



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE
SANTA ELENA
FACSISTEL**

ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN
COMPLEXIVO**

Diseño y simulación de un sistema automatizado de las etapas de pasteurización e hilado mediante PLC para el proceso de elaboración de queso

Mina Cedeño Alan Jarni

**Dirigido por
Ing. Carlos Saldaña, M.Sc.**

La Libertad - 2023

DEDICATORIA

En este camino académico, mi más profundo agradecimiento se dirige a mis queridos padres, pilares incansables de mi trayectoria. Su inquebrantable apoyo ha sido la fuerza motriz de mis logros. Con amor incondicional, han sido mi sostén y guía, infundiendo en mí la determinación para alcanzar cada meta. Vuestra sabiduría, paciencia y constante aliento han sido el faro que ha iluminado mi sendero hacia el conocimiento. Cada página de este trabajo lleva impregnada vuestra dedicación y sacrificio. A ustedes, mi eterno reconocimiento por ser mi inspiración constante y por sembrar en mí los valores de perseverancia y superación.

Alan Jarni Mina Cedeño

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a quienes fueron mi sostén en este proyecto académico. En primer lugar, a mis amados padres, cuyo apoyo incondicional y cariño han sido el motor de mi perseverancia. A mis queridos amigos, Steeven Jairala, Douglas Borbor, Anthony Bravo, Lisbette Rodríguez y Jackson Valverde, les agradezco por su aliento constante, por las palabras de ánimo que me impulsaron a seguir adelante y por su invaluable compañía en este trayecto. Vuestra confianza en mí fue un impulso vital que mantuvo mi determinación y compromiso en la elaboración de este proyecto. Este logro no habría sido posible sin vuestro apoyo y aliento. ¡Gracias por ser parte fundamental de este camino!

Alan Jarni Mina Cedeño

APROBACIÓN DEL TUTOR

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo examen complejo denominado: " Diseño y simulación de un sistema automatizado de las etapas de pasteurización e hilado mediante PLC para el proceso de elaboración de queso", elaborado por el estudiante Mina Cedeño Alan Jarni, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 8 de diciembre de 2023



ING. CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA, MSC

Docente Tutor

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



PhD. Ronald Humberto Rovira Jurado.
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.**



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ENRIQUE
CHUQUIMARCA JIMENEZ**

Ing. Luis Enrique Chuquimarca.
Jiménez, MSc.
DOCENTE GUÍA UIC II.



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ALBERTO
SALDANA ENDERICA**

Ing. Carlos Saldaña M.Sc.
DOCENTE TUTOR

**JUNIOR
RAFAEL
FIGUEROA
OLMEDO**

Firmado
digitalmente por
JUNIOR RAFAEL
FIGUEROA
OLMEDO
Fecha: 2023.12.28
08:56:06 -05'00'

Ing. Junior Figueroa, Mg.
DOCENTE ESPECIALISTA.



Ing. Corina Gonzabay, Mgt.
**SECRETARIA DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.**

RESUMEN

El diseño y simulación de un sistema automatizado para las etapas de pasteurización e hilado en el proceso de elaboración de queso mediante PLC (Controlador Lógico Programable) representa un avance significativo en la eficiencia y control de la producción alimentaria. En la primera etapa, la pasteurización, se implementa un control preciso de la temperatura y tiempo de calentamiento, garantizando la eliminación de microorganismos dañinos sin afectar la calidad del queso. El PLC se programa para supervisar y ajustar automáticamente los parámetros del proceso, asegurando una pasteurización consistente y eficiente.

La segunda etapa, el hilado, es crucial para la textura y calidad del queso. El sistema automatizado con PLC permite una regulación precisa de la temperatura y velocidad de agitación durante el hilado, asegurando la formación óptima de la masa y la expulsión del suero. Además, el PLC supervisa constantemente el estado del equipo y realiza ajustes en tiempo real para mantener las condiciones ideales de hilado. Este enfoque automatizado no solo mejora la calidad del queso, sino que también reduce la intervención humana, minimizando posibles errores y optimizando la eficiencia del proceso.

La simulación del sistema proporciona una herramienta invaluable para el diseño y prueba antes de la implementación en el entorno de producción. Utilizando software de simulación, se pueden identificar posibles problemas y realizar ajustes en el programa PLC sin interrumpir la operación real. Esto no solo acelera el tiempo de desarrollo, sino que también garantiza una transición suave y exitosa del diseño a la implementación práctica del sistema automatizado de pasteurización e hilado en la elaboración de queso.

Palabras Claves: pasteurización, hilado, automatización, queso.

ABSTRACT

The design and simulation of an automated system for the pasteurization and spinning stages in the cheese-making process through a PLC (Programmable Logic Controller) represent a significant advancement in the efficiency and control of food production. In the first stage, pasteurization, precise control of temperature and heating time is implemented, ensuring the elimination of harmful microorganisms without compromising the quality of the cheese. The PLC is programmed to monitor and automatically adjust process parameters, ensuring consistent and efficient pasteurization.

The second stage, spinning, is crucial for the texture and quality of the cheese. The automated system with PLC allows for precise regulation of temperature and stirring speed during spinning, ensuring optimal mass formation and whey expulsion. Additionally, the PLC constantly monitors the equipment status and makes real-time adjustments to maintain ideal spinning conditions. This automated approach not only enhances cheese quality but also reduces human intervention, minimizing potential errors and optimizing process efficiency.

Simulation of the system provides an invaluable tool for design and testing before implementation in the production environment. By using simulation software, potential issues can be identified, and adjustments to the PLC program can be made without disrupting actual operations. This not only speeds up development time but also ensures a smooth and successful transition from the design to the practical implementation of the automated pasteurization and spinning system in cheese production.

Keywords: pasteurization, spinning, automation, cheese

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Firma de responsabilidad del estudiante.

Nombre: Mina Cedeño Alan Jarni

Cédula:0923567473



Firma

Firma de Responsabilidad del Profesor o Tutor Propuesto (opcional).

Nombre: Ing. Carlos Saldaña M.Sc.

Cédula: 0914840947



Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALBERTO
SALDANA ENDERICA

Firma

Firma de Responsabilidad del Docente de Unidad de Integración Curricular II.

Nombre: Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, Mgt.

Cédula: 1104610132



Firmado electrónicamente por:
LUIS ENRIQUE
CHUQUIMARCA JIMENEZ

Firma

Contenido

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
APROBACIÓN DEL TUTOR	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD	VII
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	3
1.1.- Marco conceptual	3
1.1.1.- La automática.....	3
1.1.2.- Elementos fundamentales en un sistema elemental de automatización.....	3
1.1.3.- Controlador lógico programable (PLC).....	4
1.1.4.- NORMAS ISA.....	4
1.1.5.- Interfaz hombre máquina (HMI).....	6
1.1.6.- Comunicación PROFINET	6
1.1.7.- Pasteurización	7
1.1.8.- Hilado.....	8
1.2.- Antecedentes.....	10
1.3.- Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica	11
CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL	12
2.1.- Plan de implementación.....	12
2.1.1.- Factibilidad técnica	12
2.1.2.- Factibilidad económica	15
2.1.3.- Metodología	17
2.1.4.- Resultados Esperados	18
2.2.- Descripción de la solución propuesta	19
2.2.1- Descripción del proyecto	19
2.2.2.- Componentes físicos	19
2.2.3.- Componentes Lógicos.....	23
2.2.6.- Segmentos de programación para PLC.....	27

2.3.- Pruebas y puesta en marcha de la solución.....	30
2.3.1.- Inicialización del sistema.....	30
2.3.3.- Modo automático etapa de recepción y almacenamiento	31
2.3.4.- Modo automático etapa de pasteurización.....	33
.....	35
2.2.6.- Históricos.....	36
2.2.9.- Modo Manual etapa de Hilado.....	37
2.4.- Resultados y Conclusiones	38
2.4.1.- Resultados	38
2.4.2.- Conclusiones	39
2.4.3.- Recomendaciones	40
Bibliografía.....	41
ANEXOS.....	43

Índice De Ilustraciones

Figura 1: Arquitectura PROFINET.....	7
Figura 2: Proceso de hilado en la elaboración del queso. Fuente:[13].....	9
Figura 3: PLC Compacto Siemens S7-1200.....	20
Figura 4: Módulo de comunicación SM 1231.....	21
Figura 5: HMI DELTA TP 1200 CONFORT.....	22
Figura 6: Tia portal V16.....	23
Figura 7: Lenguaje Programación Escalera.....	24
Figura 8: Diagrama de flujo de pasteurización.....	25
Figura 9: Diagrama de flujo De Hilado.....	26
Figura 10: Pantalla Principal HMI estado del proceso. Fuente: Autor.....	30
Figura 11: Accionamiento "Modo Manual".....	30
Figura 12: Accionamiento "Modo Automático".....	31
Figura 13: Detección de Nivel Alto por Sensor de Nivel.....	31
Figura 14: Sensor de Temperatura en un Rango de 4°C. Fuente: Autor.....	32
Figura 15: Temperatura adecuada, accionamiento de electroválvula y bomba. Fuente: Autor.....	32
Figura 16: Sensor de nivel pasteurización nivel bajo. Fuente: Autor.....	33
Figura 17: Detección de nivel alto del tanque. Fuente: Autor.....	33
Figura 18: Temperatura adecuada del sensor de la etapa de pasteurización. Fuente: Autor.....	34
Figura 19: Apertura de la válvula para la etapa de coagulación.....	34
Figura 20: Accionamiento del Motor de Hilado. Fuente: Autor.....	35
Figura 21: Visualización de los estados de los sensores y actuadores. Fuente: Autor...	35
Figura 22: Visualización de Históricos.....	36
Figura 23: Controles manuales de Pasteurización Fuente: Autor.....	36
Figura 24: Accionamiento manual del proceso de hilado. Fuente: Autor.....	37

Índice De Tablas

Tabla 1: Combinaciones de tiempo y pasteurización.	7
Tabla 2: Comparación de controladores lógicos.	14
Tabla 3: Recursos Materiales para el proyecto.	16
Tabla 4: Recursos humanos estimados para el proyecto.	16
Tabla 5: Presupuesto total estimado para el proyecto.	16
Tabla 6 : Ficha Técnica PLC Siemens S7-1200.	20
Tabla 7: Ficha Técnica módulo de comunicación SM 1231.	21
Tabla 8: Características y Aplicaciones de un HMI.	23
Tabla 9 : Diámetros de intercambiador de calor.	24

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria moderna en la industria alimenticia, la automatización se convirtió en un pilar fundamental que garantiza la eficiencia, precisión y consistencia en los procesos. En particular, en el proceso de elaboración de queso, específicamente en las etapas de pasteurización e hilado, demanda un control preciso de variables críticas para asegurar la calidad del producto final. Esto se consigue utilizando métodos y procedimientos que se definen con anterioridad en cada estación o máquina en la empresa. Es importante enfatizar que la automatización es necesaria para estandarizar la calidad y costo del producto en un escenario competitivo.

La automatización en la industria moderna es el empleo de varias tecnologías para la supervisión y control de máquinas, para procesos con una tarea específica, además estos avances tecnológicos logran automatizar labores repetitivas y peligrosas, mejorando la seguridad, la eficiencia y la productividad. Por otra parte, esos sistemas han dado apertura al desarrollo y la implementación exitosa de sistemas avanzados como HMI (Interfaz Hombre-Máquina) y sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Esto facilita la adopción de aplicaciones en fábricas, mejorando la eficiencia en la gestión y control de dichos sistemas.

La industria alimenticia es uno de los terrenos más innovadores, por lo tanto, es de gran importancia automatizar los procesos de producción de los derivados de los productos lácteos, todo es debido al aumento en el consumo de estos productos, como efecto es imprescindible su respectivo aumento en la producción.

Dicho de esta manera, los tipos de quesos son diversos, por el contrario, el proceso que se realiza para su fabricación es la misma, el cual consta de 6 fases principales (recepción, pasteurización, coagulación, hilado, prensado y empaçado), vale la pena decir que las fases que más sobresalen son las de pasteurización e hilado, dichos procesos son el resultado final del producto.

Por último, este proyecto tiene como propósito dar solución a desafíos presentes en la industria láctea, en función al uso de diseños de sistemas automáticos, enfocado a optimizar cada uno de los procesos, y sobre todo propiciar el progreso económico.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y simular un sistema automático para las etapas de pasteurización e hilado en la elaboración del queso.

Objetivos Específicos

- Diseñar un algoritmo de programación de los procesos de pasteurización e hilado mediante el software TIA PORTAL.
- Desarrollar la interfaz gráfica para la visualización y monitoreo de los procesos de pasteurización e hilado en la fabricación del queso.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1.- Marco conceptual

1.1.1.- La automática

La automática se refiere al diseño, desarrollo y aplicación de sistemas automáticos que utilizan sensores, actuadores y algoritmos de control para realizar tareas sin intervención humana directa. Estos sistemas son capaces de recibir información del entorno a través de sensores, procesarla mediante algoritmos de control, y finalmente realizar acciones utilizando actuadores.

El funcionamiento de la automática se basa en la retroalimentación, donde el sistema ajusta sus parámetros de acuerdo con la información obtenida del entorno para lograr un control óptimo. Esta retroalimentación permite corregir y adaptar el sistema a cambios internos y externos, garantizando un comportamiento eficiente y preciso[1].

1.1.2.- Elementos fundamentales en un sistema elemental de automatización

El diseño de un sistema automatizado es la recopilación de información del entorno a través de los sensores. Esta información se procesa en el controlador lógico programable (PLC), que genera señales para los actuadores como motores, válvulas, cilindros y relés. Los actuadores realizan acciones físicas para controlar el proceso o la máquina, y los sensores incluyen dispositivos como termopares, sensores de presión, etc.

Los sistemas automáticos para el cumplimiento requerido para los procesos industriales, se aplican métodos que existieron a lo largo de la historia como el uso de relés, empleando técnicas digitales como circuitos flip-flop SR y alternativas más modernas y eficaces como el controlador lógico programable (PLC) [2].

1.1.3.- Controlador lógico programable (PLC)

Se basa en una programación que es usada en un computador para llegar a tomar decisiones como el encendido y el apagado, llamándola así un sistema de control industrial. Estos tienen funciones en el control secuencial en los procesos industriales que son vistos en tiempo real.

Existen lenguajes de programación que operan en el PLC, y se destacan algunos especialmente importantes.

- Lenguaje Booleano: Es una lista de operadores lógicos, para el control de señales binarias en conjunto con otras funciones matemáticas.
- Lenguaje de Contactos (KOP): Se representa de manera gráfica, en la utilización de contacto eléctricos, similar en los diagramas de circuitos eléctricos, estos contactos se agrupan en bloques.
- Lenguaje de diagrama de funciones: El lenguaje de programación es de manera textual, dirigidas a la máquina indicándole al controlador las instrucciones que debe realizar para la ejecución.

Cuentan con terminales de entradas que van conectadas a pulsadores, finales de carreras, detectores y terminales de salida, a los que van a establecer conexión a las bobinas de contactores, electroválvulas, los últimos se encuentran activados en cada instante dependiendo del programa se haya guardado[3].

1.1.4.- NORMAS ISA

Aplica un sistema especial de símbolos, este representa el funcionamiento del sistema mediante planos o diagramas, que van a asignar instrumentos de control y medición de señales para representar los elementos del sistema.

