



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA

DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO

*Desarrollo y simulación de un sistema automatizado para la fase de cocción en el
proceso de elaboración de cerveza artesanal*

KEVIN RAÚL MALÁN SAYAY

Dirigido por:
Ing. Carlos Saldaña Enderica, Mgt.

LA LIBERTAD – 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios por darme la vida y darme a mi todo. Ese todo son mis queridos padres y hermanos, quienes han sido ese motor en todo este camino académico, siendo una fuente constante de inspiración y motivación. También quiero dedicar este logro a toda mi familia MALÁN SAYAY, dado que la familia es un pilar fundamental, que nos enseña a querer de corazón. A pesar de la distancia, siempre han estado ahí, dando consejos para no dejarme desfallecer en este proceso académico.

Kevin Raúl Malán Sayay

AGRADECIMIENTO

Estoy profundamente agradecida con Dios por otorgarme la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar este logro académico. A mis queridos padres, el Ingeniero Raúl Malán y la Licenciada Blanca Sayay, les doy las gracias por apoyarme y creer en mí desde el primer momento en que decidí estudiar en otra provincia, sin poner ningún obstáculo.

Agradezco a mi hermano Jeremy, quien, a pesar de la diferencia de edad, siempre me ha brindado palabras de motivación. También estoy agradecida con mi hermana Esther, pues a su corta edad me ha enseñado que nunca debemos perder ese espíritu infantil que nos caracteriza.

Expreso mi gratitud a toda mi familia Malán Sayay por sus valiosos consejos, y en especial a mi abuela Mercedes Naula, quien siempre ha estado pendiente de mí a pesar de la distancia.

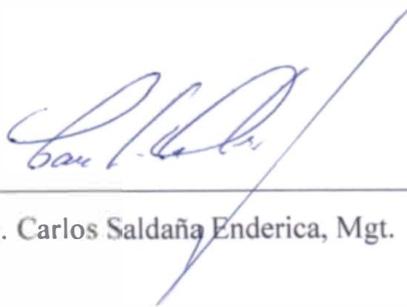
Agradezco a todos mis compañeros de aula por hacer más divertida esta etapa de mi vida, así como a cada uno de mis docentes, quienes han compartido sus conocimientos de manera generosa. Quiero hacer una mención especial al Ingeniero Carlos Saldaña, por su apoyo y valiosas recomendaciones a lo largo de mi recorrido académico.

Kevin Raúl Malán Sayay

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del examen complejo denominado "*Desarrollo y simulación de un sistema automatizado para la fase de cocción en el proceso de elaboración de cerveza artesanal*" elaborado por el estudiante Kevin Raúl Malán Sayay de la cartera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la prueba de todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie con los trámites legales correspondientes.

La libertad 20 de junio del 2024



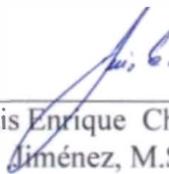
Ing. Carlos Saldaña Enderica, Mgt.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



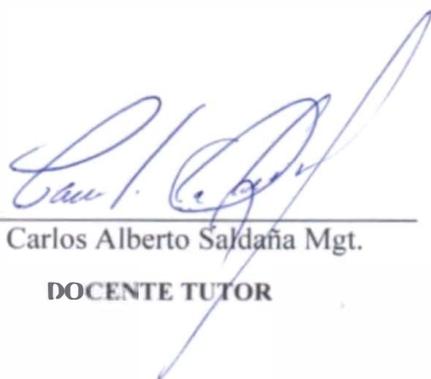
Ph.D. Ronald Humberto Rovira
Jurado.

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.**



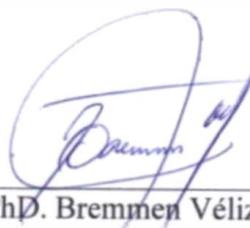
Ing. Luis Enrique Chuquimarca
Jiménez, M.Sc.

DOCENTE GUÍA UIC II.



Ing. Carlos Alberto Saldaña Mgt.

DOCENTE TUTOR



Ph.D. Bremmen Véliz Noboa

DOCENTE ESPECIALISTA.



Ing. Corina Gonzabay, Mgt.

**SECRETARIA DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.**

RESUMEN

Este trabajo se centra en crear y simular un sistema automatizado para la fase de cocción en la producción de cerveza artesanal. La meta es abordar temas de uniformidad y aprovechar los recursos de manera efectiva, todo esto mediante la incorporación de un controlador lógico programable (PLC).

La elaboración de la cerveza consta de diversos pasos, pero aquí nos enfocaremos en la etapa de cocción, esta comienza con el calentamiento del agua, seguido de la maceración y finalmente la adición del lúpulo. Para este proceso, se propone un sistema basado en un PLC Siemens S7-1200, programado en Lenguaje de Escalera (Ladder) utilizando el software TIA Portal. Además, se desarrollará una interfaz gráfica hombre-máquina (HMI) intuitiva que permita el monitoreo preciso de variables críticas como temperatura y tiempo durante la cocción.

La introducción del sistema automatizado tiene como fin primordial asegurar que cada lote de producción tenga la misma calidad y características, la propuesta se enfoca en mejorar el monitoreo y control de la temperatura, el nivel y el tiempo durante la fase de cocción. Este enfoque global no sólo pretende optimizar las operaciones, sino también elevar la calidad del producto final, convirtiéndose en una solución robusta y eficaz.

Palabras clave: Cerveza artesanal, Calidad del producto, PLC Siemens S7-1200, interfaz gráfica hombre-máquina (HMI)

ABSTRAC

This work focuses on creating and simulating an automated system for the brewing phase of craft beer production. The goal is to address issues of uniformity and effective resource utilization by incorporating a programmable logic controller (PLC).

The brewing process consists of several steps, but here we will focus on the boiling stage, which begins with the heating of the water, followed by mashing and finally the addition of hops. For this process, we propose a system based on a Siemens S7-1200 PLC, programmed in Ladder Language using TIA Portal software. In addition, an intuitive graphical human-machine interface (HMI) will be developed to allow accurate monitoring of critical variables such as temperature and time during cooking.

The introduction of the automated system is primarily aimed at ensuring that each production batch has the same quality and characteristics, the proposal focuses on improving the monitoring and control of temperature, level and time during the firing phase. This global approach not only aims to optimize operations, but also to raise the quality of the final product, making it a robust and efficient solution.

Keywords: Craft beer, product quality, Siemens S7-1200 PLC, human-machine interface (HMI), PLC Siemens S7-1200, HMI

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN	12
<i>Objetivos</i>	13
<i>Justificación</i>	13
<i>Alcance del proyecto</i>	14
CAPITULO I.....	15
1.1 Marco conceptual	15
1.1.1 <i>Ingeniería en sistemas automatizados</i>	15
1.1.2 <i>Automatización industrial</i>	15
1.1.3 <i>Sistemas automatizados</i>	15
1.1.4 <i>Proceso de fabricación de cerveza artesanal etapa de cocción</i>	16
1.1.5 <i>Variables para la etapa de cocción</i>	16
1.1.6 <i>Componentes físicos</i>	17
1.1.7 <i>Componentes lógicos</i>	22
1.1.8 <i>Normas para el diseño del sistema en la etapa de cocción</i>	23
1.1.9. <i>Protocolos de comunicación</i>	25
1.1.10. <i>Topología de comunicación</i>	26
1.1.11. <i>Diagrama de tuberías y de instrumentación</i>	26
1.2. Antecedentes	26
1.3. Importancia y beneficios de la propuesta en la aplicación práctica	28
CAPÍTULO II.	30
2.1 Plan de Implementación	30
2.1.1. <i>Factibilidad técnica</i>	30
2.1.2. <i>Factibilidad económica</i>	31
2.1.3. <i>Metodología del Proyecto</i>	32

2.1.4.	<i>Resultados esperados</i>	33
2.2	Descripción de la solución propuesta	33
2.2.1	<i>Descripción del proyecto</i>	33
2.2.2	<i>Diseño de sistema automatizado</i>	34
2.2.3	<i>Diseño del diagrama topológico físico</i>	36
2.2.4	<i>Lógica de programación para la etapa de cocción</i>	37
2.2.5	<i>Desarrollo de programación para el PLC S7 1200 en TIA Portal</i>	37
2.2.6	<i>Desarrollo de interfaz Operador-maquina (HMI)</i>	41
2.3	Pruebas y puesta en marcha de la solución	45
2.3.1	<i>Pantalla principal del sistema</i>	45
2.3.2	<i>Modo de funcionamiento Local/Remoto</i>	46
2.3.3	<i>Modo de funcionamiento Manual/Automático/Mantenimiento</i>	46
2.3.4	<i>Modo de funcionamiento Automático</i>	46
2.3.5	<i>Modo de funcionamiento Manual</i>	48
2.3.6	<i>Modo de funcionamiento Mantenimiento</i>	49
2.3.7	<i>Tendencias e históricos</i>	49
2.4	Resultados	50
	Conclusiones	50
	Recomendaciones	51
	Referencias	52
	ANEXOS	56
	<i>Anexo 1 Diagrama P&IDs</i>	56
	<i>Anexo 2 Diagramas de flujo</i>	57
	<i>Anexo 3 Tabla de variables y diagrama eléctrico</i>	60
	<i>Anexo 4 Programación Ladder</i>	62
	<i>Anexo 5 Análisis de coincidencias (Compilatio)</i>	73

Índice de figuras

Figura 1. Proceso de etapa de cocción (Kevin Malán)	16
Figura 2. Diagrama de bloque del PLC (Kevin Malán).....	18
Figura 3. Representación geográfica de empresas dedicadas a la elaboración de cerveza en el Ecuador. (Google Maps).....	27
Figura 4. Diagrama P&ID etapa de cocción, elaboración de cerveza artesanal (Kevin Malán)	34
Figura 5. Elementos de protección y entradas (Kevin Malán)	35
Figura 6. Salidas del PLC para el control de válvulas y bombas (Kevin Malán).....	35
Figura 7. Diagrama eléctrico de fuerza (Kevin Malán).....	36
Figura 8. Diagrama topológico de conexión estrella extendida (Kevin Malán).....	36
Figura 9. Configuración de conexión entre PLC y HMI (Kevin Malán).....	41
Figura 10. Variables para la comunicación entre PLC y HMI (Kevin Malán).....	41
Figura 11. Pantalla general del proceso de elaboración de cerveza-etapa de cocción (Kevin Malán).....	42
Figura 12. Pantalla de control manual (Kevin Malán).....	43
Figura 13. Pantalla de mantenimiento etapa de cocción (Kevin Malán)	43
Figura 14. Pantalla de históricos y tendencias (Kevin Malán)	44
Figura 15. Pantalla de parámetros eléctricos del suministro de energía (Kevin Malán)	44
Figura 16. Compilación y búsqueda de PLC en la red (Kevin Malán).....	45
Figura 17. Inicio de pantalla (Kevin Malán).....	45
Figura 18. Selección de modo local/remoto (Kevin Malán).....	46
Figura 19. Modo de operación Manual/Automático/Mantenimiento (Kevin Malán)	46
Figura 20. Función en modo automático llenado de tanque 1 (Kevin Malán)	47
Figura 21. Función en modo automático llenado de tanque 2 y recirculación (Kevin Malán)	47
Figura 22. Función en modo automático llenado de tanque 3 y adición de lúpulo (Kevin Malán).....	48
Figura 23. Funcionamiento en modo manual (Kevin Malán).....	48
Figura 24. Funcionamiento del modo de mantenimiento (Kevin Malán).....	49
Figura 25. Visualización de tendencias e históricos (Kevin Malán).	49

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA PT100 [25].....	19
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE ULTRASONIDO QT50U [26]	20
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE VÁLVULA DE ASIEN TO DE 3 VÍAS BR310 [28]	20
TABLA 4. TABLA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA DWO B50 [29]	21
TABLA 5. COSTO DE DISPOSITIVOS Y SOFTWARE.....	31
TABLA 6. COSTO DE MANO DE OBRA.	32
TABLA 7 COSTO TOTAL DE PROYECTO.....	32

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar y automatizar la fase de cocción en una línea de producción de cerveza, esto permitirá que el maestro cervecero pueda controlar y supervisar de manera minuciosa los elementos cruciales que intervienen en esta etapa, como la temperatura y el nivel, los cuales son fundamentales para conferir a la bebida su sabor distintivo.

