

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 MEZCLADO DE LÍQUIDOS PARA LA CADENA
DE PROCESAMIENTO 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**

DAVID ALEJANDRO BUELE UYANA

david.buele@epn.edu.ec

DIRECTOR: GEOVANNY DANILO CHÁVEZ GARCÍA

danilo.chavez@epn.edu.ec

DMQ, abril 2024

CERTIFICACIONES

Yo, DAVID ALEJANDRO BUELE UYANA 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.

DAVID ALEJANDRO BUELE UYANA

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por DAVID ALEJANDRO BUELE UYANA, 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.

DAVID ALEJANDRO BUELE UYANA

DR. GEOVANNY DANILO CHÁVEZ GARCÍA

DEDICATORIA

A mi padre, Jaime, a mi madre, Teresa y a mi hermana Pamela quienes han sido los pilares fundamentales de mi vida, ya que siempre me brindan su cariño, apoyo y paciencia de manera incondicional durante todo el camino que he recorrido.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por siempre creer en mí, apoyarme en todo momento, brindarme su cariño y consejos para seguir adelante. Además, por ser quienes se han esforzado diariamente para brindarme los recursos necesarios para llegar a culminar mi formación profesional.

A Pamela mi hermana, por siempre brindarme su compañía, ayuda, cariño y demostrar que siempre estará a mi lado.

A mi familia que siempre estuvo pendiente de mi progreso.

A todos los amigos que conocí y que me acompañaron a lo largo de mi vida universitaria, en especial a Bryan C., Carlos A., Jorge E., Cristian L., Marco T., los cuales me compartieron sus conocimientos y apoyo, además de ser con quienes viví gratos momentos.

Al Dr. Geovanny Danilo Chávez García por la oportunidad de desarrollar el tema del trabajo de titulación y por la paciencia brindada.

A la Ing. Jenny Pamela Haro Bonilla por su guía para el desarrollo de este trabajo de titulación.

A la Dr. Lorena Cabezas por permitir la realización del proyecto dentro de las instalaciones de la Capeipi.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	3
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 Automatización	4
1.4.2 Simulación de procesos industriales	4
1.4.3 Mezclado de líquidos	5
1.4.4 Trazabilidad	5
1.4.5 Rehabilitación	6
1.4.6 Neumática	6
1.4.7 Sensor	6
1.4.8 Actuador	8
1.4.9 Ethernet/IP	9
1.4.10 Profinet	9
1.4.11 Controlador Lógico Programable	9
1.4.11.1 PL1C S7-1200	9
1.4.12 Software de programación	10
1.4.12.1 TIA Portal.....	10
1.4.12.2 TouchWin Edit Tool.....	11
1.4.12.3 KEPServerEX6	12
1.4.12.4 Excel.....	12
2 METODOLOGÍA.....	13
2.1 Rehabilitación	13
2.1.1 Reconocimiento inicial del proceso	13
2.1.2 Limpieza de los elementos	15
2.1.3 Pruebas de funcionamiento	17

2.1.4	Rediseño del proceso	21
2.1.5	Estructuras mecánicas.....	22
2.1.6	Elementos finales del módulo	22
2.2	Arquitectura.....	33
2.3	Descripción el proceso	34
2.4	Ingeniería de detalle.....	35
2.4.1	Esquema de conexiones.....	35
2.5	Configuración de los PLCs.....	36
2.5.1	Comunicación entre PLCs.	36
2.5.2	Programación de cada PLC	39
2.6	Configuración de la pantalla táctil (HMI).....	39
2.6.1	Comunicación del HMI con el PLC.	39
2.6.2	Configuración de los elementos del HMI.....	40
2.7	Configuración del Excel.....	41
2.8	Configuración de la plataforma de comunicación	41
2.8.1	Creación de un canal	42
2.8.2	Configuración de los Tags del PLC.....	42
2.8.3	Configuración de los Tags del Excel.....	43
2.8.4	Unión de los canales	44
2.9	Datos de la trazabilidad.....	45
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
3.1	Resultados	46
3.1.1	Condiciones iniciales	47
3.1.2	Desarrollo del proceso	49
3.1.3	Alarmas del proceso	53
3.1.4	Comunicación por medio de la plataforma KEPServerEX.....	54
3.1.5	Trazabilidad	55
3.1.6	Etiquetado del módulo.	57
3.2	Conclusiones	58
3.3	Recomendaciones	58
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
5	ANEXOS	61
	ANEXO I. Enlace a videos sobre el funcionamiento del módulo	62
	ANEXO II. Entradas y Salidas de los PLCs.....	63

ANEXO III. Arquitectura del sistema	64
ANEXO IV. Nomenclatura de los esquemas de conexiones	65
ANEXO V. Esquemas de conexiones	66
ANEXO VI. Ventanas diseñadas para el proceso.	68
5.6.1 Ventana de inicio	68
5.6.2 Ventanas para cumplir con las condiciones iniciales.....	68
5.6.3 Ventana del desarrollo del proceso.....	70
5.6.4 Ventana de alarmas.....	71
5.6.5 Ventana con los datos de trazabilidad	73
ANEXO VII. Lógica de control de los PLCs.	75
5.7.1 Lógica de control del PLC 2.	75
5.7.2 Lógica de control del PLC1	76
ANEXO VIII. Configuración del Excel.....	90
ANEXO IX. Documento generado para la trazabilidad del proceso.....	94
ANEXO X. Manual de funcionamiento	95
5.10.1 Plataforma de comunicación.....	95
5.10.2 Condiciones para iniciar el proceso	96
5.10.3. Desarrollo del proceso	99
ANEXO XI. Plan de capacitación.	103

RESUMEN

Este trabajo de titulación se enfoca en realizar la rehabilitación del módulo de mezclado de líquidos el cual pertenece a la cadena de procesamiento dentro del sistema de simulación de procesos industriales de la CAPEIPI.

Esto se realiza debido a que la CAPEIPI posee un laboratorio llamado CEDIT (Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica) el cual permaneció cerrado desde el año 2020 a causa de la crisis sanitaria causada por el Covid-19 por tal razón todos los dispositivos que se encuentran en el interior del laboratorio no fueron empleados desde ese momento.

Debido al tiempo que el laboratorio permaneció cerrado se desconoce el estado de los equipos, por ende, se prueba cada uno de los dispositivos que conforman el módulo para utilizar únicamente los que funcionan.

Al descartar algunos dispositivos por su funcionamiento erróneo se realiza un rediseño del sistema con los componentes que se encuentran funcionando dentro del laboratorio. De esta manera se desarrolla la programación para cada uno de los PLCs S7-1200 y se diseña un HMI que permita controlar y monitorear el sistema.

Adicionalmente se incluye una plataforma de comunicación que permite realizar la trazabilidad del sistema para gestionar y documentar el proceso.

PALABRAS CLAVE: rehabilitación, trazabilidad, control, monitoreo, supervisión.

ABSTRACT

This degree work focuses on carrying out the rehabilitation of the liquid mixing module which belongs to the processing chain within the CAPEIPI industrial process simulation system.

This is done because CAPEIPI has a laboratory called CEDIT (Center for Technological Development and Innovation) which has remained closed since 2020 due to the health crisis caused by Covid-19, for this reason all the devices found inside the laboratory they were not used from that moment on.

Due to the time that the laboratory was closed, the status of the equipment is unknown, therefore, each of the devices that make up the module is tested to only use those that work.

When some devices are discarded due to their incorrect functioning, a redesign of the system is carried out with the components that are operating within the laboratory. In this way, programming is developed for each of the S7-1200 PLCs and an HMI is designed that allows controlling and monitoring the system.

Additionally, a communication platform is included that allows for traceability of the system to manage and document the process.

KEYWORDS: rehabilitation, traceability, control, monitoring, supervision.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La automatización de los procesos industriales tiene como objetivo mejorar la eficiencia y productividad en la industria para lo cual se busca reemplazar las tareas que tradicionalmente se las realiza de forma manual por la incorporación de sistemas informáticos que son combinados con la integración de dispositivos como: actuadores, controladores y sensores que permitan cumplir dichas tareas de manera repetitiva empleando un menor tiempo y optimizando los recursos. [1] [2]

En el entorno industrial la optimización de procesos se ha vuelto esencial por lo cual la simulación surge como una herramienta importante que además permite analizar y mejorar tanto sistemas que ya se encuentran implementados como aquellos que se desean incorporar. De esta manera se espera tener un modelo aproximado del proceso real para ejecutar una validación o reconfiguración por medio de la implementación de mejoras o la corrección de errores. [3]

La realización de simulaciones es importante en el campo industrial para hacer modificaciones o pruebas sin necesidad de detener la producción dado que se lo realiza con estructuras a escala o softwares de simulación que modelan el proceso, esto permite realizar pruebas sin afectar el proceso original y sin causar pérdidas al parar la producción. [4]

El proceso de mezclado de líquidos consiste en mezclar dos o más componentes líquidos hasta tener un resultado con cierto grado de homogeneidad. El tiempo de mezclado depende de la concentración que se desea obtener y las proporciones tomadas para el proceso, además existen líquidos que de ser necesario se aplica una elevación en su temperatura para lograr una mejor disolución y tener un mayor grado de homogeneidad. [5]

La trazabilidad en procesos es una acción que permite gestionar y recopilar información que realiza el monitoreo del proceso para conocer diferentes características como: fecha de elaboración, código, etc. Esta información es importante debido a que permite tener control del proceso, mejorar la eficiencia y calidad de los productos. [6]

Por medio de la trazabilidad se tiene una asociación sistemática del flujo de información que genera un proceso o producto. [7]

Por lo tanto, en este trabajo de integración curricular se procede a realizar la rehabilitación del módulo de mezclado de líquidos correspondiente a la cadena de procesamiento dentro del sistema de simulación de procesos industriales de la CAPEIPI.

Para lo cual se realiza un análisis del funcionamiento de los elementos que componen el módulo para descartar los que no cumplan con sus especificaciones técnicas para un correcto funcionamiento, para de esa manera reemplazar y rediseñar el proceso empleando elementos que se disponen en la CAPEIPI.

Además, se incorpora al proceso un sistema HMI por medio del software TouchWin Edit Tool para realizar el control, supervisión y monitoreo del sistema para que el operador pueda ver el desarrollo del proceso de mezclado.

Se programarán los dos PLCs S7-1200 por medio del software TIA Portal V.13 para controlar los dispositivos que se encuentran en el módulo rediseñado.

Se integra una plataforma de comunicación en el software KEPServerEX6 que permita el envío de información desde el HMI hacia una hoja de Excel en la cual se guardarán los datos del proceso para ser empleados en la trazabilidad del sistema.

1.1 Objetivo general

Rehabilitar, diseñar, desarrollar e implementar el proceso de mezclado de líquidos en la cadena de simulación de procesos industriales de la CAPEIPI.

1.2 Objetivos específicos

1. Realizar la revisión técnica de los componentes que conforman el proceso de mezclado de líquidos para conocer si se encuentran en óptimo funcionamiento.
2. Reemplazar y rediseñar el proceso de mezclado de líquidos utilizando los componentes que se encuentran disponible en la CAPEIPI.
3. Realizar una interfaz HMI que permita el control, monitoreo y supervisión del proceso de mezclado de líquidos.
4. Implementar una plataforma de comunicación para transmitir datos entre los dispositivos y programas que conforman el proceso de mezclado de líquidos (PLCs, HMI, Excel).
5. Analizar el desempeño del sistema al generar la trazabilidad y comunicación de los dispositivos implementados en el proceso del mezclado de líquidos.

1.3 Alcance

a) Fase teórica

Se realizará una revisión bibliografía acerca de las especificaciones técnicas de los componentes que se emplean en el proceso.

Se realizará una selección de los requerimientos de software de programación para trabajar con los distintos componentes que intervienen en el proceso, con el objetivo de enviar y adquirir información que permita conocer y configurar el proceso.

Se desarrollará un análisis de la información que proporciona el proceso como número de lote, fecha de elaboración, tiempo que se emplea para el mezclado y calentado para diseñar la trazabilidad del sistema.

b) Fase de diseño

Se realizará la verificación de los componentes que se encuentran en el módulo para conocer el estado de su funcionamiento. Se elaborará un rediseño del módulo para eliminar los componentes que tengan un funcionamiento erróneo para posteriormente emplear los dispositivos que se encuentran disponible en la CAPEIPI.

Se realizará el diseño de un sistema HMI (Interfaz Hombre Máquina) que permitirá realizar el monitoreo, control y supervisión para que el operador pueda interactuar con el proceso.

c) Fase de implementación

Por medio del software TIA Portal V.13 en lenguaje Ladder se programarán los dos PLCs S7-1200 para controlar los elementos presentes en el módulo rediseñado.

Se realizará la programación de la pantalla táctil por medio del software TouchWin Edit Tool para realizar la animación del proceso en el cual se incluyen gráficos que representan los elementos físicos del módulo y diferentes ventanas que permitirán monitorear y controlar el sistema.

Se implementará la plataforma de comunicación en el software KEPServerEX6 que permitirá enviar información como: el ingrediente seleccionado para la mezcla, el número de lote, la fecha de la realización del proceso, el código del lote, el tiempo del mezclado y calentado y la cantidad de líquido que resultado de la mezcla del proceso hacia una hoja de Excel en la cual se guardarán los datos y se generará un archivo PDF con los datos de cada lote para de esa manera tener la trazabilidad del sistema.

d) Fase de evaluación y análisis de resultados.

Se realizarán pruebas del funcionamiento del módulo para lo cual desde el HMI se ingresará la información que permita inicializar y monitorear el proceso y a través de los PLCs S7-1200 realizar las acciones previamente configuradas para de esa manera ver el funcionamiento de las bombas, sensores, válvulas electroneumáticas, motor y el calentador que se colocaron en el proceso.

Se evaluará la plataforma de comunicación para lo cual se verificará que la información mencionada previamente sea ingresada por medio del HMI y sea copiada en la hoja de Excel y así garantizar el envío de datos para la trazabilidad.

1.4 Marco teórico

En la siguiente sección se realiza una presentación teórica de información que permite dar un contexto al problema presentado en el proyecto y así comprender la solución que se propone para el trabajo de integración curricular.

1.4.1 Automatización

La automatización tiene como meta aumentar la productividad y eficacia a nivel de procesos para tanto se busca cambiar las tareas que tradicionalmente se las realiza de forma manual por la incorporación de sistemas informáticos que son combinados con la integración de dispositivos como: actuadores, controladores y sensores que permitan cumplir dichas tareas de manera repetitiva empleando un menor tiempo y optimizando los recursos. [1] [2]

Los principales objetivos que busca la automatización son:

- Generar un aumento en la productividad y eficacia con la reducción de costos y tiempo en la producción para mantener una mayor rentabilidad.
- Obtener una mejor planificación y control de los procesos.
- Mejorar las condiciones laborales para realizar tareas que se consideren tediosas y repetitivas. [2]

1.4.2 Simulación de procesos industriales

La simulación es una herramienta que permite hacer un estudio de sistemas que ya se encuentran puestos en marcha o de sistemas que se desean incorporar. De este modo se espera tener un modelo cercano al proceso real para realizar una pertinente validación

o reconfiguración por medio de la implementación de renovaciones o la corrección de errores. [3]

El desarrollo de simulaciones en procesos industriales tiene como beneficio a nivel industrial hacer modificaciones o pruebas sin necesidad de parar la producción debido a que se lo realiza con estructuras a escala o programas informáticos que modelan el proceso, esto genera la posibilidad de realizar pruebas sin afectar el proceso original y sin generar pérdidas. [4]

1.4.3 Mezclado de líquidos

El proceso de mezclado tiene como finalidad mezclar dos o más elementos líquidos hasta obtener un resultado con cierto grado de homogeneidad. El tiempo de mezclado depende de la concentración que se desea obtener y las proporciones que se toman para el proceso, además existen líquidos que de ser necesario se aplica una elevación en su temperatura para lograr una mejor disolución y tener un mayor grado de homogeneidad. Para realizar la mezcla se emplean medios mecánicos que permiten tener contacto directo con los líquidos y se emplean movimientos rotatorios para tener una mezcla uniforme. [5]

1.4.4 Trazabilidad

La trazabilidad en procesos es una acción esencial para gestionar y recopilar información para tener un control detallado en múltiples industrias. Este enfoque tiene como objetivo seguir y registrar el desarrollo de un producto o proceso. Esta información es importante debido a que permite tener control del proceso, mejorar la eficiencia y calidad de los productos. [6]

La trazabilidad incluye algunos aspectos fundamentales como:

- Registro de fechas.
- Generación de códigos de los procesos.
- Contabilizar el número de lotes.
- Conocer los componentes de un proceso o producto.
- Gestionar inventarios.
- Cumplimiento de normas. [7]

1.4.5 Rehabilitación

La rehabilitación industrial surge como un procedimiento estratégico que busca potenciar la productividad y la eficiencia. Para lo cual se tiene un enfoque que implica realizar el mantenimiento, reparación y modernización tecnológica de los sistemas y dispositivos ya existentes.

Se presenta como una alternativa en el ámbito financiero debido a que es menos costoso realizar una rehabilitación frente a la adquisición de nuevos equipos, además permite reducir residuos y mitigar el impacto ambiental que genera el desecho de equipos.

Por lo tanto, la rehabilitación se ubica como un planteamiento proactivo que permite mantener eficiencia y competitividad en el entorno de la producción industrial. [8]

1.4.6 Neumática

La neumática es un término que deriva de la palabra griega PNEUMA, que significa aliento, soplo. Por lo tanto, la neumática es un campo que se encarga del estudio de las propiedades de los gases, fenómenos e implementaciones del aire comprimido y del vacío. [9]

Un sistema neumático por medio del aire comprimido realiza el control y potencia de diferentes operaciones.

Se divide en dos subgrupos:

Sistema de producción de aire: este sistema es donde se ubican los dispositivos necesarios para el tratamiento y generación del aire comprimido. Ej. Compresor, depósito, presostato.

Sistema de consumo de aire: en este sistema intervienen los elementos finales que convierten la energía neumática en energía mecánica. Ej. Válvulas, actuadores, controladores de velocidad. [10]

1.4.7 Sensor

Los sensores son dispositivos que proporcionan información al detectar y medir cambios en las variables que se encuentran en el entorno, esto se debe a que transforman esa información en señales eléctricas o datos que al ser procesados pueden generar ordenes o activar procesos. [11]

Los sensores tienen varias clasificaciones las cuales son:

Por su funcionamiento:

- **Activos:** necesitan de una fuente de energía externa para funcionar.
- **Pasivos:** no requieren de energía externa debido a que las propias condiciones del medio bastan para su funcionamiento. [11]

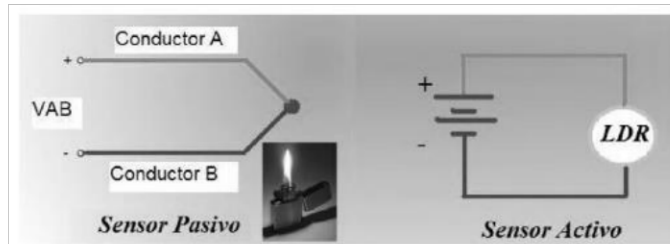


Figura 1.1. Clasificación de los sensores por su funcionamiento. [11]

Por las señales que generan:

- **Analógicos:** la información que generan puede tomar infinitos valores.
- **Digitales:** proporciona información que solo toma el valor de 0 y 1. [11]

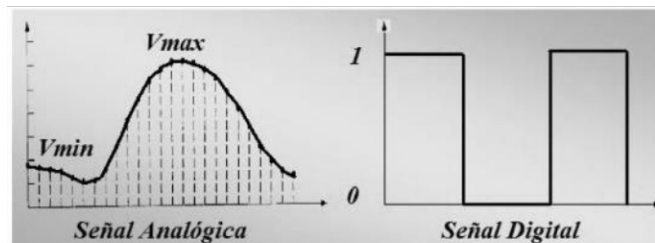


Figura 1.2. Clasificación de los sensores por las señales que generan. [11]

Por la naturaleza de su funcionamiento:

- **Posición:** presenta variaciones en relación de la posición en la que se encuentra.
- **Fotoeléctricos:** presenta variaciones en relación de la luz que reciben.
- **Magnéticos:** presenta variaciones en relación del campo magnético por el cual son atravesados.
- **Temperatura:** presenta variaciones en relación de la temperatura de donde se encuentran.
- **Humedad:** presenta variaciones en relación con la humedad que lo rodea.

- **Presión:** presenta variaciones con relación a la presión a la que es sometido. [11]

Por los elementos empleados para su fabricación:

- **Mecánicos:** emplean contactos mecánicos que se abren o se cierran
- **Resistivos:** emplean materiales resistivos en su fabricación.
- **Capacitivos:** emplean condensadores para su fabricación.
- **Inductivos:** emplean bobinas para su fabricación.
- **Piezoeléctricos:** emplean cristales como el cuarzo para su fabricación. [11]

1.4.8 Actuador

El actuador es un dispositivo que al recibir una señal o comando de entrada tiene la capacidad de producir una fuerza, la cual ejerce un cambio de estado sobre algún elemento mecánico por medio de la transformación de energía. Estos dispositivos son fundamentales al momento de automatizar o controlar un proceso debido a que permite realizar acciones físicas. [12]

Se clasifican en dos grupos:

- **Por el tipo de energía empleada:** los actuadores pueden ser neumáticos, hidráulicos y eléctricos.
- **Por el tipo de movimiento que generan:** lineales o rotatorios. [12]

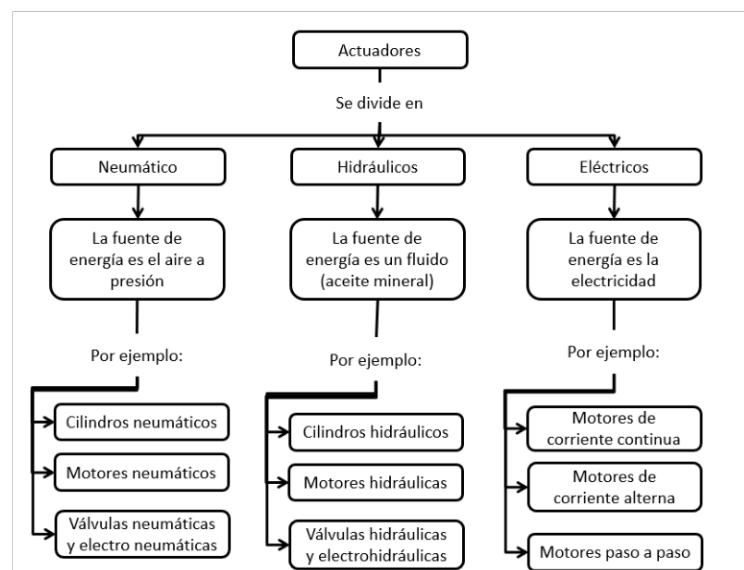


Figura 1.3. Clasificación de los actuadores. [12]

1.4.9 Ethernet/IP

Es un protocolo de comunicación empleado en entornos de automatización e industriales, utiliza el protocolo CIP (Common Industrial Protocol) en la capa de aplicación con lo cual posibilita la transferencia de datos y la configuración de dispositivos en la red.

Su conexión presenta facilidades debido a que se integra con la tecnología Ethernet Estándar por lo cual es posible tener un número ilimitado de nodos en el sistema.

Este protocolo fue desarrollado originalmente por Rockwell Automation pero ahora es administrado por ODVA (Open DeviceNET Vendors Association). [13]

1.4.10 Profinet

Profinet se emplea ampliamente por los fabricantes de equipos industriales como Siemens y GE. Existen tres diferentes clases de:

1. Clase A: Da acceso a una red PROFIBUS por medio de proxy conectando Ethernet con profinet mediante el protocolo TCP/IP. Se emplea para datos de parámetros y I/O cíclicas. Su tiempo de ciclo es aproximadamente 100ms.
2. Clase B: también conocido como Profinet Tiempo-Real (Profinet RT), propone un enfoque en tiempo real basado en software, además reduce el tiempo de ciclo aproximadamente 10ms.
3. Clase C: conocido como Profinet IRT, es isocórico y en tiempo real, además necesita hardware especializado para reducir los ciclos a menos de 1ms. [13]

1.4.11 Controlador Lógico Programable

El Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en inglés, Programmable Logic Controller) es un equipo electrónico que se emplea a nivel industrial que automatiza y controla procesos. Su funcionamiento se basa en captar la información que ingresa a sus entradas para luego ser procesada de acuerdo con la programación previamente realizada y posteriormente generar señales de salida que permitan controlar dispositivos. [14]

1.4.11.1 PL1C S7-1200

El PLC S7-1200 es un controlador lógico programable desarrollado por la compañía Siemens, se caracteriza por ofrecer potencia y flexibilidad para realizar procesos de automatización. Posee un diseño compacto, su CPU integra un microprocesador, circuitos de entrada y salida, integra PROFINET y una fuente de alimentación. [15]

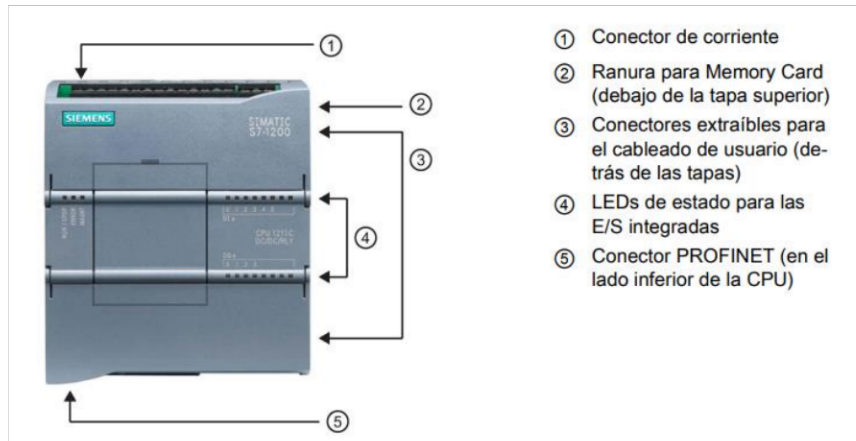


Figura 1.4. PLC S7-1200. [15]

1.4.12 Software de programación

Un software de programación es un conjunto de herramientas que permiten diseñar programas informáticos basados en distintos lenguajes de programación. Para el desarrollo del trabajo de titulación se emplearon los siguientes softwares:

Tabla 1.1. Softwares empleados.