- **Sistemas de control**

Su funcionamiento consiste en subsistemas que están remotamente separados como también pueden operar de forma física unos de otros, su control es distribuido mediante paneles de control que entran en una red de tiempo no real, y una red de tiempo real, así como un controlador de área[4].

- **Cuadro de mando**

Visualización de la información importante del proceso o parte del proceso de manera grafica.

- **Visualización (grafico, ventana)**

Se visualiza el proceso e información destinada para el operador para el monitoreo y control.

- **Color**

- La deficiencia de percepción de color (por ejemplo: daltonismo o deficiencias en la visión del operario) y la presentación visual de combinación de colores se consideran en el desarrollo del diseño.
- Se utiliza un contraste y brillo diferenciales apropiados.
- Los colores elegidos deben ser distinguibles para información claves como alarmas y condiciones anormales.
- La información menos importante no debe ser más perceptible que la información más importante.
- Los colores o el parpadeo de los símbolos deben enfocar la atención del operador en situaciones que están ocurriendo en el momento.

- **Principios generales de diseño HMI**

- El diseño HMI debe adaptarse a todos los posibles operarios de HMI.
- Debe soportar las principales actividades del proceso: control, monitoreo y resolución de decisiones.
- El sistema HMI tiene que ser intuitivo, que no distraiga a las acciones que va a realizar el operador en el HMI

En definitiva, fomentar el uso de las normativas en la uniformidad de la presentación de información, en la comprensión de los datos, optimizando la eficiencia operativa reduciendo los riesgos potenciales y promoviendo entornos laborales más seguros y productivos [5].

1.1.5.- Interfaz hombre máquina (HMI)

Las siglas en ingles HMI de la Interfaz Hombre Máquina nos define que es un software llevado a visualizar y monitorear en tiempo real ejecuciones, operaciones de un proceso industrial. Este ordenador es el medio de visualización, que nos permite realizarlo por medio de un monitor o por pantallas táctiles.

La adquisición de datos físicos viene proveniente del sistema de control, estos los obtienen con la conexión de sensores (velocidad, presión, fuerza, temperatura, infrarrojo, etc.) para controlar los actuadores que trabajan ejecutando acciones eléctricas o mecánicas, sus datos van a procesarse y almacenarse para la toma de decisiones[6].

1.1.6.- Comunicación PROFINET

La comunicación se basa en un protocolo que fue diseñado dirigido para que exista el cambio de datos entre sensores, bloques de entrada y salidas (dispositivos electrónicos) y controladores (PLC) mediante el cable ethernet industrial. Es utilizado en el ámbito industrial y brinda una velocidad prevista para este sistema[7].

Se usan tres canales de comunicación, que suelen usarse de manera asincrónica:

- Standard de TCP/IP(NRT): La conexión común entre los dispositivos y transmisiones de considerables cantidades de información.
- Tiempo real (Profinet RT): No toma las capas del TCP/IP para que exista la velocidad de transmisión dada en el rango de 1 a 10ms.
- Tiempo real isócrono (Profinet IRT): Estos procesos adicionales que ayudan a sincronizar las aplicaciones con alta exactitud o precisión, así como un control de movimiento.

La siguiente figura 1 se visualiza la arquitectura PROFINET

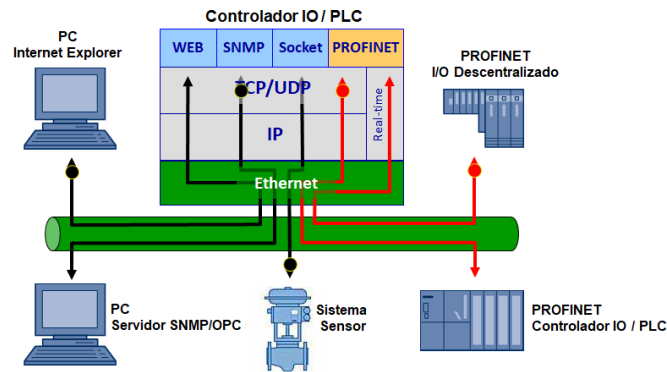


Figura 1: Arquitectura PROFINET.
Fuente:[8].

1.1.7.- Pasteurización

Este Proceso comprende la combinación de dos partes fundamentales que son el tiempo y la temperatura, como objetivo es destruir bacterias patógenas, el uso de este proceso inactiva enzimas como la lipasa y catalasas alterando el sabor de los alimentos.

La pasteurización es realizada a temperaturas por debajo al punto de ebullición de tal forma que no pierda sus características físicas, nutritivas[9].

Temperatura (°C)	TIEMPO
65	30 min
72	15 s
89	1,0 s
90	0,5 s
94	0,1 s
96	0.05 s
100	0.01 s

Tabla 1: Combinaciones de tiempo y pasteurización.
Fuente:[10].

- **Tipos de pasteurización**

Constan de tres tipos de pasteurización:

- Pasteurización por baja temperatura: se basa en exponer la leche en temperaturas de 65°C a un tiempo de 30 minutos con el posterior enfriamiento de 30 minutos.
- Pasteurización a altas temperaturas en un tiempo corto. Se expone el alimento a temperaturas de 72°C.
- Pasteurización en flujo continuo: en este proceso la leche es enviada al equipo intercambiador a 4°C, donde se calienta por regeneración o precalentamiento a una temperatura de 58°C.

1.1.8.- Hilado

Es una de las etapas más destacadas en la elaboración del queso, por que determina la textura y el sabor final de dicho producto. En esta etapa la cuajada, se obtiene después de la coagulación de la leche, esta se calienta y se agita hasta obtener una masa elástica y homogénea.

En los quesos hilados, como el queso doble crema, tienen una fase adicional en su proceso de elaboración. Tenemos que la cuajada es calentada y ahitada hasta que se obtenga una pasta elástica, sin grumo y brillante. Donde después pasara a la etapa de moldeado[11].

Es elaborado en una tina de acero inoxidable, a una temperatura de entre 54°C grados centígrados, el calor y la agitación, provoca que las proteínas de la leche no tengan nutrientes y formen una masa elástica. Con el fin de estirar y moldear sin romperse dándole esa textura característica a la del queso.

En consecuencia, el tiempo y la temperatura para el calentamiento son partes fundamentales que influyen en la textura del queso. Si se calienta en un tiempo muy corto da como resultado una textura blanda. Sin embargo, el uso de más tiempo da a lugar una textura muy dura[12].

La cuajada del hilado se puede canjear por diferentes cosas como la mozzarella, entre otros quesos que fueron realizados por este proceso, para conseguir esto se necesitan sensores de temperatura y sensores de nivel de alta eficiencia para cumplir con los requerimientos en el mercado.



*Figura 2: Proceso de hilado en la elaboración del queso.
Fuente:[13].*

1.2.- Antecedentes

Hablando de la actualidad, la automatización para sectores industriales son un componente el cual tiende a crecer, debido a la necesidad de mejorar los procesos manuales. Esto es posible por medio de técnicas de análisis, desarrollo, diseño y optimización las cuales son consideradas por gran cantidad de investigadores al recolectar datos.

La eficacia de las empresas se lleva a cabo mediante diversos procesos y enfoques variados. Cada industria establece metas, indicadores y resultados específicos, a partir de estos elementos se implementa un monitoreo con el fin de obtener resultados y optimizar la eficiencia en la utilización de los recursos disponibles.

La industria alimentaria no es la excepción particularmente en el proceso de elaboración de queso, específicamente en las etapas de pasteurización e hilado, demanda un control preciso de variables críticas para asegurar la calidad del producto final. La producción de lácteos actualmente en América Latina ha aumentado su ámbito competitivo en el mercado actual un 10.8% para el año 2019 y sigue creciendo anualmente[14].

En Ecuador se producen aproximadamente 5 millones de litros de leche diariamente de los cuales su mitad es para la industria de lácteos y su restante para el mercado informal, esta cantidad en la actualidad no es suficiente y existe una gran demanda el cual va creciendo aproximadamente 2% de forma anual[15].

Uno de los factores que afectan la elaboración de queso es debido a métodos rudimentarios-artesanales, debido a que la mayoría del proceso se realiza de forma manual, para solucionar este problema se recurre a un control del sistema. Si se implementa la automatización en el proceso de pasteurización se aprovecharía al máximo la materia prima, ya que se tendría una mezcla uniforme. Otro factor para tomar en cuenta es la participación del operador reducida y más viable, por lo que se mejoraría la calidad del producto, mejoras de tiempo de producción para las etapas (Pasteurización e Hilado), flexibilidad y confiabilidad[16].

1.3.- Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica

La producción de lácteos en la industria es elemental para un mejor control en la etapa de calentamiento del proceso de pasteurización, esta nos permite la eliminación de microorganismos patógenos que se nos presentan en la leche cruda, son dañinos para la salud humana, nos enfocamos en mejorar su control y supervisión de dicho proceso, a través de un sistema HMI, que nos permitirá por medio de un control de histéresis, controlar la temperatura de la caldera para evitar sobrecalentamientos del producto.

En las plantas de lácteos existen equipos interceptando el pasteurizado llevan termómetros para su control, pero no se encuentra un adecuado control del tiempo, lo que nos lleva a tener reprocesamiento de la leche y su demora del proceso, muchas veces se ignora la ejecución de este y no se cuida su temperatura adecuada, causándonos el deterioro el valor nutricional de la leche. El problema de control de sus variables a monitorear son los niveles de volúmenes, presión de caldera, y su temperatura a larga distancia. Los procesos industriales tienen como objetivo buscar una solución efectiva para el control y monitoreo de sus parámetros, llegando así a los conocidos controladores lógicos programables en procesos de automatización.

Almacenar información del proceso completo, nos permite poder tener la visión del manejo necesario de todo lo que puede o no ocurrir en la planta de pasterización.

Aumentamos la eficiencia del funcionamiento de nuestro proceso, con ayuda del sistema HMI, ofreciendo información del proceso a detalle de la pasteurización proporcionando errores y fallos del sistema, debido a su sistema el cual permite realizar el mantenimiento predictivo y correctivo; de la mano reducimos posibles pérdidas de materia prima, y brindamos la seguridad de la calidad del producto aportando a una mejora calidad de vida de la población, la forma correcta de lograrlo es brindando los productos que sean aptos para nuestro consumo, íntegros; dar un valor, esfuerzo a la tecnología actualizada que incorporan las futuras industrias[17].

CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1.- Plan de implementación

El desarrollo de un programa que tenga la capacidad de realizar tareas de manera automatizada y manual, con la ayuda del sistema HMI que nos permite visualizar y operar los procesos en la industria, es necesario el diseño y simulación de un sistema autómatas para las etapas de pasteurización e hilado, en el proceso de elaboración del queso.

Al empezar con el funcionamiento del software debemos tener en consideración saber usar el programa, el controlador que se usa, la pantalla donde diseñamos las etapas. Contamos con las configuraciones que son importantes para realizar su correcto funcionamiento.

2.1.1.- Factibilidad técnica

El propósito del análisis de factibilidad técnica realizado en este proyecto de grado, para determinar la factibilidad de su implementación. Con el fin de mejorar los aspectos técnicos, reducir los tiempos de producción, garantizar la seguridad y la calidad del producto, se introdujo una interfaz hombre maquina HMI para el control y supervisión de los procesos de pasteurización e hilado en la elaboración de queso, mejorando la competitividad y la productividad en el mercado.

Las industrias lácteas procesan la leche mediante un sistema de pasteurización e hilado básico, este sistema al utilizar equipos obsoletos no es eficiente ni seguro. Para la actualización de nuevas tecnologías en equipos, la infraestructura física e instalación eléctrica de la industria, tiene que ser conveniente para la instalación del área de control y supervisión para el funcionamiento adecuado.

Para la realización del proyecto se necesita un análisis de los materiales, equipos, normas de diseño y protocolos de comunicación necesarios para el diseño de un HMI para la visualización de las etapas de pasteurización e hilado, llevando un control óptimo y supervisado del mismo, con el uso de herramienta tecnológicas.

Para el diseño del HMI, se utilizan las normas ISA 101 y los siguientes dispositivos como switch, PLC, módulo de comunicación profinet, controladores de temperatura y sensores de temperatura.

El análisis de factibilidad técnica evalúa la viabilidad el proyecto desde dos perspectivas: la física (hardware) y la tecnología (software).

El controlador lógico programable Siemens S7-1200 es una herramienta potente y versátil que es usado en entornos industriales para controlar una amplia gama de dispositivos. Es una tecnología adaptable permitiendo a los usuarios completar tareas de manera eficiente.

Para verificar que el HMI cumpla con las normativas y requisitos, se realiza la simulación, implementando el diseño y programación en el controlador lógico programable.

Después de esto, se procede a una comparación entre los componentes seleccionados y los que se venden en el mercado industrial.

• **Controladores lógicos programables**

De acuerdo con la tabla 2 de comparación, el primer controlador no es adecuado para el sistema. El segundo, MicroLogix, es el más completo, pero el precio es demasiado alto para el proyecto, al final el PLC Siemens S7-1200 es la mejor opción, ya que cumple con todos los requisitos y un precio asequible en Ecuador.

LOGO (módulo lógico universal de Siemens)	MicroLogix 1400	PLC S7-1200
<ul style="list-style-type: none"> ● Entradas digitales I1 hasta I16. ● Entradas analógicas AI1. ● Salidas digitales Q1 hasta Q16. ● Salidas analógicas AO1 y AO2. ● Marcas digitales M1 	<ul style="list-style-type: none"> ● Expanda sus capacidades de aplicación con hasta 7 módulos de E/S de ampliación para un máximo de 256 E/S discretas. ● Hasta 6 contadores de alta velocidad integrados de 100 kHz (en controladores con 	<ul style="list-style-type: none"> ● Intensidad disponible (SM y bus CM): 1000 mA máx. (5 V DC). ● Intensidad disponible (24V DC): 300 mA máx. (Alimentación de sensores). ● Consumo de corrientes

<p>hasta M24, M8: marcas de arranque.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Marcas analógicas AM1 hasta AM6. ● Bits de registro de desplazamiento S1 hasta S8. ● Teclas de cursor. ● 16 salidas no conectadas X1 hasta X16. 	<p>entradas de cc).</p> <ul style="list-style-type: none"> ● puertos serie con soporte de protocolo DF1/DH485 / Modbus RTU / DNP3/ ASCII. ● El puerto Ethernet le proporciona soporte de protocolo EtherNet/IP, DNP3 sobre IP y protocolo Modbus TCP/IP, así como funciones de servidor web y correo electrónico. ● LCD incorporado con retroiluminación le permite ver el controlador y el estado de E/S, y proporciona una interfaz sencilla para mensajes, monitoreo y manipulación de bits / enteros. 	<p>de las entradas digitales (24VCC): 4 mA/ entrada usada.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● E/S digitales integradas: 8 entradas / 6 salidas ● E/S analógicas integradas: 2 entradas ● Tamaño de la imagen: 1024 bytes de entradas (I) / 1024 bytes de salidas (Q). ● Área de marcas (M): 4096 bytes. ● Ampliación con módulos de señales: 2 SMs máx. ● Módulo de comunicación: PROFIBUS Maestro / esclavo, comunicación GPRS, AS-i y más sistemas Fieldbus.
--	--	--

Tabla 2: Comparación de controladores lógicos.
Fuente: [18].