La producción de cerveza artesanal es una práctica ancestral que ha evolucionado a lo largo de los siglos, beneficiándose de los avances tecnológicos para mejorar su proceso [1]. Este proyecto, tiene como objetivo desarrollar e implementar un sistema automatizado que permita monitorear y controlar la etapa de cocción a través del uso de sensores y actuadores, garantizando así la calidad del producto final.

Para alcanzar este objetivo, se ha integrado una programación Ladder y una interfaz hombre-máquina (HMI), utilizando el software TIA Portal. La automatización en la industria moderna juega un papel fundamental al permitir un control preciso y eficiente de los procesos. Sin embargo, es esencial destacar que la automatización no pretende reemplazar la artesanía, sino más bien mejorar cada paso del proceso, como el hervido o cocción, en la elaboración de la cerveza artesanal.

La etapa de hervido es crucial, ya que es durante este proceso donde el mosto adquiere su sabor característico [2]. Durante esta fase, el mosto se lleva al punto de ebullición y se añaden los lúpulos, lo que contribuye significativamente a mejorar el sabor. Por lo tanto, un control cuidadoso de la temperatura es esencial [3]. En este sentido, se han incorporado diversas tecnologías, entre ellas un HMI que está conectado a un PLC y a su vez a unos sensores de temperatura lo que nos permite ver la variación de temperatura en tiempo real esto hace que el maestro cervecero pueda corregir desviaciones.

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se abordará detalladamente el diseño conceptual, la implementación práctica y la simulación exhaustiva de este sistema integrado. Se explorarán los fundamentos teóricos que respaldan la automatización industrial, la programación Ladder como lenguaje de control, así como la importancia de una interfaz intuitiva y eficaz a través de la HMI en el software TIA Portal.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema automatizado que supervise y controle la etapa de cocción, empleando dispositivos de control programables (PLC).

Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema automatizado para simular la etapa de cocción en la fabricación de cerveza artesanal.
- Crear un programa de automatización para la etapa de cocción utilizando el PLC S7 1200 y la lógica de escalera.
- Desarrollar una interfaz gráfica para el monitoreo de la fase de cocción con el uso de SIMATIC KTP1200.
- Probar y validar el sistema automatizado dentro de un ambiente controlado (laboratorio de automatización).

Justificación

La implementación de un sistema automatizado en la etapa de cocción de la fabricación de cerveza artesanal tiene múltiples beneficios clave. Hoy en día, las empresas que adoptan tecnología avanzada pueden ser más competitivas, especialmente en el ámbito artesanal, donde algunos productores evitan la automatización por temor a perder la esencia artesanal [4].

Sin embargo, la automatización no implica necesariamente la pérdida de lo artesanal, sino que puede garantizar una mejor calidad y reducir errores. Un sistema automatizado permite optimizar el uso de recursos como energía y mano de obra, asegurando una mayor consistencia y calidad del producto final al controlar de manera precisa variables críticas como temperatura y nivel, evitando así los errores humanos y las variaciones en el proceso [5].

Además de realzar el aroma, este proceso de elaboración también cumple con los rigurosos estándares de calidad exigidos por la industria cervecera [6]. La incorporación de tecnología avanzada, como el PLC y la interfaz humano-máquina (HMI), moderniza y agiliza el proceso, permitiendo un control más preciso y eficiente de las operaciones, para lograr esta mejora, es crucial mantener un control y monitoreo de los elementos que intervienen en la etapa de cocción, como la temperatura y el nivel del líquido.

En primer lugar, la temperatura adecuada durante la maceración y la cocción es fundamental para extraer de manera eficiente los azúcares y compuestos aromáticos de los granos y el lúpulo, lo que determina el perfil de sabor y aroma del producto final, de igual

manera es importante el control preciso del nivel del líquido ya que afecta directamente la concentración de azúcares y nutrientes necesarios para una fermentación óptima [7].

Alcance del proyecto

Diseñar un sistema automatizado para la etapa de cocción, utilizando un lenguaje de programación Ladder en el PLC S7 1200 para controlar los parámetros críticos del proceso. Además, emplearemos un SIMATIC KTP1200 en la interfaz hombre-máquina (HMI) para monitorear y controlar la fase de cocción. Finalmente, llevaremos a cabo una exhaustiva validación y prueba de toda la configuración del sistema en un entorno controlado de laboratorio de automatización. Cabe destacar que este proyecto se enfoca únicamente en la fase de cocción y no está prevista su implementación en un entorno industrial real fuera del laboratorio.

CAPITULO I.

1.1 Marco conceptual

1.1.1 *Ingeniería en sistemas automatizados*

La ingeniería en sistemas automatizados se encarga de planear, fabricar e instalar tecnologías que automatizan los procesos de producción, lo cual permitiendo a las compañías ser más competitivas en el mercado al aumentar la eficiencia y disminuir los errores humanos [8]. Algunos elementos fundamentales de esta especialidad son:

- Los ingenieros en automatización se encargan de diseñar, gestionar la maquinaria y tecnología empleadas en los procesos de fabricación. Su labor se centra en planificar y configurar estos sistemas con el propósito de aumentar la productividad y garantizar la seguridad en el entorno de trabajo [8].
- Deben manejar diferentes software y hardware para la automatización. Los ingenieros en automatización deben saber cómo integrar diferentes tecnologías para dar soluciones ya que en una industria trabajan con diferentes protocolos.
- Mejorar continuamente debido a que las empresas siempre quieren estar añadiendo mejoras tecnológicas integrando sistemas automáticos ya que a ellos les conviene producir a gran escala para abaratar costos esto les hace más competitivo en el mercado [9].
- Aplicación de conocimientos de ingeniería electrónica, mecánica, de sistemas y de automatización. Es una disciplina multidisciplinaria que requiere una amplia base de conocimientos técnicos [48].

1.1.2 *Automatización industrial*

La industria ha adoptado la automatización para utilizar tecnología y mejorar sus procesos. Esta tecnología permite controlar diversos componentes como válvulas, motores y bombas, así como supervisar parámetros clave como temperatura, caudal y nivel, mediante el uso de sensores. El objetivo es optimizar la línea de producción, minimizando los errores humanos. Para lograr esto, se implementan sistemas computarizados, electromecánicos, electroneumáticos y electrohidráulicos que trabajan de manera coordinada para llevar a cabo tareas repetitivas y complejas de forma eficiente y precisa [10].

1.1.3 *Sistemas automatizados*

Estos sistemas automatizados son un conjunto interconectado de elementos que funcionan sin necesidad de una intervención humana significativa. Utilizan tecnología

como software, hardware y sensores para supervisar, ejecutar procesos, analizar información y tomar decisiones, lo que nos proporciona los siguientes beneficios [11].

- Aumentan los tiempos de producción sin reducir la eficiencia
- Mejoran la calidad de la producción al optimizar procesos.
- Facilitan una planificación y el control.
- Protegen a los empleados de tareas peligrosas, permitiéndoles enfocarse en labores más seguras y satisfactorias [12].

Estos sistemas constan de dos componentes principales:

- La parte de fuerza: encargados de suministrar potencia eléctrica a los actuadores ya sean motores, válvulas bombas.
- La Parte de Mando: Esta sección nos brinda la capacidad de dominar y operar los dispositivos de fuerza. Esto se puede lograr mediante el uso de botones de encendido, interruptores o, en este caso, a través de un PLC [13].

1.1.4 *Proceso de fabricación de cerveza artesanal etapa de cocción*

En esta sección se detalla de mejor manera la etapa de cocción la misma que lleva tres sub etapas que son el calentamiento de agua, la maceración donde se mezcla el agua con la malta lo que da paso al mosto rico en azúcares y la por último el hervido donde al mosto se lleva hasta su punto de ebullición y se añade los lúpulos en diferentes momentos, aportando amargor, aroma y sabor únicos.

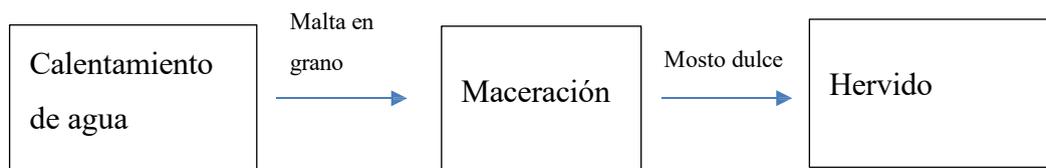


Figura 1. Proceso de etapa de cocción (Kevin Malán)

1.1.5 *Variables para la etapa de cocción*

- *Temperatura*

La temperatura de cocción del mosto es vital y comúnmente ronda los 90 grados Celsius. Mantener una temperatura estable durante la ebullición es fundamental para evaporar elementos no deseados y lograr los resultados esperados en la cerveza. Durante la cocción del mosto, ocurren diversas reacciones físicas y químicas complejas que influyen en el producto final [14].

La ebullición del mosto también contribuye a la inactivación de enzimas, la evaporación del exceso de agua para concentrar el mosto, la esterilización y la

volatilización de sustancias de sabor discordantes. Por lo tanto, mantener una temperatura constante y controlada durante el hervido es crucial para garantizar un proceso de elaboración de cerveza exitoso y obtener un producto final de alta calidad [15].

- *Tiempo de cocción*

La duración del hervor del mosto es fundamental para conseguir la correcta extracción de los compuestos del lúpulo y la esterilización del mosto. Normalmente, el proceso de ebullición suele durar aproximadamente una hora, esto va depender el estilo de cerveza que se quiere hacer [16].

- *Nivel de agua*

El volumen de agua es importante ya que de este depende cuenta cerveza se quiere realizar, pero para el cálculo del nivel de agua se debe tener en cuenta algunos factores como la pérdida por evaporación y absorción de materiales durante el proceso de cocción por ello es importante llevar un registro en tiempo real.

Mantener un nivel adecuado de agua durante el hervido es esencial para garantizar una ebullición constante y vigorosa. Un nivel demasiado bajo de agua puede provocar una ebullición irregular y riesgo de quemaduras, mientras que un nivel demasiado alto puede reducir la eficiencia de la evaporación y prolongar el tiempo de hervido [17].

1.1.6 Componentes físicos

Cada uno de los elementos y materiales involucrados en la fase de cocción para el sistema automatizado se registran en tiempo real, por lo que es crucial seleccionar cuidadosamente los componentes, ya que de ellos dependerá el funcionamiento adecuado del proceso. A continuación, detallaré los que se utilizarán en esta etapa.

- *Controlador lógico programable (PLC)*

Los PLC son dispositivos robustos y versátiles que se utilizan ampliamente en entornos industriales, ya que permiten llevar a cabo tareas complejas, desde el control de una simple válvula hasta la ejecución de una línea de producción completa. Estas unidades ofrecen la ventaja de controlar un sistema sin la necesidad de intervención humana directa [18]. Funcionan como computadoras industriales con componentes como la CPU, que cuentan con entradas y salidas, además de la posibilidad de expandir sus capacidades mediante módulos adicionales. Generalmente, estos dispositivos vienen con su propio software, que se programa utilizando el lenguaje de programación Ladder [19].

Los PLC permiten reemplazar tareas manuales por acciones automatizadas, lo que se traduce en una mayor producción y una mayor uniformidad en el producto final. Estos

dispositivos son considerados los "cerebros" que activan los componentes de la maquinaria para realizar actividades precisas y repetitivas [20]. El diagrama de bloque típico del PLC se muestra en la figura 2.