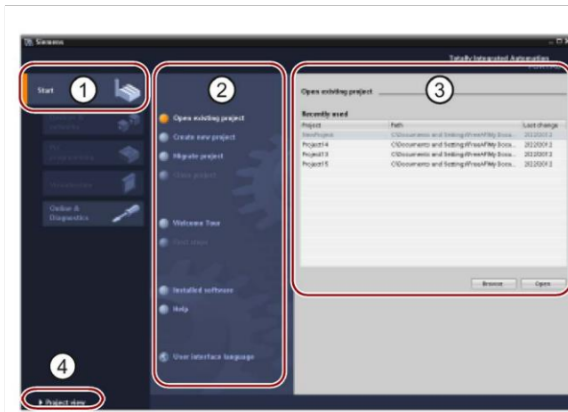
Software	Función
TIA Portal	Configuración S7-1200
TouchWin Edit Tool	Configuración de la pantalla táctil XINJE-TG865-ET
KEPServerEX6	Plataforma de comunicación
Excel	Base de datos

1.4.12.1 TIA Portal

TIA Portal que significa “Totally Integrated Automation Porta” (Portal de Automatización Totalmente Integrada), es un software desarrollado por Siemens, el cual es un entorno empleado en el ámbito de la ingeniería que permite realizar funciones en la automatización digital. [16]

Por medio de este software es posible tener la función de programar, diagnosticar y configurar una gran diversidad de equipos de la marca Siemens, con los cuales se realizan programas que automatizan procesos en la industria. [16]

Este software fue elegido debido a que el módulo de mezclado está conformado por dos PLCs Siemens S7-1200 y su configuración se la realiza por medio de TIA Portal.

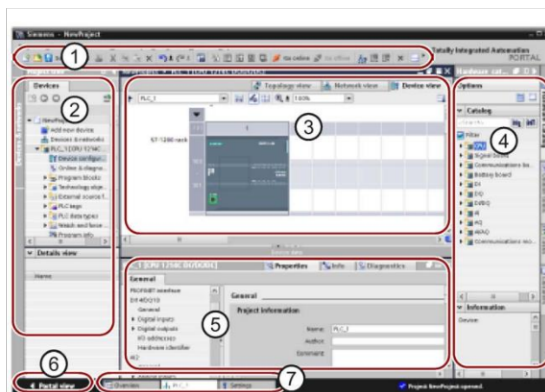


Vista del portal

- ① Portales para las diferentes tareas
- ② Tareas del portal seleccionado
- ③ Panel de selección para la acción seleccionada
- ④ Cambia a la vista del proyecto

Figura 1.5. Vista del portal del programa. [15]

En TIA Portal se tiene el siguiente entorno que es necesario conocerlo.



Vista del proyecto

- ① Menús y barra de herramientas
- ② Árbol del proyecto
- ③ Área de trabajo
- ④ Task Cards
- ⑤ Ventana de inspección
- ⑥ Cambia a la vista del portal
- ⑦ Barra del editor

Figura 1.6. Vista del entorno de TIA Portal. [15]

1.4.12.2 TouchWin Edit Tool

TouchWin Edit Tool es una plataforma de edición simple y rápida que permite diseñar HMIs para el control y monitoreo de procesos, esto se lo realiza por medio de la incorporación de indicadores visuales, gráficos, texto, etc. que permiten representar el proceso en el cual se está trabajando.

Es ideal para principiantes en el desarrollo de HMI. Esta plataforma permite configurar los diferentes modelos de pantallas de la marca TouchWin desarrolladas por la compañía Xinje Electronic Co., Ltd. [17]

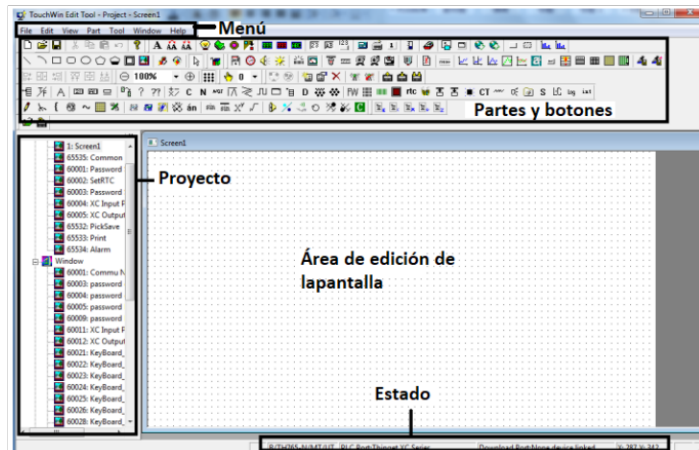


Figura 1.7. Interfaz de usuario del software TouchWin Edit Tool. [17]

1.4.12.3 KEPServerEX6

KEPServerEX6 es una plataforma de comunicación industrial que permite el intercambio de información bidireccional entre cualquier dispositivo industrial, centraliza los datos adquiridos y los envía. El servidor de datos se basa en tecnología OPC con una arquitectura de cliente servidor, esto permite comunicación continua entre los PLCs, RTUs, HMI u otras aplicaciones sin importar la marca comercial de los dispositivos. [18]



Figura 1.8. Logo del software KEPServerEX. [18]

1.4.12.4 Excel

Es una herramienta que permite adquirir, organizar y filtrar información para realizar su seguimiento, además permite crear base de datos y realizar cálculos. [19]



Figura 1.9. Logo del software Microsoft Excel. [19]

2 METODOLOGÍA

Este capítulo abarca la información acerca del proceso de rehabilitación y rediseño, además se incluyen detalles técnicos de los elementos que conforman el módulo, también se da una explicación de las diferentes configuraciones que se realizaron al sistema para programar los PLCs S7-1200, la pantalla HMI y se explica cómo se realizó la plataforma de comunicación para la integración de un registro que permita generar la trazabilidad del sistema.

2.1 Rehabilitación

Para realizar la rehabilitación del módulo se procedió a cumplir las siguientes etapas:

2.1.1 Reconocimiento inicial del proceso

Se identificaron los elementos que se encontraban en el módulo.



Figura 2.1. Módulo inicial del proceso de mezclado de líquidos.

A continuación, se indican los componentes iniciales que conformaban el sistema.

Tabla 2.1. Elementos iniciales del módulo

Cantidad	Elemento
4	Bomba de agua
3	Tanque de reserva
3	Tanque de almacenamiento
1	Tanque de mezclado
3	Sensor de nivel on/off
2	Sensor de nivel tipo flotador recto
2	Sensor de nivel tipo flotador en L
1	Sensor ultrasónico HC-SR04
1	Electro sonda MAC3 Z11
3	Sensor de flujo

1	Arduino Mega
2	Válvula electroneumática Airtac 4A210-08
2	Servo válvula neumática unidireccional
1	Electroválvula tipo solenoide
1	Válvula motorizada
3	Válvula de paso manual
3	Sensores de flujo
1	Termocupla PT-100 de bulbo recto EBCHQ clase B
1	Módulo de entradas analógicas SB 1231 RTD
1	Motor 24V
2	Calentador
1	Pantalla táctil XINJE-TG865-ET TouchWin
2	PLC Siemens S7-1200 modelo a 1212C AC/DC/Rly
1	Fuente de alimentación T-50D de 24V
1	Torre luminosa con luces multinivel ITA205
1	Router
3	Módulo relé
1	Relé industria 10A
1	Botonera de marcha/paro y emergencia
1	Compresor

Con la visualización de los elementos del módulo se determinó un desarrollo aproximado del proceso el cual se describe a continuación:

El proceso era dirigido por la programación de dos PLCs S7-1200.

El proceso se controla por la botonera física y los botones dispuestos en el HMI.

Los tanques de reserva contienen líquido el cual debía estar sobre el nivel del sensor para que las bombas entren en funcionamiento, al activarse las bombas el líquido era llevado desde los tanques de reserva hacia los tanques de almacenamiento.

Cada tanque disponía de sensores para monitorear el nivel de líquido, en el tanque 1 se encontraba la electro sonda de tres niveles, en el tanque 2 el sensor ultrasónico y en el tanque 3 lo sensores tipo flotador para el nivel bajo y alto.

El tanque 1 y 2 disponían de dos válvulas electroneumáticas para extraer el líquido y el tanque 3 tenía una válvula motorizada.

De los tres tanques de almacenamiento se retiraba líquido para llenar el tanque de mezclado que disponía de sensores tipo flotador para controlar el nivel bajo y alto.

Una vez que el líquido llegaba al nivel deseado se activaba el motor de mezclado para posteriormente encender el calentador y apagarlo una vez que la termocupla PT-100 registre un valor específico de temperatura.

Y una vez finalizado este proceso se abría una electroválvula senoidal para que el líquido mezclado sea extraído por una bomba de agua y llevado a la etapa de dosificación.

Los residuos de líquido que quedaban en cada uno de los tanques de almacenamiento y en el tanque de mezclado eran extraídos al abrir válvulas de paso manuales que se encontraban debajo de cada uno.

2.1.2 Limpieza de los elementos

Continuando con la rehabilitación se desarmó el módulo para proceder con la limpieza.



Figura 2.2. Desarmado del módulo.

En los tanques de almacenamiento se evidenció que existían residuos de líquidos, además, las tuberías presentaban obstrucciones.



Figura 2.3. Tanques de almacenamiento con residuos de líquido.

Los sensores que se encontraban colocados en la parte superior de los tanques presentaban suciedad y óxido.



Figura 2.4. Parte superior de los tanques de almacenamiento.

En los tanques de reserva se evidenciaba residuos solidificados de líquidos, también se presentaba suciedad e insectos muertos como se puede observar en la Figura 2.5.



Figura 2.5. Estado de los tanques de reserva del módulo.

Dentro de las bombas de agua se evidenciaba suciedad por lo cual se procedió a desarmarlas.



Figura 2.6. Bombas del módulo antes del mantenimiento.

Una vez que se desarmaron se confirmó la presencia de líquidos residuales solidificados, polvo e insectos muertos en el interior.



Figura 2.7. Bombas desarmadas.

Para realizar una mejor limpieza varios equipos fueron desarmados.

En este caso se empleó el uso de tñer para eliminar los residuos sólidos debido a que solo el uso de agua y detergente no logró eliminar por completo las manchas.



Figura 2.8. Bombas de agua después de la limpieza.

De igual manera los tanques de almacenamiento y reserva fueron limpiados pero debido al largo tiempo que permanecieron sucios hubo manchas que ya no fueron posible eliminar.



Figura 2.9. Tanques de almacenamiento.



Figura 2.10. Tanques de reserva.

2.1.3 Pruebas de funcionamiento

Se conectaron los elementos del módulo para comprobar su funcionamiento.

Varios equipos no funcionaron, los cuales se detallan a continuación:

- **Bomba de agua**

Se energizó la bomba con 120V, pero no entro en funcionamiento, eso se debía a que el bobinado presentaba una pequeña ruptura. Por lo cual su uso en el módulo quedó descartado.



Figura 2.11. Bomba de agua fuera de funcionamiento.

- **PLC S7-1200**

El PLC S7-1200 ubicado en la parte superior del módulo presento fallas en la fuente interna de 24 V esto se comprobó al medir con un multímetro y observar que los valores nominales que especifica el fabricante no coinciden con las medidas tomadas.

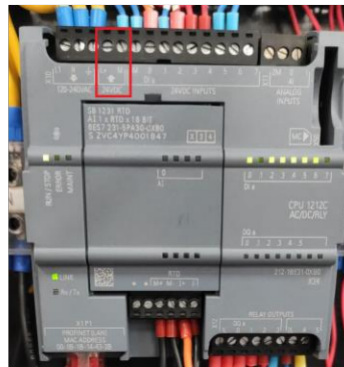


Figura 2.12. Terminales de la fuente interna que no cumple con el valor de 24V.

- **Módulo de entradas analógicas SB 1231 RTD**

Para comprobar el funcionamiento del módulo se programó el PLC mediante el software TIA Portal, para lo cual se siguieron los pasos descritos a continuación:

- Dirigirse al árbol de proyectos.
- Ingresar a "Device Configuration".
- Ir a la ventana de "Hardware catalog".
- Ingresar a la pestaña "Signal boards".
- Ingresar a la pestaña "AI".
- Elegir la pestaña de "AI 1xRTD".
- Arrastrar el modelo del módulo hacia el centro del PLC.

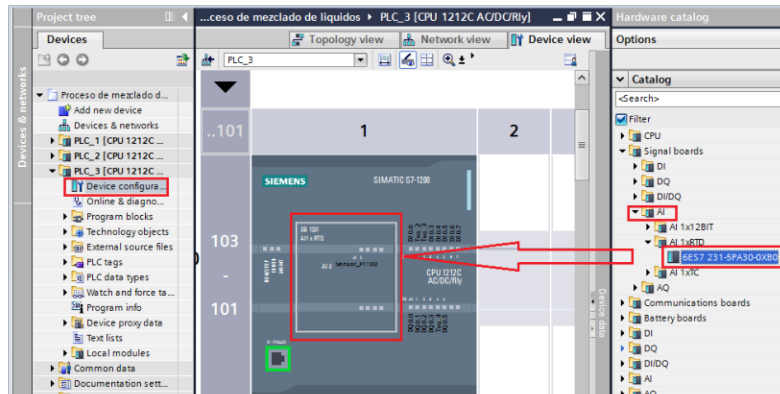


Figura 2.13. Incorporación del módulo SB 1231 RTD en TIA Portal.

Al realizar la configuración se evidenció que las luces indicadoras de su funcionamiento no se encendían por tal razón se repitió la configuración en otro PLC, pero los resultados fueron los mismos es decir el módulo no se encendía y debido a que la fuente interna del PLC en el cual se encontraba conectado inicialmente no funcionaba se concluyó que el módulo SB 1231 RTD sufrió daños.

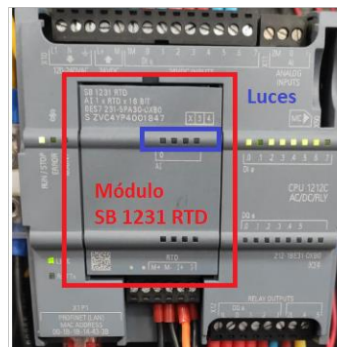


Figura 2.14. Ubicación del módulo SB 1231 RTD.

- **Válvula motorizada**

Al energizar los terminales de la válvula el líquido no circuló y se evidencio que la parte mecánica no se abría por lo tanto no permitía el paso del líquido.



Figura 2.15. Válvula motorizada.

- **Sensor ultrasónico HC-SR04**

Para comprobar el funcionamiento del sensor ultrasónico se empleó un código que se escribió en la plataforma de Arduino para de esa manera medir la distancia por medio del sensor y así comprobar su funcionamiento.

Una vez cargado el programa se visualizó mediante el monitor serie que los valores de distancia no eran los correctos. Se concluyó que el polvo que se encontraba en el sensor causó daño en los transductores piezoeléctricos que envían y reciben las señales ultrasónicas.

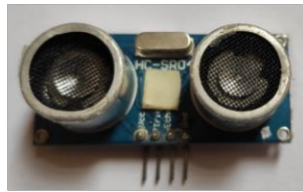


Figura 2.16. Sensor ultrasónico HC-SR04 dañado.

- **Electro sonda MAC3 Z11**

Se evidenciaron marcas de corrosión en el interior de los electrodos empleados para medir el nivel, esto se debe a que el tanque en el cual se encontraban colocados tenía residuos de líquidos que permanecieron en contacto con las sondas, por tal razón la sonda no detectó los cambios en el nivel del líquido y no era posible activar el relé que se encuentra integrado en la unidad principal.



Figura 2.17. Electro sonda Mac3 Z11 de tres niveles.

- **Arduino mega**

Para evaluar el funcionamiento del Arduino mega se lo conectó por medio del cable de comunicación al computador, pero se evidenció que no encendía para lo cual se usó una fuente de 5V para energizarlo por el conector Jack, de este modo el dispositivo se encendió.

Una vez comprobado que el dispositivo encendía se intentó cargar un programa de prueba realizado en la plataforma Arduino, pero la comunicación no funcionaba, para lo cual se reemplazó el cable de comunicación sin obtener resultados.

Por esta razón se comprobó que el puerto de comunicación USB tipo B se encontraba dañado.



Figura 2.18. Arduino mega

- **Torre luminosa con luces multinivel ITA205**

Se descartó el uso de la torre luminosa debido a que se encontraba incompleta, le faltaban piezas y tornillos que ajusten y sostengan su estructura. También se constató que el zumbador que se encontraba soldado a la placa estaba quemado al igual que uno de los focos.



Figura 2.19. Torre luminosa.

2.1.4 Rediseño del proceso

Para el nuevo diseño del sistema se descartaron los dispositivos descritos en el literal anterior debido al funcionamiento erróneo que presentaban y por el alto costo económico de algunos elementos fue imposible reemplazarlos. Por tal motivo se emplearon únicamente elementos dispuestos en el CEDIT.

No se realiza ningún cálculo debido a que en la parte neumática no realizan cambios.

Debido a la falla de la electro sonda, el sensor ultrasónico y la válvula motorizada se eliminó una línea de llenado, es decir se retiró todo el sistema que llenaba y vaciaba el líquido del tanque de almacenamiento ubicado en la mitad, además se removió el tanque de reserva con su respectiva bomba y sensor de nivel.

Se modificaron las condiciones para el apagado del calentador de líquidos, ya que en un principio se esperaba emplear la termocupla PT-100 para detectar que la temperatura del líquido en el tanque de mezclado alcance cierto valor, pero al no funcionar el módulo SB 1231 RTD y al no existir un transmisor para conectar la termocupla a las entradas analógicas del PLC se empleó otro medio para apagar el calentador el cual consiste en encenderlo por un tiempo determinado. Dicho tiempo puede ser modificado desde el HMI que controla el proceso.

Además, se retiró la electroválvula senoidal que se encontraba en la parte inferior del tanque de mezclado, esto se debe a que la línea de simulación que se rehabilitó llega hasta el mezclado y dicha electroválvula permitía conectar el proceso de mezclado con la etapa de dosificación. Para lo cual se decidió quitar la electroválvula senoidal y emplear la válvula de paso manual para de esa manera desfogar el líquido que se encuentra en el tanque de mezclado al momento de finalizar el proceso.

Los sensores de nivel que se encontraban en el módulo no fueron empleados ya que para su funcionamiento es necesario conectarlos al Arduino el cual no funciona.

Se emplearon únicamente sensores de nivel tipo flotador para determinar el nivel alto y bajo de cada uno de los tanques de reserva.

La distribución de los equipos tomando en cuenta lo descrito en este literal se encuentra detallada en los literales 2.3 y 2.4.

2.1.5 Estructuras mecánicas

Las estructuras que conforman el módulo se encuentran en perfectas condiciones por tal razón no se hicieron cambios y se mantuvo el mismo diseño estructural.

2.1.6 Elementos finales del módulo

En la siguiente Tabla 2.2. se indican los componentes que finalmente conforman el módulo, además se indica la cantidad de cada uno.

Tabla 2.2. Elementos del módulo

Cantidad	Elemento
2	Bomba de agua
2	Sensor de nivel on/off
2	Tanque de reserva
2	Tanque de almacenamiento
1	Tanque de mezclado
6	Sensor de nivel tipo flotador
2	Válvula electroneumática Airtac 4A210-08

2	Servo válvula neumática unidireccional
1	Motor 24V
1	Calentador
1	Pantalla táctil XINJE-TG865-ET TouchWin
2	PLC Siemens S7-1200 modelo a 1212C AC/DC/Rly
1	Fuente de alimentación T-50D de 24V
1	Router
2	Módulo relé
1	Relé industria 10A
1	Botonera de marcha/paro y emergencia
1	Compresor

A continuación, se da una explicación de cada elemento y se indicarán las principales características.

Bomba de agua: se emplean dos pequeñas bombas de agua las cuales permiten trasladar el flujo de líquido que se encuentra en los tanques de reserva hacia los tanques de almacenamiento correspondientes.



Figura 2.20. Bomba de agua

En la Tabla 2.3. se presentan las características de la bomba de agua.

Tabla 2.3. Características de la bomba de agua

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	120 Vac
Corriente	0.2 – 0.3 A
Potencia	35 W
Material de la carcasa	PVC

Sensor de nivel on/off: se encuentran colocados en los tanques de reserva para controlar el nivel de líquido presente en cada tanque. Su funcionamiento es NA (Normalmente abierto) cuando el líquido se encuentra bajo el nivel y NC (Normalmente cerrado) cuando el líquido se encuentra sobre el nivel.



Figura 2.21. Sensor de nivel y su funcionamiento.

En la Tabla 2.4. se presentan las características del sensor de nivel on/off

Tabla 2.4. Características del sensor de nivel on/off

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	110 Vdc
Corriente de conmutación	0.5 A
Material del cuerpo	Plástico
Temperatura de trabajo	-20°C a 70°C

Tanque de reserva y mezclado: al tratarse de una simulación del proceso de mezclado de líquidos se utilizaron pequeños recipientes que permitan representar la implementación de un tanque para lo cual se consideran ciertas características como el material y la temperatura que soporta para de esta manera asemejarse a un tanque de uso industrial.



Figura 2.22. Imagen referencial de un recipiente de acero inoxidable.

En la Tabla 2.5. se presentan las características del recipiente utilizado para la reserva y el mezclado del líquido.

Tabla 2.5. Características del recipiente

Característica	Valor
Capacidad	10 litros
Material	Acero inoxidable
Temperatura	10°C – 80°C

Tanque de almacenamiento: para la simulación de los tanques de almacenamiento se emplean dos recipientes de plástico transparentes que permiten conocer la cantidad de líquido que se encuentra en cada uno.



Figura 2.23. Imagen referencial de un recipiente de plástico.

Sensor de nivel tipo flotador vertical: son dispositivos electromecánicos que trabajan como un interruptor que varía su estado. Dependiendo de la posición de la boya su funcionamiento es NA (Normalmente abierto) cuando el líquido baja y NC (Normalmente cerrado) cuando el líquido sube. En este caso se implementan sensores de plástico y de acero inoxidable y de forma vertical y en L.



Figura 2.24. Sensores de nivel tipo flotado de acero inoxidable

En la Tabla 2.6. se presentan las características del sensor empleado.

Tabla 2.6. Características del sensor de nivel de acero inoxidable.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	0 - 220 Vdc
Corriente de conmutación	0.5 A
Potencia	50 W
Material del cuerpo	Acero inoxidable
Temperatura de trabajo	-30°C a 80°C
Longitud	10 cm



Figura 2.25. Sensores de nivel tipo de PVC

En la Tabla 2.7 se presentan las características del sensor de nivel de PVC.

Tabla 2.7. Características de los sensores de nivel de PVC.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	0 - 110 Vdc
Corriente de conmutación	0.5 A
Potencia	10 W
Material del cuerpo	Plástico
Temperatura de trabajo	-20°C a 70°C
Longitud	62 mm

Además, se emplearon sensores de nivel tipo flotador de forma en L para ser colocados en la parte superior de los tanques e indicar el nivel alto.



Figura 2.26. Sensores de nivel tipo flotado en L de acero inoxidable

En la Tabla 2.8 se presentan las características del sensor empleado.

Tabla 2.8. Características del sensor de nivel en L de acero inoxidable.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	0 - 220 Vdc
Corriente de conmutación	0.5 A
Potencia	50 W
Material del cuerpo	Acero inoxidable
Temperatura de trabajo	-30°C a 80°C
Longitud	7 cm

Válvula electro neumática Airtac 4A210-08 de 5 vías: la válvula electro neumática controla y dirige el aire hacia un actuador que en el proceso permite el paso o bloqueo del líquido. La válvula es activada por medio del PCL S7-1200 el cual envía la señal de activación hacia la electroválvula para permitir el paso o el bloqueo del aire

La válvula electro neumática empleada posee 5 vías y 2 dos posiciones de conmutación con las cuales se controla el paso del aire proveniente del compresor.



Figura 2.27. Válvula electro neumática Airtac 4A210-08 de 5 vías.

En la Tabla 2.9. se presentan las características de la válvula electro neumática empleada.

Tabla 2.9. Características de la válvula electro neumática Airtac 4A210-08 de 5 vías.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	24 V
Tipo de válvula	5/2 vías
Presión de trabajo	0.15 – 0.8 MPa
Temperatura de trabajo	-20°C a 70°C
Tamaño del puerto	6.5 mm o 1/4"

Servo válvula neumática unidireccional: las servo válvulas o también conocidas como válvulas de bloqueo poseen un pilotaje neumático que permite el paso y bloqueo de aire con el cual se abrirá o cerrará la válvula para conceder el paso del líquido de manera unidireccional.



Figura 2.28. Servo válvula neumática unidireccional.

En la Tabla 2.10 se presentan las características de la servo válvula.

Tabla 2.10. Características del servo válvula.

Característica	Valor
Tipo de válvula	2/2 vías
Presión máxima de trabajo	1 Mpa
Temperatura de operación	-10°C a 80°C

Motor: para realizar la acción del mezclado del líquido se emplea un motor pequeño al cual se le implementa una hélice que permite mezclar los líquidos provenientes de los tanques de almacenamiento.



Figura 2.29. Motor de 24 Vdc.

En la Tabla 2.11 se presentan las características del motor.

Tabla 2.11. Características del motor.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	24 Vdc
Potencia	18 W
Corriente	0.3 – 0.5 A

Calentador de líquidos: es un dispositivo que se emplea para elevar la temperatura de la mezcla que se encuentra ubicado en una esquina del tanque de mezclado



Figura 2.30. Calentador de líquidos.

En la Tabla 2.12 se presentan las características del calentador de líquidos.

Tabla 2.12. Características del calentador de líquidos.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	120 – 220 Vac
Potencia	2000 W
Consumo de corriente	16 A a 120 Vac

Pantalla táctil XINJE-TG865-ET TouchWin: por medio de la pantalla táctil se visualiza el HMI diseñado para el proceso además permite realizar la supervisión, control y monitoreo del sistema.