Finalmente, por las comparaciones que se realizaron se demostró que dispositivos son convenientes para la implementación de la propuesta con precios accesibles al cliente, determinando que esta propuesta es técnicamente viable,

2.1.2.- Factibilidad económica

Con el objetivo de determinar el costo total de la implementación y ejecución del HMI para el proceso de pasteurización e hilado, se realiza un estudio de factibilidad financiera. Este estudio debe tener en cuenta tanto los recursos tangibles (equipos, materiales) como recursos intangibles. Los costos de los equipos, materiales y mano de obra que se utilizara para llevar a cabo este proyecto se detallan a continuación.

- **Estimación de costos**

- **Equipos**

En cuestión a la selección de instrumentos, se elabora el siguiente presupuesto.

Cant.	Elemento	Marca	Referencia	Valor Uni.	Valor Total
1	PLC	Siemens	SIMATIC S7-1200 CPU 1214C	\$ 700.00	\$ 700.000
1	Módulo de Entradas Analógicas	Siemens	SIMATIC SM 1231	\$ 400.00	\$ 400.00
1	Variador de Frecuencia	Siemens	SINAMICS V20	\$ 400.00	\$ 400.00
1	Pantalla HMI	Siemens	DELTA TP 1200 Confort	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	Sensor de Temperatura	Siemens	SITRANS TS500	\$ 1,450.00	\$ 1,450.00
1	Sensor de Temperatura	ASCON	Termopar ZIS 01	\$ 1,700.00	\$ 1,700.00
2	Sensor de Nivel	Siemens	SITRANS Probe LU240	\$ 1,350.00	\$ 2,700.00
2	Válvula Neumáticas	Uni D	Solenoides para vapor 2 vías 110 VAC, 1"	\$ 1,900.00	\$ 3,800.00
1	Válvula Hidráulica	Uni D	Solenoides 2 vías NC 110 VAC, 2"	\$ 226.00	\$ 226.00
1	Interruptor Automático	Siemens	5SY4106-6	\$ 30.00	\$ 30.00
2	Contactores	Siemens	SIRIUS 3RT2015-1BB41	\$ 140.00	\$ 280.00
1	Pulsador - Parada de emergencia	Eaton	121462 - M22-PVT45P	\$ 62.00	\$ 62.00
2	Pulsador Luminoso - Verde	Eaton	216596 - M22-D-G	\$ 18.50	\$ 37.00
2	Pulsador Luminoso - Rojo	Eaton	216594 - M22-D-R	\$ 18.50	\$ 37.00
2	Indicador Luminoso - Verde	Eaton	216772 - M22-L-R	\$ 18.00	\$ 36.00
2	Indicador Luminoso - Rojo	Eaton	216773 - M22-L-G	\$ 18.000	\$ 36.00

1	Gabinete	BmElectric	500x400x200 mm Ip65	\$ 250.00	\$ 250.00
5 m	Cable Rojo Cal 20			\$ 15.00	\$ 15.00
5 m	Cable Negro Cal 20			\$ 15.00	\$ 15.00
5 m	Cable Rojo Cal 10			\$ 20.00	\$ 20.00
5 m	Cable Negro Cal 10			\$ 20.00	\$ 20.00
Total:					\$ 14,014.00

Tabla 3: Recursos Materiales para el proyecto.
Fuente: [19].

- **Recursos humanos**

Función	Personal	Horas	Valor Hora
Estudio del proceso	Ingeniero en Automatización	16	\$ 560.00
Programación y simulación	Ingeniero en Automatización	40	\$ 1,400.00
Montaje	Supervisor	40	\$ 1,400.00
	Técnico	80	\$ 2,000.00
Total:			\$ 5,360.00

Tabla 4: Recursos humanos estimados para el proyecto.
Fuente:[19].

Tomando en cuenta las tablas de recursos materiales y humanos se obtiene un presupuesto total:

- **Presupuesto Total**

Concepto	Valor
Recursos materiales	\$ 14,014.00
Recursos humanos	\$ 5,360.00
Varios (Viáticos, papelería, etc.)	\$ 500.00
Total:	\$ 19,874.00

Tabla 5: Presupuesto total estimado para el proyecto.
Fuente:[19].

2.1.3.- Metodología

- **Investigación aplicada**

- **Fase 1**

La investigación bibliográfica sobre las etapas de pasteurización e hilado, el control de automatización y los sistemas HMI, sirvieron como base para el desarrollo de la propuesta tecnológica. También se complementó con el conocimiento en las asignaturas de electrónica, redes y automatización industrial.

- **Fase 2**

Se centra en la atención de las necesidades del sistema para la implementación de un sistema HMI en las etapas de pasteurización e hilado en la elaboración de queso. Se utilizan técnicas de observación y análisis de información para identificar los elementos electrónicos y el software necesario para la ejecución de la propuesta.

- **Fase 3**

Se desarrollo la lógica programable en el software Tía portal V16, así mismo el sistema HMI para los procesos anteriormente mencionados utilizando como base estructuras de programación existentes en las industrias lácteas en la elaboración de queso, para elaborar una programación eficiente y efectiva.

- **Procesamiento de datos**

Para el procesamiento de los datos, se consideran los siguientes pasos:

- Recopilación de información de fuente bibliográficas (Libros, revistas académicas y tesis) relacionados a sistemas HMI, y procesos de pasteurización e hilado en la elaboración del queso.

- Selección de información relevante para el desarrollo de la propuesta tecnológica. En este caso, se analizan los diseños de los sistemas HMI en procesos con industria a mediana escala.
- Se analiza los resultados que se obtienen en las pruebas realizadas. Para ello, se aplican los conocimientos teóricos en las asignaturas de electrónica, redes y automatización industrial, para determinar los componentes seleccionados anteriormente, empleando una investigación aplicada.

2.1.4.- Resultados Esperados

La propuesta permite el uso adecuado de las tecnologías previstas con el fin de lograr las siguientes soluciones:

- EL diseño de un HMI para el monitoreo y control de parámetros establecidos en la etapa de pasteurización, facilitando al operador y administrador el conocimiento del aspecto del sistema y la capacidad de intervenir para corregir cualquier anomalía que se presente al instante.

2.2.- Descripción de la solución propuesta

2.2.1- Descripción del proyecto

Para el presente proyecto se establece la implementación de un sistema de control por medio de sensores y actuadores, equipos de control y la supervisión por medio de equipos de monitorización y control para los procesos de pasteurización e hilado.

Al hablar de actuadores para este proceso intervienen válvulas de control para el sistema de temperatura de la materia prima a partir del vapor, además de bombas que permiten el flujo a cada una de las etapas.

La toma de decisiones que se lleva a cabo para cada etapa se realiza por medio de equipos de control como el PLC, el cual permite recibir la información de los sensores de temperatura y nivel, pulsadores, selectores. Dicha información es procesada y tomada en las decisiones de la programación establecida para el control.

Para la operación y supervisión del proceso se implementa un sistema de monitoreo por medio de un HMI (Interfaz Hombre-Maquina) el cual proporciona una interfaz gráfica intuitiva para los operadores, mostrando en tiempo real información crucial, además de esto permite el ajuste de parámetros y realizar cambios en el proceso de manera remota, también almacena datos históricos del proceso, facilitando análisis posteriores y la identificación de posibles mejoras en la eficiencia o calidad.

Cada una de estas etapas deben cumplir normativas las cuales aseguran que el sistema cumpla con estándares relevantes para la industria alimentaria.

2.2.2.- Componentes físicos

- **Controlador PLC S7-1200**

Es un dispositivo electrónico el cual te da la capacidad de controlar una gran variedad de procesos para distintas necesidades. Consta de 3 componentes principales como son: el CPU, los módulos de entrada/salida y el software de programación. Este dispositivo ofrece una serie de características como un alto rendimiento en velocidad y precisión una flexibilidad ya que puede adaptarse a una amplia gama de requisitos y seguridad integradas para ayudar a proteger.



Figura 3: PLC Compacto Siemens S7-1200
Fuente:[20].

DATOS TÉCNICOS	
MODELO	CPU 1212C AC/DC/relé
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corrientes de las entradas digitales (24V DC)	4 mA/entrada utilizada
Memoria de usuario	25 KB de memoria de trabajo
E/S digitales	8 entradas/6 salidas
E/S analógicas	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)
Área de marcas (M)	4096 bytes
Ampliación con módulos de señales	2 SMs máx.

Tabla 6 : Ficha Técnica PLC Siemens S7-1200.
Fuente:[18]

- **Módulo de comunicación modbus**

El PLC Siemens S7-1200 puede comunicarse con otros dispositivos a través de los protocolos de comunicación RS422/485 y RS232. Estos módulos se pueden configurar de la siguiente manera como maestro o esclavos. si se opta por maestro MODBUS.

En la siguiente tabla 7 están las características técnicas del módulo de comunicación escogido, siempre que cumpla las necesidades para la realización de comunicación entre equipos.



Figura 4: Módulo de comunicación SM 1231.
Fuente:[21].

DATOS TÉCNICOS	
MODELO	SM 1231, AI 4x16 bit
Tensión de alimentación	24 V
Intensidad de entrada	65 mA – 80 mA
Entradas analógicas	4; Entradas diferenciales tipo corriente o tensión 40 mA/entrada utilizada
Supresión de perturbaciones de tensión para frecuencia perturbadora f1 en Hz	15 bit; + signo
Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx. 15 bit; + signo	Si
Tiempo de integración parametrizable Sí	40dB, DC a 60V para frecuencia de perturbación 50/60 Hz
Error de temperatura (referido al rango de entrada), (+/-)	25 °C ±0,1 % / ±0,3 % en todo el rango de medida
Tiempo de ciclo (todos los canales), máx	100 μs
Pérdidas	1,8 W

Tabla 7: Ficha Técnica módulo de comunicación SM 1231.
Fuente:[21].

- **Panel HMI táctil**

La elección del panel HMI es un DELTA TP 1200 Confort el cual tiene unas proporciones de 12 pulgadas y está diseñado para aplicaciones de automatización industrial. Es un dispositivo versátil y potente el cual ofrece una amplia gama de funciones para satisfacer las necesidades de operación.



Figura 5: HMI DELTA TP 1200 CONFORT.
Fuente:[22].

CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
Peso de 5 KG	Alimentos y bebidas
Pantalla TFT de 16 millones de colores con una resolución de 1200x800 píxeles.	Fabricación.
Brillo ajustable de 0 a 1000 cd/m ² .	Logística.
Contraste de 1000:1.	Control de calidad.
Tiempo de respuesta de 10 ms.	Mantenimiento predictivo.
Angulo de visión de 170° (Horizontal) 160° (vertical).	Analítica de datos.
Memoria de 12 MB de configuración.	Resolución de problemas.
Memoria de 2MB para datos de receta.	Optimización de procesos.
Tarjeta de memoria de datos 1MMC/SD.	Entornos de usuario personalizados.
Almacenamiento de pantallas, macros, widgets y otros objetos.	Aplicaciones móviles.
Interfaces de Comunicación (PROFINET, PROFIBUS, RS-232, RS-485, ETHERNET).	Educación y formación.

Soporte para variedades de lenguajes de programación.	Aplicaciones de campo.
Funciones de seguridad integradas.	Control de máquinas.
Puerto USB.	Visualización.
Entrada de Audio.	Procesos químicos.

Tabla 8: Características y Aplicaciones de un HMI.
Fuente [23] y [24].

- **Comunicación PLC a HMI (WinCC)**

Una de las herramientas que permiten crear una comunicación entre estos dispositivos es el WINCC y lo realiza por medio de los protocolos de comunicación que sean compatibles, ya sea Profibus, OPC o Modbus. Así que lo primero es conocer el tipo de protocolo a usar y configurarlo dentro del software de programación. Luego se debe de asignar las direcciones IP para el PLC S7-1200, el cual va a permitir que se intercomunican entre ellos, para así poder intercambiar datos en tiempo real para su próximo control y monitoreo[25].

2.2.3.- Componentes Lógicos

- **Nivel de visualización**

- **Totally Integrated Automation Portal (Tia Portal)**

El Tia Portal es un software de automatización, para desarrollar la programación en base a las necesidades de la industria. Desde la configuración del control hasta la operación de máquinas y planificaciones. Cuenta con una interfaz intuitiva facilitando el uso para la obtención de procesos óptimos. Este software propone dos lenguajes de programación: Programación KOP (esquema de contactos) y FUP (esquema de funciones) para elaborar una lógica entendible y eficaz.



Figura 6: Tia portal V16.
Fuente: [26].

- **Lenguaje de programación (KOP)**

El lenguaje escalera es un lenguaje de programación gráfica, con la utilización de símbolos similares a los circuitos eléctricos para representar las operaciones lógicas. Estos componentes básicos son los contactos, pueden ser abiertos o cerrados y los relés representan acciones. Ofreciendo instrucciones para la resolución de operaciones matemáticas, temporizar eventos y contar elementos.

En la siguiente figura 7 se visualiza lenguaje en escalera.

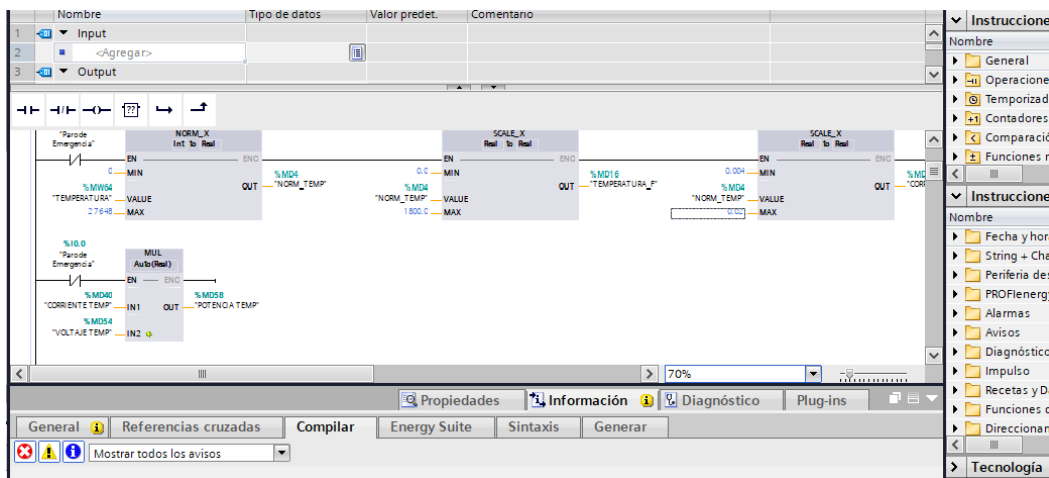


Figura 7: Lenguaje Programación Escalera.
Fuente: Autor.

2.2.4.- Diseño de la propuesta

- **Intercambiador térmico**

En la etapa de la pasteurización se utiliza un intercambiador de calor, este a su vez hace que los líquidos fluyan en direcciones opuestas. El diámetro del tubo se determina en función a la cantidad de líquidos se utiliza para el proceso. La siguiente tabla 9 muestra el tamaño típico para la elaboración de estos tubos.

Tubo exterior, IPS	Tubo Interior, IPS
2	1 ¼
2 ½	1 ¼
3	2
4	3

Tabla 9 : Diámetros de intercambiador de calor.
Fuente:[18].