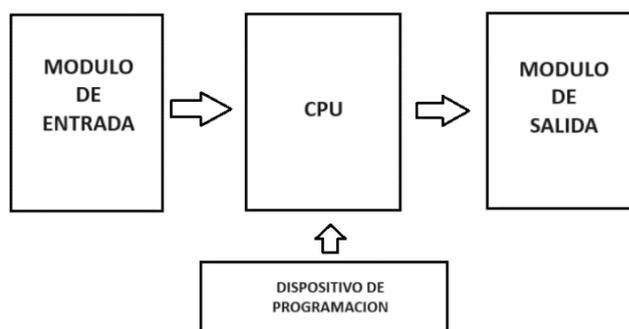


Figura 2. Diagrama de bloque del PLC (Kevin Malán)

El CPU del PLC es el componente esencial que actúa como el "cerebro" del sistema, reemplazando funciones tradicionales como relés, contadores y temporizadores. Este microprocesador lee los datos de entrada de sensores, ejecuta las instrucciones almacenadas en la memoria y envía comandos de salida a los dispositivos de control [20].

Las entradas y salidas digitales

Los dígitos digitales se representan de manera binaria, es decir, solo tienen dos estados posibles: activo o inactivo. Un valor de 1 o un nivel alto indica que está activo, mientras que un valor de 0 o un nivel bajo indica que está inactivo. Las entradas digitales comunes incluyen interruptores, botones y sensores binarios. Las salidas digitales comunes incluyen relés, solenoides y diodos LED [21].

Las entradas y salidas analógicas

Los sensores envían datos analógicos que representan valores reales, como temperatura y caudal. Estos datos se convierten a formato digital, permitiendo que el PLC los procese y envíe instrucciones a los actuadores correspondientes. De manera inversa, el PLC genera señales analógicas a partir de valores digitales, lo que posibilita controlar dispositivos como convertidores de frecuencia, motores y válvulas proporcionales. Las entradas analógicas más frecuentes son los sensores de temperatura, presión y transductores, mientras que las salidas analógicas se utilizan en aplicaciones que requieren un control preciso, como la regulación de velocidad o el posicionamiento de elementos [22].

- **Dispositivos sensores**

Los sensores son dispositivos fundamentales en la automatización industrial, ya que son los encargados de detectar y medir una amplia gama de variables físicas del entorno, como la temperatura, presión, flujo, nivel, distancia, presencia/ausencia de objetos, entre muchas otras [23].

- **Sensor de temperatura**

Para medir la temperatura en los tanques de cocción con precisión y estabilidad, utilizaremos un sensor PT100. Este dispositivo se destaca por su alta sensibilidad, ya que está formado por un hilo de platino encapsulado en un tubo de protección metálico, comúnmente de acero inoxidable. El PT100 posee una resistencia de 100 ohmios y su valor aumenta a medida que la temperatura se eleva, generando una señal eléctrica a través de cables o conectores. En la tabla 1 se muestran sus características [24].

TABLA 1.
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA PT100 [24]

Características técnicas	
Tipo	Termorresistencia
Resistencia en los 0 °C	100 ohmios
Medidas del platino	40mm x30mm
Precisión	±0,1 °C
Rango de temperatura	-200 a 850 °C

- **Sensor ultrasónico industrial QT50U**

Para medir el volumen de agua, se utiliza un sensor industrial de ultrasonidos QT50U, el cual genera ondas sonoras de alta frecuencia. Estas ondas rebotan en la superficie del agua y vuelven al sensor, que determina el tiempo entre la emisión y la recepción del eco. El modelo QT50U de Banner Engineering se destaca por su precisión.

El sensor QT50U está disponible en varios modelos con diferentes tipos de salida. Los modelos analógicos proporcionan una salida de voltaje proporcional a la distancia del objeto, mientras que los modelos digitales ofrecen una salida digital, lo que los hace más apropiados para su uso en sistemas modernos [25]. Las características del sensor se muestran en la tabla 2.

TABLA 2.
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE ULTRASONIDO QT50U [25].

Características técnicas	
Rango de medición	0,05 a 8 metros
Precisión	± 10 mm
Zona muerta	2,5%
Salida	Analógica o digital
Voltaje de funcionamiento	12 a 24 VDC
Protección IP	IP67
Temperatura de funcionamiento	-25 a 70 °C

- **Equipos actuadores**

Los dispositivos de accionamiento transforman las señales de control en movimiento o fuerza física, permitiendo un control eficaz de los procesos de automatización. Por lo tanto, es fundamental seleccionar cuidadosamente los actuadores necesarios para desarrollar la propuesta, teniendo en cuenta factores como el tipo de movimiento requerido, la precisión necesaria, las condiciones ambientales y el costo, a fin de garantizar una elección adecuada [26].

- *Válvula solenoide BR310*

La válvula de 3 vías BR310 es un dispositivo muy utilizado en el ámbito de la automatización industrial. Esta válvula tiene tres puertos, lo que posibilita regular el flujo de fluidos en diversas direcciones dependiendo de la corriente eléctrica suministrada [27]. En la Tabla 3 se muestran las características.

TABLA 3.
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE VÁLVULA DE ASIENTO DE 3 VÍAS BR310 [27]

Características técnicas	
Tipo	Válvula solenoide de asiento de 3 vías
Material del cuerpo	Acero inoxidable AISI 304
Tipo de solenoide	Bobinado
Presión máxima	+10%

Temperatura ambiente	-10 ÷ 55 / -10 ÷ 80 ° C
Tamaños disponibles	1/8", 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", 1"

- *Bomba DWO B50*

La bomba DWO B50 es un dispositivo robusto y versátil, fabricado en acero inoxidable, diseñado para manipular diversos tipos de líquidos. Puede funcionar en ambos sentidos y es capaz de bombear fluidos limpios o ligeramente contaminados, incluyendo partículas sólidas de hasta 19 milímetros de diámetro. Esta versatilidad la convierte en una solución ideal para múltiples aplicaciones industriales, como el lavado y acabado de piezas metálicas, el procesamiento de alimentos, y la limpieza de botellas, tarros, recipientes y otros contenedores. Puede consultar las especificaciones técnicas detalladas de este componente en la Tabla 4.

TABLA 4.
TABLA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA DWO B50 [28]

Características técnicas	
Modelo	DWO B50
Material	Acero inoxidable AISI 304
Tipo de bomba	Centrífuga de impulsor abierto
Auto aspirante	Sí
Reversible	Sí
Diámetro de aspiración	50 mm
Diámetro de impulsión	50 mm
Potencia	1,5/2 Hp (monofásica/trifásica)
Velocidades	2 (370/740 rpm)
Caudal	9.000/16.200 l/h

- *Interfaz humano-maquina (HMI)*

El tablero de control, una pieza clave en la automatización industrial, se alza como el vínculo entre los equipos y el personal operativo. Este dispositivo, llamado interfaz humano-máquina (HMI), permite que los trabajadores y supervisores coordinen y monitoreen de manera eficiente los procesos industriales y de manufactura dentro de la planta. Este sistema de control facilita la interacción entre las personas y las máquinas, propiciando una comunicación eficaz y un seguimiento exhaustivo de los procesos de producción [29].

El HMI debe estar diseñado de manera que sea accesible y útil para todos los usuarios previstos. Debe facilitar las principales funciones del proceso, como supervisar, controlar y tomar decisiones. Además, el diseño del HMI debe reducir al mínimo cualquier tarea que pueda desviar la atención del usuario, como la navegación dentro del HMI [51].

1.1.7 Componentes lógicos

- **Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) V16**

TIA PORTAL V16 es una herramienta completa de Siemens para controlar procesos industriales, simplificando la tarea de los ingenieros y programadores en el diseño, codificación y activación de sistemas de automatización. Esta plataforma unificada les proporciona las herramientas necesarias para configurar dispositivos de campo, crear interfaces de usuario atractivas y aplicar algoritmos de control avanzados, todo ello en un entorno de programación completo. De esta manera, los usuarios pueden desarrollar soluciones de automatización personalizadas y robustas para sus proyectos industriales [30].

Una de las principales ventajas de TIA Portal radica en su flexibilidad y facilidad de uso. La interfaz intuitiva y los recursos de programación amigables permiten a los usuarios, incluso aquellos con poca experiencia previa, crear soluciones de automatización robustas y eficientes [49].

- *Modos de programación (TIA Portal) V16*

El software de TIA Portal nos ofrece una variedad de modos de programación los mismos que pueden ser usados individualmente o combinados lo que permite crear programas más complejos y personalizados para diferentes aplicaciones y sistemas de automatización industrial a continuación se detalla alguno de los lenguajes de programación.

- *Lenguaje LADDER*

Es ampliamente utilizado en la industria para programar PLC debido a su simplicidad y facilidad de comprensión, en este lenguaje, las instrucciones se organizan en "peldaños" (escalones) que representan la secuencia lógica de control [31].

Este tipo de lenguaje de programación se caracteriza por su estructura similar a un esquema de circuito, donde se utilizan elementos gráficos como contactos normalmente abiertos o cerrados para representar las instrucciones. Además, ofrece una gran variedad de funciones, como cálculos matemáticos, temporizadores y contadores, lo que lo hace muy versátil. Este lenguaje también es conocido como "lenguaje escalera" debido a su apariencia visual [32].

- *Lenguaje SCL*

El lenguaje SCL es un lenguaje de programación concebido para los controladores lógicos programables (PLC) de Siemens. Está diseñado con el objetivo de ser sencillo de entender y utilizar, y se emplea para programar sistemas de automatización industrial [50].

El lenguaje SCL es fácil de usar y entender, ya que se basa en una estructura de programación estructurada y permite la reutilización de código existente. Su flexibilidad es notable, pudiendo ser utilizado para programar una amplia variedad de sistemas y aplicaciones [33].

1.1.8 Normas para el diseño del sistema en la etapa de cocción.

Norma ISA S101

Estas directrices y sugerencias ayudan a diseñar, implementar y mantener interfaces humano-máquina (HMI) eficaces en sistemas de automatización de procesos [34]. Su objetivo fundamental es mejorar la seguridad, efectividad y eficiencia en el control de procesos, tanto en condiciones normales como anormales. Algunos temas clave abordados por las normas ISA S101 incluyen:

- Diseño y construcción de interfaces humano-máquina (HMI) que faciliten a los operadores la detección, el diagnóstico y la respuesta apropiada ante situaciones fuera de lo normal. El HMI debe garantizar una operación y mantenimiento adecuados, permitiendo a los usuarios identificar y reaccionar eficazmente ante condiciones anómalas [34].
- Pautas para el uso adecuado del color en la interfaz HMI, enfatizando información clave como alarmas y condiciones anormales [34].

- Requisitos para una correcta descripción de colores, texto y ubicación de etiquetas en los diferentes elementos de la pantalla HMI [34].
- Es importante tener en cuenta cómo se presentan los números, las entradas y los tipos de letra utilizados. Esto ayuda a facilitar la comprensión y el uso eficiente de los controles y la información mostrada [35].

Norma ISAS5.1

Se refieren a la identificación de instrumentos en sistemas de control, estableciendo pautas para la identificación funcional y simbología de los instrumentos utilizados en la automatización industrial [36]:

- Claridad y Consistencia: Los símbolos ISA S5.1 son universalmente entendidos por los profesionales de la automatización, facilitando una comunicación clara entre disciplinas y empresas [36].
- Diseño y Mantenimiento Mejorados: todos los símbolos deben estar estandarizados para tener una mejor interpretación sobre el sistema de control, esto se debe a que los diseños se vuelven más sencillos y claros con el uso de estos símbolos normalizados.
- Reducción de Errores: Utilizar un lenguaje común minimiza las interpretaciones erróneas y los errores en los sistemas de control de procesos [36].