Figura 2.31. Pantalla táctil XINJE-TG865-ET TouchWin.

En la Tabla 2.13 se presentan las características de la pantalla táctil.

Tabla 2.13. Características de la pantalla táctil.

Característica	Valor
Rango de voltaje	20 - 26 Vdc
Potencia	5 W
Consumo de corriente	200 mA
Tamaño de la pantalla	8.0"
Resolución	800*600
Puerto de descarga	RS232/RS485
Puerto para PLC	RS232/RS485/RS422
Puertos	USB-A USB-B Ethernet

PLC Siemens S7-1200 modelo 1212C AC/DC/Rly: por medio del PLC (Controlador Lógico Programable) se realiza la automatización del proceso debido a que ejecuta la lógica de control programada para monitorear y controlar el proceso.



Figura 2.32. PLC Siemens S7-1200 modelo a 1212C AC/DC/Rly.

En la Tabla 2.14 se presentan las características del PLC Siemens S7-1200.

Tabla 2.14. Características del PLC Siemens S7-1200 modelo a 1212C AC/DC/Rly.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	120 – 230 Vac
Potencia	14 W
Fuente de alimentación del PLC	24 V
Consumo de corriente	100 ma A 120 Vac
Entradas analógicas	2
Entradas digitales	8
Salidas digitales	6

Fuente de alimentación de T-50D: la fuente de alimentación energiza los dispositivos del módulo de mezclado que trabajan con corriente continua, en este caso son los sensores, el relé de las bombas y la pantalla táctil.



Figura 2.33. Fuente de alimentación de 24 V.

En la Tabla 2.15 se presentan las características de la fuente de alimentación de 24 V.

Tabla 2.15. Características de la fuente de alimentación T-50D de 24V.

Característica	Valor
Voltaje y corriente de salida	5 Vdc – 3 A
	12 Vdc – 1 A
	24 Vdc – 1 A

Potencia	51 W
Rango de voltaje de entrada	85 ~ 132VAC 170 ~ 264VAC seleccionando el switch 240 ~ 370VDC
Corriente de entrada	1.6A/115VAC 0.8A/230VAC

Router: es un dispositivo que realiza la conexión entre los PLCs, la pantalla táctil y el computador, para enviar la información configurada en cada uno y poner en marcha el sistema.



Figura 2.34. Router.

En la Tabla 2.16 se presentan las características del router.

Tabla 2.16. Características del router.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	120 Vac
Número de puertos ethernet	4

Módulo relé de 5V: el módulo relé maneja el activado y desactivado de las bombas de los tanques de reserva ya que al recibir una señal eléctrica enviada desde el PLC el módulo abre o cierra el circuito eléctrico.



Figura 2.35. Modulo relé de 5V.

En la Tabla 2.17 se presentan las características modulo relé.

Tabla 2.17. Características del relé industrial.

Característica	Valor
Voltaje de activación	5 Vdc
Corriente	15 a20 mA
Bobina de activación	Normalmente abierta

Relé industria 10A: el relé industria controla la activación o desactivación del calentador al recibir una señal eléctrica desde el PLC. Debido a que el calentador de agua trabaja con una corriente y potencia elevada se emplea el relé.



Figura 2.36. Relé industrial.

En la Tabla 2.18 se presentan las características del relé industrial.

Tabla 2.18. Características del relé industrial.

Característica	Valor
Voltaje de activación	24 Vdc
Corriente	10 A
Bobina de activación	Normalmente abierta

Botonera de marcha/paro y emergencia: controla el sistema de manera física debido a que posee un botón de marcha y otro de paro que permiten iniciar o pausar el proceso respectivamente, además tiene incorporado un botón de emergencia con enclavamiento el cual detiene el proceso y para reanudarlo es necesario desenclavar dicho botón.



Figura 2.37. Botonera industrial.

En la Tabla 2.19 se presentan las características de la botonera industrial.

Tabla 2.19. Características de la botonera industrial.

Característica	Valor
Voltaje de activación	24 Vdc
Emergencia	Con enclavamiento
Paro/marcha	Sin enclavamiento

Compresor de aire: por medio del compresor se absorbe aire el cual genera un vacío para disminuir su volumen y ser enviado a un tanque de almacenamiento hasta que llega a su capacidad máxima para luego ser expulsado a presión. El compresor se lo emplea para alimentar la parte neumática del sistema y lograr activar las válvulas neumáticas.



Figura 2.38. Compresor de aire.

En la Tabla 2.20 se presentan las características del compresor de aire.

Tabla 2.20. Características del compresor de aire.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	110 Vac
Motor	2 HP
Potencia	1.4 kW
Caudal	5.1 cfm a 40 psi 4.1 cfm a 90 psi
Presión máxima	116 psi – 8 bar
Capacidad	75 L – 20 gal

2.2 Arquitectura.

A continuación, se presenta la propuesta de la arquitectura tomando en cuenta los diferentes niveles de la automatización.

- Nivel de supervisión

En este nivel se encuentra el computador que permitirá configurar y monitorear los dispositivos.

- Nivel de control

Para este nivel se emplean los PLCs S7-1200 y la pantalla táctil que permiten realizar el control del proceso.

- Nivel de campo

Este nivel incluye los sensores y actuadores que interactúan con el medio físico.

El diagrama de la arquitectura se lo puede visualizar en el Anexo III.

2.3 Descripción el proceso

Se tiene una pantalla de inicio en la cual se debe ingresar un código de cuatro dígitos para entrar en el proceso.

Para iniciar el proceso de mezclado de líquidos se debe cumplir con ciertas condiciones para poner en marcha el sistema.

- Los tanques de reserva deben tener liquido sobre el nivel del sensor.
- El tanque de mezclado debe estar vacío.
- Se deben configurar los siguientes para metros:

Numero de lote el cual debe estar entre 1 y 3.

Tiempo de calentado y mezclado el cual debe estar entre 1 y 3.

Ingrediente empleado como materia prima.

Los tiempos de mezclado y calentado se los establece entre 1 y 3 debido a que al tratarse de una simulación se emplean pequeños valores para comprobar el funcionamiento y de esa manera no hacer demasiado largo el proceso.

Cabe mencionar que en el proceso no se empleará físicamente el ingrediente seleccionado, debido a que se trata de una simulación y esa información es únicamente para generar datos en la trazabilidad del proceso.

Una vez realizada la configuración previa el proceso puede iniciar.

El proceso es controlado por la botonera física y por los botones dispuestos en el HMI, los cuales pueden ser accionados en cualquier momento del proceso.

Al iniciar el proceso se activan las bombas de agua para llevar el líquido desde la reserva hasta el almacenamiento.

Cada tanque de almacenamiento posee dos sensores tipo flotador, uno para el nivel alto y otro para el nivel bajo.

Una vez que el líquido sea detectado por los sensores de nivel alto las bombas se apagan y entran en funcionamiento las electroválvulas para extraer el líquido desde el almacenamiento hacia el tanque de mezclado.

En el tanque de almacenamiento se disponen de dos sensores de nivel tipo flotador, uno para el nivel alto y otro para el nivel bajo.

El tanque de mezclado se llena hasta que el sensor de nivel alto detecta el líquido, y una vez que lo hace se apagan las electroválvulas y empieza a funcionar el motor de mezclado por el tiempo que fue configurado en el inicio.

Al terminar el funcionamiento del motor se activa el relé que enciende el calentador eléctrico para que funcione el tiempo que fue ingresado al inicio.

Cuando el calentador deja de funcionar en el HMI se genera una ventana que indica un mensaje de proceso terminado y se tiene un botón que abre la ventana con los datos de la trazabilidad. Al estar en dicha ventana es necesario ingresar la cantidad final de líquido que se obtuvo en el mezclado.

Una vez ingresado el valor de la cantidad de mezcla se envían los datos al Excel en donde se guardarán en una base de datos para de esa manera tener un historial, además se generará un archivo tipo PDF que tendrá por nombre el código del lote y se guardará en una carpeta designada en el computador.

Si se desea iniciar de nuevo con el proceso se debe vaciar el tanque de mezclado y cumplir de nuevo con las condiciones iniciales indicadas.

2.4 Ingeniería de detalle

2.4.1 Esquema de conexiones

Para el desarrollo del esquema de conexiones se empleó el software CADE_SIMU en el cual se realizó el esquema de control y el esquema de potencia, además se incluye una tabla con la nomenclatura asignada a cada elemento.

Estos documentos de encuentran en el Anexo IV y en el Anexo V.

2.5 Configuración de los PLCs.

2.5.1 Comunicación entre PLCs.

Debido a la cantidad de elementos que posee el módulo se emplean dos PLCs, por tal razón se realiza la comunicación entre ambos dispositivos. Para lo cual se debe dirigir a Devices & network, seleccionar el puerto ethernet de un PLC y arrastrarlo hacia el puerto del otro PLC. De esa manera se establece comunicación Profinet entre los PLCs.

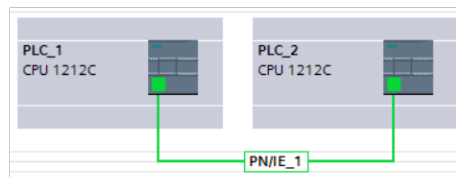


Figura 2.39. Conexión entre PLCs.

Se debe asignar una dirección IP única a cada PLC.

En la tabla 2.21 se indican las direcciones IP asignadas.

Tabla 2.21. Direcciones IP

Equipo	Dirección	Máscara de la subred
PLC 1	192.168.0.15	255.255.255.0
PLC 2	192.168.0.20	255.255.255.0

Para enviar información se emplea la conexión ethernet establecida anteriormente entre los PLCs para lo cual se agregan los siguientes bloques: TSEND_C en el PLC 2 para enviar información y TRCV_C en el PLC 1 para recibir dicha información.

Configuración del TSEND_C en el PLC 2.

Para agregar el bloque de envío de datos se debe seguir el siguiente proceso:

1. Ir a la parte de Instructions.
2. Seguir la siguiente ruta: Communication - Open user communication.
3. Se elige el bloque TSEND_C y se lo arrastra hacia el Main para colocarlo.
4. Se debe dar un nombre al bloque.

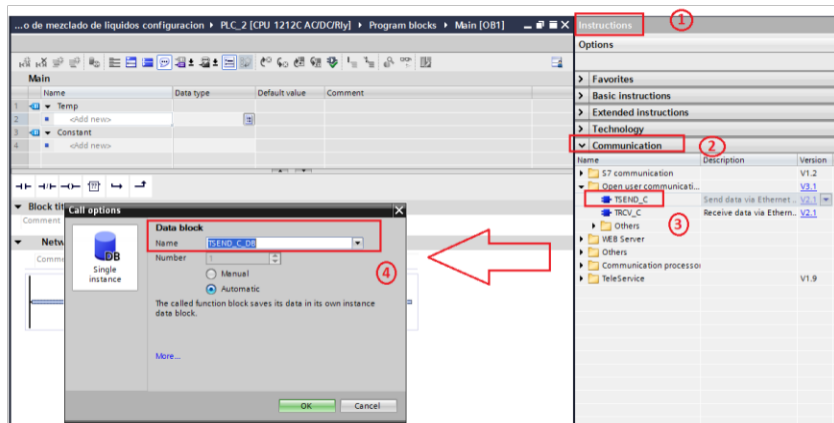


Figura 2.40. Selección del bloque TSEND_C.

Una vez que se crea el bloque TSEND_C se configura los parámetros de conexión tal y como se indica en la Figura 2.41. para ubicar al PLC 2 como el dispositivo local y al PLC 1 como el interlocutor.

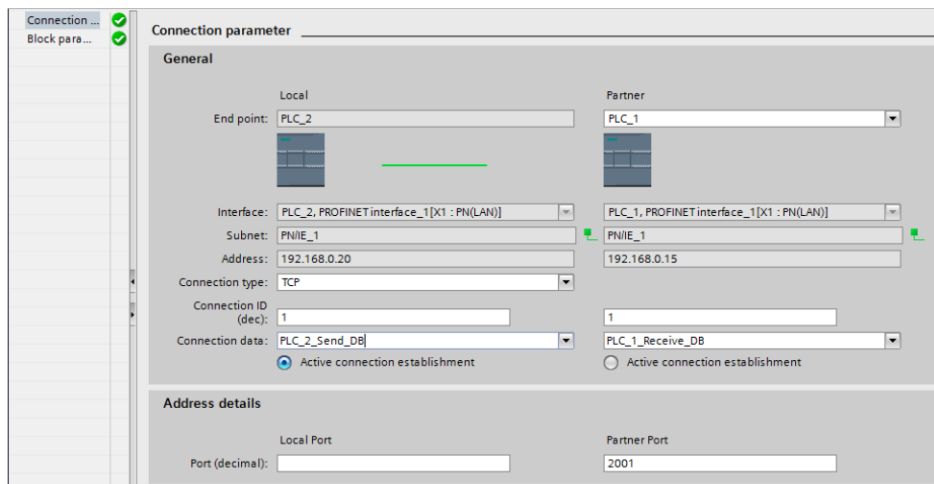


Figura 2.41. Selección del bloque TSEND_C.

El bloque TSEND_C debe ser configurado con los siguientes parámetros:

- REQ: se debe activar las marcas de ciclo lo cual se dispone en la configuración del dispositivo, en este caso se elige Clock 5_Hz para iniciar el trabajo de envío en un flanco ascendente
- CONT: este parámetro toma el valor de 1 para mantener y establecer la comunicación.
- CONNECT: es el puntero a la descripción de la conexión que se configuro en la Figura 2.41.

- DATA: se coloca la variable por la cual se va a enviar el dato, en este caso se crea un bloque de datos debido a que son varias variables las que se transmitirán al PLC 1.

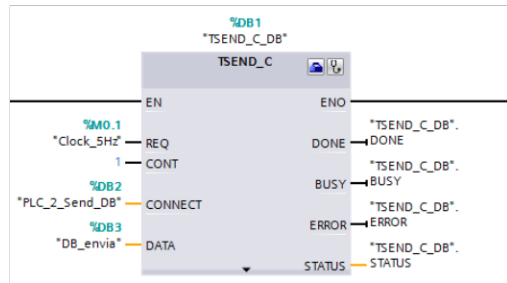


Figura 2.42. Configuración del bloque TSEND_C.

Configuración del TRCV_C en el PLC 1.

Para la configuración se repiten los pasos descritos para agregar el bloque TSEND_C con la única diferencia que esta vez se elige el bloque TRCV_C.

Para este caso se ubica al PLC 1 como el dispositivo local y al PLC 2 como el interlocutor, tal y como se muestra en la Figura 2.43.

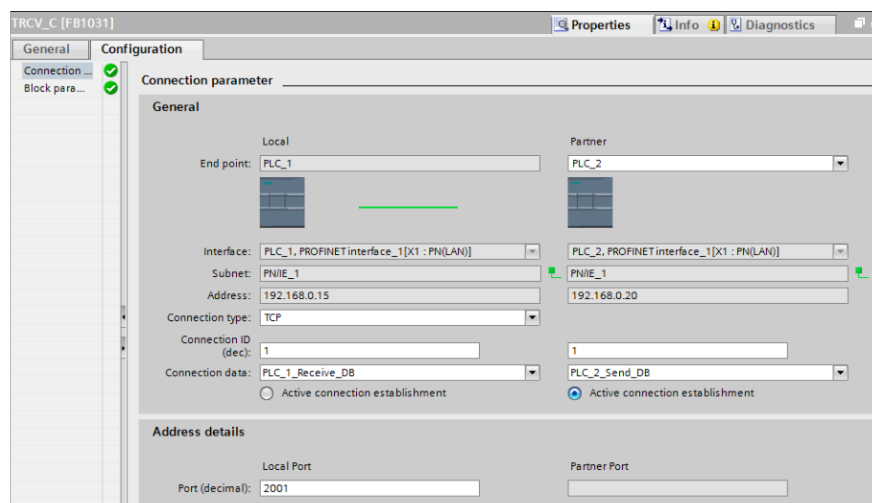


Figura 2.43. Configuración del bloque TRCV_C.

El bloque TRCV_C debe ser configurado con los siguientes parámetros:

- REQ: se debe activar las marcas de ciclo lo cual se dispone en la configuración del dispositivo, en este caso se elige Clock 5_Hz para iniciar el trabajo de envío en un flanco ascendente
- CONT: este parámetro toma el valor de 1 para mantener y establecer la comunicación.

- CONNECT: es el puntero a la descripción de la conexión que se configuro en la Figura 2.43.
- DATA: se coloca la variable en la cual se guardará el dato recibido, en este caso se crea un bloque de datos para guardar las variables recibidas del PLC 2.

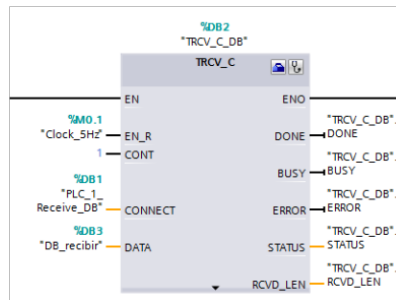


Figura 2.44. Configuración del bloque TRCV_C.

2.5.2 Programación de cada PLC

Para controlar y automatizar el proceso es necesario programar cada uno de los PLCs para de esa manera tener una lógica de control basada en las condiciones de las entradas de los S7-1200.

El desarrollo de la programación se indica en el ANEXO VII.

2.6 Configuración de la pantalla táctil (HMI)

Para la configuración de la pantalla táctil se emplea el software TouchWin Edit Tool para lo cual es necesario conectar el puerto USB-A del computador al puerto USB-B de la pantalla de esta forma es posible programar y subir los archivos a la pantalla.

2.6.1 Comunicación del HMI con el PLC.

Se debe seguir el siguiente procedimiento para realizar la comunicación:

1. Dar clic en la parte superior y elegir nuevo.
2. Seleccionar el modelo del "TG865-MT/UT/ET".
3. Seleccionar la pestaña "COM Device".
4. Una vez realizado el paso anterior se despliegan dos pestañas en las cuales se debe dar clic y elegir la opción "Do not use PLC Port".
5. Se selecciona la pestaña "Net Device" y se ingresa una dirección IP que no se esté empleando para la pantalla como se indica en la Figura 2.45.

6. Se da clic derecho sobre “Net Device”, se elige “New” y se da un nombre al nuevo dispositivo. En este caso se utilizó el nombre de PLC1_Mezclado.
7. Se realizan las configuraciones mostradas en la Figura 2.45. y de esa manera se tiene la conexión hacia el PLC 1.

En la tabla 2.22 se indican la dirección IP asignada a la pantalla.

Tabla 2.22. Dirección IP

Equipo	Dirección	Máscara de la subred
Pantalla	192.168.0.40	255.255.255.0

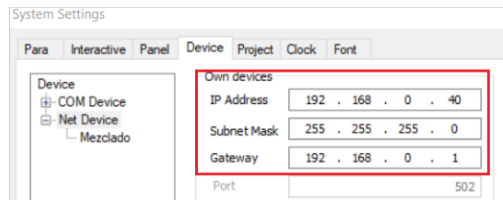


Figura 2.45. Asignación de una dirección IP a la pantalla.

En la Figura 2.46. se elige el modelo del PLC al cual se va a conectar la pantalla para leer las variables que se utilicen en el HMI, se debe ingresar la dirección IP del PLC que va a enviar y recibir información.

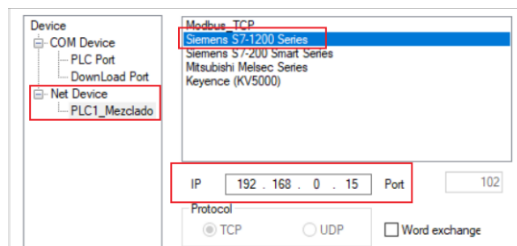


Figura 2.46. Creación de la conexión de la pantalla con el PLC 1.

Una vez que se realizó la configuración solo queda conectar la pantalla con router por medio del cable Ethernet para comunicar el PLC 1 con la pantalla.

2.6.2 Configuración de los elementos del HMI.

Con la conexión realizada entre el PLC 1 y la pantalla es posible leer las variables del programa TIA Portal en la pantalla, para de esta manera activar o desactivar los diferentes elementos que componen el HMI que se diseña.

Para esto se realiza el siguiente proceso:

1. Dar doble clic sobre el elemento que se desea relacionar con las variables del PLC.
2. Elegir el dispositivo del cual se van a leer las variables, en este caso es el PLC1_Mezclado que fue previamente creado.
3. Ingresar la dirección con la cual se identifica la variable en el PLC1.

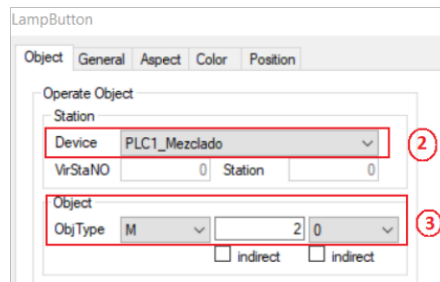


Figura 2.47. Configuración de las variables en el HMI.

Una vez que se realiza este proceso se enlazara el elemento del HMI con la variable del PLC1.

Por ejemplo, si el botón de marcha del HMI esta enlazado a la dirección %M2.0 al presionar el botón se activara la variable en el PLC y viceversa, es decir si en el PLC se activa o desactiva alguna marca que encienda un foco en el HMI se visualizará el activado o desactivado del foco.

El diseño de las pantallas se encuentra explicado en el ANEXO VI.

2.7 Configuración del Excel

En la plataforma de Excel se diseña una plantilla en la cual se visualizarán los valores ingresados mediante el HMI, al dar clic en el botón ENVIAR DATOS la información se guarda en una base de datos para mantener un registro.

Esto se lo realiza a través de la implementación de Macros en Excel, las cuales se detallan en el Anexo VIII.

2.8 Configuración de la plataforma de comunicación

Para la plataforma de comunicación se emplea el software KEPServerEX, el cual es un servidor de datos que se basa en la tecnología OPC que permite comunicación continua entre los PLCs y el HMI sin importar la marca comercial de los dispositivos.

2.8.1 Creación de un canal

El PLC es el encargado de enviar la información y la plataforma de Excel recibirá dicha información para ser monitoreada.

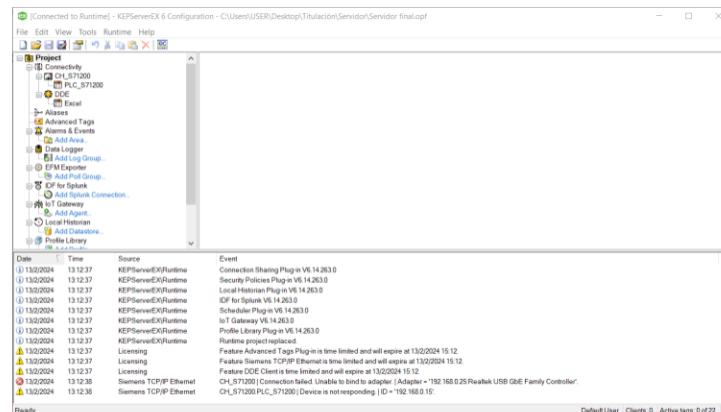


Figura 2.48. Interfaz del software KEPServerEx.

Se añaden dos canales hacia el servidor, uno es desde el PLC y el otro desde el Excel.

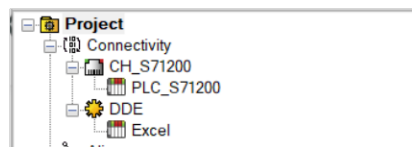


Figura 2.49. Canales añadidos.

En cada uno de los canales creados se ingresan los Tag con los que se van a trabajar.

Para enviar la información desde el PLC se debe crear un bloque de datos caso contrario el servidor no las podrá leer.

2.8.2 Configuración de los Tags del PLC

Para configurar los tags se deben ingresar los siguientes parámetros:

1. Asignar un nombre a la variable que se va a leer en el servidor.
2. Colocar la dirección con la que se encuentra a la variable en el PLC.
3. Elegir el tipo de variable.

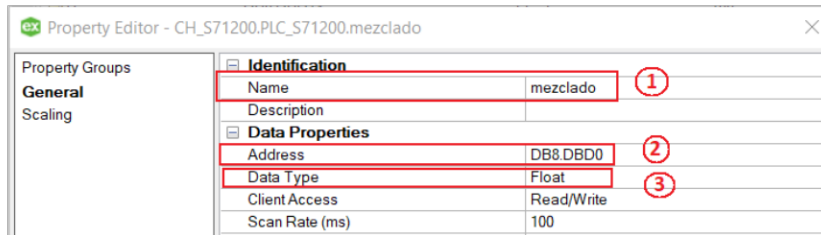


Figura 2.50. Configuración de los tags enviados desde el PLC.

Cabe mencionar que los nombres que se asignan a las variables no necesariamente tienen que ser iguales, sin embargo, para poder leer las variables, la dirección y el tipo de dato deben ser los mismos tanto en el PLC como en el servidor.

Datos_excel									
	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Valor_mezclado	Real	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Valor_calentado	Real	4.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Valor_lote	Real	8.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Elegir_limon	Bool	12.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Elegir_naranja	Bool	12.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Elegir_uva	Bool	12.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Reinicia	Bool	12.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Cargar_datos	Bool	12.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Valor_litros	Real	14.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 2.51. Bloque de datos con las variables que se leerán en el servidor.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling
mezclado	DB8.DB0	Float	100	None
calentado	DB8.DB4	Float	100	None
lote	DB8.DB8	Float	100	None
litros	DB8.DB14	Float	100	None
limon	DB8.DBX12.0	Boolean	100	None
naranja	DB8.DBX12.1	Boolean	100	None
uva	DB8.DBX12.2	Boolean	100	None
Fecha_elaboracion	DB8.DBX12.3	Boolean	100	None
cargar_datos	DB8.DBX12.4	Boolean	100	None

Nombre asignado Dirección Tipo de dato

Figura 2.52. Variables enviadas desde el PLC.