2.2.5.- Lógica de programación para el proceso de pasteurización e hilado

Se muestra el diseño a través de diagrama de flujo para el sistema HMI tanto para etapas de pasteurización e hilado en la elaboración de queso. Se ilustra mediante diagrama de flujo las secuencias de los procesos mencionados anteriormente, A continuación, se visualizan en la figura 8 el diagrama de flujo de pasteurización y en la figura 9 el diagrama de flujo del hilado

- **Diagrama de flujo pasteurización**

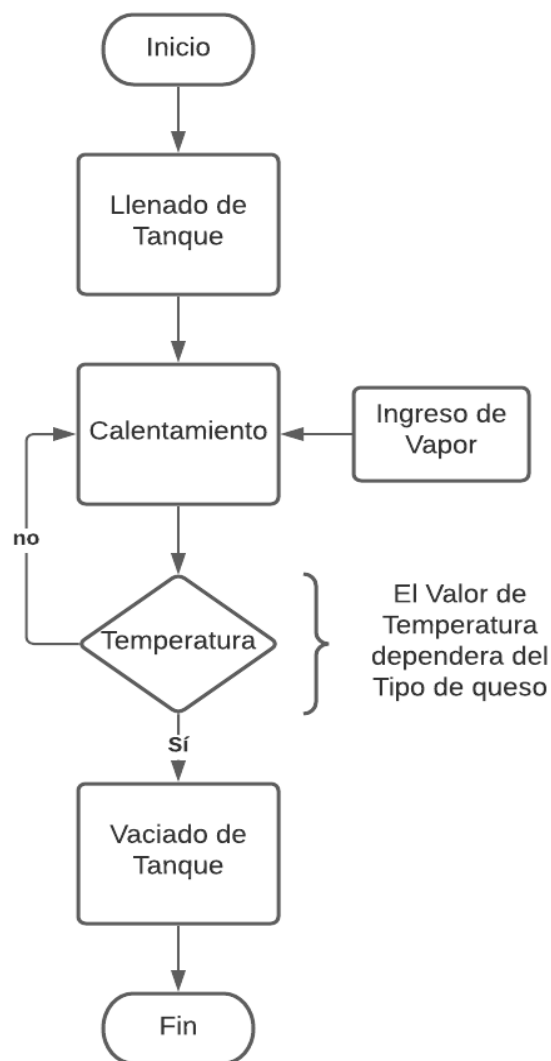


Figura 8: Diagrama de flujo de pasteurización.
Fuente: Autor.

- Diagrama de flujo hilado

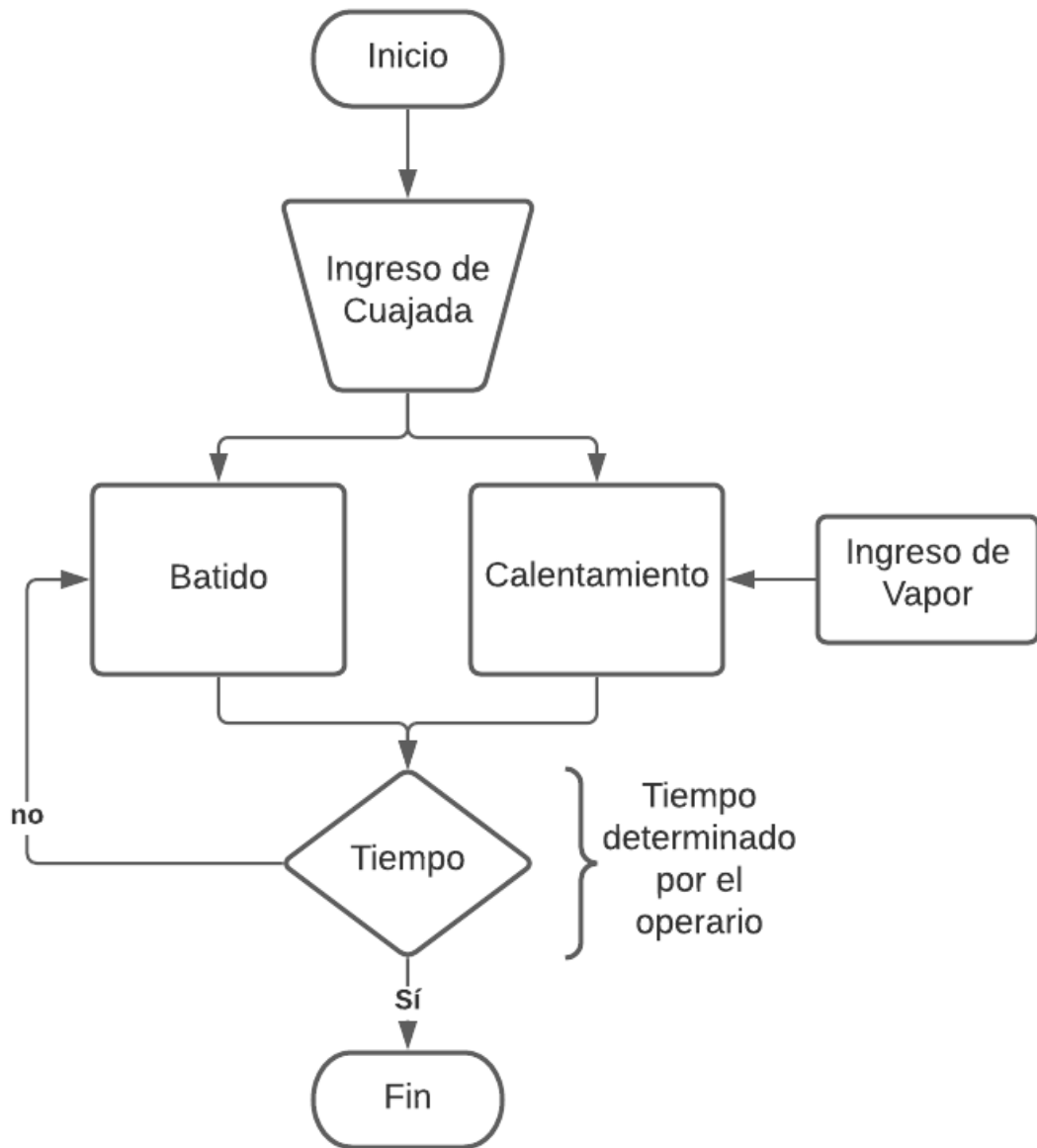


Figura 9: Diagrama de flujo De Hilado.
Fuente: Autor.

2.2.6.- Segmentos de programación para PLC

- **Bloque de programación (main)**

- **Segmento 1: activación o desactivación del modo manual y automático**

El siguiente segmento presenta la activación del modo manual y modo automático, si se desea activar los dos modos al mismo tiempo no se lo puede realizar. anexo 1, Seg1.

- **Segmento 2: etapa de recepción y almacenamiento**

La materia prima del proceso es la leche, que es llevada a un punto de almacenamiento; además, debe cumplir cierta temperatura. anexo 2, Seg2.

- **Segmento 3: etapa de pasteurización**

La materia prima proveniente de la primera etapa se debe calentar en un rango de temperatura y durante 30 minutos. anexo 3, Seg3.

- **Segmento 4: etapa de hilado**

En esta etapa se debe obtener una pasta elástica, sin grumos y brillante. anexo 4, Seg4.

- **Segmento 5: bloque del modo manual**

El accionamiento de los contactores y el funcionamiento es de manera manual cumpliendo cada uno de los parámetros para pasar a cada segmento. anexo 5, Seg5.

- **Bloque de programación (recepción y almacenamiento)**

- **Segmento 1: activación / desactivación del sensor de nivel**

Al estar en automático es necesario que la memoria M0.0 esté activado para iniciar el proceso. anexo 6, Seg1.

El sensor de nivel será quién se encargue de detectar el nivel alto o bajo.

- **Segmento 2: escalado del sensor analógico de temperatura**
 Para ver la variación de la temperatura se realiza el escalado del sensor de temperatura anexo 7, Seg 2.
- **Segmento 3: rango de temperatura adecuado, activación de bomba y electroválvula**
 Al encontrarse en el nivel adecuado, empieza a tomar lectura de la temperatura que debe encontrarse en el rango de 4°C a 6°C, si está fuera de este rango la temperatura no es la adecuada. anexo 8, Seg 3.
- **Bloque de programación (pasteurización)**
 - **Segmento 1: nivel alto / bajo del sensor de nivel**
 Para que el tanque de almacenamiento se llene es necesario que la bomba y la electroválvula de la primera etapa estén activadas puesto que así permiten el paso del líquido.
 El sensor de nivel será el encargado de detectar el nivel alto y bajo del tanque. anexo 9, Seg 1.
 - **Segmento 2: escalamiento del sensor analógico de temperatura para el calentador**
 Al estar el tanque en el nivel alto, el calentador se enciende. anexo 10, Seg2.
 - **Segmento 3: comparación de la temperatura**
 Al estar variando la temperatura, si es menor a 49 grados indica que la temperatura es baja, pero sigue activado el intercambiador de calor.
 En el caso de que la temperatura sea mayor a 50 grados, es la temperatura que se requiere, por lo tanto, el intercambiador se desactiva, la bomba y electroválvula se activan permitiendo que pase el líquido hacia otra etapa que es manual.
 El temporizador se emplea ya que por cierto tiempo debe estar encendido el intercambiador de calor. anexo 11, Seg 3.

- **Bloque de programación (hilado)**

- **Segmento 1: activación del motor**

Para obtener un queso de consistencia elástica es necesario un batidor o mezclador que contiene un motor. anexo 12, Seg1.

- **Segmento 2: sensor analógico**

Para tener lectura de la variación del sensor analógico se realiza un escalado del sensor de temperatura. anexo 13, Seg2.

- **Segmento 3: comparación de temperatura**

Al estar activado el motor, si la temperatura es menor o igual a 54 la resistencia que permite que se caliente está activado.

Pero, si es mayor a ese valor entonces la resistencia se desactiva por lo que ya obtuvo la temperatura requerida. anexo14, Seg3.

- **Bloque de programación (manual)**

- **Segmento 1: recepción y almacenamiento**

Mientras esté en nivel alto, al tomar la temperatura si se encuentra en la temperatura requerida, la materia prima está lista para pasar a otro recipiente, para ello se activa la bomba y una electroválvula. anexo 15, Seg1.

- **Segmento 2: pasteurización**

Como las bombas y electroválvulas permiten el paso del líquido deben estar activadas.

Si el tanque está lleno entonces, se activa el intercambiador de calor que permite que se caliente. anexo 16, Seg2.

Al tomar la temperatura, si la temperatura es la que se requiere entonces se desactiva el intercambiador de calor, por lo tanto, para que la materia salga del depósito se activa el pulsador de la bomba y de la electroválvula.

- **Segmento 3: hilado**

Para realizar el hilado es necesario activar un motor para obtener la masa elástica. Si el motor se encuentra girando entonces se activa el calentador hasta que tenga la temperatura que se requiera. anexo 17, Seg3.

2.3.- Pruebas y puesta en marcha de la solución

2.3.1.- Inicialización del sistema

Se visualiza la pantalla principal del HMI simulado, verificando el accionamiento del “Modo Manual – Automático”, indicadores de los sensores y actuadores, también se visualizan las alarmas del sistema.



Figura 10: Pantalla Principal HMI estado del proceso.
Fuente: Autor.

2.3.2.- Modo de funcionamiento manual/automático

En la pantalla principal podemos elegir entre modo manual y automático, se realizó la programación respectiva y poder verla de forma simultánea.

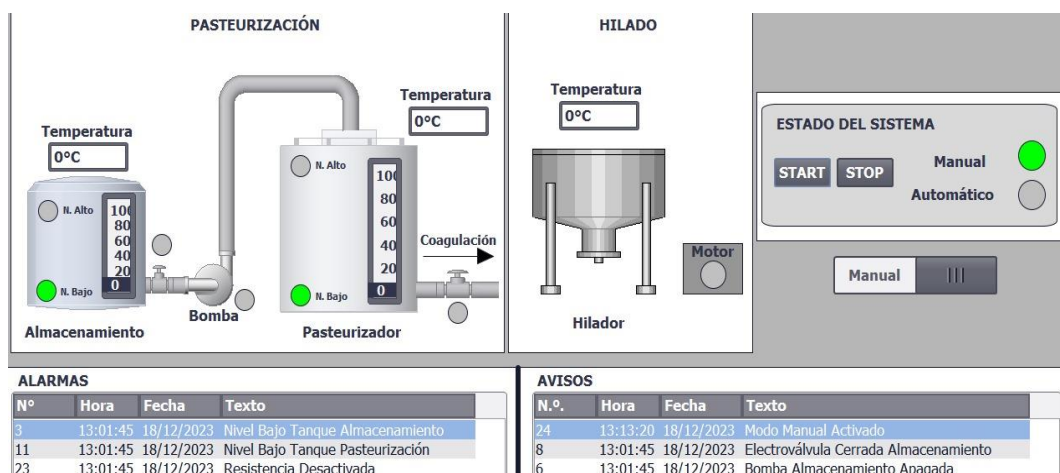


Figura 11: Accionamiento "Modo Manual".
Fuente: Autor.

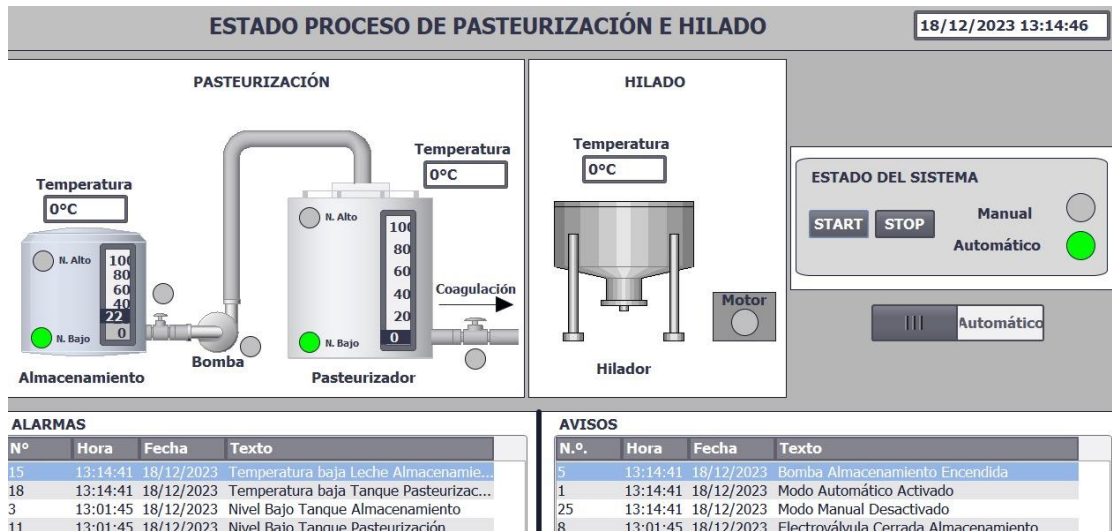


Figura 12: Accionamiento "Modo Automático".

Fuente: Autor.

2.3.3.- Modo automático etapa de recepción y almacenamiento

Se activa el sensor de nivel del tanque de almacenamiento, visualizando en la pantalla principal en el estado de la planta se observa que el nivel está en alto y procederemos al escalado de la temperatura



Figura 13: Detección de Nivel Alto por Sensor de Nivel.

Fuente: Autor.