Norma ISO 9241-307

Se refiere a la ergonomía de la interacción hombre-sistema, específicamente a los requisitos para la presentación de información en pantallas visuales. Esta norma establece directrices para la calidad de la imagen en pantallas electrónicas y proporciona pautas para garantizar una visualización óptima en términos de legibilidad, claridad y comodidad visual [37].

Cuando se diseña, es fundamental seleccionar colores que se diferencien claramente entre sí. Según la filosofía de señalización de alarmas de la ISA 18.2, los colores utilizados para presentar alarmas deben dedicarse exclusivamente a ese fin, con el objetivo de reforzar su significado y acelerar la respuesta del operador. De acuerdo con esta misma filosofía, estos colores no deben emplearse para ningún otro propósito, con el fin de mantener su impacto cognitivo y agilizar la reacción del personal ante las alertas. Además, la elección cromática en una pantalla debe reflejar la importancia de la información mostrada, utilizando los tonos más destacados para los datos más relevantes

y evitando que la información menos prioritaria sea más perceptible que la principal. Finalmente, el color y/o el parpadeo de los símbolos deben captar la atención del operador hacia las situaciones de nueva aparición.

Norma ANSI/ISA-S5.1-1984 (R1992)

Los símbolos de instrumentación y estándares de identificación son un documento fundamental para la creación e interpretación de diagramas de tuberías y de instrumentación (P&IDs). Esta normativa proporciona un conjunto de símbolos estandarizados que permiten representar gráficamente los diversos componentes de un sistema, como instrumentos, válvulas, tuberías, bombas y otros equipos [38].

- Mejora la comunicación: Facilita la comunicación entre ingenieros, operadores, técnicos y otros profesionales involucrados en el proyecto.
- Reduce errores: Disminuye la probabilidad de errores de diseño, construcción y operación al proporcionar una representación visual precisa del sistema.
- Aumenta la seguridad: Ayuda a identificar y eliminar peligros potenciales, mejorando la seguridad general del sistema [23].

1.1.9. Protocolos de comunicación

Los protocolos industriales de comunicación facilitan el intercambio de datos entre los diversos componentes de una red industrial, como PLC, variadores de frecuencia, interfaces electrónicas, sensores y actuadores. La selección del protocolo de comunicación más apropiado para PLC y HMI depende de las necesidades de la aplicación, la velocidad de transmisión requerida, la precisión temporal, el volumen de datos a transferir y otros requisitos específicos de cada sistema [39].

Profinet

La tecnología industrial moderna se basa en un sistema de comunicación Ethernet diseñado específicamente para entornos de automatización. Está diseñado para ofrecer una conexión rápida y fiable entre diversos dispositivos, como PLC, HMI y otros equipos industriales.

Nos ofrece una comunicación en tiempo real, lo que permite una interacción más ágil y rápida cuando se requiere, lo cual los hace ideales para aplicaciones donde el factor tiempo es un elemento crucial.

Cuando se utiliza una comunicación Profinet con HMI, permite el acceso directo a la memoria del PLC, proporcionando un intercambio de datos eficiente y capacidades en tiempo real para procesos críticos [40].

1.1.10. Topología de comunicación

La estructura de la red es el fundamento esencial para diseñar cualquier sistema de comunicación. Define cómo se interconectan los diferentes dispositivos, como sensores, actuadores, PLC y HMI, para establecer un sistema de comunicación eficiente y confiable. La selección de la estructura más adecuada depende de varios aspectos, como el tamaño de la empresa, las necesidades de conectividad, el presupuesto disponible y los objetivos de rendimiento [41].

- *Topología estrella*

La estructura de estrella ampliada es una disposición de red donde cada equipo se enlaza a un elemento principal en este caso el PLC, este diseño es uno de los más frecuentes y se distingue por la ubicación de los dispositivos vinculados a un único punto central, los equipos se conectan al elemento central usando cables o conexiones sin hilos, es sencilla de administrar ya que cada dispositivo se encuentra enlazado directamente al elemento central, lo que hace más fácil su uso [42].

1.1.11. Diagrama de tuberías y de instrumentación

Los diagramas de tuberías y de instrumentación (P&ID) son recursos fundamentales para comprender, operar y mantener sistemas de producción complejos. Su nivel de precisión y detallada información los convierte en una fuente indispensable para resolver problemas, diseñar planes de mantenimiento y lograr una instalación segura de sistemas automatizados [43].

1.2. Antecedentes

La cerveza ha sido un compañero fiel del ser humano desde los albores de la civilización. Fueron los antiguos sumerios y mesopotámicos, hace más de 12.000 años, quienes registraron por primera vez en sus escritos la existencia de esta bebida. Desde entonces, diversas culturas como los egipcios, griegos, romanos, celtas, belgas, galos y germanos han continuado desarrollando y enriqueciendo los métodos de elaboración, dando lugar a una amplia variedad de recetas [44].

En nuestra nación, la gran variedad y calidad de las cervezas ofrecidas es resultado del desarrollo de un mercado sumamente competitivo, tanto a nivel nacional como global. Este mercado se caracteriza por una enorme innovación tecnológica y por considerables inversiones en promoción y publicidad [45].

Pero la fabricación de cerveza global se encuentra muy regulada, por lo que en la preferencia del mercado se ha convertido a un número limitado de marcas ya que tienen una similitud en cuanto a sabor, es aquí donde un grupo de consumidores a principios de los años 70 comienza a cuestionarse si hay una forma de adecuar la producción de cerveza a sus gustos más personales es aquí donde inicia las micro cervecerías para con el tiempo llamarse cervezas artesanales [4].

La industria cervecera ecuatoriana ha experimentado una expansión significativa en los últimos años. Hace una década, apenas existían unas pocas cervecerías pequeñas, pero hoy en día, según la Asociación de Cerveceros del Ecuador, hay más de 250 cervecerías artesanales distribuidas en ciudades como Quito, Cuenca, Guayaquil e Ibarra [4]. Este crecimiento exponencial se debe a varios factores clave, entre ellos la diversidad de sabores y estilos, el uso de ingredientes locales, la apertura de pubs especializados y la organización de eventos promocionales que han logrado despertar el interés y la pasión de los consumidores por las cervezas artesanales [47].



Figura 3. Representación geográfica de empresas dedicadas a la elaboración de cerveza en el Ecuador. (Google Maps)

La cerveza se clasifica en dos grandes categorías: la lager y el ale. Las cervezas lager son generalmente más ligeras y transparentes, mientras que las ales suelen ser ligeramente más oscuras [45]. En la producción de estos estilos, se utilizan diversos métodos de maceración, los cuales difieren según las recetas específicas. Esto implica ajustes en los tiempos y temperaturas durante las etapas de maceración y cocción [53].

Durante la etapa de cocción, es crucial ajustar los parámetros según la receta deseada. El tiempo de cocción y la temperatura son especialmente importantes, ya que influyen directamente en el resultado final de la cerveza.

El proceso de elaborar cerveza requiere un control cuidadoso de la temperatura, pues es fundamental para lograr una ebullición adecuada y calcular con precisión la pérdida de agua, a fin de cumplir con los estándares de calidad de la receta [6]. El maestro cervecero debe demostrar pericia para asegurar que cada lote cumpla con las expectativas de sabor y calidad [44]. Conforme aumenta la producción, se vuelve crucial implementar sistemas de control y automatización, con el objetivo de mantener la calidad del producto final.

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

La fabricación de cerveza hecha a mano ha ganado relevancia recientemente, aunque solo constituye el 5% de la producción cervecera local [44]. Por ello, es crucial que cada partida de producción cumpla con las expectativas de sabor y calidad. Es en la etapa de cocción donde se desarrolla el sabor distintivo, ya que en este proceso el mosto adquiere su amargo característico y otros matices gracias a la adición de lúpulos.

Durante el proceso de cocción, es crucial controlar las variables involucradas, ya que estas afectan a los tres tanques [14]. En el primer tanque, se esteriliza el agua llevándola a su punto de ebullición, por lo que el control de temperatura es fundamental. En el segundo tanque, el agua previamente hervida se mezcla con la malta, y también se debe mantener un control de temperatura. Finalmente, en el último tanque, se agregan los lúpulos [2], y nuevamente es crucial llevar la mezcla a su punto de ebullición, controlando cuidadosamente la temperatura.

A lo largo de todo este proceso, es imprescindible hacer un seguimiento preciso del nivel de líquido en cada tanque, ya que esto nos permitirá identificar con mayor claridad las pérdidas debidas a la cocción, lo que a su vez ayudará al maestro cervecero a realizar los ajustes necesarios.

Un sistema HMI (Interfaz Humano-Máquina) proporcionaría un control preciso de la temperatura en los tanques de maceración y cocción, asegurando que se mantengan dentro de los rangos óptimos para la extracción de azúcares y la esterilización del mosto, garantizando así la consistencia y calidad del producto final, tal como lo establece la norma ISO 9001:2015 [37].

Otra de las variables a tener en cuenta es el tiempo, un control adecuado de esta variable durante la etapa de cocción garantiza la extracción adecuada de sabores. Un sistema HMI permitiría una supervisión constante del tiempo de cocción y alertaría sobre posibles

desviaciones o problemas como determina la norma IEC 62682:2014 [38], evitando así la necesidad de reprocesamientos y asegurando la consistencia en el perfil de sabor de la cerveza.

Este sistema automatizado recopilará y registrará minuciosamente los datos clave del proceso de elaboración de cerveza artesanal, como temperatura, tiempo y otras métricas relevantes. Esto brindará una visión integral del manejo del proceso, permitiendo identificar tendencias a lo largo del tiempo, detectar problemas recurrentes y optimizar la producción.

Un HMI facilitará el mantenimiento predictivo y correctivo de los equipos utilizados durante la cocción, esto ayudará a prevenir fallas imprevistas, reducir los tiempos de inactividad no planificados y alargar la vida útil de los equipos, lo que a su vez disminuirá los costos operativos y mejorará la eficiencia general del proceso.

CAPÍTULO II.

2.1 Plan de Implementación

Para desarrollar esta propuesta debemos tener en claro los objetivos que es diseñar un sistema automatizado para una línea de producción para ser más específico la etapa de cocción, esto se alcanza mediante la exploración, la utilización de tecnologías avanzadas y un sistema de seguimiento completo.

El enfoque incluye un componente de investigación y experimentación para perfeccionar la etapa de cocción, monitoreando variables clave como temperatura y nivel. Para lograr un control preciso y eficiente energéticamente, se empleará un PLC junto con un software de automatización adecuado, como TIA PORTAL.

Además, se implementará un sistema de supervisión y monitoreo a través de una interfaz hombre-máquina (HMI). Esto permitirá visualizar y controlar las diferentes variables del proceso, registrando alarmas y otros parámetros relevantes para asegurar el correcto funcionamiento del sistema automatizado.

2.1.1. Factibilidad técnica

El apartado sobre viabilidad técnica se propone evaluar la factibilidad de integrar un Controlador Lógico Programable (PLC) y una Interfaz Humano-Máquina (HMI) en la fase de cocción de la elaboración de cerveza artesanal. Este proyecto aspira a optimizar diversos elementos fundamentales de dicho proceso.

Al llevar a cabo este estudio, buscamos proporcionar una visión clara y objetiva sobre la incorporación del PLC y la HMI, con el fin de que puedas tomar una decisión informada sobre la conveniencia de incluir estos elementos en la elaboración de tu cerveza artesanal. El objetivo final es mejorar la eficiencia, la calidad y el control del proceso de cocción, para lograr optimizar el resultado final del producto.