2.8.3 Configuración de los Tags del Excel.

Para configurar los tags se deben ingresar los siguientes parámetros:

1. Asignar un nombre a la variable que se va a enviar al servidor.
2. Colocar la dirección de la celda en la cual se va a dirigir la variable. La dirección debe cumplir con la siguiente estructura:

Excel | Nombre del libro en el cual se encuentra la celda de destino ! Numero de la celda o el nombre asignado a la celda

3. Elegir el tipo de variable.



Figura 2.53. Configuración de los tags para el Excel.

Es importante considerar que tanto el nombre del libro y el nombre de la celda deben ser escritos igual que en el Excel, caso contrario el servidor no encontrara la variable.

No se debe omitir los signos que se colocan en la dirección ya que ese es el formato establecido.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling
cargar_datos	Excel Celdas enviar	Boolean	100	None
cantidadmezclado	Excel Hoja de registro cantidadmezcla	Float	100	None
codigo_lote	Excel Hoja de registro codigo	DWord	100	None
limon	Excel Hoja de registro lim	Boolean	100	None
naranja	Excel Hoja de registro nar	Boolean	100	None
numero_lote	Excel Hoja de registro numero	Float	100	None
tiempo_calentado	Excel Hoja de registro calentado	Float	100	None
tiempomezclado	Excel Hoja de registro mezclado	Float	100	None
uva	Excel Hoja de registro uv	Boolean	100	None

Nombre asignado en el servidor
 Dirección
 Tipo de dato

Figura 2.54. Variables que recibirán la información en Excel.

2.8.4 Unión de los canales

Al ya tener configurados los tags que pertenecen a cada canal se realiza la conexión de ambos canales para recibir la información en tiempo real por medio del servidor. Para lo cual se crean los Tags avanzados.

Se ingresa a la pestaña de Advance Tags

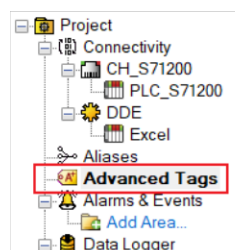


Figura 2.55. Pestaña de Advanced Tags

Se crea un “New Link Tag”, que debe seguir los siguientes parámetros:

1. Elegir el tipo de tag, en este caso será un Link.

2. Asignar un nombre al tag que se va a crear.
3. Se elige el tag que va a ser la entrada en este caso son los tags creados en el canal del PLC.
4. Se elige el tag que va a ser la salida para lo cual se escogen los tags creados en el canal del Excel.
5. Se elige el modo de enlace y se coloca "On Interval".

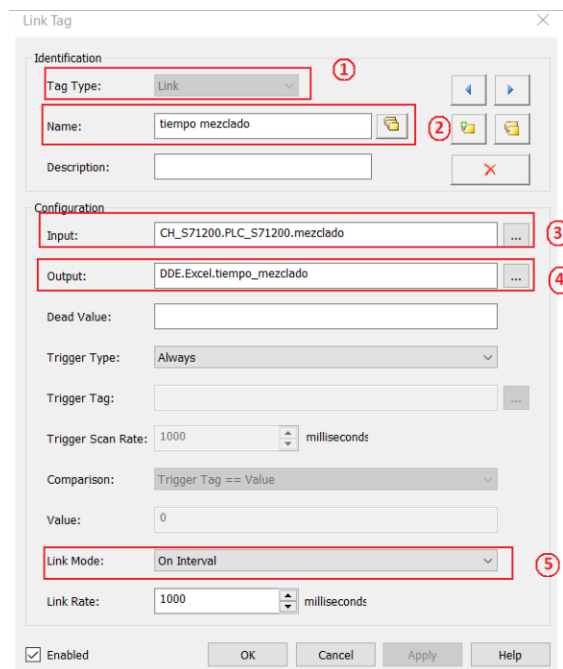


Figura 2.56. Configuración de los tags avanzados.

Tag Name	Tag Type	Data Type
cantidad mezcla	Link	String
enviar_datos	Link	String
limon	Link	String
lote	Link	String
naranja	Link	String
tiempo de calentado	Link	String
tiempo mezclado	Link	String
uva	Link	String

Figura 2.57. Tags avanzados creados en el servidor.

2.9 Datos de la trazabilidad

Para la trazabilidad del proceso se consideran los siguientes datos:

- Código del lote: es un conjunto de números único conformado por la fecha y el número de lote con el cual se podrá hacer un rastreo en caso de querer detalles del lote.

- Número de lote: es la denominación que identifica a la cantidad de mezcla que se elaboró.
- Ingrediente del tanque de reserva: es el dato de la materia prima empleada para la mezcla, la cual se encuentra en el tanque de reserva 1.
- Tiempo de mezclado: es el tiempo en el cual estará operando el motor de mezclado.
- Tiempo de calentado: es el tiempo en el cual el calentador eléctrico permanecerá encendido.
- Cantidad e mezcla: es la cantidad de mezcla final que se obtendrá del tanque de mezclado.
- Fecha de elaboración: es un registro que permite conocer cuando fue elaborada la mezcla.

Cabe mencionar que al tratarse de una simulación el dato del ingrediente será únicamente empleado para la trazabilidad ya que no se emplea físicamente la materia prima mencionada.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

En esta sección del documento se da a conocer los resultados obtenidos, en donde se presenta el HMI diseñado, el funcionamiento del módulo y el envío de datos desde el PLC hacia el Excel en el cual se registrará la trazabilidad.

Además, se adjunta un video como evidencia del funcionamiento el cual está disponible en el enlace colocado en el Anexo I.

En la Figura 3.1. y en la Figura 3.2. se indica el resultado del rediseño del módulo.



Figura 3.1. Parte delantera del proceso.



Figura 3.2. Parte posterior del proceso

3.1.1 Condiciones iniciales

Para observar el funcionamiento del proceso se inicia con el nivel de líquido en los tanques de reserva debajo del sensor de nivel lo cual genera dos alarmas en el HMI indicando que es necesario llenar las reservas.



Figura 3.3. Alarma generada en el proceso por el nivel bajo de las reservas.

Una vez que se corrigen las alarmas se dirige a la pantalla inicial en la cual se ingresa un código de seguridad para entrar al proceso, en caso de que el código se incorreco se visualizará un mensaje de Error password y será necesario ingresar el código correcto.



Figura 3.4. Código de seguridad.

Al ingresar se elige la opción de nuevo lote y se ingresan los valores de las condiciones iniciales que fueron explicada en el literal 2.3. Descripción del proceso.



a) Número de lote



b) Tiempo de mezclado



c) Tiempo de calentado



d) Elección del ingrediente

Figura 3.5. Condiciones iniciales

3.1.2 Desarrollo del proceso

Al cumplir con las condiciones iniciales se puede ingresar a la ventana del proceso en la cual ya es posible iniciar mediante el botón de marcha físico o el botón de marcha del HMI. Al presionar el botón de marcha se encenderá una lámpara en el HMI.

Cabe mencionar que todo el proceso puede ser monitoreado mediante el HMI ya que se han integrado lámparas que representan el funcionamiento de los dispositivos que se encuentran en el módulo.

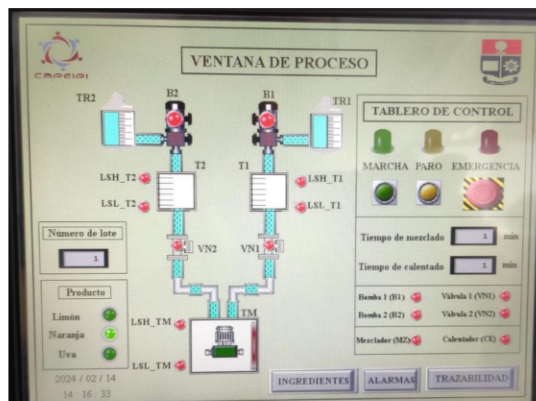


Figura 3.6. Ventana del proceso sin iniciar.

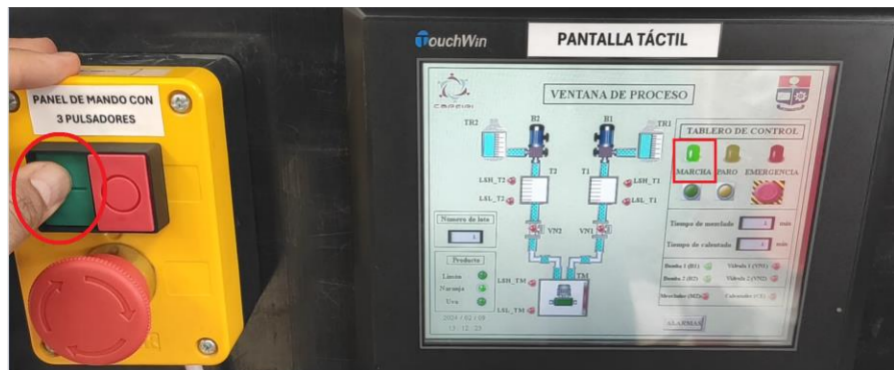


Figura 3.7. Proceso iniciado mediante el botón de marcha físico.

Al dar inicio el proceso se observa que las bombas entran en funcionamiento, esto se puede visualizar en el HMI, además los tanques de almacenamiento se empiezan a llenar.



Figura 3.8. Luces que indican el funcionamiento de los equipos.

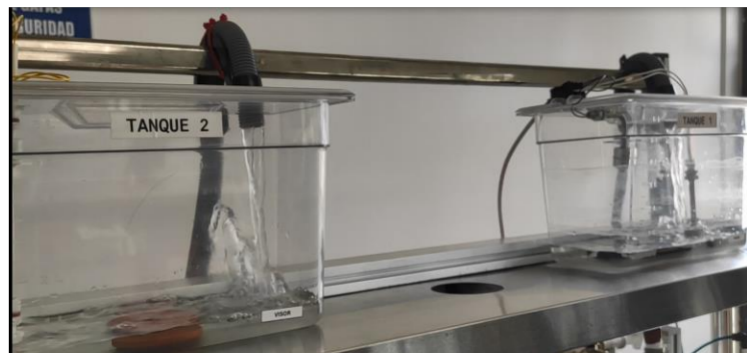


Figura 3.9. Llenado de los tanques de almacenamiento.

Si es necesario se puede activar el botón de paro con lo cual el sistema se detendrá y para reanudarlo se debe presionar el botón de marcha.

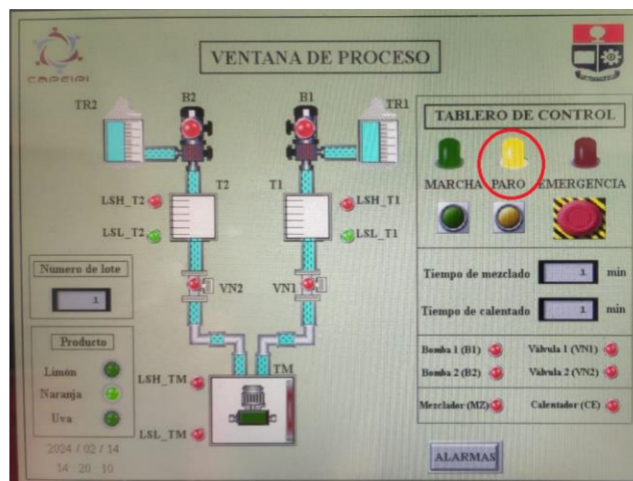


Figura 3.10. Activación de la lampará que indica que el proceso se ha detenido.



Figura 3.11. El llenado de los tanques se ha detenido.

Cuando el líquido es detectado por los sensores de nivel alto de los tanques de almacenamiento las bombas se detienen y se activan las electroválvulas que permiten el paso hacia el tanque de mezclado.



Figura 3.12. Llenado del tanque de mezclado.

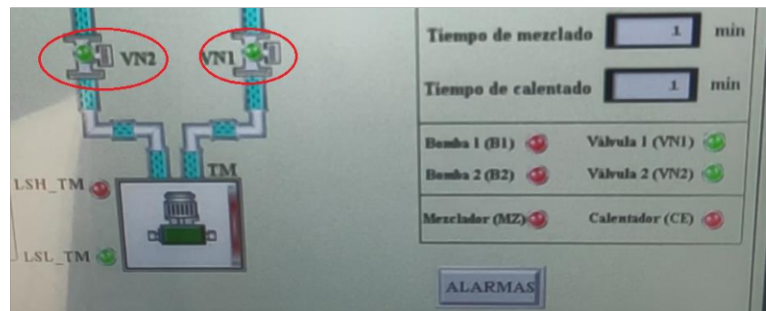


Figura 3.13. Indicadores de la activación e las electroválvulas.

Una vez que se llena el tanque de mezclado se cierran las electroválvulas y entra en operación el motor por el tiempo establecido al inicio del proceso.

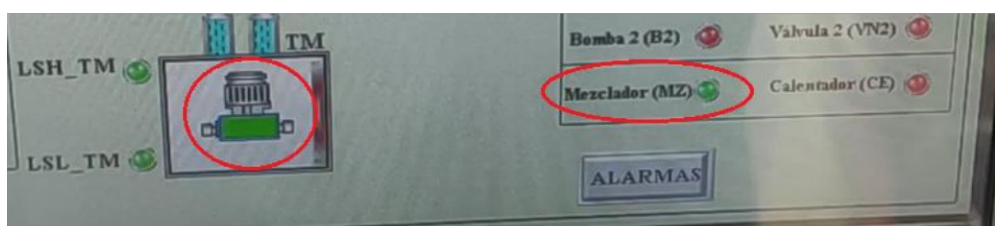


Figura 3.14. Funcionamiento del motor de mezclado.

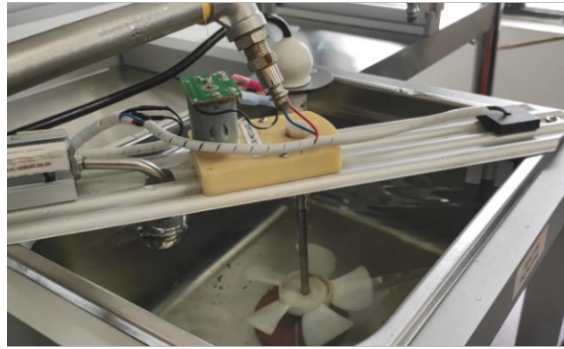


Figura 3.15. Desactivado de las válvulas electroneumáticas.

Cuando el motor de mezclado se desactiva se inicia el proceso de calentado para lo cual se activa el calentador eléctrico por el tiempo configurado inicialmente.

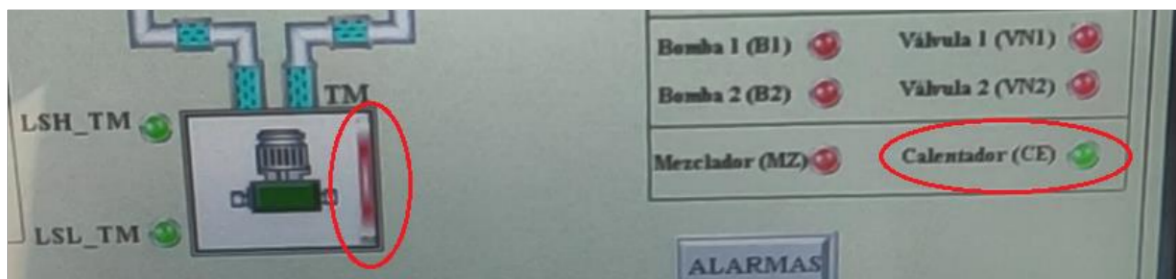


Figura 3.16. Activación del calentador eléctrico.



Figura 3.17. Funcionamiento del calentador eléctrico

Al finalizar el funcionamiento del calentador en el HMI se genera una ventana que permite dirigirse a los datos de la trazabilidad.



Figura 3.18. Ventana de proceso finalizado.

Cabe mencionar que el proceso no podrá ser reinicializado hasta extraer el líquido del tanque de mezclado.

3.1.3 Alarmas del proceso

Al proceso se le integraron ventanas que aparecen al detectar la activación de alguna alarma. En este caso se consideraron las siguientes alarmas:

1. La alarma que indica el nivel bajo de la reserva.

Esta alarma se genera al momento que los sensores de nivel detectan que el líquido se encuentra los debajo de los sensores, de esta manera se controla que las bombas no trabajen en vacío. Además, es necesario que el nivel de agua sea el adecuado para poder iniciar el sistema.



Figura 3.19. Alarmas de las reservas.

2. Alarma al momento de accionar el pulsador de emergencia físico o del HMI.

Al tratarse de una emergencia se genera una ventana como se indica en la Figura 3.20. la cual se puede suprimir al quitar la retención tanto del botón de emergencia físico como del botón ubicado en el HMI, caso contrario si solo se pulsa el OK la ventana seguirá apareciendo.

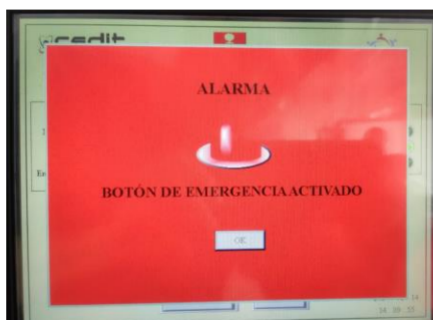


Figura 3.20. Alarma generada por el botón de emergencia.

El proceso cuenta con una ventana que registra la activación de las diferentes alarmas.

En esta ventana se puede apreciar la hora y fecha en la cual se activó la alarma, además, es posible validar la alarma generada para de esa manera saber que fue corregida.

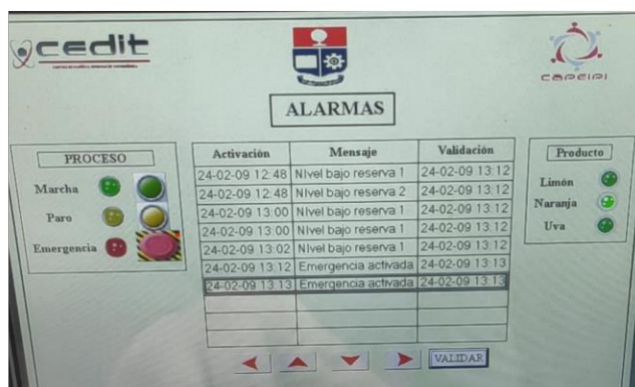


Figura 3.21. Ventana de las alarmas generadas en el proceso.

3.1.4 Comunicación por medio de la plataforma KEPServerEX

La comunicación se comprueba al observar como los datos enviados desde la pantalla son cargados en la hoja de Excel.

Además, se visualiza que cada uno de los canales creados en el servidor reciben los datos que fueron ingresados.

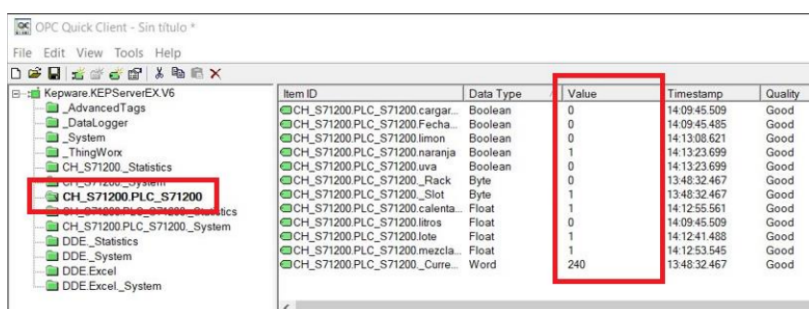


Figura 3.22. Lectura de datos por medio del canal creado para el PLC.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
DDE.Excel.cargar_datos	Boolean	0	13:48:33.475	Good
DDE.Excel.limon	Boolean	0	14:13:09.482	Good
DDE.Excel.naranja	Boolean	1	14:13:24.796	Good
DDE.Excel.ReinitializeDDE	Boolean	0	13:48:32.472	Good
DDE.Excel.uva	Boolean	0	14:13:24.796	Good
DDE.Excel.codigo_lote	DWord	140224001	14:12:42.481	Good
DDE.Excel.cantidad_mezclado	Float	0	13:48:33.475	Good
DDE.Excel.numero_lote	Float	1	14:12:42.587	Good
DDE.Excel.tiempo_calentado	Float	1	14:12:56.652	Good
DDE.Excel.tiempo_mezclado	Float	1	14:12:54.656	Good

Figura 3.23. Lectura de datos por medio del canal creado para el Excel.

3.1.5 Trazabilidad

Al momento de iniciar el proceso se evidencia que la hoja de registro no contiene la información del proceso.

Figura 3.24. Hoja de registro sin los datos del proceso.

Una vez que se ingresan los valores de las condiciones iniciales del proceso se envía la información a la hoja de registro.

Como se puede ver en la Figura 3.23. los datos son enviados a la hoja de registro y de esa manera se comprueba que la plataforma de comunicación se encuentra operando. Y solo falta el dato de la cantidad de líquido mezclado, el cual se añade al final del proceso.

HOJA DE REGISTRO PARA LA SUPERVISIÓN DEL PROCESO	
Encargado: David Alejandro Buele Uyana	Fecha de registro: 9/2/2024
DATOS DEL LOTE	
Código del lote:	090224001
Número del lote:	1
Ingrediente del mezclado:	Limón <input checked="" type="checkbox"/>
	Naranja <input checked="" type="checkbox"/>
	Uva <input checked="" type="checkbox"/>
Fecha de elaboración:	9/2/2024
PARÁMETROS DEL PROCESO	
Tiempo de mezclado:	1 min
Tiempo de calentado:	1 min
Cantidad de mezcla:	0 litros

Figura 3.25. Hoja de registro con los datos enviados desde el HMI.

Al finalizar el proceso se genera una ventana en la cual se muestra todos los datos que han sido enviados a la hoja de registro.

TRAZABILIDAD	
PRODUCTO SELECCIONADO	TIEMPOS CONFIGURADOS
LIMÓN <input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo de mezclado 1 min
NARANJA <input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo de calentado 1 min
UVA <input checked="" type="checkbox"/>	
NÚMERO DE LOTE	CANTIDAD DE LÍQUIDO MEZCLADO
1	10 litros
ENVIAR DATOS	
PROCESO	ALARMAS
2024 / 02 / 09 13 22 48	

Figura 3.26. Ventana en el HMI con los datos de la trazabilidad.

Al tener todos los datos del proceso únicamente queda oprimir el botón de Enviar Datos para de esa manera transferir la información a una base de datos y generar un archivo PDF al cual se le asigna el código del lote como nombre del documento.

DATOS DEL LOTE					PARÁMETROS DEL PROCESO			
Código del lote	Número de lote	Ingrediente			Fecha de elaboración	Tiempo de mezclado (min)	Tiempo de calentado (min)	Cantidad de mezcla (litros)
		Limón	Naranja	Uva				

Figura 3.27. Base de datos sin la información del proceso.

DATOS DEL LOTE					PARÁMETROS DEL PROCESO			
Código del lote	Número de lote	Ingrediente			Fecha de elaboración	Tiempo de mezclado (min)	Tiempo de calentado (min)	Cantidad de mezcla (litros)
		Limón	Naranja	Uva				
90224001	1	☐	☑	☐	9/2/2024	1	1	10

Figura 3.28. Base de datos con la información del proceso.

El documento PDF que se genera se lo podrá visualizar en el Anexo IX.

3.1.6 Etiquetado del módulo.

Para identificar las entradas y salidas de los PLCs se colocaron etiquetas con la nomenclatura respectiva.



Figura 3.29. Etiquetado de los PLCs.



Figura 3.30. Etiquetado de las conexiones.

Además, se etiqueto cada elemento que conforma el módulo con su respectivo nombre.



Figura 3.31. Etiquetado de los elementos del módulo.

3.2 Conclusiones

- La rehabilitación es un proceso estratégico que permite prolongar la vida útil de los dispositivos para lo cual se debe realizar un mantenimiento, reparación y modernización tecnológica de dispositivos y sistemas, de esta manera se mejora la eficacia y productividad.
- Mediante el análisis del funcionamiento de los componentes del módulo se adquirieron nuevos conocimientos sobre los equipos que formaban el proceso, los cuales otorgan una mejor perspectiva para el control y automatización de procesos industriales. Esto se debe a que varias características de los elementos eran conocidas o empleadas por primera vez.
- Se ha implementado un HMI (Interfaz Hombre – Máquina) que permite realizar el control, monitoreo y supervisión del proceso, mediante el HMI se puede ver el estado operativo de los elementos físicos, además se lleva un registro de las alarmas que se presentan durante la ejecución del proceso.
- La plataforma de comunicación que se integró en el proceso ha permitido realizar una conexión versátil entre los dispositivos sin importar las marcas comerciales, esto se debe a la tecnología de comunicación OPC la cual está diseñada para tener una estructura de cliente y servidor.
- Mediante la trazabilidad se ha recopilado y gestionado la información que genera el proceso para de esa manera realizar el monitoreo y control, lo cual garantiza una mejor calidad en los productos y mayor eficacia al momento de buscar información.

3.3 Recomendaciones

- Realizar mantenimientos periódicos de los equipos dispuestos en el CEDIT debido a que si no se lo realiza los dispositivos presentarían fallas o dejarían de funcionar y será una pérdida económica debido al alto costo que presentan algunos dispositivos.
- Buscar la incorporación de nuevos dispositivos que permitan mejorar el sistema, debido a que el proceso puede ser optimizado con la reintegración de los elementos que se encontraban dañados.

- Para enviar información del PLC al HMI se debe crear un bloque de datos para emplear la dirección del bloque, esto se debe a que si únicamente se envía la información con la dirección de la marca el HMI en algunos casos no leerá la variable.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Zapata, M., & Topón, L., & Tipán, E. (2021). Fundamentos de Automatización y Redes Industriales. Quito, Ecuador: Editorial Universidad Tecnológica Indoamérica.

