en la comunicación, asignar valores aleatorios durante la validación inicial ayudará a verificar de manera más efectiva la adecuada operación del sistema en estas condiciones.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. G. Moreno, A. De, and R. J. V. Micó, *AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES*, Editorial. España, 1999.
- [2] C. Vicente and A. Latorre, *Automatización industrial*. 2010.
- [3] FESTO, “Automatización de procesos para la industria alimentaria,” 27/04/2020, vol. 1, p. 16, 2020, [Online]. Available: <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/302649-Automatizacion-de-procesos-para-la-industria-alimentaria-de-la-mano-de-Automation24.html>.
- [4] M. Quispe and J. Calderón, “Uso de sensores industriales en la preparación de alimentos,” *Campus*, vol. 21, no. 21, pp. 81–89, 2016, doi: 10.24265/campus.2016.v21n21.08.
- [5] FEMETAL, “La simulación de procesos industriales: clave en la toma de decisiones para procesos de reingeniería de planta y diseño de nuevas instalaciones de fabricación,” pp. 3–10, 2010.
- [6] J. Ciro and J. Oca, “Simulación de procesos,” pp. 1–77, 2018.
- [7] R. Martínez, Raúl; Bernabé, Mónica; Hormaechea, Andima; Mínguez, Rikardo; Ispizua, “Simulación De Procesos Industriales: Beneficios Para La Empresa,” no. 2, pp. 284–291, 2004, [Online]. Available: https://www.aepro.com/files/congresos/2004bilbao/ciip04_0284_0291.1235.pdf.
- [8] I. O. Leidinger, *PROCESOS INDUSTRIALES*. Peru: 1997, 1997.
- [9] G. Jos and A. Soto, “CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES CON MINIMIZACION DEL CONSUMO ENERGETICO,” pp. 32–33, 2018.
- [10] E. T. Mireya Zapata, Liliana Topón-Visarrea, *Fundamentos de Automatización y*

Redes Industriales, Universida. Quito, 2021.

- [11] C. T. Gómez., “Introducción a la automatización, automatas programables,” *Br. J. Cancer*, vol. 25, no. 3, pp. 206–222, 2015, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/341343398_Introduccion_a_la_Investigacion_basica.
- [12] P. Ing and C. Ruedas, “Automatización industrial: áreas de aplicación para ingeniería,” *Boletín electrónico, Univ. Rafael Landívar*, vol. 2008, no. 10, pp. 1–19, 2008, [Online]. Available: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf.
- [13] J. Mayné, “Sensores, acondicionadores y procesadores de señal,” *Silica an Avnet Div.*, vol. 1, pp. 1–65, 2003, [Online]. Available: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Sensores+Acondicionadores+y+Procesadores+de+se?al#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Sensores,+acondicionadores+y+procesadores+de+se?al%230>.
- [14] M. Gutiérrez Hinstroza and S. A. Iturralde Kure, *Fundamentos Basicos de Instrumentacion y Control*. 2017.
- [15] Antonio Creus Solé, *Instrumentación industrial, 8va Edicion*, Octava edi. México, 2010.
- [16] F. Torres and C. Fernández, “Sensores y detectores,” *Automática, Robótica y Visión Artif.*, p. 63, 2014, [Online]. Available: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18433/1/Tema_2_Sensores_y_Detectores.pdf.
- [17] L. A. Tedd, “INTRODUCCION A LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS,” *PUNTO C/ELE. Man. español como Leng. Extranj. Niv. B2*, pp. 49–68, 2020, doi: 10.2307/j.ctv14rmqvw.5.
- [18] D. Nuñez and J. Paéz, “La Importancia de los Actuadores,” *Univ. ECCI*, vol. 1, pp. 2–5, 2013, [Online]. Available: <http://ingenierovizcaino.com/ecci/aut1/corte1/articulos/Actuadores.pdf>.

- [19] P. Caguana and E. Rigoberto, "Implementación y Automatización de un Módulo Didáctico para la Simulación del Control Proporcional Neumático de Presión," 2013, [Online]. Available: [http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2421%5Cnhttp://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos IM 2009-10/Manuel Jesus Escalera-Antonio Rodriguez-Actuadores Neumaticos.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2421%5Cnhttp://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos_IM_2009-10/Manuel_Jesus_Escalera-Antonio_Rodriguez-Actuadores_Neumaticos.pdf).
- [20] R. Sánchez, "Accionamientos y actuadores eléctricos," p. 16, 2008, [Online]. Available: [http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Apuntes Tema 6 nuevo formato.pdf](http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Apuntes_Tema_6_nuevo_formato.pdf).
- [21] UNLP, "Controlador lógico programable - PLC - Conocer tipos de controladores programables . Tipos de programaciones .," 2020.
- [22] C. Pérez-Molina *et al.*, "Performance-centered adaptive curriculum for employment needs," *ASEE Annu. Conf. Expo. Conf. Proc.*, pp. 1–21, 2013, doi: 10.18260/1-2--22347.
- [23] T. Opc, D. Kominek, and P. E. Alberta, "OPC : ¿ De qué se trata , y cómo funciona ?," pp. 4–5, 2009.
- [24] A. Tamairón Pérez and I. Maza Alcañiz, "Sistema OPC para automatización mediante redes de estado," pp. 16–17, 2016.
- [25] A. R. Penin, *Sistemas SCADA*. 2013.
- [26] L. Corrales, "Interfaces de Comunicación Industrial," *Techno Secur. Guid. to Secur. SCADA*, pp. 61–94, 2007, [Online]. Available: https://www.academia.edu/22622340/Dpto_de_Automatización_y_Control_Industrial_Interfaces_de_Comunicación_Industrial.
- [27] J. Romagosa, D. Gallego, and R. Pacheco, "Miniproyecto Automatización Industrial (Auti)," p. 66, 2010.
- [28] C. Romero Morales and C. De Castro Lozano, "Introducción a SCADA Índice," p. 30, 2010, [Online]. Available: <https://docplayer.es/448719-Introduccion-a-scada-asignatura-interfaz-hombre-maquina-profesores-carlos-de-castro->

lozano-cristobal-romero-morales.html.

- [29] X. E. Co, "XC Series programmable controller User manual Catalog."
- [30] PROXIMITY SWITCH, "LMF4-LMF8-inductive-proximity-sensor-datasheet.pdf."
- [31] S. Standards, "US Series."
- [32] W. Xinje and E. Co, "Tp/th/tg/te," 2014.
- [33] K. Js and S. Co, "TouchWin edit tool User manual."
- [34] C. Z. L.-T. L.- T, "Cylinder type."
- [35] Kepware, "KEPServerEXV6," *IEEE Softw.*, vol. 02139, no. 2, pp. 1–45, 2016, [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7420489/>.