Durante la fabricación de la cerveza artesanal, particularmente en la fase de cocción, es fundamental regular y supervisar diversos factores como la temperatura, la duración de la cocción, el nivel del líquido, entre otros. La temperatura debe mantenerse en los estándares que el maestro cervecero lo requieran ya que de esta depende adecuada de almidones, mientras que el tiempo determina la duración de este proceso que por lo general es una hora y veinte minutos.

Para este proyecto, se eligió el Siemens S7-1200 como el controlador lógico programable (PLC) clave. Este modelo se destaca por su flexibilidad y capacidad. Entre sus funciones específicas se incluyen el control preciso de la temperatura a través de sensores y el monitoreo de los niveles de líquido, lo que permite automatizar el proceso de cocción y reducir

la necesidad de intervención manual, minimizando así los posibles errores humanos.

La aplicación de una HMI (Interfaz Humano-Máquina) ofrece una interfaz visual intuitiva que permite a los operadores supervisar y ajustar el proceso en tiempo real. Mediante gráficos claros que representan los tanques y otros equipos, los operadores pueden ver la tendencia de la temperatura en cada sub etapa. El sistema incluye alertas que permiten una reacción rápida y eficaz ante problemas o la necesidad de realizar modificaciones. Estas funciones garantizan que cualquier eventualidad sea atendida de manera oportuna y adecuada.

La implementación de un PLC y un HMI proporciona múltiples ventajas. Estas tecnologías permiten un control preciso de las variables clave, asegurando la uniformidad y calidad de la cerveza, la automatización reduce la intervención manual, disminuyendo los errores humanos y mejorando la eficiencia operativa. Además, el monitoreo continuo y las alertas en tiempo real garantizan la seguridad y la calidad, ya que facilitan la rápida corrección de cualquier problema que pueda surgir.

2.1.2. *Factibilidad económica*

En esta sección, exploraremos la viabilidad económica de implementar un PLC y un HMI en la etapa de cocción de la cerveza artesanal. Analizaremos no solo los costos iniciales, sino también los beneficios a corto y largo plazo. La tabla 5 resume los dispositivos y software que se utilizarán en este proyecto

TABLA 5.
COSTO DE DISPOSITIVOS Y SOFTWARE.

Software/Dispositivo	Descripción	Cantidad	Precio unitario
SINEMATIC S7-12000	Cerebro del sistema	1	\$ 415,86
SINEMATIC SM1231	Dispositivo que permite ampliar la cantidad de entradas analógicas	1	\$ 374,52
SINEMATIC S7-1200, SM 1222	Hardware que es agregado en los PLC para ampliar salidas digitales, salidas tipo relé	1	\$ 320,30
SIMATIC HMI, KTP1200	Interfaz Humano-Máquina	1	\$ 800,50
Licencia del software TIA PORTAL	Herramienta de Programación	1	\$ 120,20
Tablero, cables y accesorios	Tablero de control, luces piloto, pulsadores, contactores y cables.	Varios	\$ 800
Costo total de dispositivos			\$ 2.872,88

La tabla 6 muestra los gastos relacionados con el personal requerido para completar el proceso de diseñar, instalar, configurar y activar el sistema debido a que la puesta en marcha del sistema tomara tres meses.

TABLA 6.
COSTO DE MANO DE OBRA.

Descripción	Costo
Configuración eléctrica	\$ 1500
Instalación de paneles de control	\$ 500
Desarrollo e integración de software	\$ 4000
Costo total	\$ 6000

El proyecto tiene un costo total de \$8,372.88, que abarca los gastos de mano de obra y equipos, sin incluir los actuadores, sensores y otros componentes enumerados en la tabla 7.

TABLA 7
COSTO TOTAL DE PROYECTO.

Mano de obra	\$ 6000
Dispositivos/Software	\$ 2.872,88
Total, de inversión	\$ 8.872,88

Incorporar un PLC y HMI en la fase de cocción de la cerveza artesanal ofrece una opción económicamente viable. Si bien la inversión inicial es considerable, los beneficios financieros a largo plazo, como la disminución de los gastos operativos, el aumento en la eficiencia y la mejora de la calidad del producto apoyan firmemente la adopción de esta tecnología.

2.1.3. Metodología del Proyecto

El proyecto se enfoca diseñar y simular un sistema automatizado para monitorear la etapa de cocción, empleando el software TIA Portal para integrar la programación en Ladder y una interfaz de usuario (HMI). Para este proyecto, utilizaremos la siguiente metodología:

- **Fase 1: Definición y planificación**

En esta fase inicial, se definen las necesidades del sistema, se determinan los componentes fundamentales y se esboza la arquitectura general. Para lograr esto, se realiza un análisis exhaustivo de toda la información relevante, ya sea en formato impreso o digital, como libros, artículos científicos y trabajos de investigación, con el objetivo de recopilar datos sobre los dispositivos y equipos necesarios para el diseño y la simulación del sistema automatizado.

- **Fase 2: Programación**

En esta fase, se crea el programa de control Ladder utilizando el software TIA Portal. Este programa se encarga de gestionar los dispositivos de accionamiento, como la fuente de calor y las válvulas, en base a las variables monitorizadas, como la temperatura y el tiempo.

- **Fase 3: Simulación y validación.**

Se lleva a cabo una simulación exhaustiva utilizando el entorno de simulación del software TIA Portal. Esta simulación permite validar el funcionamiento del sistema antes de su implementación física, identificando y corrigiendo posibles errores de programación de manera anticipada. Una vez completada la simulación, el sistema se prueba en un entorno controlado, como un laboratorio de automatización, para asegurar su correcto funcionamiento.

2.1.4. Resultados esperados

La implementación de un PLC y una HMI en la etapa de cocción de la cerveza artesanal ofrece ventajas significativas tanto en eficiencia operativa como en beneficios económicos, la automatización del proceso mejora la exactitud y uniformidad del producto, disminuye los costos operativos y aumenta la capacidad de producción, estos beneficios se traducen en una calidad superior del producto, mayor productividad y un retorno de inversión favorable, lo que convierte a esta actualización en una opción altamente recomendable para una cervecería artesanal que busca optimizar su proceso de fabricación y mejorar su competitividad en el mercado.

2.2 Descripción de la solución propuesta

2.2.1 Descripción del proyecto

Este proyecto se centra en diseñar y simular un sistema automatizado para la elaboración artesanal de cerveza, específicamente en la fase crítica de cocción, donde se desarrollan los sabores y aromas. Utilizamos el software TIA PORTAL para programar instrucciones y funciones en los componentes físicos, permitiendo así el control y monitoreo de las variables operativas durante la cocción.

Para desarrollar este trabajo, se requiere un estudio detallado del funcionamiento de los equipos involucrados en la etapa de cocción, pues esta consta de sub etapas como el hervido del agua, la maceración y la adición del lúpulo. En cada una de estas sub etapas, es fundamental considerar variables como temperatura y nivel, las cuales actuarán como entradas que activarán y operarán los equipos eléctricos a través de la programación de un controlador lógico programable (PLC).

El proyecto se destaca por el uso de software que permite programar un PLC y crear una interfaz HMI que sirva para controlar y monitorear en tiempo real las variables. Para

lograrlo, se utilizan protocolos de comunicación, en este caso, PROFINET.

El proceso comienza llenando el agua y ajustando su temperatura. Una vez que se cumplen los requisitos, se procede a la etapa de maceración, donde se controlan cuidadosamente el nivel y la temperatura del agua para agregar la malta. Cuando estos ingredientes están presentes, se inicia el recirculado para finalizar el proceso de cocción. Posteriormente, el mosto se transfiere al tanque de hervido, donde se añade el lúpulo. Cada una de estas etapas cuenta con alarmas que alertan al operador sobre cualquier desviación en los parámetros establecidos. Todo este proceso está programado en el software TIA PORTAL, lo que garantiza un control preciso y eficiente de cada paso.

2.2.2 *Diseño de sistema automatizado*

Esta sección se concentra en diseñar el sistema para la etapa de cocción en la fabricación de cerveza artesanal, garantizando así la eficiencia y calidad del proceso. Primero, se elaboran los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID), que detallan la organización y conexión de todos los componentes fundamentales, lo que permite una planificación y ejecución efectivas. Además, se aborda el diseño del sistema eléctrico, donde se especifican elementos esenciales como fuentes de alimentación y dispositivos de protección, asegurando el cumplimiento de las normas de seguridad y calidad.

Diagrama de tuberías e instrumentación

En la figura 4, se representa detalladamente la interconexión de los equipos, tuberías e instrumentos de la etapa de cocción. Esta representación gráfica sirve como una guía clara para la construcción y operación de dicha etapa, garantizando la adecuada integración y coherencia funcional de todos los componentes involucrados.

La etapa de cocción consta de tres tanques de cocción interconectados por tuberías y conexiones. Además, cuenta con sensores de temperatura y nivel, elementos cruciales para el control y monitoreo del proceso. Este diagrama P&ID permite tener una visión clara de todos los equipos involucrados y facilita su diseño e implementación.

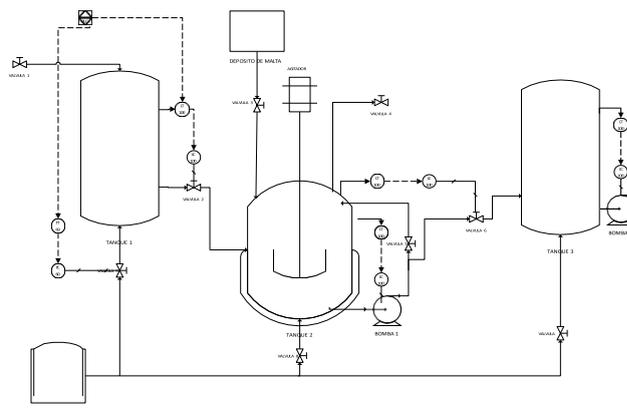


Figura 4. Diagrama P&ID etapa de cocción, elaboración de cerveza artesanal (Kevin Malán)

Diseño del sistema eléctrico para la etapa de cocción.

En esta parte, se describirá el diseño del sistema de control y alimentación del sistema automatizado de la etapa de cocción. Para ello, se utilizará el software CADe_Simu, el cual nos permitirá representar los dispositivos de control y los equipos de potencia que componen la etapa de cocción.

En la figura 5 se visualizan los elementos de protección que protege al controlador lógico programable que trabaja a un voltaje de 120 AC, en este caso es un interruptor termomagnético el cual es crucial para proteger el PLC contra sobrecargas y cortocircuitos, evitando posibles daños y garantizando la continuidad del proceso de automatización. Además de los elementos de seguridad, en la parte superior de la figura 5 se muestran las conexiones de entrada y salida. Estas incluyen varios botones, como los de inicio, parada y un selector de modo (Manual/Automático/Mantenimiento). Estas entradas permiten que el operador interactúe de manera fundamental con el sistema.

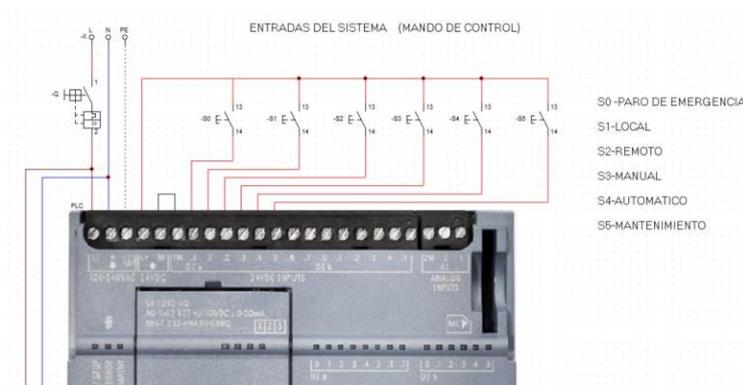


Figura 5. Elementos de protección y entradas (Kevin Malán)

En la Figura 6, se puede ver claramente cómo el PLC está conectado a diversos dispositivos de control y actuadores. Estas conexiones permiten que el PLC envíe señales de control para activar las válvulas y bombas del sistema. Además, el PLC utiliza luces piloto para indicar el estado actual del sistema, ofreciendo una visualización clara del funcionamiento.