[2] Nora Millor (2020). Funciones básicas, características y arquitectura de los sistemas automatizados. Universidad Nacional de Educación a Distancia. [En línea] Disponible en: <https://infolibros.org/pdfview/5761-funciones-basicas-caracteristicas-y-arquitectura-de-los-sistemas-automatizados-universidade-nacional-de-educacao-a-distancia/>

[3] ITAINNOVA. (2024). Simulación de procesos. [En línea] Disponible en: <https://web.itainnova.es/elogistica/lineas-de-trabajo/logistica-inteligente/simulacion-de-procesos/>

[4] GSL Industrias. (2021) Simulación Ingeniería Industrial. [En línea] Disponible en: <https://industriassgl.com/blogs/automatizacion/simulacion-ingenieria-industrial>

[5] GlobeCore. (2024). Mezcla de líquidos para cualquier industria. [En línea] Disponible en: <https://globe-core.com/es/publications/mixing-liquids-in-any-industry/>

[6] KEYENCE Que es trazabilidad. [En línea] Disponible en: https://www.keyence.com.mx/ss/products/marketing/traceability/basic_about.jsp

[7] Sánchez, R. (2018) Introducción a la trazabilidad: un primer acercamiento para su comprensión e implementación. México. Editorial: El Escriba.

[8] SDI. (2022) La importancia de la rehabilitación de equipos industriales. [En línea] Disponible en: <https://sdindustrial.com.mx/blog/rehabilitacion-de-equipos-industriales/>

[9] Molina, J. Mandos Neumáticos. EPN. 2010.

[10] Campaña, O., & Mejía, C. (2017). Rehabilitación e implementación de controladores PID y SMC para el sistema de dosificación de líquidos del Laboratorio de Control de Procesos Industriales de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional. (Tesis de Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. Repositorio digital: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18766/1/CD-8155.pdf>

- [11] Ruiz, A., & Ros, F., & Rico, J. (2010) Guía práctica de sensores. España. Editorial: Creaciones Copyright, S.L.
- [12] Corona, L., & Abarca, G., & Mares, J. (2014) Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino. Azcapotzalco, México D.F. Editorial: Grupo Editorial Patria.
- [13] Encoder Products Company. (2019). Industrial Ethernet Communication Protocols. [En línea] Disponible en: https://www.encoder.com/hubfs/white-papers/WP-2019_Industrial-Ethernet-Protocols/wp2019-industrial-ethernet-communication-protocols.pdf
- [14] GSL Industrias. (2021) ¿Qué es un PLC y cómo funciona?. [En línea] Disponible en: <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>
- [15] Siemens. (2016). Manual de sistema SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200. [Siemens]. Disponible en: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/593/109741593/att_895707/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf
- [16] Siemens. TIA Portal. [En línea] Disponible en: <https://www.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html>
- [17] XINJE. TouchWin Edit Tool User Manual. [XINJE]. Disponible en: <https://www.imenista.com/pdf/Touchwin%20Software%20Manual.pdf>
- [18] Kepware Industrial Connectivity Solutions. (2019) ¿Qué es KEPServerEX, cómo funciona y qué te puede aportar. kepware kepserverex. [En línea] Disponible en: <https://www.kepserverexopc.com/que-es-kepserverex-como-funciona-y-que-te-puede-aportar/>
- [19] Microsoft. Tareas básicas en Excel. [En línea] Disponible en: <https://support.microsoft.com/es-es/office/tareas-b%C3%A1sicas-en-excel-dc775dd1-fa52-430f-9c3c-d998d1735fca#:~:text=Excel%20es%20una%20herramienta%20muy,la%20cuadr%C3%ADcula%20de%20las%20celdas.>

5 ANEXOS

ANEXO I. Enlace a videos sobre el funcionamiento del módulo.

ANEXO II. Entradas y salidas de los PLCs.

ANEXO III. Arquitectura del sistema.

ANEXO IV. Nomenclatura de los esquemas eléctricos.

ANEXO V. Esquemas de conexiones.

ANEXO VI. Ventanas diseñadas para el proceso.

ANEXO VII. Lógica de control de los PLCs.

ANEXO VIII. Configuración del Excel.

ANEXO IX. Documento generado para la trazabilidad del proceso.

ANEXO X. Manual de funcionamiento.

ANEXO XI. Plan de capacitación.

ANEXO I. Enlace a videos sobre el funcionamiento del módulo

A continuación, se presenta un enlace que redirecciona hacia una carpeta compartida en la cual se encuentran los videos del funcionamiento del módulo de líquidos.

[Evidencias del funcionamiento del proceso de mezclado de líquidos](#)

ANEXO II. Entradas y Salidas de los PLCs

La tabla 5.1. y la tabla 5.2. indican la organización que se le dio a las entradas y salidas de los PLCs S7-1200.

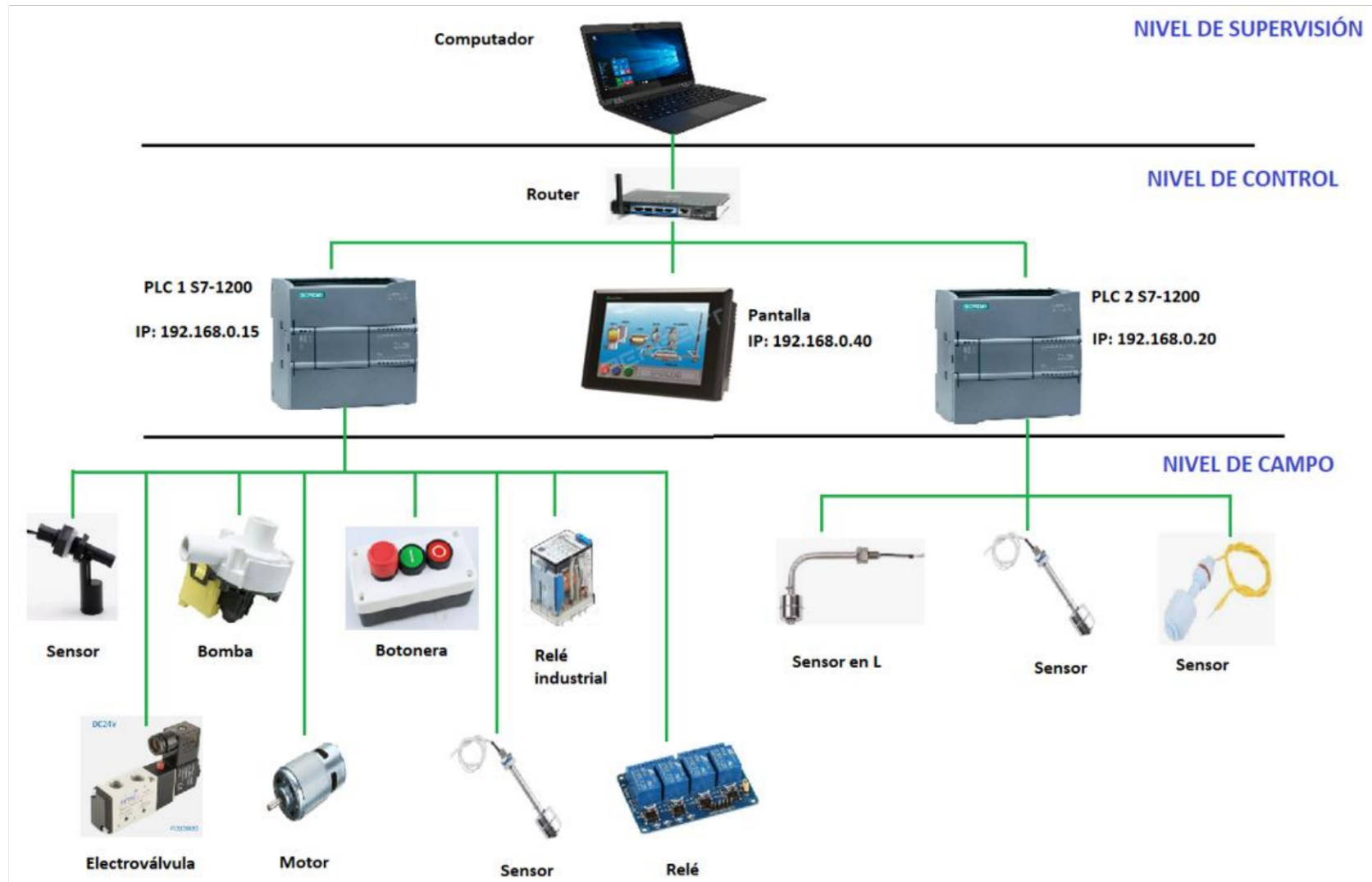
Tabla 5.1. Entradas y salidas del PLC 1.

PLC 1 S7-1200			
Entradas digitales			
Nomenclatura en el PLC	Tipo de dato	Dirección	Descripción
Emergencia_Local	Bool	%I0.0	Pulsador físico de emergencia con retención
Marcha_Local	Bool	%I0.1	Pulsador físico de marcha sin retención
Paro_Local	Bool	%I0.2	Pulsador físico de paro sin retención
Mezclado_Nivel_Bajo	Bool	%I0.4	Sensor de nivel bajo del tanque de mezclado
Nivel_Reserva_1	Bool	%I0.5	Sensor de nivel del tanque de reserva 1
Nivel_Reserva_2	Bool	%I0.6	Sensor de nivel del tanque de reserva 2
Salidas digitales			
Valvula_Neumatica_2	Bool	%Q0.0	Válvula electroneumática del tanque de almacenamiento 2
Valvula_Neumatica_1	Bool	%Q0.1	Válvula electroneumática del tanque de almacenamiento 1
Motor_Mezclado	Bool	%Q0.2	Motor de mezclado
Calentador	Bool	%Q0.3	Calentador de líquidos
Bomba_Reserva_1	Bool	%Q0.4	Bomba del tanque de reserva 1
Bomba_Reserva_2	Bool	%Q0.5	Bomba del tanque de reserva 2

Tabla 5.2. Entradas y salidas del PLC 2.

PLC 2 S7-1200			
Entradas digitales			
Nomenclatura en el PLC	Tipo de dato	Dirección	Descripción
T1_Nivel_Bajo	Bool	%I1.0	Sensor de nivel bajo del tanque de almacenamiento 1
T1_Nivel_Alto	Bool	%I1.1	Sensor de nivel alto del tanque de almacenamiento 1
T2_Nivel_Bajo	Bool	%I1.2	Sensor de nivel bajo del tanque de almacenamiento 2
T2_Nivel_Alto	Bool	%I1.3	Sensor de nivel alto del tanque de almacenamiento 2
Nivel_alto_mezclado	Bool	%I1.4	Sensor de nivel alto del tanque de mezclado

ANEXO III. Arquitectura del sistema

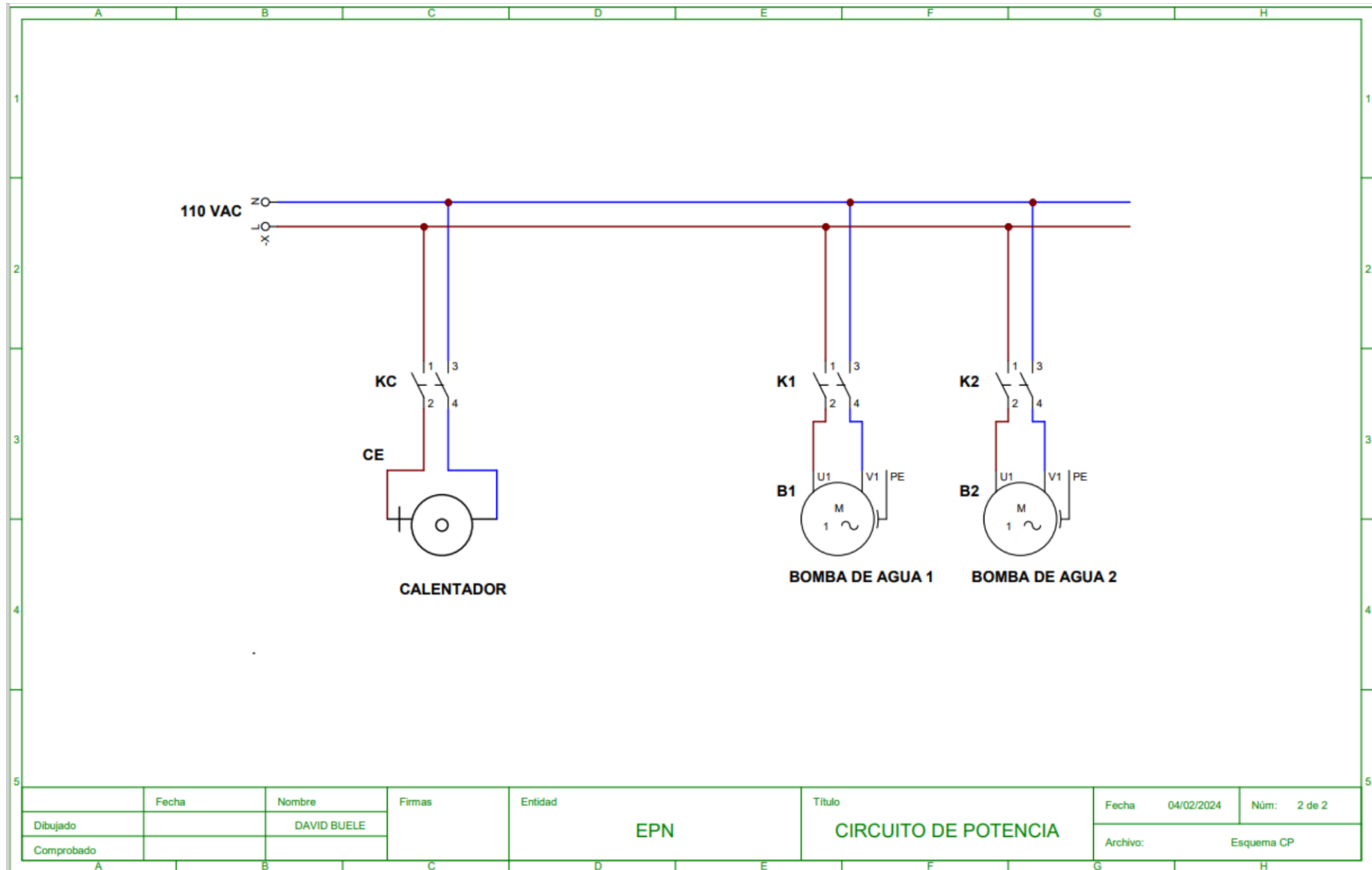


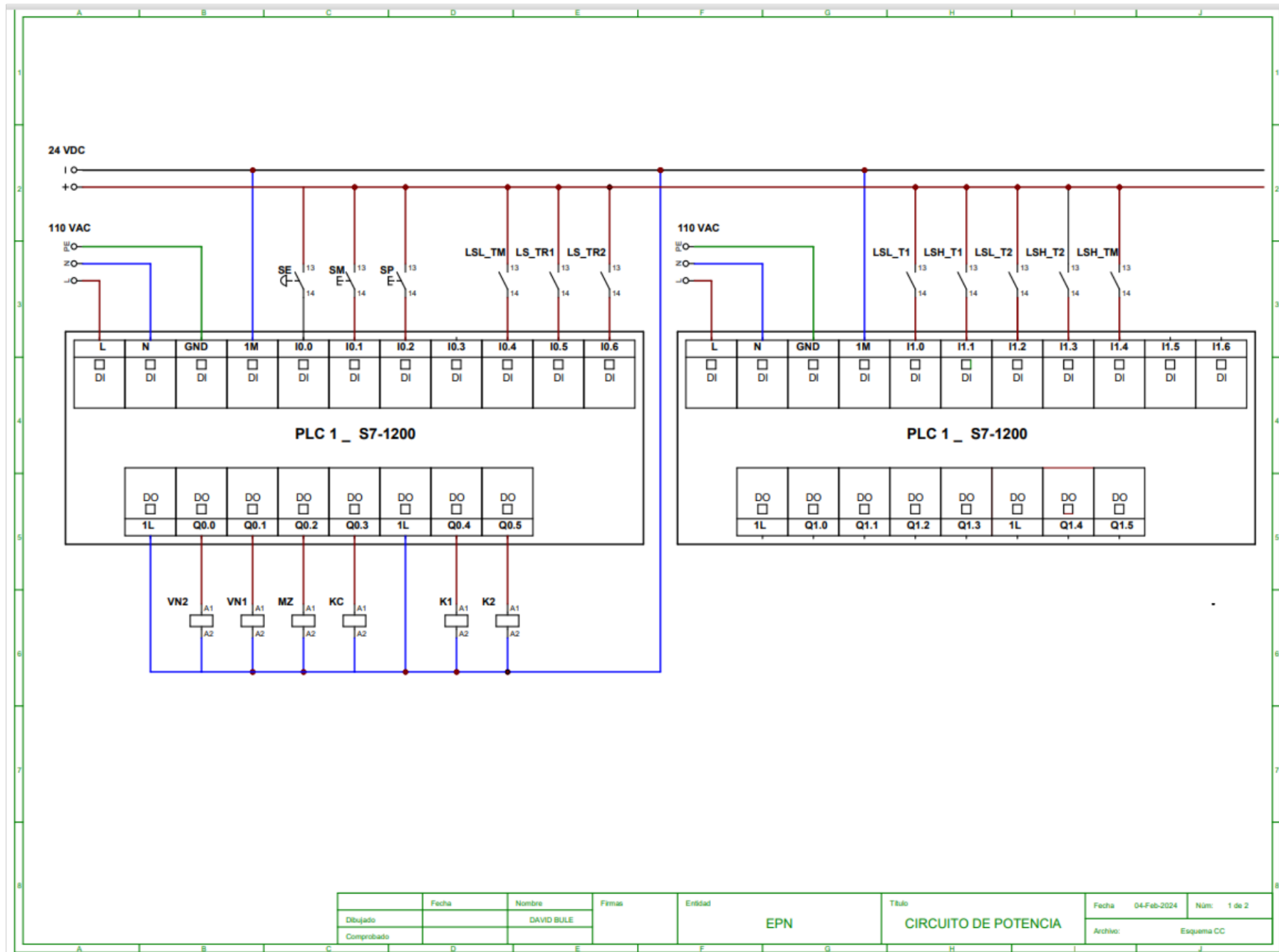
ANEXO IV. Nomenclatura de los esquemas de conexiones

Tabla 5.3. Nomenclatura de los esquemas de conexiones.

Nomenclatura	Dispositivo
SM	Pulsador de marcha
SP	Pulsador de paro
SE	Pulsador de emergencia
B1	Bomba de agua 1
B2	Bomba de agua 2
LS_R1	Sensor de nivel de la reserva 1
LS_R2	Sensor de nivel de la reserva 2
LSH_T1	Sensor de nivel alto del tanque 1
LSL_T1	Sensor de nivel bajo del tanque 1
LSH_T2	Sensor de nivel alto del tanque 2
LSL_T2	Sensor de nivel bajo del tanque 2
LSH_TM	Sensor de nivel alto del tanque de mezclado
LSL_TM	Sensor de nivel bajo del tanque de mezclado
VN1	Válvula electroneumática 1
VN2	Válvula electroneumática 2
MZ	Mezclador
CE	Calentador eléctrico
KC	Relé del calentador
K1	Relé de la bomba 1
K2	Relé de la bomba 2

ANEXO V. Esquemas de conexiones





	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	Núm.
Dibujado		DAVID BULE		EPN	CIRCUITO DE POTENCIA	04-Feb-2024	1 de 2
Comprobado						Archivo:	Esquema CC

ANEXO VI. Ventanas diseñadas para el proceso.

5.6.1 Ventana de inicio

En esta ventana se tiene una portada sobre el tema, autor y tutor del trabajo de titulación.

Además, se dispuso de un código de ingreso para poder acceder a la configuración y monitoreo del proceso.



Figura 5.1. Portada del Trabajo de Titulación.



Figura 5.2. Teclado para el ingreso del código de acceso.

5.6.2 Ventanas para cumplir con las condiciones iniciales

Al momento de ingresar al sistema se tiene una ventana que permite elegir entre realizar o no realizar un nuevo lote, en caso de que se oprima que SI se genera otra ventana que permite llenar las condiciones iniciales del proceso.

En caso de oprimir NO se regresa a la ventana de inicio.

Además, se tiene un botón que permite reiniciar los valores que se ingresaron en caso de cometer algún error.

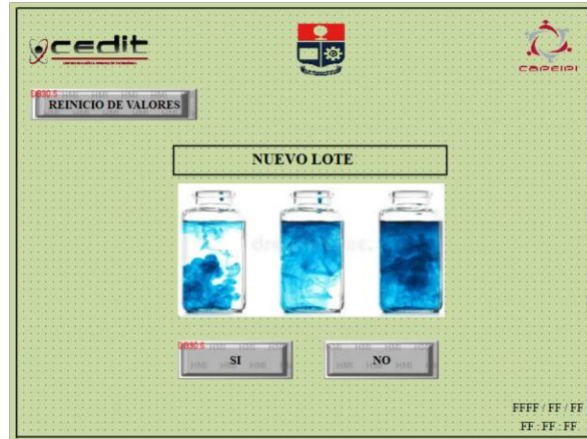


Figura 5.3. Ventana para la elección de un nuevo lote.

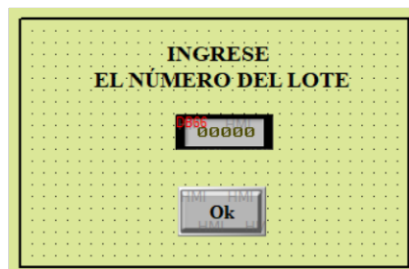


Figura 5.4 Ventana para el ingreso del número de lote.

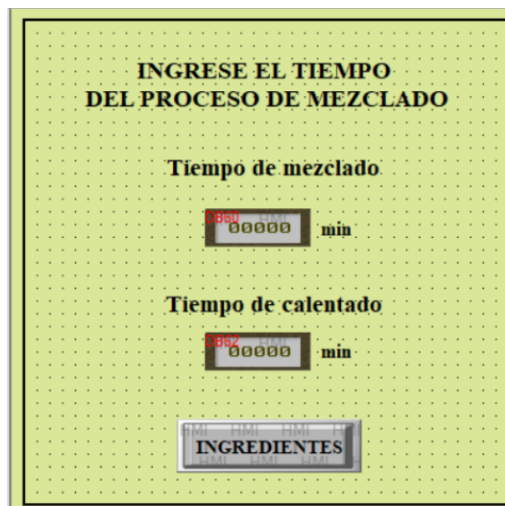


Figura 5.5. Ventana para el ingreso de los tiempos de mezclado y calentado.

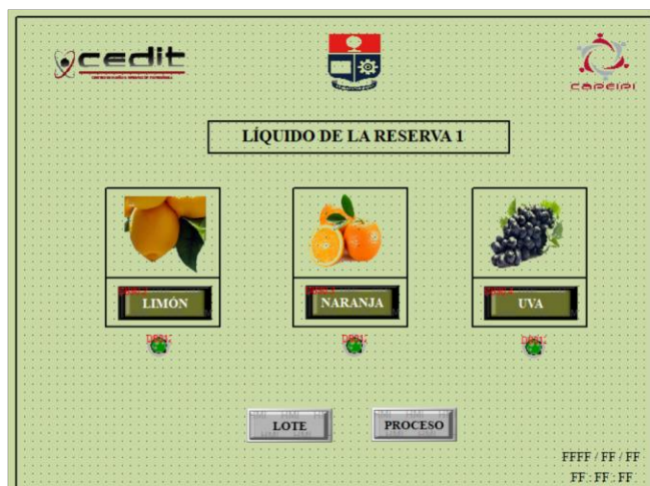


Figura 5.6. Ventana para la elección del ingrediente.

5.6.3 Ventana del desarrollo del proceso

En la ventana de proceso se puede apreciar los elementos que se encuentran en funcionamiento, esto se debe a que cada variable esta asignada a un elemento físico que es representado por foco en el HMI.

Además, se dispone de los botones de marcha, paro y emergencia que permiten controlar el proceso desde el HMI.

También se agregaron indicadores del ingrediente que se está utilizando.

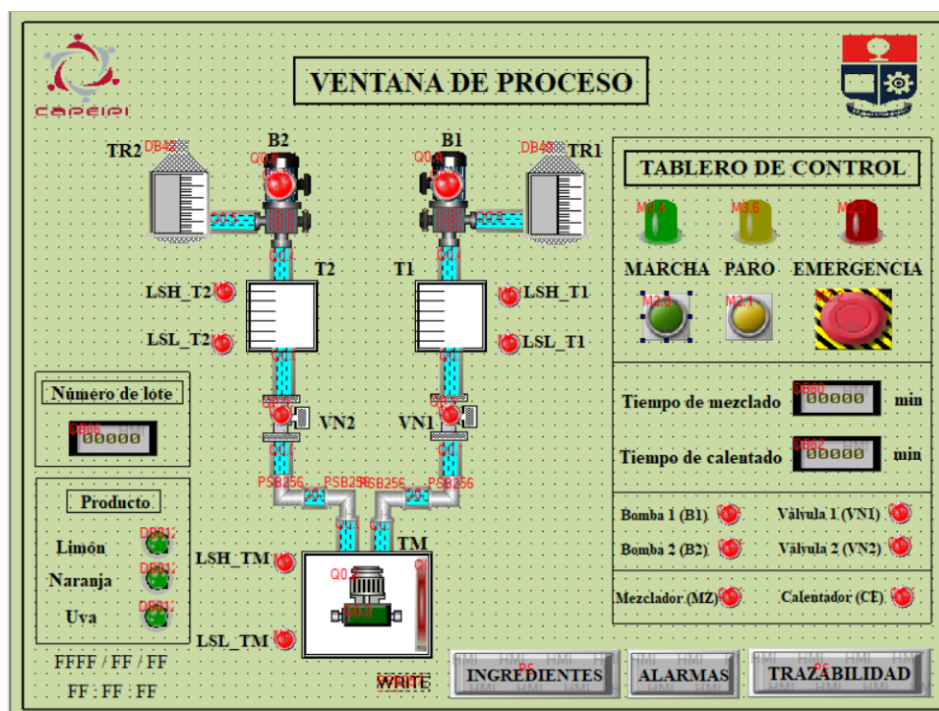


Figura 5.7. Ventana de monitoreo del proceso.

La Figura 5.8. muestra la ventana que se genera al finalizar el proceso y permite tener acceso a la ventana de trazabilidad.



Figura 5.8. Ventana que permite acceder a los datos de la trazabilidad una vez que el proceso ha terminado.