Una vez vemos que el nivel del almacenamiento este lleno, vamos a los parámetros operativos y el sensor de temperatura tiene que estar en 4°C por unos minutos para indicar la temperatura Adecuada, y la apertura de la electroválvula y la activación de la bomba para pasar la leche a la etapa de pasteurización.



Figura 14: Sensor de Temperatura en un Rango de 4°C.

Fuente: Autor.

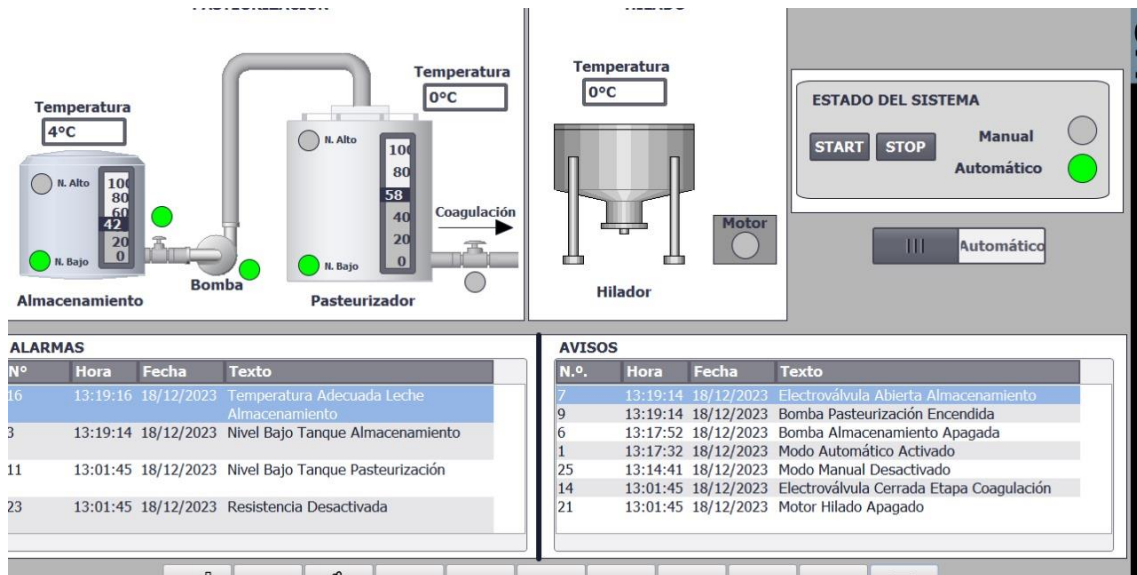


Figura 15: Temperatura adecuada, accionamiento de electroválvula y bomba.

Fuente: Autor.

2.3.4.- Modo automático etapa de pasteurización

Tomar en cuenta que los parámetros de la anterior etapa deben estar activos aun para esta etapa, donde el sensor de la etapa de pasteurización seguirá en nivel bajo hasta que llegue a 100 y detecte al nivel alto del tanque.

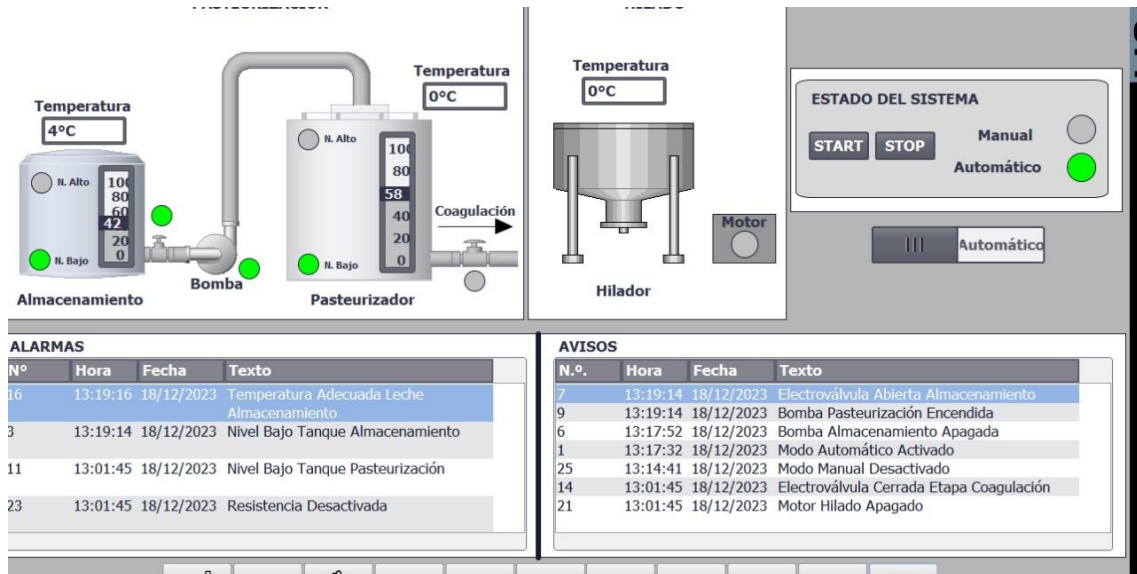


Figura 16: Sensor de nivel pasteurización nivel bajo.
Fuente: Autor.

Una vez se detecte el nivel alto del tanque como se visualiza de la siguiente manera, ya podremos configurar la temperatura adecuada para el intercambiador de calor, y pase a la etapa de coagulación.



Figura 17: Detección de nivel alto del tanque.
Fuente: Autor.

Una vez con la temperatura adecuada se procede a la apertura de la Electroválvula hacia la etapa de coagulación.

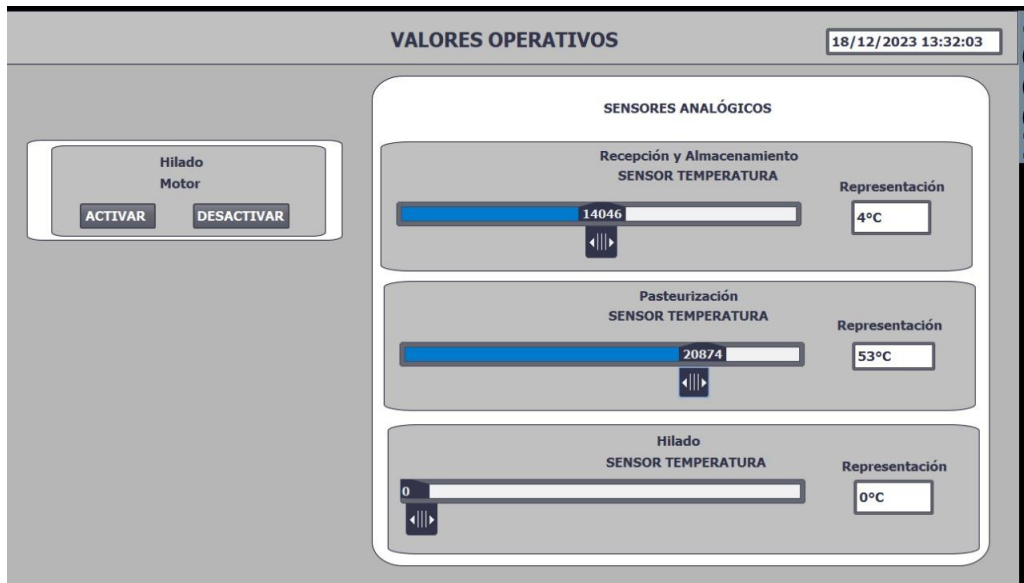


Figura 18: Temperatura adecuada del sensor de la etapa de pasteurización.
Fuente: Autor.

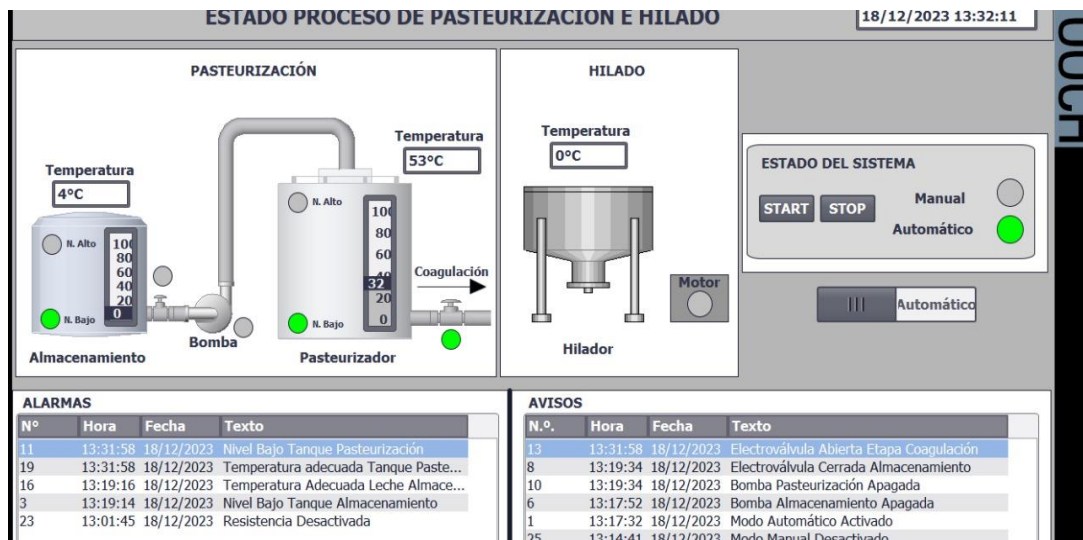


Figura 19: Apertura de la válvula para la etapa de coagulación.
Fuente: Autor.

2.2.5 Modo automático etapa de hilado

Al estar activado el motor, si la temperatura es menor o igual a 54°C la resistencia que permite que se caliente está activado.

Pero, si es mayor a ese valor entonces la resistencia se desactiva por lo que ya obtuvo la temperatura requerida.

También visualizamos el encendido del motor mediante una luz indicadora, una vez accionada procederemos a variar la temperatura tiene que ser menor a 54°C para que la resistencia este activada

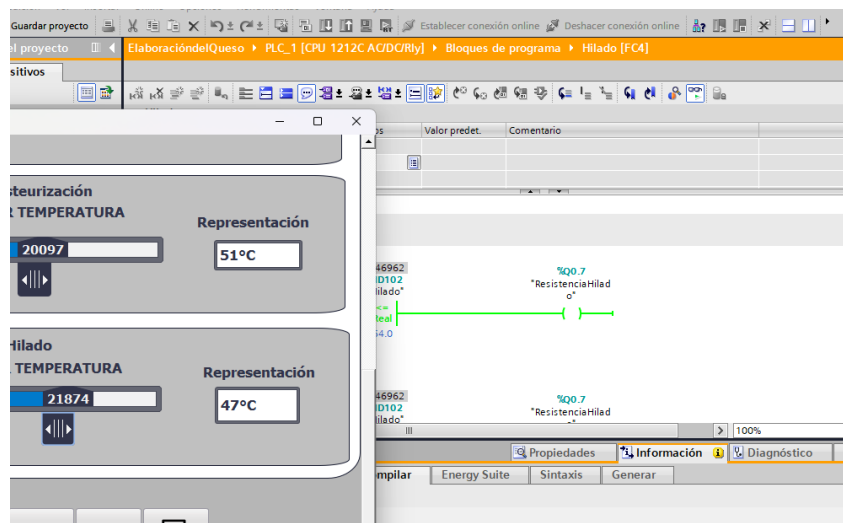


Figura 20: Accionamiento del Motor de Hilado.

Fuente: Autor.



Figura 21: Visualización de los estados de los sensores y actuadores.

Fuente: Autor.

2.2.6.- Históricos

Podemos Observar las curvas generadas por los sensores.

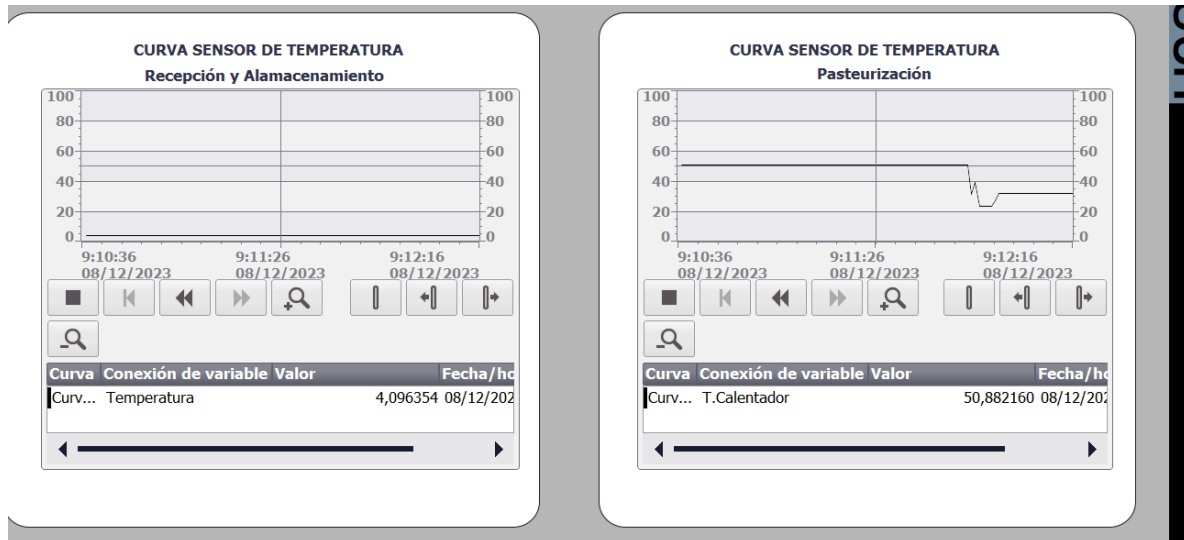


Figura 22: Visualización de Históricos.

Fuente: Autor.

2.2.8.- Modo manual etapa de pasteurización

Activamos todo lo contactos para el funcionamiento de la programación, escalera. Se desactiva el intercambiador de calor, porque ya cumplió la temperatura de esta.



Figura 23: Controles manuales de Pasteurización

Fuente: Autor.

2.2.9.- Modo Manual etapa de Hilado

Ultima etapa manual donde se acciona el motor, y la resistencia se activan de forma manual desde el sistema HMI



Figura 24: Accionamiento manual del proceso de hilado.

Fuente: Autor.

2.4.- Resultados y Conclusiones

2.4.1.- Resultados

Con respecto al apartado de resultados, en la etapa de pasteurización se ha podido evidenciar que al tenerse inicialmente un sensor de nivel que cumple eficientemente con la función de captar si la capacidad del contenedor en el que se halla la leche extraída del campo para que posteriormente a esto el sensor de temperatura analógico que ha sido escalado y normalizado para realizar la detección adecuada del rango de temperatura impuesto, el cual se halla entre 4 y 5 °C, proceda con esta labor que se realiza para garantizar que la temperatura de la materia almacenada cumpla con los requerimientos de producción establecidos. Al cumplirse los condicionamientos en la detección del sensor de temperatura de forma efectiva, se proceden a habilitarse tanto una electroválvula y una bomba las cuales dan apertura a que la materia pueda pasar a la siguiente etapa, la cual es la de coagulación y es manual.