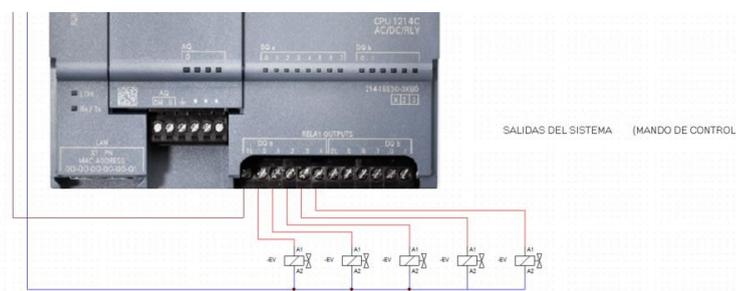


Figura 6. Salidas del PLC para el control de válvulas y bombas (Kevin Malán)

En la Figura 7 se visualiza el sistema de potencia, mostrando cómo están conectadas las electroválvulas y las bombas al suministro de energía que intervienen en la fase de cocción.

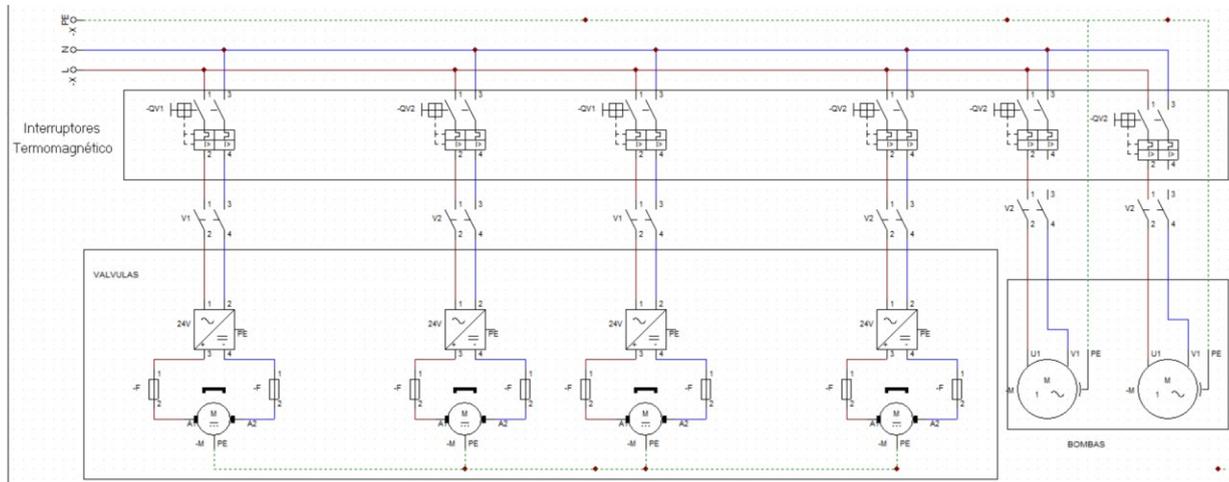


Figura 7. Diagrama eléctrico de fuerza (Kevin Malán)

2.2.3 Diseño del diagrama topológico físico

En esta sección se detallará cómo están conectados todos los componentes de la propuesta véase la figura 8, la topología de red adecuada para el desarrollo del proyecto es una es una topología estrella extendida ya que brinda una estructura y organizada, en esta configuración el PLC actúa como elemento central y fundamental del sistema ya que es el encargado de controlar y monitorear toda la etapa de cocción mediante conexiones Ethernet el PLC estable comunicación bidireccional con el HMI, esto permite que el operador pueda controlar las variables facilitando su monitoreo.

Los sensores que intervienen en el proceso como el PT100 para la medición de temperatura y el QT50U para el nivel están integrados al sistema mediante entradas conectadas directamente al PLC, Esta configuración no solo asegura un control preciso del proceso, sino que también facilita el monitoreo.



Figura 8. Diagrama topológico de conexión estrella extendida (Kevin Malán)

2.2.4 Lógica de programación para la etapa de cocción

Para entender mejor cómo funciona la programación en la elaboración de cerveza artesanal, vamos a usar diagramas de flujo que muestren claramente los pasos clave: calentar el agua, macerar los granos y agregar el lúpulo en un tanque. A continuación, explicaremos cada uno de estos pasos con más detalle.

Calentamiento de agua

El proceso comienza con el calentamiento del agua para ello se pulsa la tecla Marcha, con esto se iniciará a llenar el recipiente cuando el nivel delo agua pasa el mínimo se activará el chispero y la válvula V9 que permitirá el paso del gas, el agua debe llegar a su punto de ebullición que son los 90°C una vez que llega a esta temperatura se cierra la válvula v9 hasta que la temperatura llegue a 70°C una vez que ya esté en esta temperatura se abre la electroválvula 2 para que el agua pase del tanque uno al tanque dos. Así termina la etapa de ebullición como se muestra en la Anexo 1.

Maceración

Una vez que el agua está en el tanque dos, se controla la temperatura para mantenerla entre 60°C y 70°C. Cuando la temperatura alcanza el nivel alto dentro de este rango, se abre la válvula tres para dejar caer la malta molida en el agua, y se activa el agitador durante 30 minutos a una velocidad constante para asegurar una mezcla uniforme. Posteriormente, se activa la bomba 1 y se abre la válvula 4 para permitir el recirculado del mosto, mejorando la extracción de azúcares, durante 60 a 90 minutos, la mezcla se mantiene a temperatura constante, permitiendo que las enzimas en la malta transformen los almidones en azúcares fermentables. Luego, se filtra el mosto, separando el líquido de los sólidos. Finalmente, se activa la bomba 1 y la electroválvula 6 para transferir el contenido del tanque dos al tanque tres. Cuando el nivel del tanque dos alcanza el mínimo, se detendrá la bomba 1, tal como se indica en el Anexo 2.

Adición de lúpulo

Una vez que el tanque 3 esté lleno, se abre la válvula de gas para llevar el mosto a ebullición, a aproximadamente 90°C. Cuando el mosto alcanza esta temperatura, se procede a añadir el lúpulo. La adición del lúpulo se realiza en tres etapas: inicialmente, al alcanzar la ebullición; nuevamente a los 20 minutos; y una vez más a los 40 minutos. Todo el proceso de ebullición dura una hora. Tras completar este período, se procede a la etapa de enfriamiento del mosto, preparándolo para la fermentación. Como se muestra en el Anexo 3.

2.2.5 Desarrollo de programación para el PLC S7 1200 en TIA Portal

Este capítulo detallará exhaustivamente el proceso de programación realizado en el entorno TIA PORTAL, empleando el lenguaje Ladder. Aquí, se explicará minuciosamente el funcionamiento de cada segmento del programa, donde se desarrollan las instrucciones y

funciones, dando como resultado la secuencia del proceso.

Los procesos se organizan en diferentes etapas empezamos con el control general donde se encuentran la selección del modo de operación ya sea manual, automática o mantenimiento este proceso busca producir 250 Litros de cerveza artesanal a continuación se detalla cada segmento del programa. A continuación, los segmentos de programación.

- **Bloque de programación principal (MAIN)**

Segmento 1: Selección Local/Remoto

En esta sección se determina en qué modo este operando ya sea local o remoto cuando está en modo remoto hace referencia que el sistema no se puede controlar desde la interfaz gráfica solo puede ser controlada desde un sistema SCADA y cuando está en modo local si podemos interactuar con la interfaz gráfica y controlar el proceso.

Segmento 2: Selección Manual/Automático/Mantenimiento

Este segmento presenta la activación del modo de operación, permitiendo elegir entre modo manual, automático o de mantenimiento del sistema. Para ello, se utilizan las funciones de activación y desactivación.

Segmento 3: Selección Manual/Automático/Mantenimiento

Una vez que el sistema este en modo local y ya seleccionamos previamente en qué modo queremos que trabaje se alimentara un bloque de funciones dependiendo el requerimiento.

Segmento 4: Alarma y avisos

Este segmento contiene un bloque de funciones denominado "Alarmas", el cual tiene una base de datos que nos permitirá monitorear de forma visual y legible lo que está ocurriendo en el proceso.

Segmento 5: Voltaje de entrada al sistema

En este segmento se mostrará la lectura de los parámetros eléctricos que nos indican que voltaje tienes las líneas.

- **Bloque de programación (Manual)**

Una vez que se ha elegido el modo de operación en este caso el manual se activara el bloque de función Manual.

Segmento 1: Llenado de tanque 1

Dado que el llenado del tanque 1 se realizará manualmente, se requiere una atención cuidadosa y un monitoreo constante durante el proceso, utilizaremos un sistema de arranque directo con enclavamiento. Para simular el llenado, se emplearán contadores, específicamente un CTUD, que es un contador ascendente y descendente. De igual manera, contaremos con un botón de parada (stop) para detener el llenado

Segmento 2: Temperatura en tanque 1

De igual manera se utiliza un contador ascendente y descendente, pero para que se prenda la hornilla se debe activar la válvula de paso V9 y los chisperos para que inicien a calentar el agua.

Segmento 3: Llenado de tanque 2

Al ser este todo un proceso secuencial, el tanque 2 se llenará solo si hay líquido en el tanque 1.

Segmento 4: Temperatura en tanque 2

Para iniciar el calentamiento del tanque dos se deberá activar la válvula del paso de gas (V8) y los chisperos

Segmento 5, 6 y 7: Activado por separado de válvulas

En estos segmentos como es manual el maestro cervecero podrá jugar con los tiempos para añadir la marta controlar la salida de presión y el agitador a su gusto.

Segmento 8: Recirculado de mosto

De igual manera al ser un modo manual el maestro cervecero podrá jugar con el tiempo de recirculado del mosto para esto se debe activar la bomba 1 y la válvula 5.

Segmento 9: llenado de tanque 3

Luego que el maestro cervecero consiguiera la consistencia adecuada del mosto procederá a llenarse el tanque 3 para esto se debe activar la bomba 1 y la válvula 6.

Segmento 10: Temperatura en tanque 3

Aquí se controlará la temperatura del tanque 3 ya que es aquí donde se añaden los lúpulos mismo que se encargan de dar ese aroma y sabor característico.

- **Bloque de programación (Automático)**

En esta sección se detallará de cómo se busca realizar 250 litros de cerveza artesanal de forma automática reduciendo tiempos muertos entre cada proceso.

Segmento 1 y 2: arranque del sistema

Este segmento es el encargado de iniciar con todo el proceso y para ello abre la válvula 1 que es la apertura del llenado del tanque 1.

Segmento 3 y 4: llenado de tanque 1

En este apartado, se describe el proceso de llenado del tanque. Simultáneamente, se activarán los sensores que detectan los niveles alto y bajo. Cuando el sensor de nivel bajo se active, se abrirá la válvula 9 de gas.

Segmento 5: calentamiento de tanque 1

Cuando en el tanque uno llegue al nivel mínimo del agua se abrirá la válvula de gas iniciando así con el calentamiento de agua misma temperatura que será controlada por un

sensor de temperatura que ara que llegue a su punto de ebullición una vez que alcanzó los 90°C se cerrara la válvula de gas.