5.6.4 Ventana de alarmas

Se tiene una ventana en la cual se visualizan todas las alarmas que se generaron durante el proceso. En esta ventana se indica la hora y fecha de la activación, además de señalar la alarma que fue activada.

También se realiza la validación de la alarma, esto se lo hace para conocer la fecha y hora en la cual se corrigió el problema que activó la alarma.

Sumado a esto se agregaron indicadores del ingrediente que se está utilizando y de los botones de marcha, paro y emergencia.

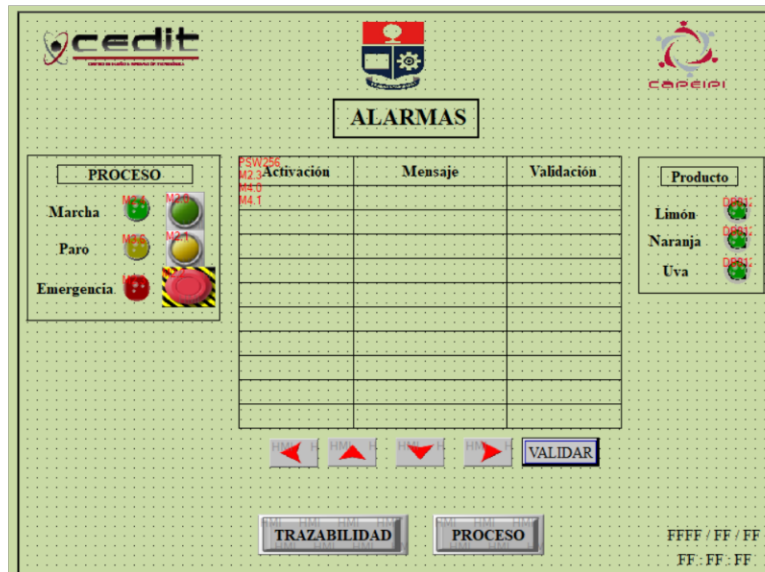


Figura 5.9. Ventana de alarmas.

Además, se tiene ventanas que se visualizan al accionar los botones de emergencia o cuando el nivel de líquido de los tanques de reserva se encuentra bajo el nivel.

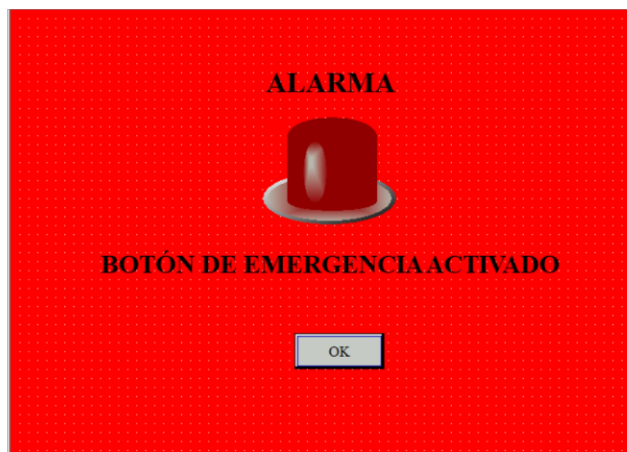


Figura 5.10. Ventana generada por los botones de emergencia.

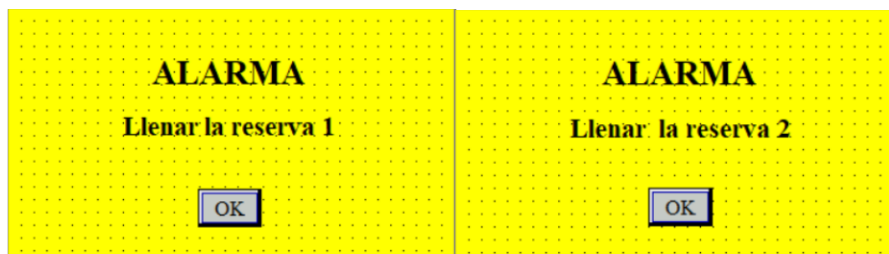


Figura 5.11. Ventanas generadas cuando el nivel de líquido en los tanques de reserva se encuentra bajo el nivel del sensor.

5.6.5 Ventana con los datos de trazabilidad

En esta ventana se visualizan los valores que inicialmente se ingresaron en el sistema para lograr dar marcha, los cuales son:

- Producto seleccionado (limón, naranja, uva)
- Tiempo de mezclado y calentado.
- Número de lote.
- Cantidad de líquido mezclado.

Estos datos serán enviados al Excel para generar la hoja de registro del proceso y para guardar la información en una base de datos.

Figura 5.12. Ventana de la trazabilidad del sistema.

Una vez que se envían los datos se muestra una ventana que confirma el envío de la información y al dar clic sobre el botón de Finalizar se dirige a la ventana para la elección de un nuevo lote.



Figura 5.13. Ventana para dirigirse al inicio del proceso.

ANEXO VII. Lógica de control de los PLCs.

5.7.1 Lógica de control del PLC 2.

El PLC 2 se emplea únicamente para enviar la información de sus entradas al PLC 1.

El bloque TSEND_C se emplea para enviar la información al PLC1.

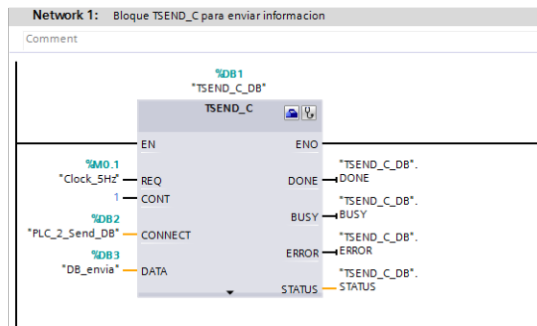


Figura 5.14. Bloque de TSEND_C.

En el parámetro DATA del bloque TSEND_C se coloca la variable a enviar, en este caso se crea un bloque de datos para enviar varias variables al cual se le asigna el nombre de DB_envia.

Los datos que se envían son de tipo bool debido a que solo presentan dos valores posibles 1 o 0 y son las señales enviadas por los sensores de nivel.

	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	T1_NB	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	T1_NA	Bool	0.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	T2_NB	Bool	0.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	T2_NA	Bool	0.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Mezclado_NA	Bool	0.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 5.15. Bloque de datos DB_envia con las variables que se van a enviar.

En la Figura 5.12. se observa que se colocan contactos para cada una de las entradas que se emplean en el PLC y se las conectan a bobinas que se configuran como datos del bloque DB_envia.

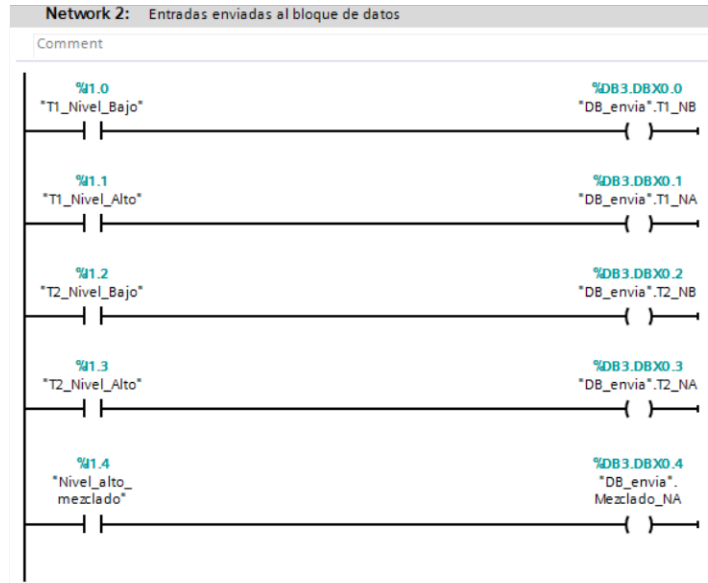


Figura 5.16. Contactos de las entradas del PLC.

5.7.2 Lógica de control del PLC1

En el PLC1 se realiza toda la configuración que controla el proceso.

Mediante el lenguaje Ladder se realizan las condiciones iniciales del proceso las cuales consisten en activar la bobina de Condición_encendido y Encendido_reserva que se relacionan con el nivel de los tanques de reserva y el tanque de mezclado.

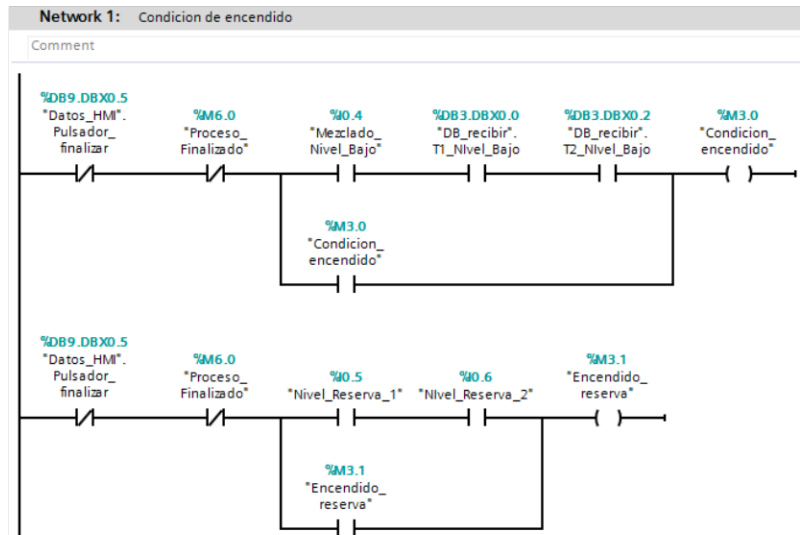


Figura 5.17. Condiciones para el inicio del proceso.

Con las siguientes condiciones se desactivan las bombas de las reservas, esto se lo hace cuando el sensor de nivel alto de cada tanque de almacenamiento detecta el líquido, o también se lo ejecuta cuando se desactivan los sensores de nivel de las reservas.

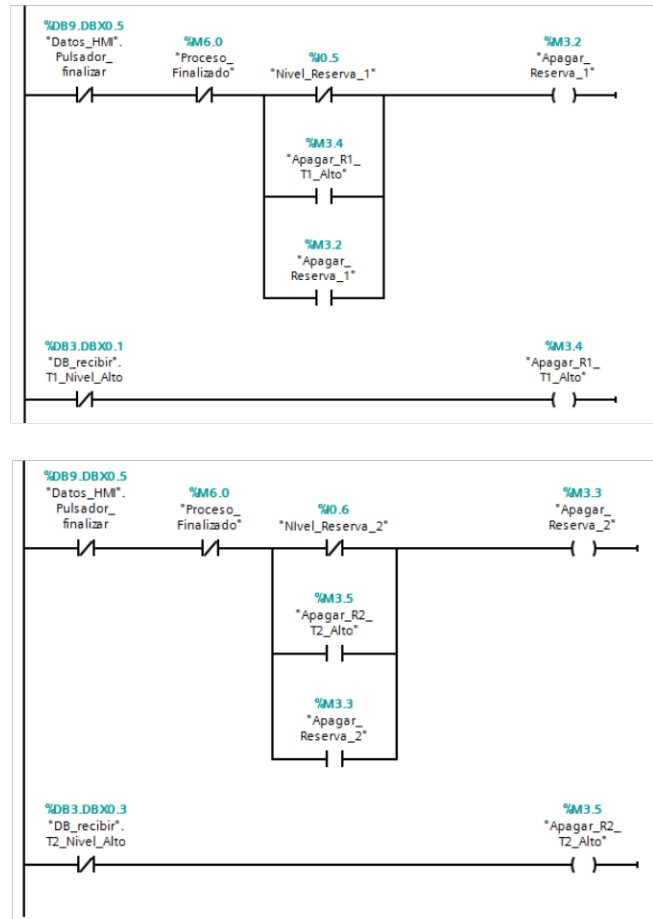


Figura 5.18. Condiciones para el desactivado de las bombas

Mediante los siguientes contactores se activa una marca que permite ocultar los botones de Ingredientes y Trazabilidad en la Ventana de proceso, de esta manera no se modifican los valores ingresados una vez que el proceso ha sido puesto en marcha.

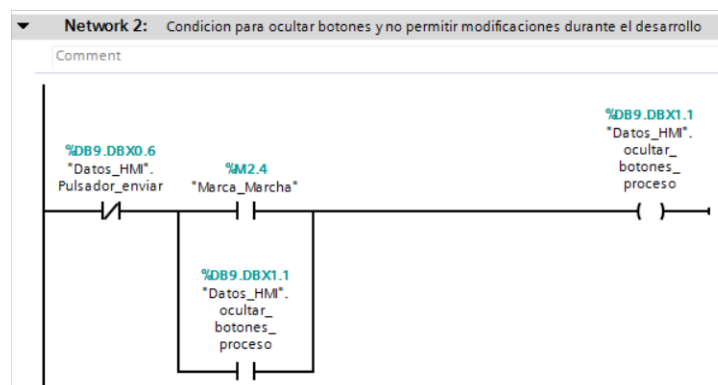


Figura 5.19. Condición para ocultar botones.

Si el líquido de los tanques de reserva se encuentra bajo el nivel se activan alarmas en el HMI, las cuales se generan con las marcas de Alarma_Reserva_1 y Alarma_Reserva_2.

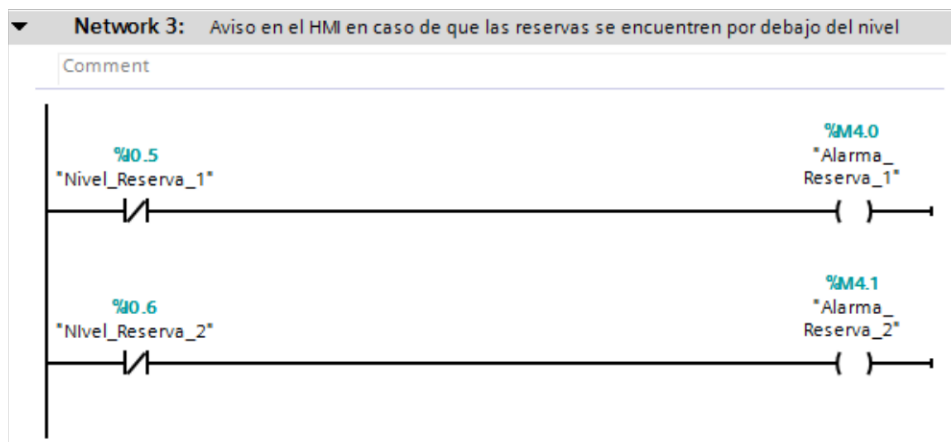


Figura 5.20. Marcar para generar las alarmas de las reservas.

Para visualizar que los sensores de nivel detectan el líquido se configuran las siguientes marcas para de esa manera observar en el HMI el nivel del líquido en los diferentes tanques.

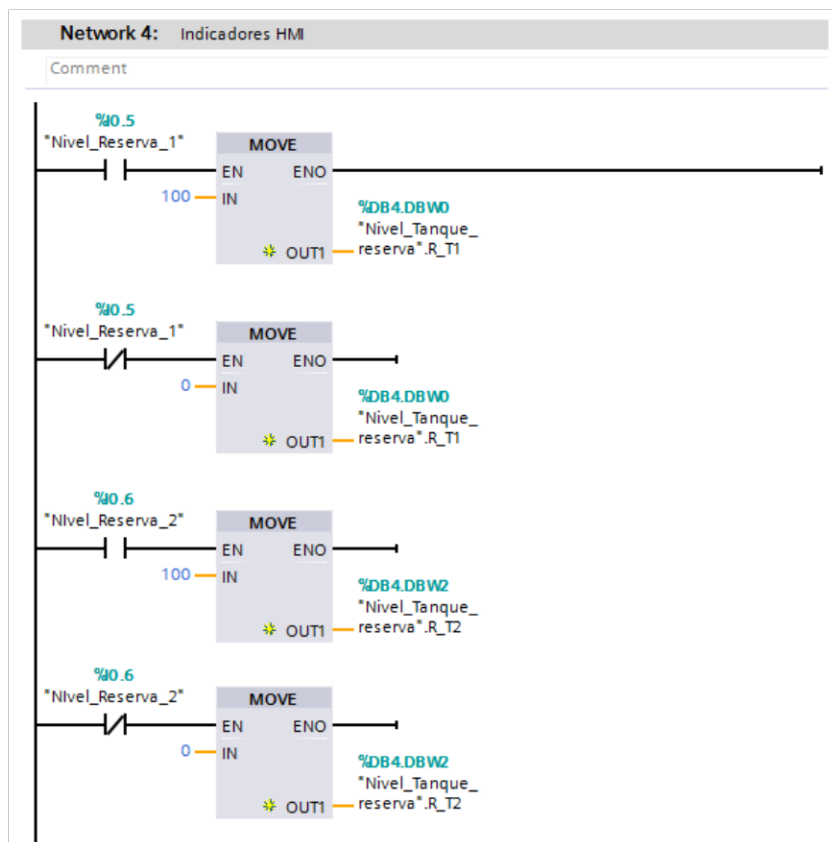


Figura 5.21. Indicadores del nivel de los tanques de reserva.

Los sensores de nivel tipo flotador presentan una lógica inversa al momento de activar las marcas por lo cual se crean bobinas auxiliares para que al momento de ser detectado el líquido se encienda una lámpara en el HMI.

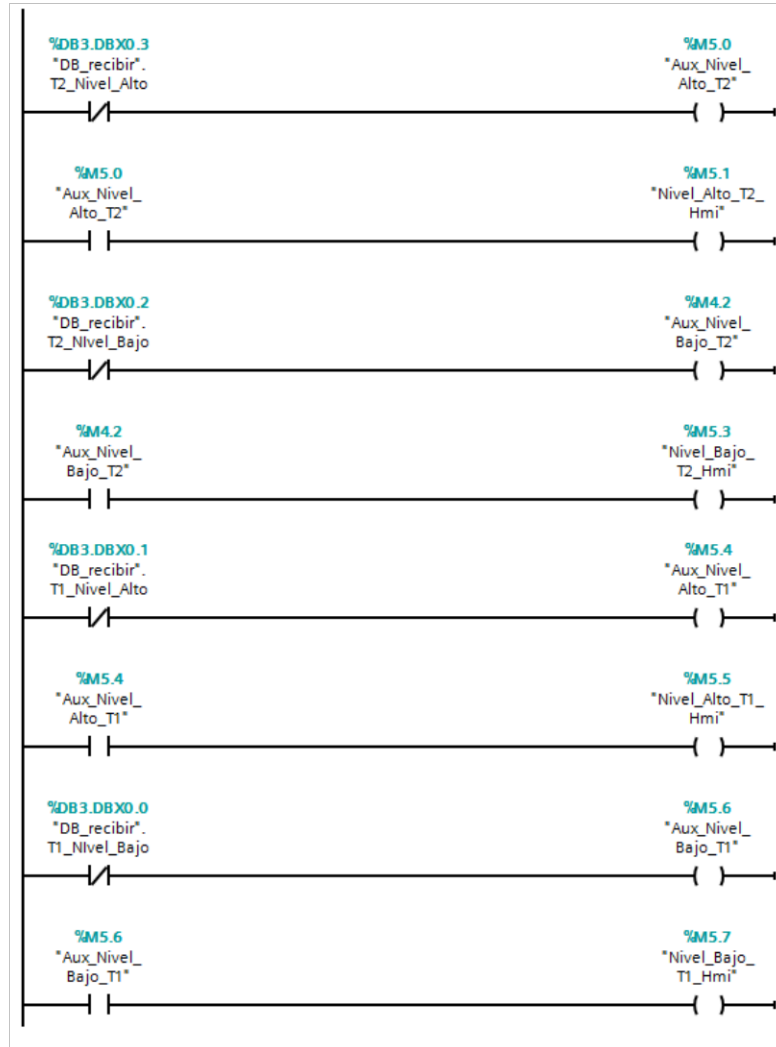


Figura 5.22. Cambio de lógica para el activado de las lámparas de los sensores en el HMI.

Por medio del botón físico de emergencia o del HMI se activa la Marca_Emergencia la cual permite desactivar el proceso, esta condición no se memoriza debido a que son botones con retención.

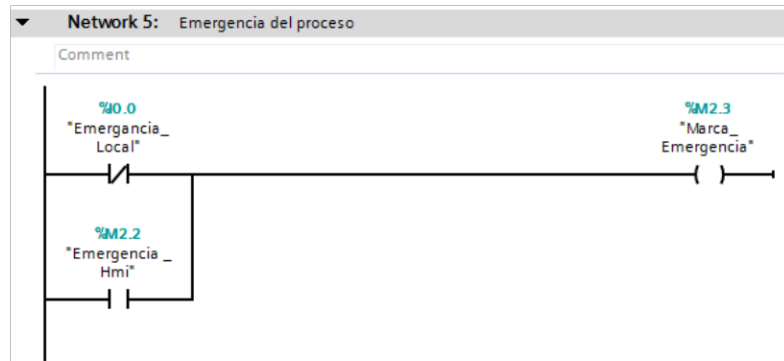


Figura 5.23. Contactos que activan la emergencia del proceso.

Se crea una condición en la cual los valores que se ingresan al inicio del proceso deben ser mayores a 0, además de elegir un ingrediente. De esa manera se activa la bobina de condición_datos la cual se relaciona directamente con el proceso de marcha.

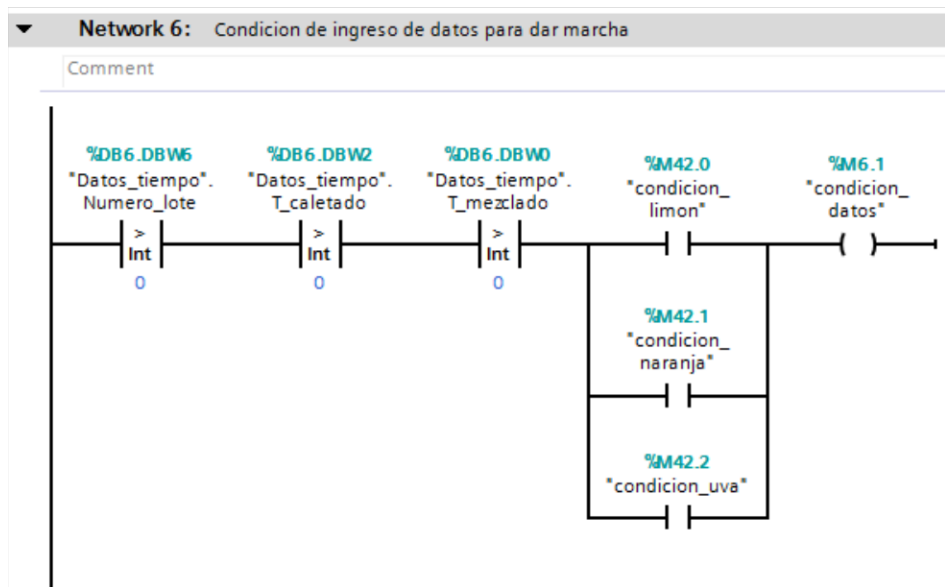


Figura 5.24. Condición de ingreso de valores al inicio del proceso.

Para activar las condiciones de los ingredientes se debe elegir el ingrediente por medio del HMI, para lo cual se realiza un mando memorizado para cada ingrediente, y se colocan contactos normalmente cerrados para de esa manera permitir una única elección.

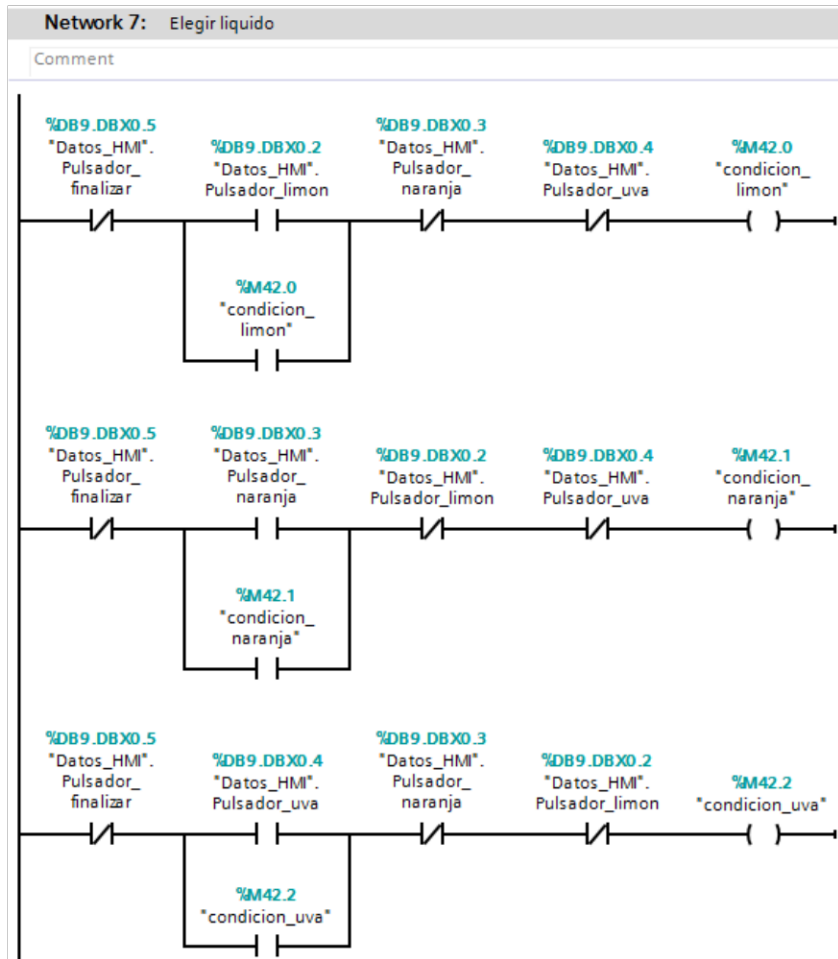


Figura 5.25. Condición de elección de ingredientes.

Para el inicio del proceso se deben activar los contactos condición_datos, Encendido_reserva, Condición_encendido, además, la Marca_emergencia y la condición Marca_Paro debe mantenerse cerrada de esta manera se enciende la condición Marca_Marcha la cual inicia el proceso.