Entonces, teniéndose que la etapa de pasteurización presenta un desempeño notable en lo relativo al funcionamiento destacado en conjunto de los sensores, en este caso el de nivel y el de temperatura, y el de los actuadores, que en este caso son la electroválvula y la bomba de esta etapa, se obtiene como resultado que el desenvolvimiento en la misma reflejado en la simulación realizada se ha visto considerablemente potenciado en términos de generación de producción, acortándose así los tiempos que se requieren para llevar a cabo las acciones involucradas en esta subetapa y asegurando que la calidad en cuanto a lo que se receta como derivado de la pasteurización logra alcanzar las cotas de excelencia productiva, lo cual es la meta a alcanzar.

En la etapa de hilado, se pudo evidenciar que el sensor de nivel realiza de forma eficiente la medición de la cantidad de producto dentro del contenedor, el sensor de temperatura cumple una función muy importante en esta etapa, puesto que debe mantener la temperatura de la cuajada en un rango comprendido entre los valores menores o iguales a 54°C, esto último con el propósito de que el producto mantenga la consistencia adecuada para su posterior moldeado.

Tomando en cuenta que la temperatura de la cuajada es menor o igual a 54°C, el sensor de temperatura de esta subetapa envía una señal al PLC, produciendo la activación de una resistencia eléctrica que calienta la cuajada. Aquí el condicionamiento dicta que, si dicha temperatura llega a ser mayor a 54°C, se procede a apagar la resistencia.

De tal manera, que el sensor garantiza que la cuajada tenga una temperatura adecuada. Resultado del cual se deriva la obtención de un queso de calidad. En la simulación, dicho sensor de temperatura trabaja de manera eficiente, manteniendo lo requerido para un proceso de hilado que cumple satisfactoriamente con los lineamientos dictados, de modo que así se da lugar a que se obtenga un producto con un sello de calidad sobresaliente.

2.4.2.- Conclusiones

- Los sensores de nivel y temperatura funcionan bien en las etapas de pasteurización e hilado. En el proceso de pasteurización el sensor de nivel mide la capacidad del recipiente de leche y el sensor de temperatura garantiza que el producto este en la temperatura adecuada. En hilado, el sensor de temperatura mantiene la temperatura de la cuajada en el rango apropiado para el moldeado.
- El HMI da un control apropiado de las temperaturas de trabajo para el proceso de pasteurización e hilado. Garantizando la calidad del producto en las industrias lácteas.
- En las pruebas realizadas entre WinCC y PLC S7-1200 determinando un 0% de pérdida de información, dado que es nativo del mismo PLC Siemens, dando como resultado una comunicación estable
- En la elaboración de queso, se ve potenciado por uso de sensores y actuadores. Los sensores envían información sobre el estado del proceso, dando un mejor control del proceso. En la pasteurización los sensores de nivel y temperatura envían señales sobre la cantidad del producto en el almacenamiento, la temperatura de la leche y la cuajada. Mientras tanto que los actuadores controlan el flujo de la leche. Estos componentes establecen acortar los tiempos de producción y garantizar la calidad del producto.

2.4.3.- Recomendaciones

Se sugiere llevar a cabo pruebas experimentales exhaustivas para validar los resultados obtenidos en la simulación, comparando de cerca el rendimiento del sistema real con las expectativas simuladas.

Adicionalmente, se recomienda un enfoque de optimización continua. Realizar ajustes en el código PLC o en la configuración de los componentes para maximizar la eficiencia, la velocidad del proceso y la calidad del queso producido. Este proceso iterativo permitirá alcanzar niveles óptimos de rendimiento en el sistema automatizado.

Es imperativo establecer un sistema de monitoreo continuo a través del PLC para anticipar posibles problemas antes de que afecten el proceso de producción. La implementación de sensores y algoritmos para el mantenimiento predictivo garantizará la operación ininterrumpida del sistema y reducirá los tiempos de inactividad.

Para asegurar la sostenibilidad del sistema, es esencial elaborar manuales detallados que documenten el funcionamiento del sistema, el código PLC y los procedimientos de mantenimiento. Esto facilitará la capacitación de nuevos operadores y garantizará la continuidad operativa en la planta de producción de queso.

Bibliografía

- [1] A. B. Herrero Pablo San Segundo y Rebeca, *Introducción a la Automatización Industrial*. Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/
- [2] «AUTOMATIZACIÓN». Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- [3] H. Martínez, «Modulo didáctico para prácticas de laboratorio con controladores lógicos programables», masters, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2015. Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://eprints.uanl.mx/9535/>
- [4] J. Carballo Sierra y D. Romero Lara, «Tutorial norma ISA S5.1 y diagramas P&ID», <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062398.pdf>, 2011, Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/995>
- [5] «ISA101, Human-Machine Interfaces- ISA», isa.org. Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees/isa101>
- [6] K. N. Guerrero Grijalva, «Módulo de red de control industrial mediante profinet modbus ethernet-serial y comunicación RS-485», bachelorThesis, 2018. Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8045>
- [7] «Proyecto de automatización coordinada de dos prototipos de robot manipulador con dos autómatas Siemens S7 1200 mediante comunicación Profinet, desarrollo de aplicaciones SCADA en Matlab y pantalla HMI», 2019.
- [8] comunicacion, «PROFINET: ¿Qué es y cómo funciona?», Cursos Centro de Entrenamiento Internacional de PROFIBUS & PROFINET. Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://profibus.com.ar/profinet-que-es-y-como-funciona/>
- [9] «Implementación de una Guía Técnica para la pasteurización de leche y evaluación de su efectividad mediante análisis microbiológico en la Planta de Lácteos “VIGLAC” ubicada en el cantón Tambo.».
- [10] «PASTEURIZACIÓN | PDF | Leche | Intercambiador de calor», Scribd. Accedido: 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/473023766/PASTEURIZACION>
- [11] «Queso Hilado - Quesería La Antigua». Accedido: 8 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://queserialaantigua.com/blog/queso-hilado/>
- [12] «Repositorio Universidad Técnica de Ambato: Sistema automatizado para el proceso de pasteurización y cuajada de leche en la elaboración de queso fresco para el Consorcio de Lácteos Tungurahua.» Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31641>
- [13] «La prueba de hilado en mozzarella | El blog de Quesos Caseros». Accedido: 8 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.capraispana.com/la-prueba-de-hilado-en-mozzarella/>
- [14] «estudio_de_mercado_sector_lacteo_SCPM-IGT-INAC-002-2019».
- [15] «LÁCTEOS Y SUS PRODUCTOS Situación del mercado», 2026 2017.
- [16] R. I. Crespo Vargas, «Sistema automatizado para el proceso de pasteurización y cuajada de leche en la elaboración de queso fresco para el Consorcio de Lácteos Tungurahua.», bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, 2020. Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/31641>
- [17] «OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC Y MONITOREO CON UN INTERFAZ HUMANO

MÁQUINA HMI, CON FINES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y DIDÁCTICO EN LA PLANTA DE LÁCTEOS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI – ESPOCH».

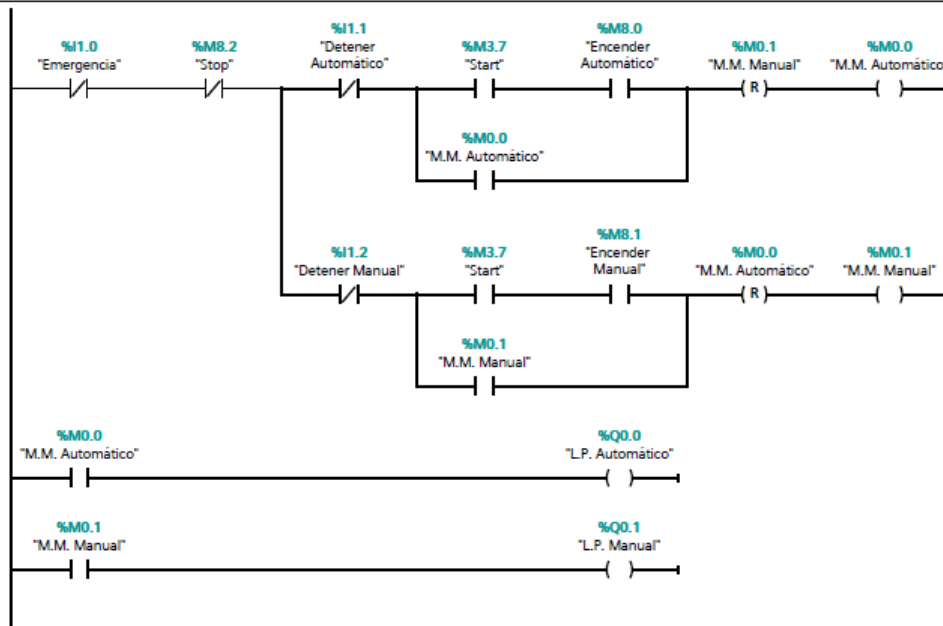
- [18] K. M. Cabrera Pozo, «Diseño e implementación de un Sistema Scada para el Proceso de Pasteurización de Leche.», bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2017., 2017. Accedido: 7 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4056>
- [19] E. S. Galindo Galindo, «Diseño del Sistema Automatizado para las Etapas de Pasteurización e Hilado en el Proceso de Elaboración de Queso de la Empresa Del Altiplano Productos Lácteos del Municipio de Jenesano - Boyacá.», bachelor thesis, Universidad Santo Tomás, 2021. Accedido: 7 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/37805>
- [20] «PLC Compacto Simatic S7-1200 – SIEMENS – SAGANT SAC». Accedido: 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://sagantsac.com/?product=plc-compacto-simatic-s7-1200-siemens>
- [21] «Módulo de entradas analógicas SM 1231». Accedido: 8 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7231-5ND32-0XB0>
- [22] «6AV2124-0MC01-0AX0 SIMATIC HMI TP1200 C - Inasel Ecuador». Accedido: 8 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://inasecuador.com/producto/6av2124-0mc01-0ax0-simatic-hmi-tp1200-c/>
- [23] «SIEMENS - SIMATIC TP1200 Comfort Panel, Windows CE 6.0, display TFT panorámico de 12" - MasVoltaje.com | MASVOLTAJE». Accedido: 8 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://masvoltaje.com/simatic-hmi/1153-simatic-tp1200-comfort-panel-windows-ce-60-display-tft-panoramico-de-12-4025515079002.html>
- [24] «Qué es una HMI y sus aplicaciones donde se pueden utilizar». Accedido: 8 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.logicbus.com.mx/blog/que-es-una-hmi-cuales-son-sus-aplicaciones-y-donde-se-pueden-usar/>
- [25] tecnopl.com, «Conexión PLC y HMI en TIA Portal enlazar Red Profinet [2021] » tecnopl», tecnopl. Accedido: 8 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnopl.com/conexion-plc-y-hmi-tia-portal/>
- [26] tecnopl.com, «Instalar TIA Portal V16 paso a paso para evitar fallos » tecnopl», tecnopl. Accedido: 8 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnopl.com/instalar-tia-portal-v16-paso-a-paso-para-evitar-fallos/>

ANEXOS

- Bloque de programación (main)