Segmento 6: llenado de tanque 2

Para que inicie el llenado en el tanque dos la temperatura en el tanque debió bajar a 60°C a 70°C cuando ya esté en esta temperatura se abrirá la válvula dos que dará paso al llenado y de igual manera se dispondrá de sensores de nivel

Segmento 7: calentamiento de tanque 2/adición de malta/recirculación

Como el agua ya estaba previamente caliente se debe mantener en los 65°C a 68°C esto se logrará mediante una termocupla que enviara la señal a la válvula de gas que dependiendo eso se abrirá o cerrara cuando la temperatura y el agua estén en las condiciones adecuadas de agregar la malta posteriormente se activará el agitador para que la marta no se peque en el tanque y por último se activara la recirculación

Segmento 8: llenado de tanque 3

Una vez que termino todo el proceso de maceración se activa la bomba 1 y se abre la válvula 6 para trasladar el mosto a otro recipiente en donde se añadirán los lúpulos.

Segmento 9: calentamiento de tanque 3

En este segmento se lleva la temperatura hasta su punto de ebullición que son los 90° en durante 60 minutos el lúpulo se añade cada 20 minutos en dos ocasiones.

- **Bloque de programación (Mantenimiento)**

En esta sección más se detalla finales de carrera cuando los operadores abren alguno de los tanques para darles limpieza ya que cada uno de los tanques s cuenta con válvulas de desfogue.

Segmento 1: Mantenimiento tanque 1

Primero para realizar el mantenimiento se debe seleccionar que tanque se quiere hacer el mantenimiento en este caso es el tanque 1 el mismo que cuenta con una compuerta y una válvula de desfogue.

Segmento 2: Mantenimiento tanque 2

Se hace mantenimiento al tanque dos, pero este aparte de la válvula de desfogue y la compuerta tiene otra ya que en esta se agrega la malta entonces tiene una compuerta para sacar estos residuos.

Segmento 3: Mantenimiento tanque 3

De igual manera al tanque 1 este dispone de una compuerta una válvula de desfogue lo que facilita la limpieza después de todo el proceso.

2.2.6 Desarrollo de interfaz Operador-maquina (HMI)

Para iniciar con el diseño de la interfaz gráfica hay que tomar en cuenta los estándares ya mencionados anteriormente en las normas uno de ellos es la comunicación entre equipos por lo cual se ha seleccionado un HMI del tipo Basic 1200 Siemens que cumple con las características para comunicarse con el PLC 1212 AC/DC esta pantalla nos ofrece 12 pulgadas que ayudan a una mejor visualización del proceso.



Figura 9. Configuración de conexión entre PLC y HMI (Kevin Malán)

Para el desarrollo de la interfaz gráfica se agregaron las variables que intervienen en la etapa de cocción esto se logró importando las variables ya antes utilizadas en el desarrollo de la programación Ladder con estas variables podremos mostrar cuando algún elemento se activa o desactiva para tener un control desde la pantalla HMI.

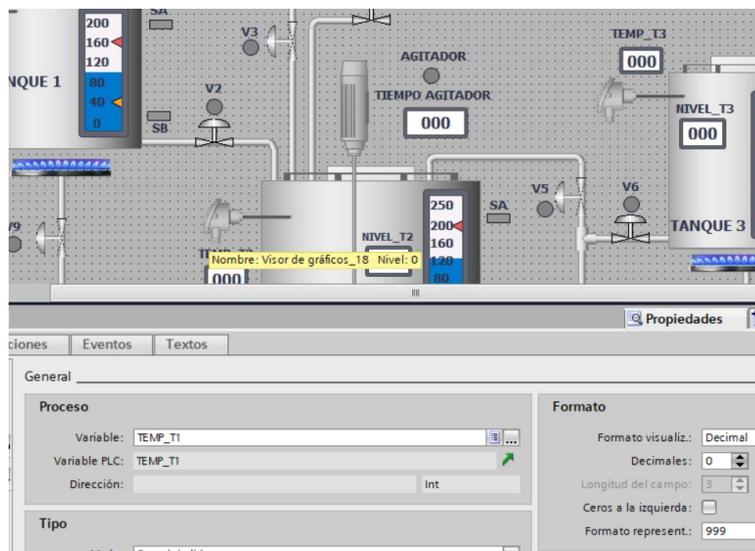


Figura 10. Variables para la comunicación entre PLC y HMI (Kevin Malán)

La interfaz gráfica está conformada de cinco mímicas las cuales detallan de mejor manera cada sub etapa y de igual manera se podrá ver las tendencias e históricos lo que nos facilita un monitoreo más sencillo sobre las variables a continuación se detallan cada una de las mímicas.

- **Inicio**

Esta pantalla nos proporcionara todos los datos de la empresa de igual manera en esta pantalla el usuario podrá ingresar con sus credenciales ya sea un operador o el administrador.

- **Proceso**

En la pantalla de vista general del proceso, se representa una mímica que incluye tres tanques, cada uno con sus respectivas válvulas y bombas. Esta pantalla permite visualizar el modo operativo de cada sensor y actuador, indicando si el sistema está en modo local o remoto. Además, muestra el modo de operación, ya sea manual, automático, o de mantenimiento, y también incluye la opción de paro total, que indica que el sistema está detenido. Las alarmas también están integradas en esta mímica, permitiendo al operador identificar rápidamente cualquier problema o condición anómala en el proceso, lo cual es esencial para la operación segura y eficiente. Figura 11

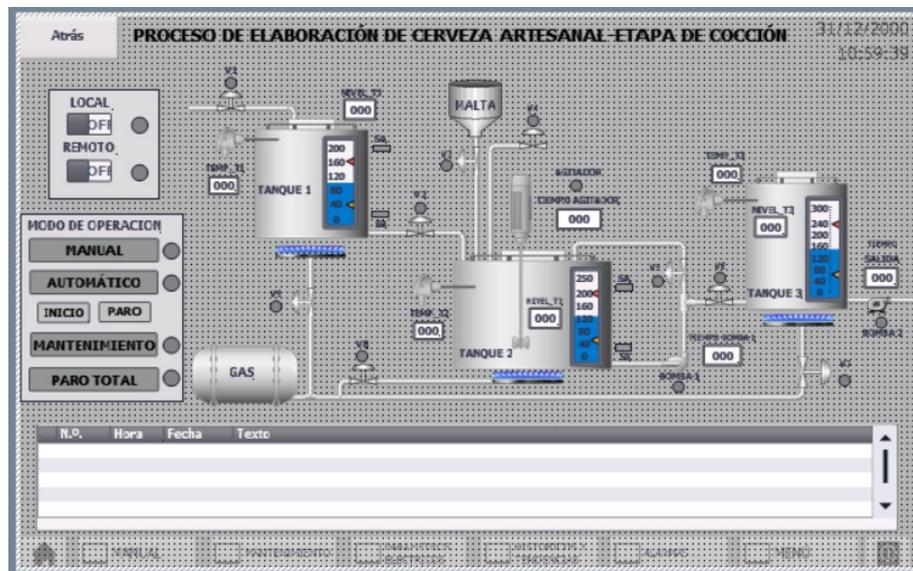


Figura 11. Pantalla general del proceso de elaboración de cerveza-etapa de cocción (Kevin Malán)

- **Control manual**

En esta pantalla pretende que el operador tenga la capacidad de controlar manualmente las etapas del proceso por lo cual incluye controles detallados para cada etapa, permitiendo la activación y desactivación de válvulas y bombas, así como la visualización del estado actual de cada componente, especialmente en situaciones donde el sistema automático se haya detenido en medio del proceso este modo manual permite al operador continuar con las operaciones sin necesidad de reiniciar todo el sistema, asegurando así la continuidad y eficiencia del proceso de producción. Figura 12

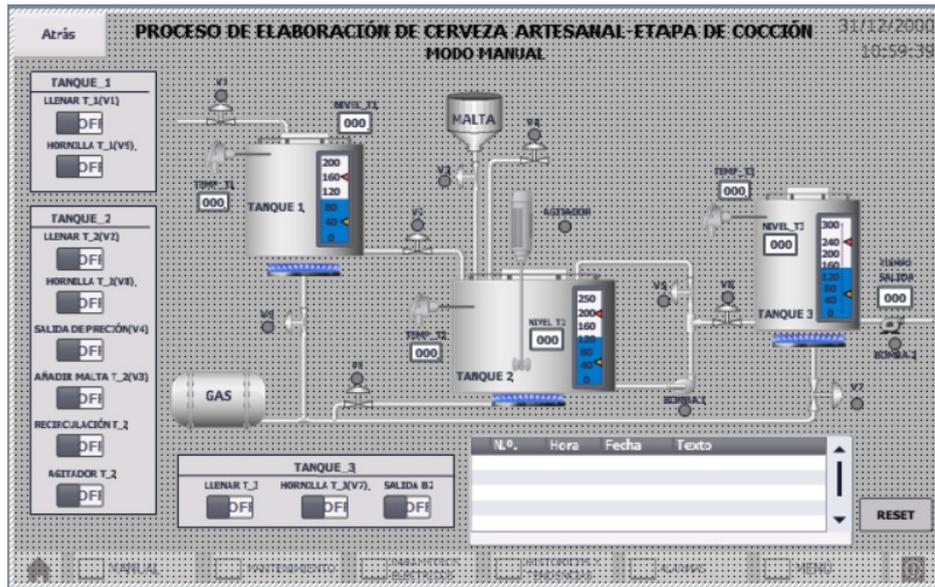


Figura 12. Pantalla de control manual (Kevin Malán)

- **Mantenimiento**

El panel de mantenimiento está hecho para usarse cuando termina todo el proceso de cocción, ya que es crucial realizar una limpieza apropiada, puesto que la producción de cerveza artesanal conlleva varios requisitos sanitarios que deben cumplirse. Esta pantalla permite realizar el mantenimiento de cada tanque de forma independiente los operadores pueden seleccionar individualmente los tanques para iniciar los procesos de limpieza, enjuague y desinfección, esto no solo garantiza la salubridad y calidad del producto final, sino que también optimiza el tiempo de mantenimiento al permitir que los tanques sean limpiados simultáneamente o individualmente. Figura 13

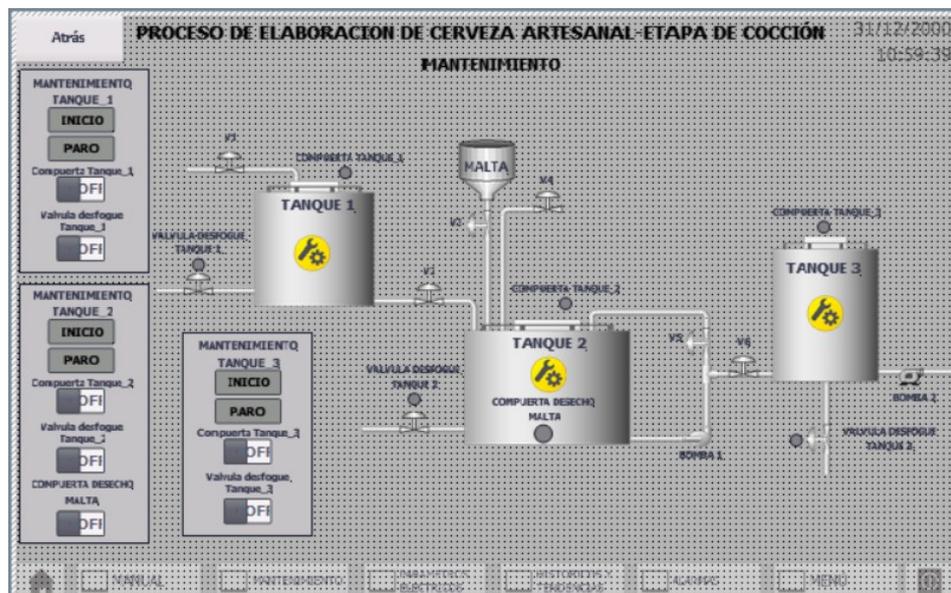


Figura 13. Pantalla de mantenimiento etapa de cocción (Kevin Malán)

- **Tendencias e históricos**

La pantalla de tendencias e históricos presenta gráficas en tiempo real que muestran cómo están actuando nuestras variables críticas, en este caso, la temperatura y el nivel en cada tanque. Estas gráficas permiten al operador monitorear y controlar de manera precisa la temperatura y el nivel en tiempo real, asegurando que se mantengan dentro de los rangos óptimos para cada etapa del proceso de cocción.