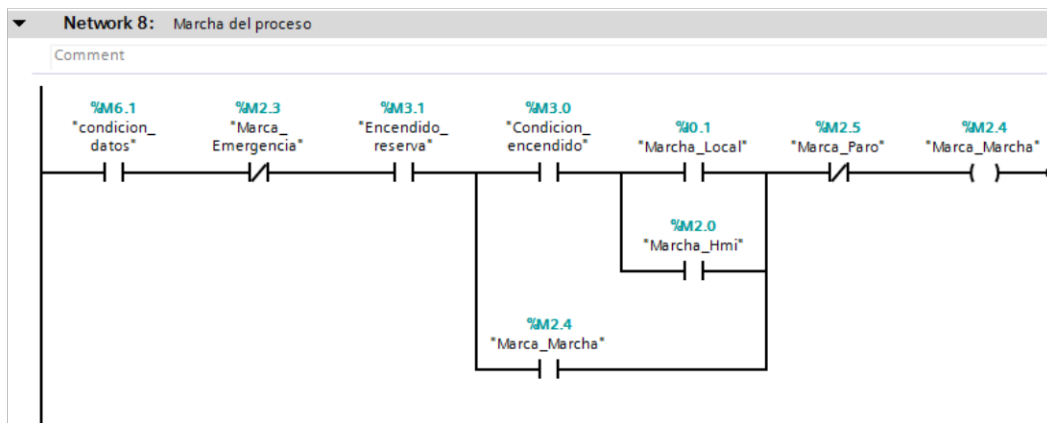


Figura 5.26. Contactores que dan marcha al proceso.

El proceso se detiene cuando se presiona el botón de paro físico o el botón del HMI para lo cual se crea un mando memorizado que al ser activado suspende el proceso.

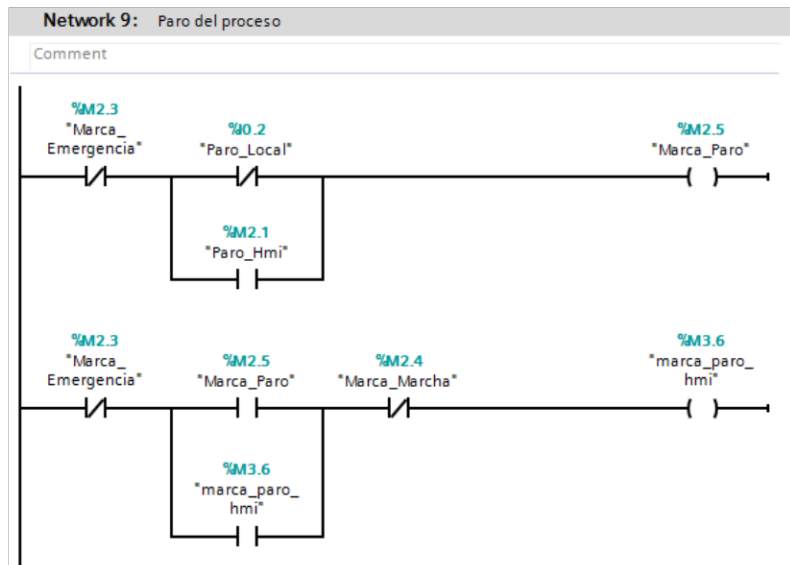


Figura 5.27. Paro del sistema.

Las bombas se encienden cuando los contactos de Encendido_reserva, y Marca_Marcha se activan, y se apagan en el momento que algunos de los contactos normalmente cerrados se desactivan.

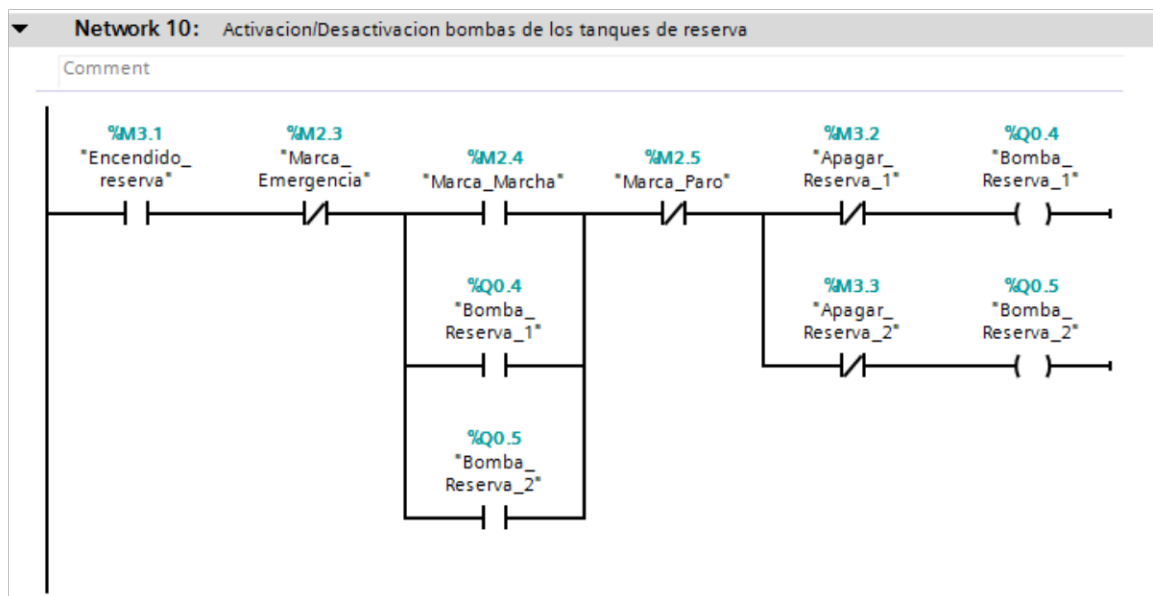


Figura 5.28. Activado/desactivado de las bombas.

El bloque TRCV_C permite recibir la información enviada desde el PLC2.

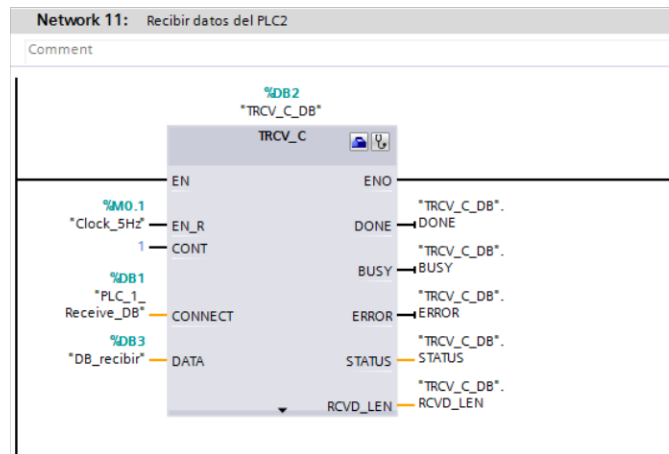


Figura 5.29. Bloque TRCV_C para recibir información.

En el parámetro DATA se guarda la variable proveniente del PLC2, pero en este caso se emplea un bloque de datos para recibir varias variables.

DB_recibir									
	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	T1_Nivel_Bajo	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	T1_Nivel_Alto	Bool	0.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	T2_Nivel_Bajo	Bool	0.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	T2_Nivel_Alto	Bool	0.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Nivel_alto_mezclado	Bool	0.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 5.30. Bloque de datos para recibir la información.

Las electroválvulas se encienden al momento que el líquido es detectado por los sensores de nivel alto de los tanques de almacenamiento, lo cual activa los contactos Apagar_Reserva_1 y Apagar_Reserva_2 y se desactivan cuando el contacto DB_recibir_Nivel_alto_mezclado se desactiva, esto se debe a que el contacto está relacionado con el sensor de nivel alto del tanque de mezclado.

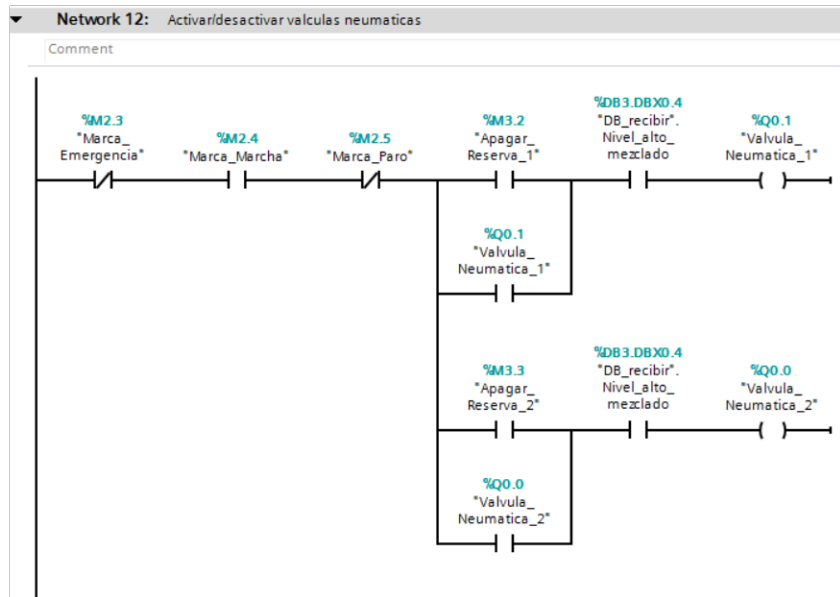


Figura 5.31. Condiciones para el activa/desactivado de las electroválvulas neumáticas.

Debido a que por medio del HMI se ingresa el valor para el tiempo de funcionamiento del motor de mezclado se debe hacer una conversión de la variable ingresada.

Dado que el dato del HMI es tipo Int se lo convierte en Dint por medio del bloque CONV.

Una vez que se convierte el dato se procede a multiplicar por 60000 para trabajar con variables de tiempo.

Se emplea el bloque T_CONV para transformar la variable Dint en una variable de tiempo.

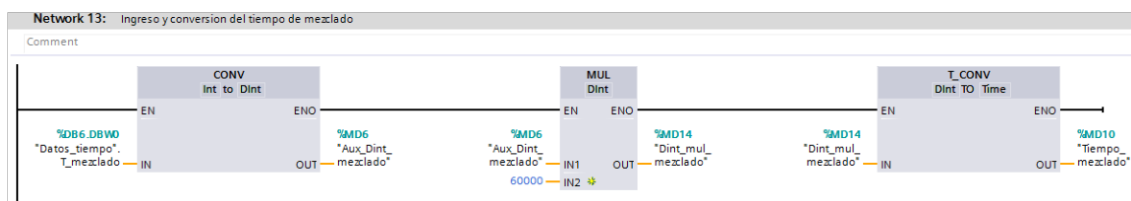


Figura 5.32. Conversión de la variable ingresada por el HMI a una variable de tiempo para operar el motor.

El bloque TON permite activar el motor de mezclado por un cierto tiempo, para lo cual se transformó la variable tipo Int en una variable de tiempo debido a que el bloque TON trabaja solo con variables tipo Time.

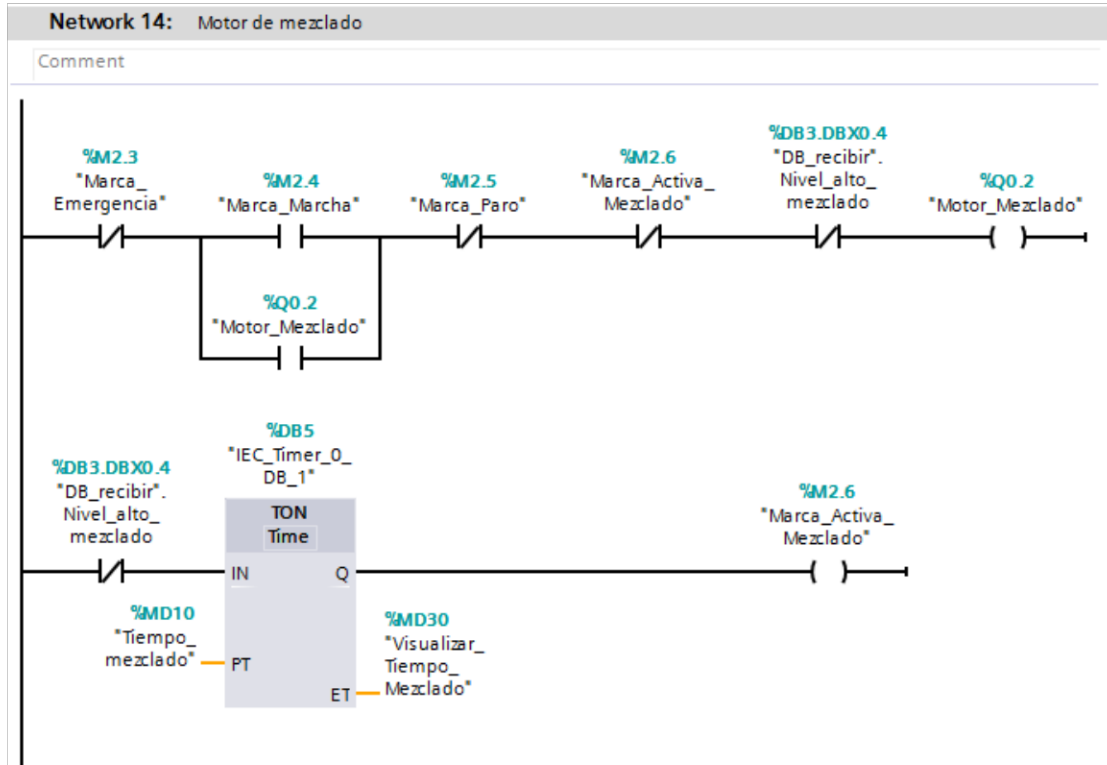


Figura 5.33. Funcionamiento del motor de mezclado.

Debido a que por medio del HMI se ingresa el valor para el tiempo de funcionamiento del calentador eléctrico se debe hacer una conversión de la variable ingresada.

Dado que el dato del HMI es tipo Int se lo convierte en Dint por medio del bloque CONV.

Una vez que se convierte el dato se procede a multiplicar por 60000 para trabajar con variables de tiempo.

Se emplea el bloque T_CONV para transformar la variable Dint en una variable de tiempo.

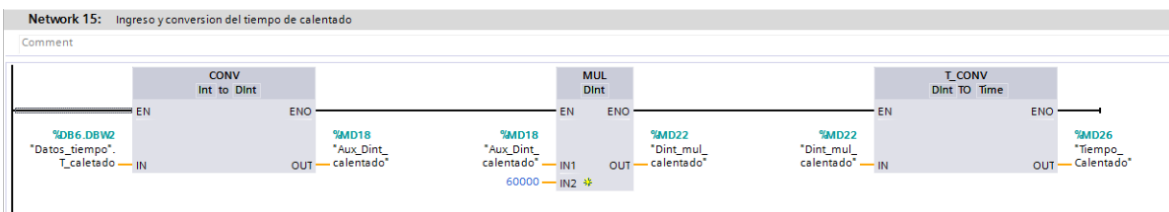


Figura 5.34. Conversión de la variable ingresada por el HMI a una variable de tiempo para activar el calentador eléctrico.

El bloque TON permite activar el calentador por un cierto tiempo, para lo cual se transformó la variable tipo Int en una variable de tiempo debido a que el bloque TON trabaja solo con variables tipo Time.

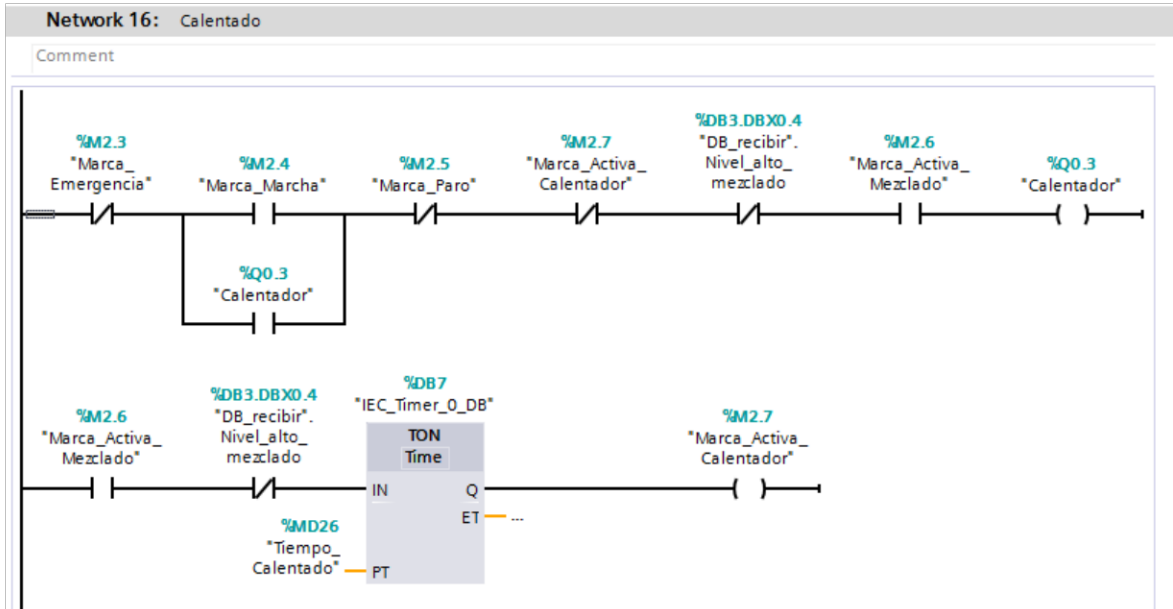


Figura 5.35. Funcionamiento del calentador eléctrico.

Se configura una marca que permite desplegar en el HMI una ventana con un mensaje de proceso terminado y de esa manera dar acceso a la ventana con los datos de trazabilidad.

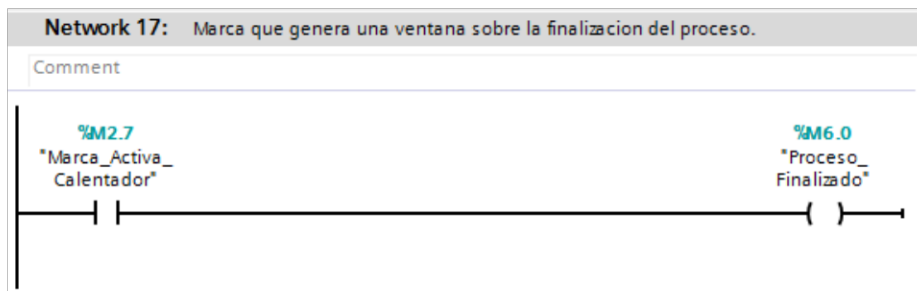


Figura 5.36. Marca para generar la ventana de proceso terminado.

Se crea un bloque de datos para enviar las variables hacia el servidor para crear los tags necesarios.

Datos_excel									
	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Valor_mezclado	Real	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Valor_calentado	Real	4.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Valor_lote	Real	8.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Elegir_limon	Bool	12.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Elegir_naranja	Bool	12.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Elegir_uva	Bool	12.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Reinicia	Bool	12.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Cargar_datos	Bool	12.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Valor_litros	Real	14.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 5.37. Bloque de datos para enviar al servidor.

Debido a que los valores ingresados desde el HMI son de tipo Int se los convierte en tipo real para que puedan ser leídos en la plataforma de comunicación.

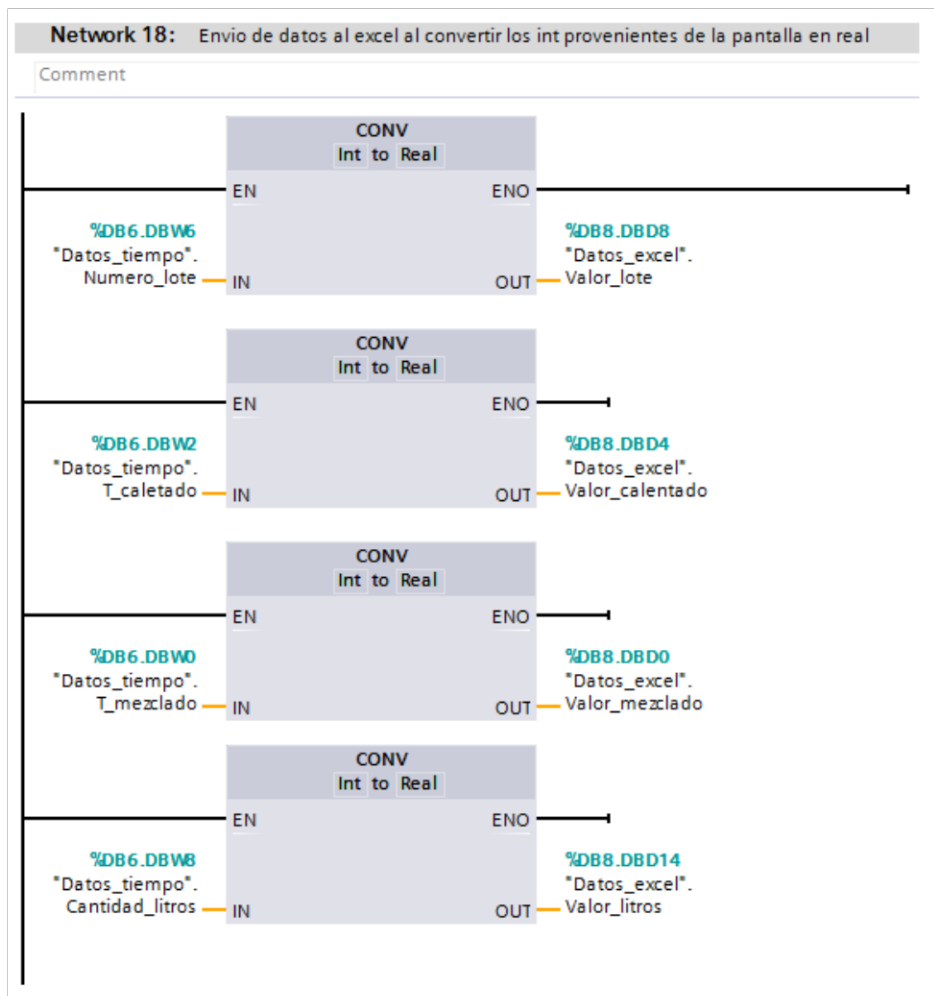


Figura 5.38. Conversión de datos para enviar al servidor.

Se debe elegir el ingrediente por medio del HMI, para lo cual se realiza un mando memorizado para cada ingrediente, y se colocan contactos normalmente cerrados para de esa manera permitir una única elección. La bobina que se activa envía el ingrediente seleccionado al bloque de datos de la Figura 5.37. para luego dirigir la información al servidor.

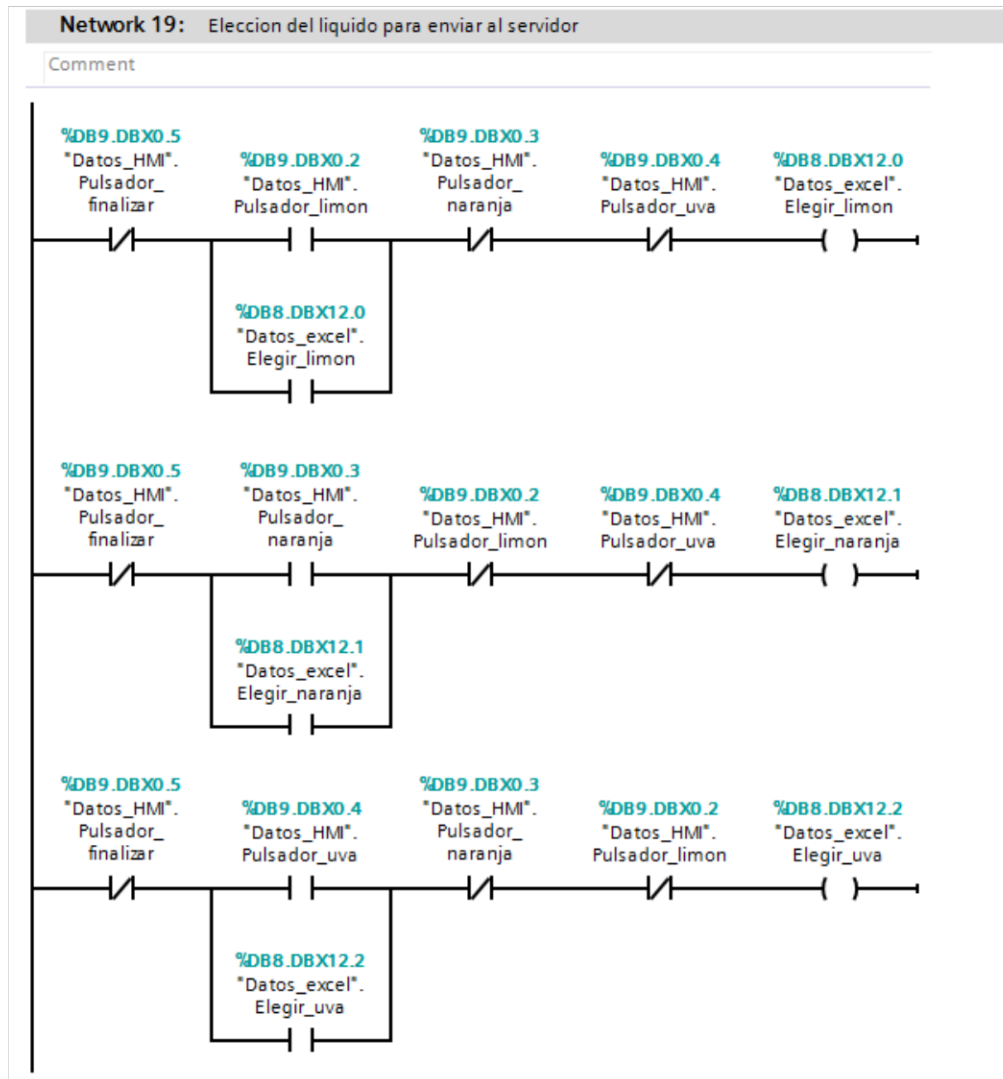


Figura 5.39. Elección del líquido para enviar la información al servidor.