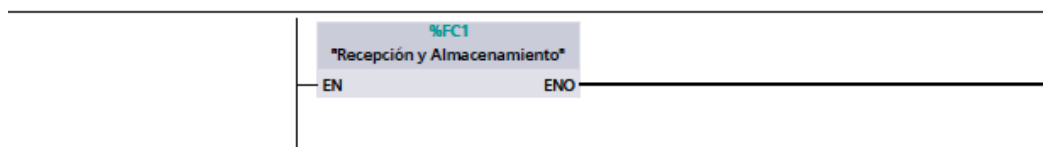
Anexo 1

Segmento 1: activación o desactivación del modo manual y automático



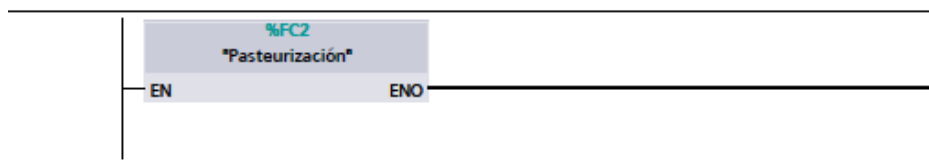
Anexo 2

Segmento 2: etapa de recepción y almacenamiento



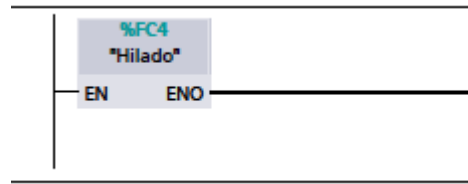
Anexo 3

Segmento 3: etapa de pasteurización



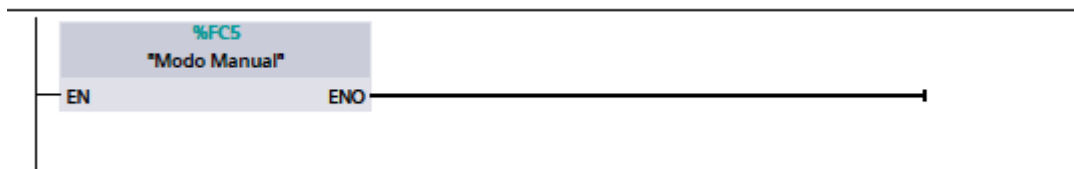
Anexo 4

Segmento 4: etapa de hilado



Anexo 5

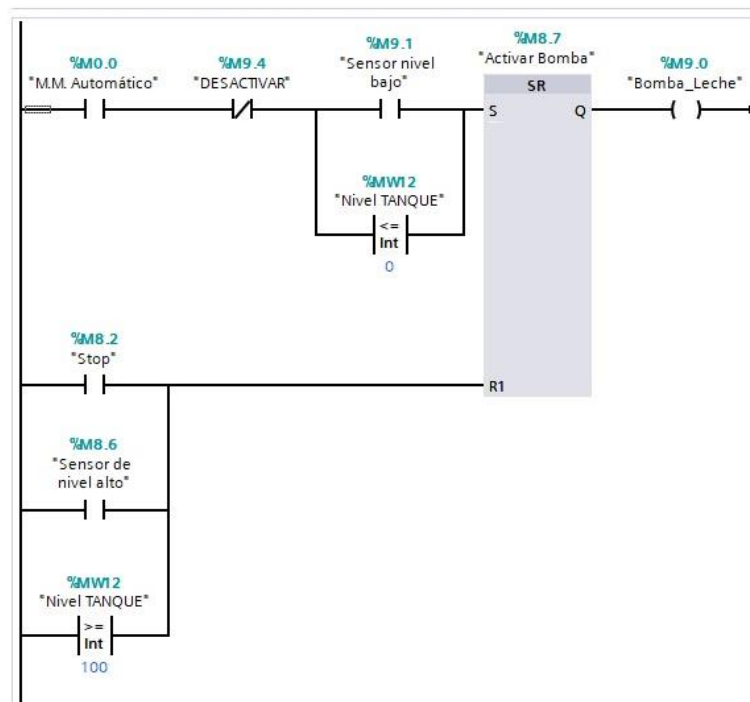
Segmento 5: bloque del modo manual

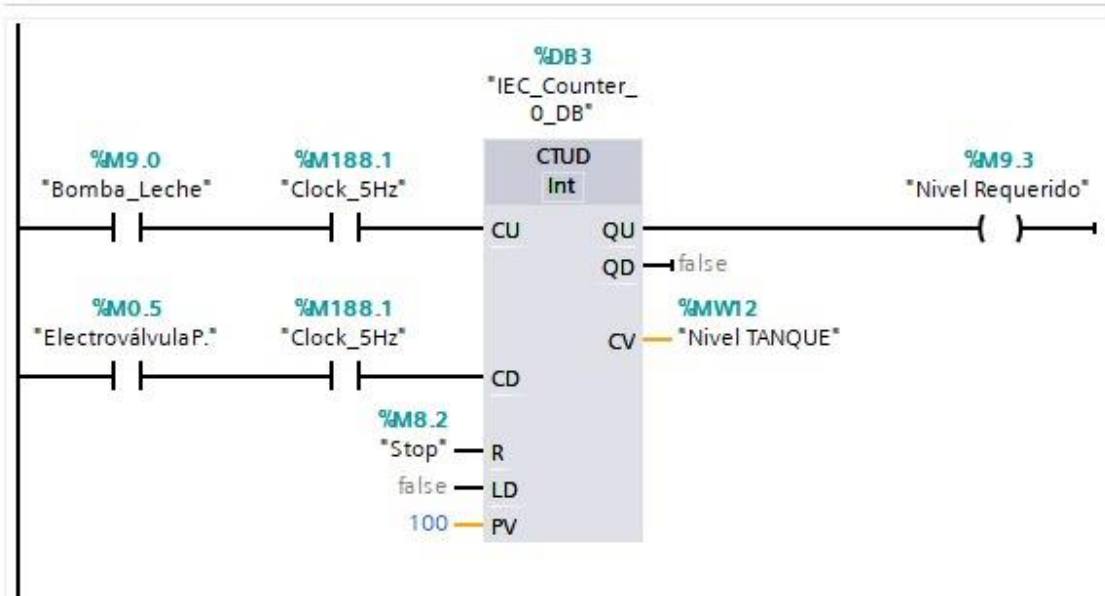
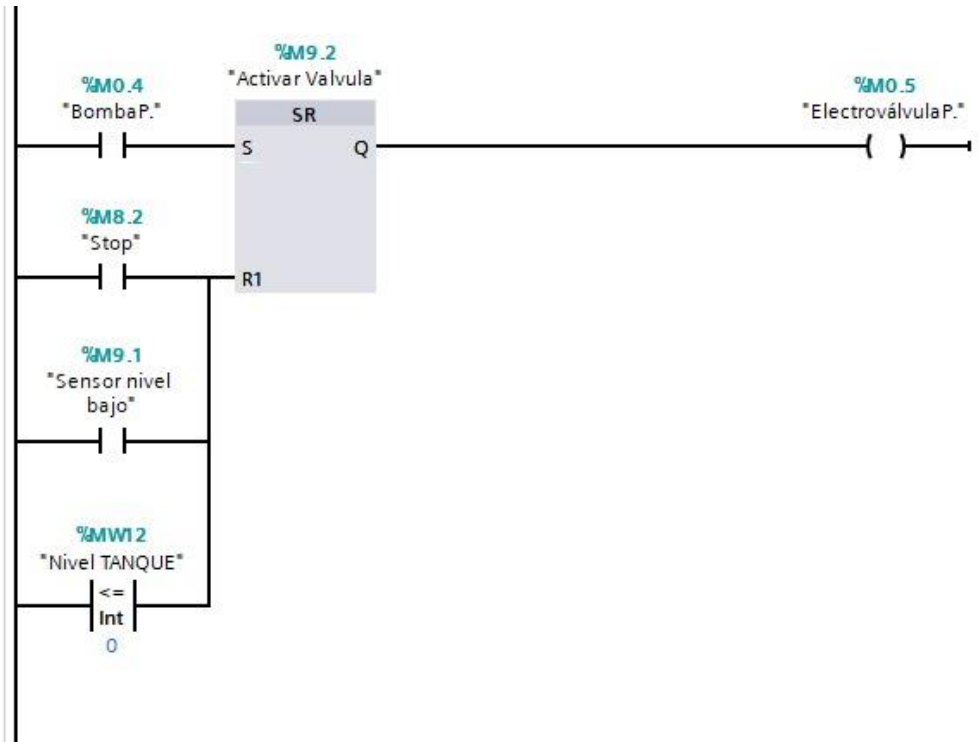


- Bloque de programación (recepción y almacenamiento)

Anexo 6

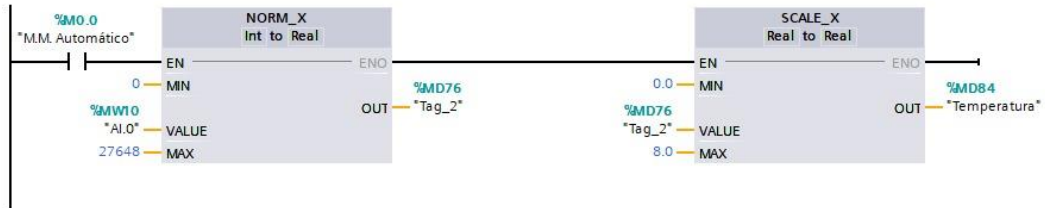
Segmento 1: activación / desactivación del sensor nivel bajo y alto, para llenado del tanque





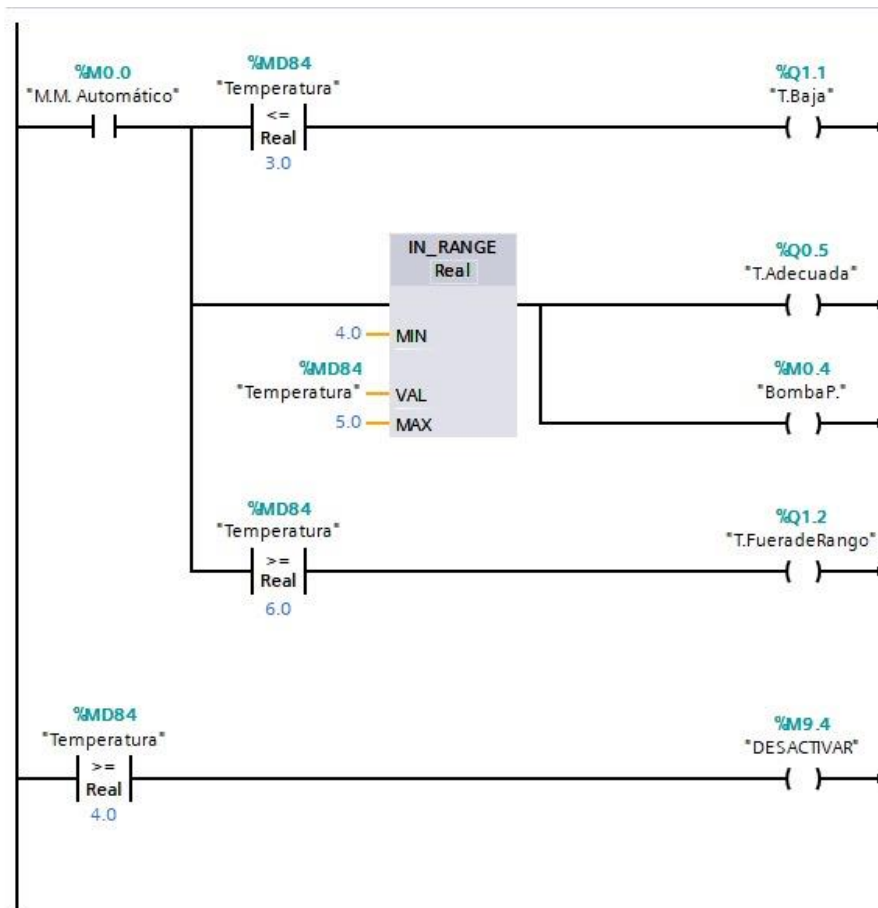
Anexo 7

Segmento 2: escalado del sensor analógico de temperatura



Anexo 8

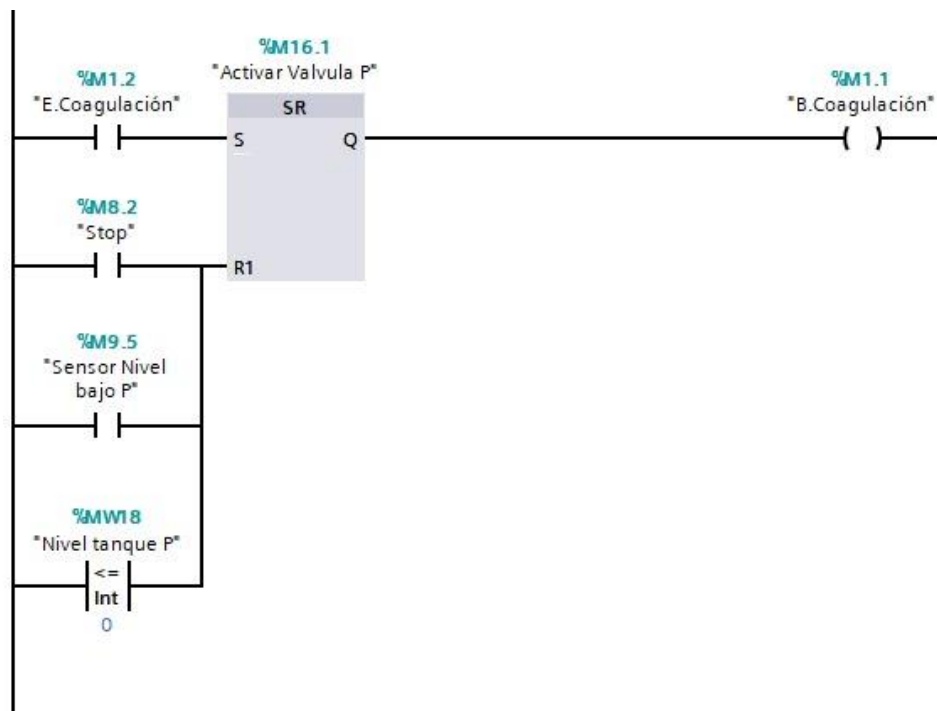
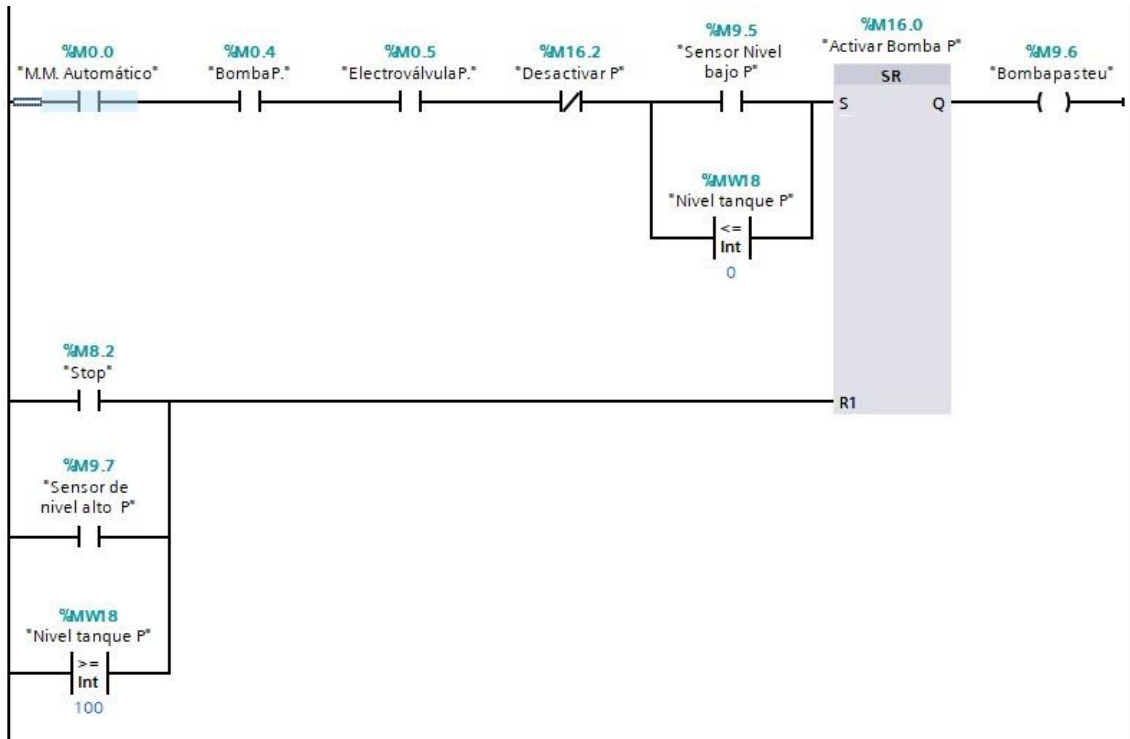
Segmento 3: rango de temperatura adecuado, activación de bomba y electroválvula

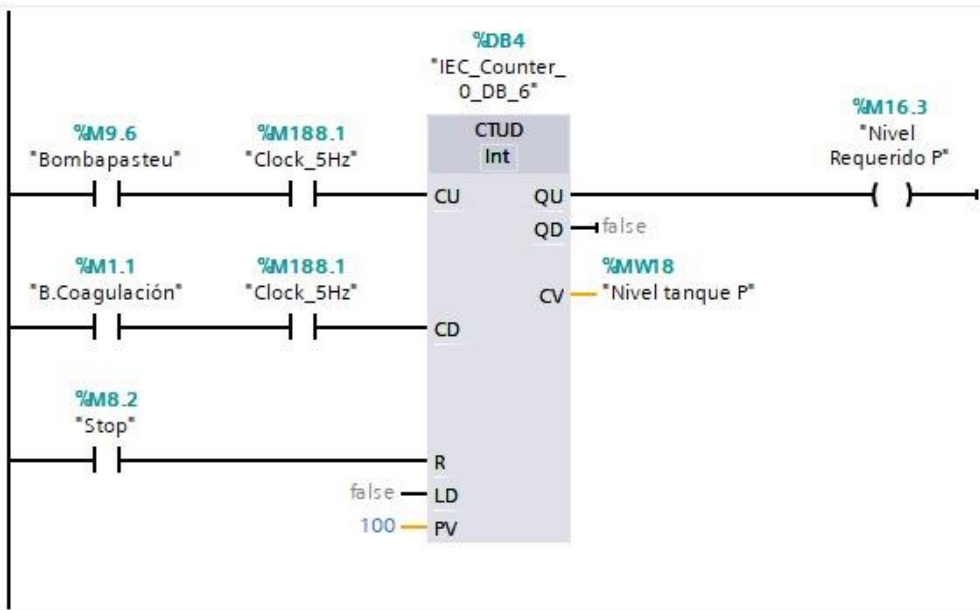


- Bloque de programación (pasteurización)

Anexo 9

Segmento 1: activación / desactivación del sensor nivel bajo y alto, para llenado del tanque





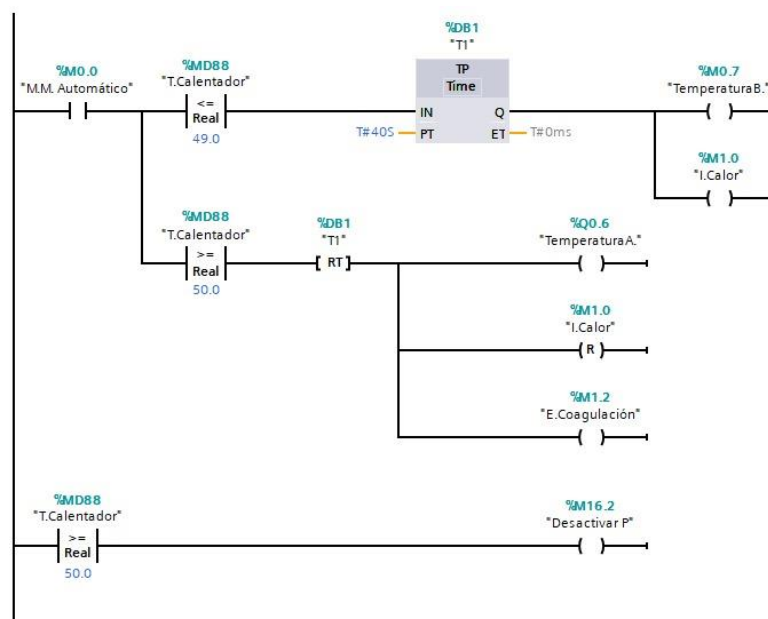
Anexo 10

Segmento 2: escalamiento del sensor analógico de temperatura para el calentador



Anexo 11

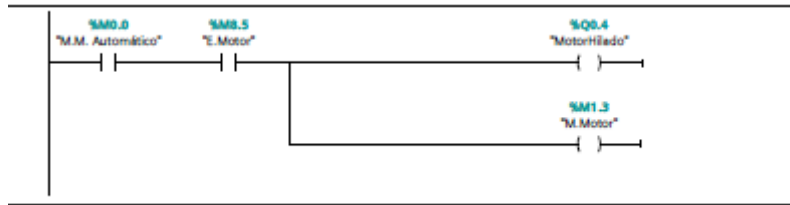
Segmento 3: comparación de la temperatura



- Bloque de programación (hilado)

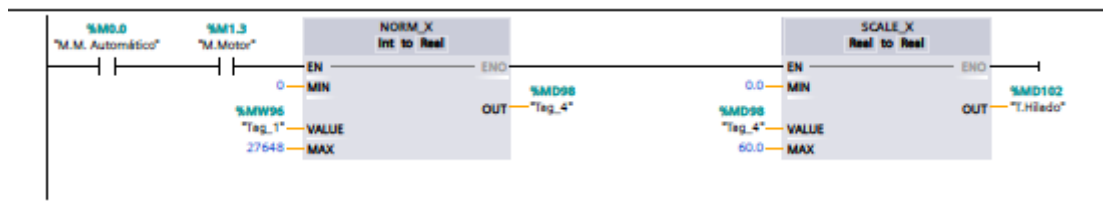
Anexo 12

Segmento 1: activación del motor



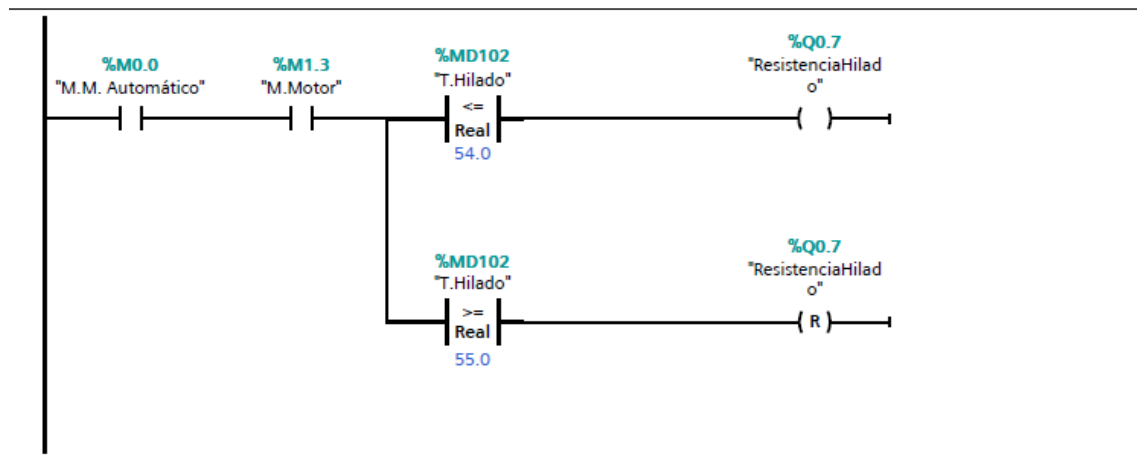
Anexo 13

Segmento 2: sensor analógico



Anexo 14

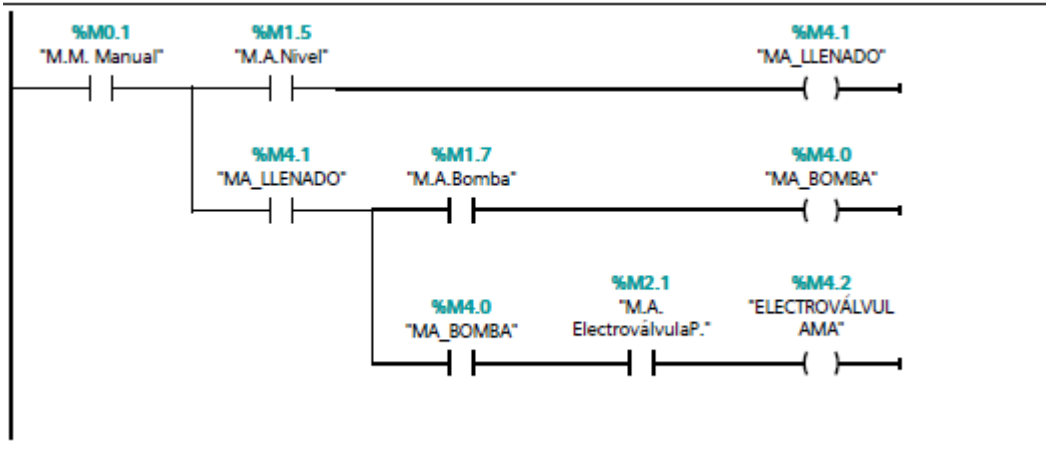
Segmento 3: comparación de temperatura



- Bloque de programación (manual)

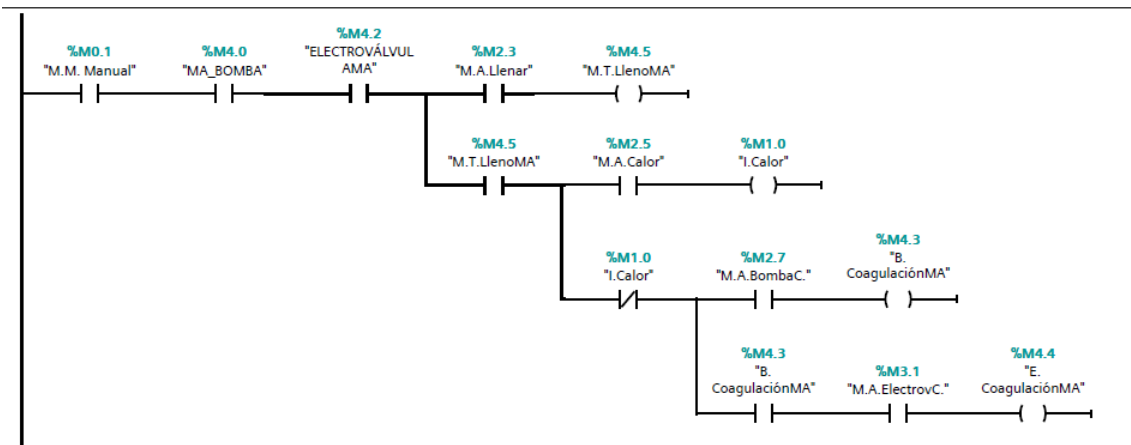
Anexo 15

Segmento 1: recepción y almacenamiento



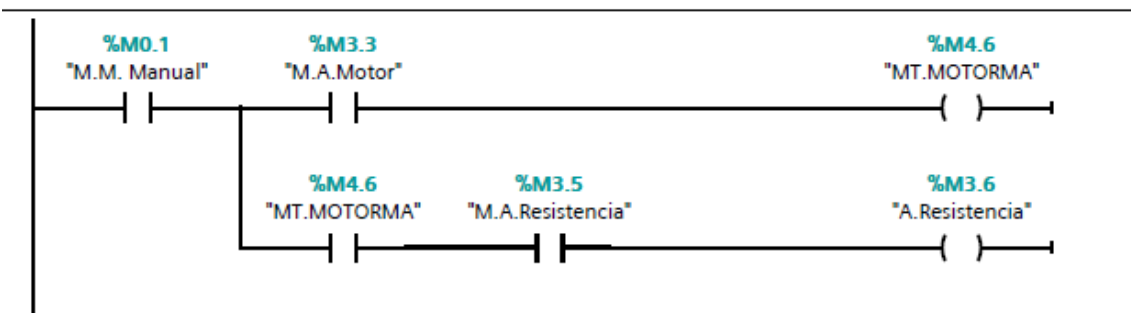
Anexo 16

Segmento 2: pasteurización



Anexo 17

Segmento 3: hilado



Anexo 18

Variables tía portal


Elaboración del Queso / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Variables PLC

Tabla de variables estándar [125]

Variables PLC								
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
M.M. Automático	Bool	%M0.0	False	True	True	True		
M.M. Manual	Bool	%M0.1	False	True	True	True		
Emergencia	Bool	%I1.0	False	True	True	True		
Encender Automático	Bool	%M8.0	False	True	True	True		
Encender Manual	Bool	%M8.1	False	True	True	True		
L.P. Automático	Bool	%Q0.0	False	True	True	True		
L.P. Manual	Bool	%Q0.1	False	True	True	True		
Detener Automático	Bool	%I1.1	False	True	True	True		
Detener Manual	Bool	%I1.2	False	True	True	True		
N.Bajo	Bool	%Q1.0	False	True	True	True		
Llenado	Bool	%Q0.2	False	True	True	True		
M.N.Bajo	Bool	%M0.2	False	True	True	True		
M.N.Llenado	Bool	%M0.3	False	True	True	True		
T.Baja	Bool	%Q1.1	False	True	True	True		
T.Adecuada	Bool	%Q0.5	False	True	True	True		
T.FueradeRango	Bool	%Q1.2	False	True	True	True		
BombaP.	Bool	%M0.4	False	True	True	True		
ElectroválvulaP.	Bool	%M0.5	False	True	True	True		
S.Nivel	Bool	%M8.4	False	True	True	True		
T.Lleno	Bool	%Q0.3	False	True	True	True		
M.T.Lleno	Bool	%M0.6	False	True	True	True		
TemperaturaB.	Bool	%M0.7	False	True	True	True		
TemperaturaA.	Bool	%Q0.6	False	True	True	True		
I.Calor	Bool	%M1.0	False	True	True	True		
SensorNivel	Bool	%M8.3	False	True	True	True		
AI.0	Int	%MW10	False	True	True	True		
AI.1	Int	%MW14	False	True	True	True		
B.Coagulación	Bool	%M1.1	False	True	True	True		
E.Coagulación	Bool	%M1.2	False	True	True	True		
Tag_1	Int	%MW96	False	True	True	True		
Tag_4	Real	%MD98	False	True	True	True		
T.Hilado	Real	%MD102	False	True	True	True		
E.Motor	Bool	%M8.5	False	True	True	True		
MotorHilado	Bool	%Q0.4	False	True	True	True		

M.Motor	Bool	%M1.3	False	True	True	True		
ResistenciaHilado	Bool	%M16.4	False	True	True	True		
Tag_5	Time	%MD4	False	True	True	True		
Reset	Bool	%I0.5	False	True	True	True		
M.D.Nivel	Bool	%M1.4	False	True	True	True		
M.A.Nivel	Bool	%M1.5	False	True	True	True		
M.D.Bomba	Bool	%M1.6	False	True	True	True		
M.A.Bomba	Bool	%M1.7	False	True	True	True		
M.D.BombaP.	Bool	%M2.0	False	True	True	True		
M.A.ElectroválvulaP.	Bool	%M2.1	False	True	True	True		
M.D.Llenar	Bool	%M2.2	False	True	True	True		
M.A.Llenar	Bool	%M2.3	False	True	True	True		
M.D.Calor	Bool	%M2.4	False	True	True	True		
M.A.Calor	Bool	%M2.5	False	True	True	True		
M.D.BombaC.	Bool	%M2.6	False	True	True	True		
M.A.BombaC.	Bool	%M2.7	False	True	True	True		
M.D.ElectrovC.	Bool	%M3.0	False	True	True	True		
M.A.ElectrovC.	Bool	%M3.1	False	True	True	True		
M.D.Motor	Bool	%M3.2	False	True	True	True		
M.A.Motor	Bool	%M3.3	False	True	True	True		
M.D.Resistencia	Bool	%M3.4	False	True	True	True		

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
M.A.Resistencia	Bool	%M3.5	False	True	True	True		
A.Resistencia	Bool	%M3.6	False	True	True	True		
Start	Bool	%M3.7	False	True	True	True		
Stop	Bool	%M8.2	False	True	True	True		
Tag_2	Real	%MD76	False	True	True	True		
Tag_3	Real	%MD80	False	True	True	True		
Temperatura	Real	%MD84	False	True	True	True		
T.Calentador	Real	%MD88	False	True	True	True		
MA_BOMBA	Bool	%M4.0	False	True	True	True		
MA_LLENADO	Bool	%M4.1	False	True	True	True		
ELECTROVÁLVULAMA	Bool	%M4.2	False	True	True	True		
B.CoagulaciónMA	Bool	%M4.3	False	True	True	True		
E.CoagulaciónMA	Bool	%M4.4	False	True	True	True		
M.T.LlenoMA	Bool	%M4.5	False	True	True	True		
MT.MOTORMA	Bool	%M4.6	False	True	True	True		
Sensor de nivel alto	Bool	%M8.6	False	True	True	True		
Activar Bomba	Bool	%M8.7	False	True	True	True		
Bomba_Leche	Bool	%M9.0	False	True	True	True		
Sensor nivel bajo	Bool	%M9.1	False	True	True	True		
Clock_Byte	Byte	%MB188	False	True	True	True		
Clock_10Hz	Bool	%M188.0	False	True	True	True		
Clock_5Hz	Bool	%M188.1	False	True	True	True		

	Clock_2.5Hz	Bool	%M188.2	False	True	True	True		
	Clock_2Hz	Bool	%M188.3	False	True	True	True		
	Clock_1.25Hz	Bool	%M188.4	False	True	True	True		
	Clock_1Hz	Bool	%M188.5	False	True	True	True		
	Clock_0.625Hz	Bool	%M188.6	False	True	True	True		
	Clock_0.5Hz	Bool	%M188.7	False	True	True	True		
	Activar Valvula	Bool	%M9.2	False	True	True	True		
	Nivel TANQUE	Int	%MW12	False	True	True	True		
	Nivel Requerido	Bool	%M9.3	False	True	True	True		
	DESACTIVAR	Bool	%M9.4	False	True	True	True		
	Sensor Nivel bajo P	Bool	%M9.5	False	True	True	True		
	Bombapasteu	Bool	%M9.6	False	True	True	True		
	Sensor de nivel alto P	Bool	%M9.7	False	True	True	True		
	Activar Bomba P	Bool	%M16.0	False	True	True	True		
	Activar Valvula P	Bool	%M16.1	False	True	True	True		
	Nivel tanque P	Int	%MW18	False	True	True	True		
	Desactivar P	Bool	%M16.2	False	True	True	True		
	Nivel Requerido P	Bool	%M16.3	False	True	True	True		