Se inserta un bloque MOVE que al activarse envía un valor de cero a las variables que se encuentran en las salidas de esa manera se reinician los valores ingresados en el proceso.

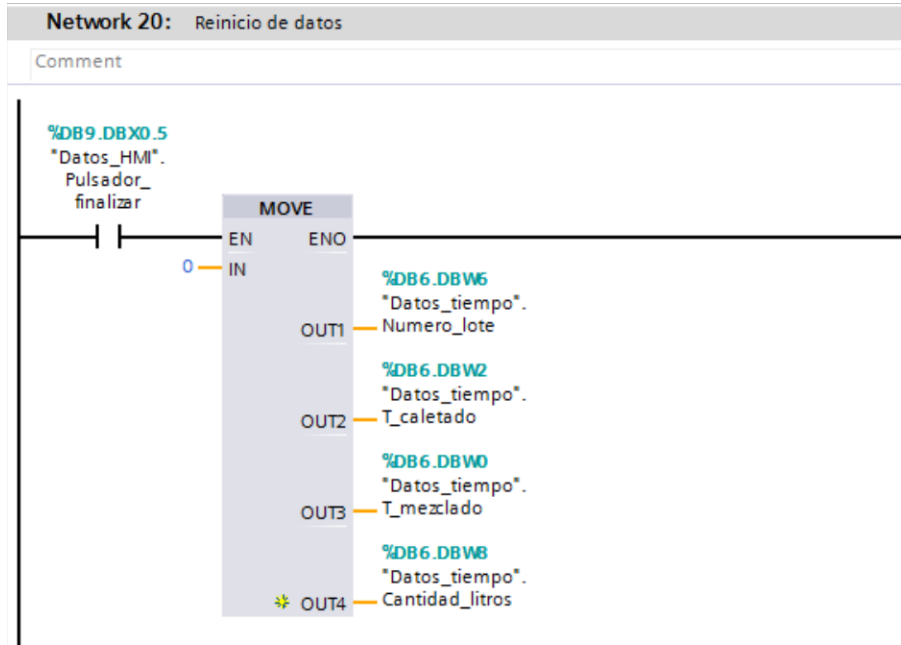


Figura 5.40. Bloque MOVE que permite el reinicio de valores.

Por medio del botón ENVIAR DATOS que se ubica en el HMI se activa el contacto que permite enviar la información de la trazabilidad a la base de datos. La bobina se enlaza con una celda en Excel que se activa al cambiar su estado de 0 a 1.



Figura 5.41. Contacto configurado para enviar datos.

ANEXO VIII. Configuración del Excel.

Se trabaja con un documento en Excel que se encuentra dividido en los siguientes libros:

- Hoja de registro
- Base de datos
- Celdas

En el libro “Hoja de registro” se diseña una plantilla en el cual se registrarán las variables del proceso.

A cada celda se le otorga un nombre para crear los tags en el servidor, con esta configuración las variables se las visualiza en las celdas marcadas.

Logo	cedit	ESCUOLA POLITÉCNICA NACIONAL	CAPEIPI
REHABILITACIÓN, DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEZCLADO DE LÍQUIDOS PARA LA CADENA DE PROCESAMIENTO DENTRO DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA CAPEIPI			
HOJA DE REGISTRO PARA LA SUPERVISIÓN DEL PROCESO			
Encargado: David Alejandro Buele Uyana		Fecha de registro: 16/2/2024	
DATOS DEL LOTE			
Código del lote:	<input type="text" value="160224001"/>		
Número del lote:	<input type="text" value="1"/>		
Ingrediente del mezclado:	Limón	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Naranja	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	Uva	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Fecha de elaboración:	<input type="text" value="16/2/2024"/>		
PARÁMETROS DEL PROCESO			
Tiempo de mezclado:	<input type="text" value="1"/> min		
Tiempo de calentado:	<input type="text" value="1"/> min		
Cantidad de mezcla:	<input type="text" value="0"/> litros		

Figura 5.42. Plantilla diseñada para recibir información del proceso.

Además, se tiene una base de datos que guarda la información del proceso que proviene de la plantilla de la Figura 5.42.

DATOS DEL LOTE						PARÁMETROS DEL PROCESO		
Código del lote	Número de lote	Ingrediente			Fecha de elaboración	Tiempo de mezclado (min)	Tiempo de catenado (min)	Cantidad de mezcla (litros)
		Limón	Naranja	Uva				
140224002	2	—	—	✓	14/2/2024	2	2	10
140224001	1	—	✓	—	14/2/2024	1	1	10

Figura 5.43. Base de datos.

En la configuración del Excel se emplearon macros realizadas en Visual Basic para Aplicaciones el cual es un lenguaje de programación, que se indica a continuación:

- **Macro para determinar el cambio de valor en la celda A6**

Mediante el siguiente código se configura la celda A6 que se encuentra en el Libro Celdas. En la celda se detecta el ingreso del valor 1 que proviene de la activación de la marca Datos_excel.Cargar_datos la cual se indica en la Figura 5.37.

Al designar el valor de 1 a la celda se llama a la subrutina pasar_datos y GuardarComoPDF.

```

Dim ValorAnteriorA6 As Variant

Private Sub Worksheet_Calculate()

    Call VerificarCambioEnCeldaA6 'Copiar datos de la hoja de registro a la base de datos
End Sub

Sub VerificarCambioEnCeldaA6()
    Dim valorActualA6 As Variant
    valorActualA6 = Sheets("Celdas").Range("A6").Value2

    ' Cambio de valor en A6
    If valorActualA6 <> ValorAnteriorA6 Then
        ' Almacenar el valor actual
        ValorAnteriorA6 = valorActualA6

        ' Verificacion de la celda A6
        If valorActualA6 = 1 Then
            Call pasar_datos
            Call GuardarComoPDF

        End If
    End If
End Sub

```

Figura 5.44. Macro para detectar el cambio de valor en la celda A6.

- **Macro para cambiar el formato de la selección de ingredientes.**

Se emplea este código para copiar los símbolos que identifican la elección de un ingrediente en la plantilla, esto se lo realiza para visualizar en la base de datos los mismos símbolos caso contrario solo se apreciarían valores de 1 y 0.

```
Sub EstablecerFormato()  
'  
' EstablecerFormato Celdas  
  
Sheets("Base de datos").Range("D5:F5").FormatConditions.Delete  
Sheets("Base de datos").Range("D5:F5").FormatConditions.AddIconSetCondition  
  
With Sheets("Base de datos").Range("D5:F5").FormatConditions(1)  
.ReverseOrder = False  
.ShowIconOnly = True  
.IconSet = ActiveWorkbook.IconSets(xl3Symbols2)  
End With  
Sheets("Base de datos").Range("D5:F5").FormatConditions(1).IconCriteria(1).Icon = xlIconNoCellIcon  
With Sheets("Base de datos").Range("D5:F5").FormatConditions(1).IconCriteria(2)  
.Type = xlConditionValueNumber  
.Value = 0  
.Operator = 7  
.Icon = xlIconYellowDash  
End With  
With Sheets("Base de datos").Range("D5:F5").FormatConditions(1).IconCriteria(3)  
.Type = xlConditionValueNumber  
.Value = 0  
.Operator = 5  
.Icon = xlIconGreenCheck  
End With  
With Sheets("Base de datos").Range("D5:F5")  
.HorizontalAlignment = xlCenter  
.VerticalAlignment = xlBottom  
.WrapText = False  
.Orientation = 0  
.AddIndent = False  
.IndentLevel = 0  
.ShrinkToFit = False  
.ReadingOrder = xlContext  
.MergeCells = False  
End With  
End Sub
```

Figura 5.45. Macro para copiar el formato de la selección de ingredientes.

- **Macro para copiar los datos de la plantilla a la base de datos.**

Mediante la subrutina pasar_datos se añade una nueva fila en la hoja "Base de datos".

En dicha fila se copia la información de la plantilla que se encuentra en la hoja "Hoja de datos", para esto se selecciona la celda que se desea copiar y se elige la nueva ubicación la cual está conformada por número de hoja la cual es "Base de datos" y la celda en la cual se va a colocar la información.

Adicionalmente se llama a la subrutina "EstablecerFormato".

```

Sub pasar_datos()

    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Rows(5).EntireRow.Insert

    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Range("B5").Value = ThisWorkbook.Worksheets(1).Range("H22").Value 'Codigo lote
    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Range("C5").Value = ThisWorkbook.Worksheets(1).Range("H24").Value 'Número lote
    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Range("D5").Value = ThisWorkbook.Worksheets(1).Range("H26").Value 'limón
    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Range("E5").Value = ThisWorkbook.Worksheets(1).Range("H28").Value 'naranja
    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Range("F5").Value = ThisWorkbook.Worksheets(1).Range("H30").Value 'uva
    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Range("G5").Value = ThisWorkbook.Worksheets(1).Range("H32").Value 'fecha elaboración
    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Range("H5").Value = ThisWorkbook.Worksheets(1).Range("H39").Value 'mezclado
    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Range("I5").Value = ThisWorkbook.Worksheets(1).Range("H41").Value 'calentado
    ThisWorkbook.Worksheets("Base de datos").Range("J5").Value = ThisWorkbook.Worksheets(1).Range("H43").Value 'cantidad mezcla

    Call EstablecerFormato

End Sub

```

Figura 5.46. Macro para copiar los datos de la plantilla a la base de datos.

- **Macro para guardar la plantilla como un archivo PDF.**

Mediante la subrutina GuardarComoPDF se convierte la plantilla en un documento PDF al cual se le asigna como nombre el código del lote.

```

Sub GuardarComoPDF()
    ' Definir el nombre del archivo y la ruta de destino
    Dim NombreArchivo As String
    Dim RutaDestino As String
    Dim Hoja As Worksheet

    Set Hoja = ThisWorkbook.Worksheets("Hoja de registro")

    ' El nombre y la ruta se elige según las necesidades
    NombreArchivo = ThisWorkbook.Worksheets("Hoja de registro").Range("H22").Value
    RutaDestino = "C:\Users\USER\Desktop\Titulación\PDF_Lote\" & NombreArchivo & ".pdf"

    ' Exportar la hoja activa como un archivo PDF

    Hoja.ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, Filename:=RutaDestino, Quality:=xlQualityStandard

End Sub

```

Figura 5.47. Macro para guardar la plantilla como un archivo PDF.

La variable “Hoja” se emplea para referenciar la hoja de trabajo de Excel asignada con el nombre “Hoja de registro”.

“NombreArchivo” se define con el valor de la celda H22 de la hoja de trabajo “Hoja de registro”, que se emplea para asignar el nombre dl archivo PDF.

“RutaDestino” es definida como la ruta donde se guardará el archivo PDF creado.

Se emplea el método “ExportAsFixedFormat” para exportar la hoja la cual en este caso es “Hoja de registro” como un documento PDF.

ANEXO IX. Documento generado para la trazabilidad del proceso.




		
REHABILITACIÓN, DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEZCLADO DE LÍQUIDOS PARA LA CADENA DE PROCESAMIENTO DENTRO DEL SISTEMA DE SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA CAPEIPI		
HOJA DE REGISTRO PARA LA SUPERVISIÓN DEL PROCESO		
Encargado: David Alejandro Buele Uyana	Fecha de registro:	9/2/2024
DATOS DEL LOTE		
Código del lote:		<input type="text" value="090224001"/>
Número del lote:		<input type="text" value="1"/>
Ingrediente del mezclado:	Limón	<input checked="" type="checkbox"/>
	Naranja	<input checked="" type="checkbox"/>
	Uva	<input checked="" type="checkbox"/>
Fecha de elaboración:		<input type="text" value="9/2/2024"/>
PARÁMETROS DEL PROCESO		
Tiempo de mezclado:		<input type="text" value="1"/> min
Tiempo de calentado:		<input type="text" value="1"/> min
Cantidad de mezcla:		<input type="text" value="10"/> litros

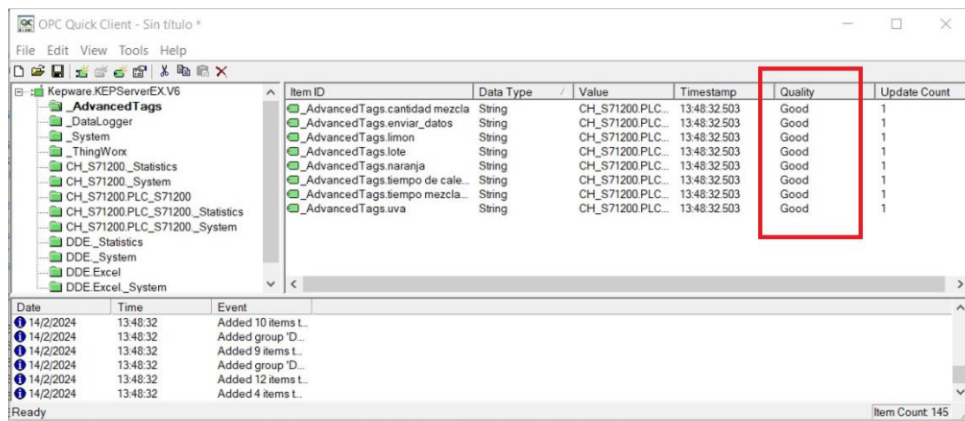
Figura 5.48. Documento genera para la trazabilidad del proceso.

ANEXO X. Manual de funcionamiento

En el siguiente anexo se da una explicación acerca del proceso que se debe seguir para poner en marcha el proceso.

5.10.1 Plataforma de comunicación

Para iniciar el proceso es necesario conectar el servidor KEPServerEX para enviar los datos. Para lo cual solo es necesario abrir la aplicación.



The screenshot shows the OPC Quick Client interface. On the left, a tree view displays the project structure under 'Kepware KEPServerEX.V6', including folders for 'AdvancedTags', 'DataLogger', 'System', 'ThingWorx', and 'DDE'. The main pane shows a table of tags with the following data:

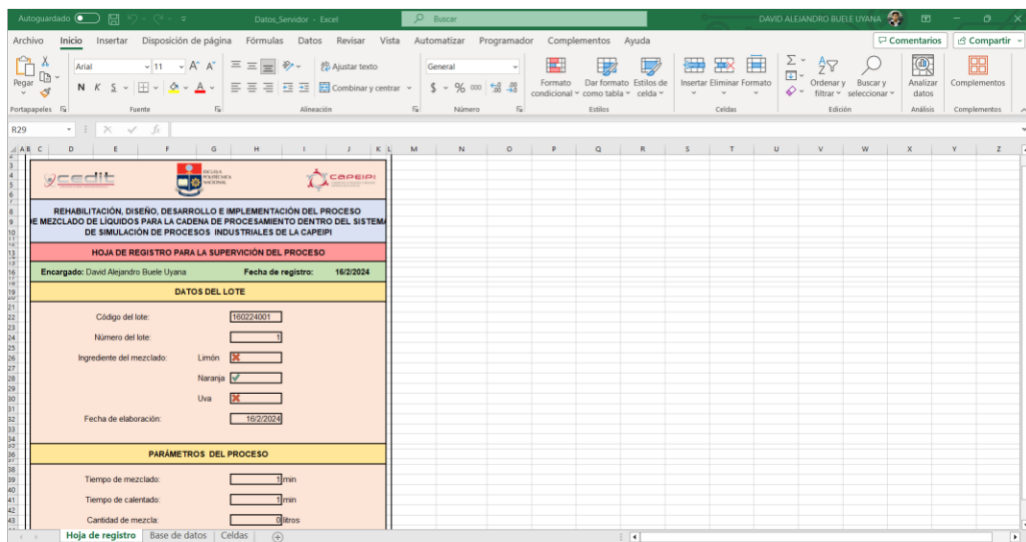
Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
_AdvancedTags.cantidad mezcla	String	CH_S71200.PLC...	13:48:32.503	Good	1
_AdvancedTags.enviar_datos	String	CH_S71200.PLC...	13:48:32.503	Good	1
_AdvancedTags.limon	String	CH_S71200.PLC...	13:48:32.503	Good	1
_AdvancedTags.lote	String	CH_S71200.PLC...	13:48:32.503	Good	1
_AdvancedTags.naranja	String	CH_S71200.PLC...	13:48:32.503	Good	1
_AdvancedTags.tiempo de cale...	String	CH_S71200.PLC...	13:48:32.503	Good	1
_AdvancedTags.tiempo mezcla...	String	CH_S71200.PLC...	13:48:32.503	Good	1
_AdvancedTags.uva	String	CH_S71200.PLC...	13:48:32.503	Good	1

The 'Quality' column is highlighted with a red box. Below the table, an event log shows several 'Added' events for the tags.

Figura 5.49. Estado de la conexión de los Advanced Tags.

Se verifican que los Advanced Tags se encuentren conectados, con lo cual se visualiza en la columna Quality que las variables creadas se encuentren con la designación de Good.

Además, se debe abrir el Excel con el documento al cual se van a enviar los datos.



The screenshot shows an Excel spreadsheet with a data entry form. The form is titled 'HOJA DE REGISTRO PARA LA SUPERVISION DEL PROCESO' and includes the following sections:

- Encargado:** David Alejandro Buele Uyana
- Fecha de registro:** 16/2/2024
- DATOS DEL LOTE**
 - Código del lote: 160224001
 - Número del lote: 1
 - Ingrediente del mezclado: Limón
 - Naranja
 - Uva
 - Fecha de elaboración: 16/2/2024
- PARAMETROS DEL PROCESO**
 - Tiempo de mezclado: 15 min
 - Tiempo de calentado: 15 min
 - Cantidad de mezcla: 8 litros

Figura 5.50. Documento de Excel al cual se envía la información.

5.10.2 Condiciones para iniciar el proceso

Es necesario que antes de iniciar con el proceso se cumplan las siguientes condiciones:

- El tanque de mezclado debe estar vacío.



Figura 5.51. Tanque de mezclado vacío.

- Los tanques de reserva deben tener líquido sobre el nivel del sensor y en caso de que no cumplir la condición en el HMI se visualizaran alarmas.



Figura 5.52. Tanques de reserva vacíos.



Figura 5.53. Alarmas de los tanques de reserva.

- Una vez que se llenan los tanques se ingresa una clave de acceso, y en caso de ser una clave incorrecta se genera un mensaje y es necesario ingresar de nuevo la contraseña.



Figura 5.54. Ventana para ingresar el código de acceso.

- Al ingresar se debe realizar un reinicio de valores.
- Se presiona el botón de SI para empezar un nuevo lote



Figura 5.55. Ventana dispuesta para la elección de un nuevo lote.

- Al ingresar al HMI del proceso se deben configurar los siguientes parámetros:
1. Número de lote el cual debe estar entre 1 y 10.



Figura 5.56. Ventana para ingresar el número de lote.

2. Tiempo de calentado y mezclado el cual debe estar entre 1 y 3.



Figura 5.57. Ventana para ingresar el tiempo de mezclado.



Figura 5.58. Ventana para ingresar el tiempo de calentado.

3. Elegir el ingrediente empleado como materia prima.



Figura 5.59. Ventana para seleccionar un ingrediente.

Se establece un rango a los valores ingresados para demostrar que es posible colocar límites en la configuración.

Los tiempos de mezclado y calentado se los establece entre 1 y 3 debido a que al tratarse de una simulación se emplean pequeños valores para comprobar el funcionamiento y de esa manera no hacer demasiado largo el proceso.

La elección de un ingrediente se la realiza para obtener datos en la trazabilidad.

Se debe monitorear que los datos ingresados se estén enviando en tiempo real para lo cual se visualiza la hoja de Excel.

Figura 5.60. Plantilla diseñada en Excel para recibir la información del proceso.

Una vez realizada la configuración previa el proceso puede iniciar.

5.10.3. Desarrollo del proceso

Se presiona el botón de marcha que puede ser el físico o el que se encuentra en el HMI.



Figura 5.61. Botón de marcha físico.



Figura 5.62. Botón de marcha del HMI.

Si se presiona el botón de paro físico o del HMI el proceso se detiene y para reanudarlo es necesario presionar el botón de marcha físico o del HMI.

En caso de presionar el botón de emergencia físico o el botón de emergencia del HMI se debe quitar el enclavamiento, de esa manera el proceso podrá ser activado al presionar el botón de marcha.

Cabe mencionar que es posible visualizar las alarmas que se generan en el proceso para lo cual se debe oprimir el botón de ALARMAS.

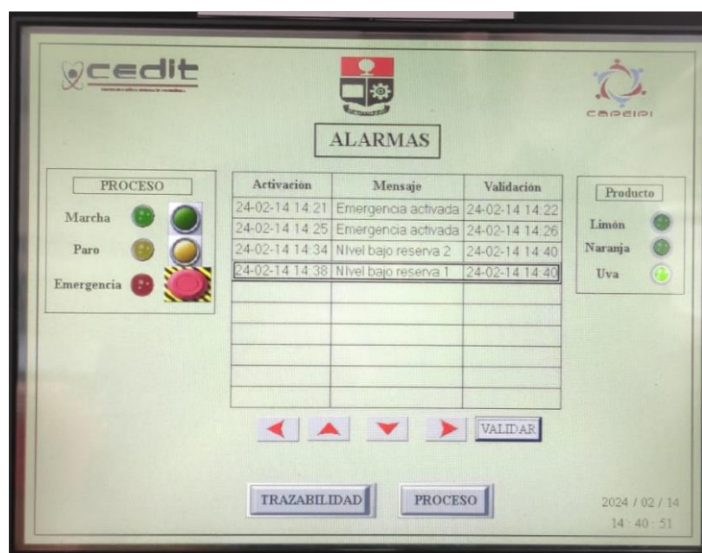


Figura 5.63. Ventana de alarmas.

Al dar marcha el proceso se desarrollará automáticamente hasta finalizarlo, es decir:

- Las bombas de las reservas llenaran los tanques de almacenamiento.
- Una vez que el líquido fue detectado por cada uno de los sensores de nivel alto de los tanques de almacenamiento se apagan las bombas y se activan las electroválvulas.
- Al activarse las electroválvulas el líquido pasa a llenar el tanque de mezclado.

- Las electroválvulas se cierran cuando el sensor de nivel alto del tanque de mezclado detecta el líquido.
- A continuación, se activa el motor de mezclado que funcionará por el tiempo configurado al inicio.
- Al desactivarse el motor, se activa un relé que inicia el funcionamiento del calentador eléctrico, el cual opera por el tiempo ingresado al inicio.

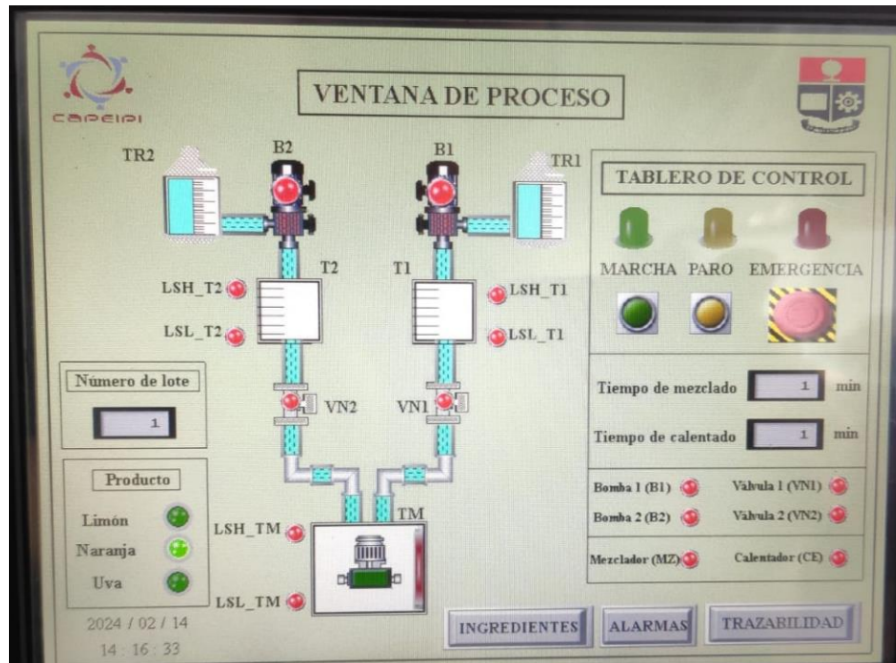


Figura 5.64. Ventada del proceso.

Al finalizar el proceso se genera una ventana que otorga acceso a los datos de la trazabilidad.

En la ventana de trazabilidad se observan los datos del proceso y se ingresa la cantidad de líquido que resulto de la mezcla.



Figura 5.65. Ventana con datos de la trazabilidad del proceso.

Una vez ingresado el valor de la cantidad de mezcla se da clic en el botón ENVIAR DATOS para mandar la información a Excel en donde se guardará en una base de datos para de esa manera tener un historial, además se generará un archivo tipo PDF que tendrá por nombre el código del lote y se guardará en una carpeta del computador.

DATOS DEL LOTE					PARÁMETROS DEL PROCESO			
Código del lote	Número de lote	Ingrediente			Fecha de elaboración	Tiempo de mezclado (min)	Tiempo de calentado (min)	Cantidad de mezcla (litros)
		Limón	Naranja	Uva				
140224001	1	—	✓	—	14/2/2024	1	1	10

Figura 5.66. Base de datos.

Si se desea iniciar de nuevo con el proceso se debe vaciar el tanque de mezclado y cumplir de nuevo con las condiciones iniciales indicadas.

ANEXO XI. Plan de capacitación.

A continuación, se presenta un plan de capacitación para el manejo del sistema. En el cual se indica la actividad que se va a desarrollar y las horas asignadas.

Tabla 5.4. Plan de capacitación.

Actividad para desarrollar	Horas
Reconocer los componentes que conforma el módulo de mezclado.	2
Recopilar información de las características técnicas del funcionamiento de todos los componentes.	3
Familiarizarse con los programas empleados en el sistema.	2
Explicar la lógica de control empleada en los PLCs.	5
Explicar el diseño del HMI implementado en el proceso.	4
Explicar el uso de la plataforma de comunicación.	1
Poner en marcha el sistema	1
Visualizar los resultados	