Figura 14. Pantalla de históricos y tendencias (Kevin Malán)

- **Parámetros eléctricos**

La pantalla de parámetros eléctricos permite al operador visualizar los voltajes de suministro del sistema en tiempo real. Esta pantalla muestra información crucial sobre el estado eléctrico del sistema, incluyendo los valores de voltaje de entrada.

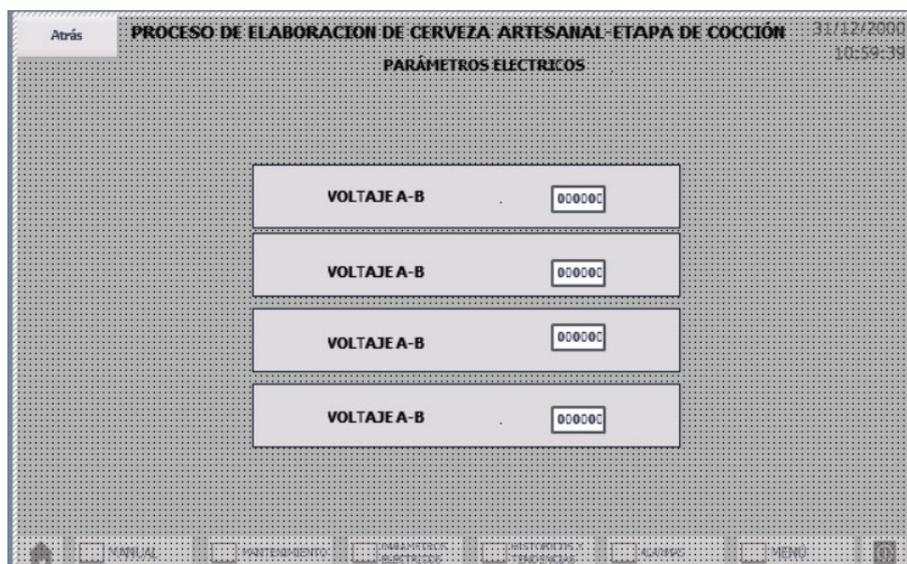


Figura 15. Pantalla de parámetros eléctricos del suministro de energía (Kevin Malán)

2.3 Pruebas y puesta en marcha de la solución

Después de completar el diseño del programa en lenguaje Ladder y desarrollar la interfaz gráfica utilizando el SIMATIC KTP1200, realizamos simulaciones y pruebas en un entorno controlado para evaluar el rendimiento del sistema. Antes de estas pruebas, tuvimos que compilar y cargar el programa en un PLC simulado. Este paso nos permitió validar el funcionamiento del sistema en un ambiente controlado, proporcionándonos una visión general del comportamiento del sistema antes de su implementación en el PLC físico. Durante la simulación, identificamos los PLC disponibles en la red y seleccionamos el dispositivo adecuado para cargar el programa. Este proceso es crucial para garantizar que la carga del programa se realice de manera efectiva y que el sistema esté listo para su puesta en marcha en el entorno físico. Figura 16

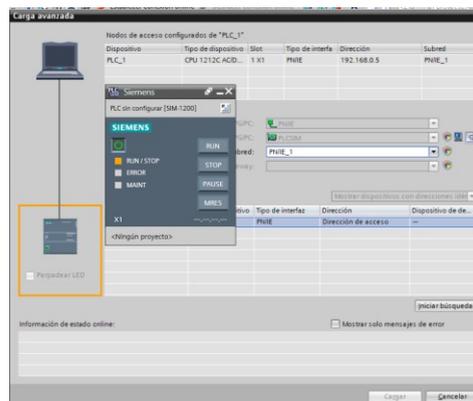


Figura 16. Compilación y búsqueda de PLC en la red (Kevin Malán)

2.3.1 Pantalla principal del sistema

La primera interfaz es crucial para mantener al operador informado sobre qué proceso se va realizar en este caso la fase de cocción. En esta sección, se encuentra un botón llamado "VISTA DE PROCESO" que tiene restricciones de visualización según los niveles de organización. Esto significa que el administrador tiene acceso completo al sistema, mientras que el operador se limita a la visualización. Figura 17



Figura 17. Inicio de pantalla (Kevin Malán)

2.3.2 *Modo de funcionamiento Local/Remoto*

En la pantalla principal, se podrá seleccionar y ver si el sistema está funcionando en modo local o remoto esto es esencial ya que, si el proceso está trabajando en modo remoto nosotros no podremos controlar las variables ya que estas serán controladas desde un SCADA, pero si está en modo local podremos ajustar las variables desde la pantalla.



Figura 18. Selección de modo local/remoto (Kevin Malán)

2.3.3 *Modo de funcionamiento Manual/Automático/Mantenimiento*

De igual manera en la pantalla tendremos unos botones que nos permita elegir en qué estado está trabajando queremos que trabaje el sistema. Estos modos de operación están claramente indicados en la interfaz gráfica para facilitar su identificación y selección por parte del operador.

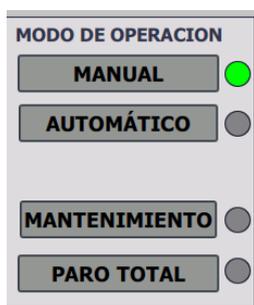


Figura 19. Modo de operación Manual/Automático/Mantenimiento (Kevin Malán)

2.3.4 *Modo de funcionamiento Automático*

Este método hace que el sistema funcione siguiendo los programas predefinidos y la lógica de control establecida en el controlador lógico programable. El sistema monitorea y ajusta automáticamente los parámetros de la fase de cocción, como la temperatura, el nivel y el tiempo en cada etapa. Como se detalló anteriormente, la etapa de cocción está compuesta de tres tanques y este proceso es secuencial. A continuación, se describe cómo funciona y de qué depende el paso al siguiente tanque.

- ***Control en tanque 1***

Inicio del Proceso: Al seleccionar el modo automático, se desencadena una serie de eventos. Primero, se abre la válvula 1, lo que permite que el tanque 1 se llene con agua. Este paso inicial da comienzo al proceso automático.

Calentamiento del Agua: Una vez lleno, se inicia el calentamiento del agua, monitoreado por el sensor térmico ya que se debe llevar a su punto de ebullición para eliminar microorganismos.

Condiciones Óptimas: El proceso en el tanque 1 continúa hasta que se alcanzan las condiciones óptimas de temperatura y nivel.



Figura 20. Función en modo automático llenado de tanque 1 (Kevin Malán)

- **Control en tanque 2**

Transferencia tanque 1 a tanque 2: Al lograr los niveles adecuados en el primer tanque, se procede a abrir la válvula 3 para empezar a llenar el segundo tanque.

Adición de malta: Un sensor de nivel en el tanque 2 detecta cuando está lleno, momento en el cual se abre la válvula 3 para dejar caer la malta.

Mezcla y Recirculación: Con el nivel y la malta en el tanque, se enciende el agitador para evitar que la mezcla se adhiera a la base del tanque. Luego, se activa la bomba 1 y la válvula 5 para la recirculación, controlada por un temporizador.

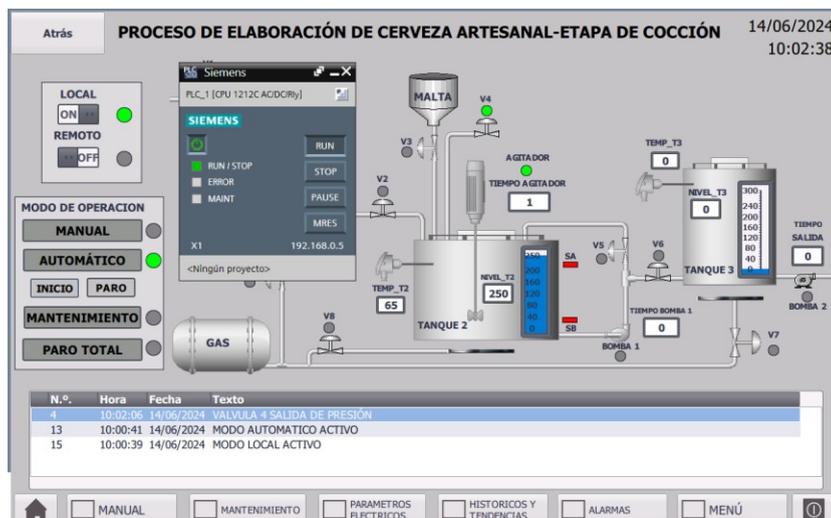


Figura 21. Función en modo automático llenado de tanque 2 y recirculación (Kevin Malán)

- **Control de tanque 3**

Transferencia tanque 2 a tanque 3: Una vez completado el proceso en el tanque 2, se activa la válvula 6 y la bomba 1 para iniciar el llenado del tanque 3.

Monitoreo de Temperatura y Nivel: El tanque 3 está equipado con instrumentos para monitorear el nivel y la temperatura, ya que es necesario llegar al punto de ebullición antes de agregar el lúpulo.

Transferencia de tanque 3 a siguiente proceso: Una vez ya concluido el proceso en el tanque 3 se enciende la bomba 2 que da paso al siguiente proceso.



Figura 22. Función en modo automático llenado de tanque 3 y adición de lúpulo (Kevin Malán)

2.3.5 Modo de funcionamiento Manual

En este modo, el operador tiene control directo sobre los actuadores y sensores, permitiendo ajustes y operaciones específicas sin intervención automática del sistema.



Figura 23. Funcionamiento en modo manual (Kevin Malán).

2.3.6 Modo de funcionamiento Mantenimiento

Se realizan mantenimientos de cada uno de los tanques de forma individual cada tanque dispone de una válvula de desfogue para eliminar cualquier residuo del proceso de igual manera dispone de finales de carrera para detectar si se ha abierto alguna de las compuertas debido a que los tanques son cerrados y solo se abren para el mantenimiento.

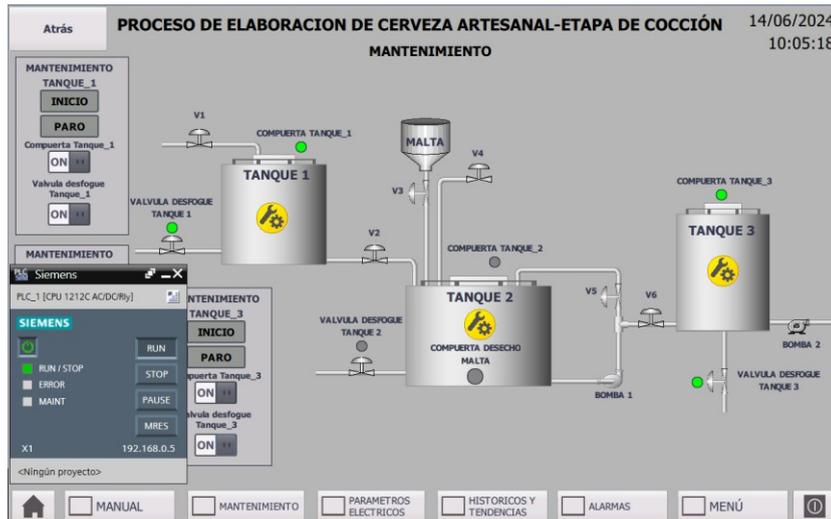


Figura 24. Funcionamiento del modo de mantenimiento (Kevin Malán).

2.3.7 Tendencias e históricos

En la interfaz del HMI, también se dispone de una sección dedicada a los históricos donde se pueden observar las curvas generadas por los sensores durante la fase de cocción. Esto incluye los datos registrados de temperatura y nivel, permitiendo un análisis detallado del comportamiento del sistema a lo largo del proceso.

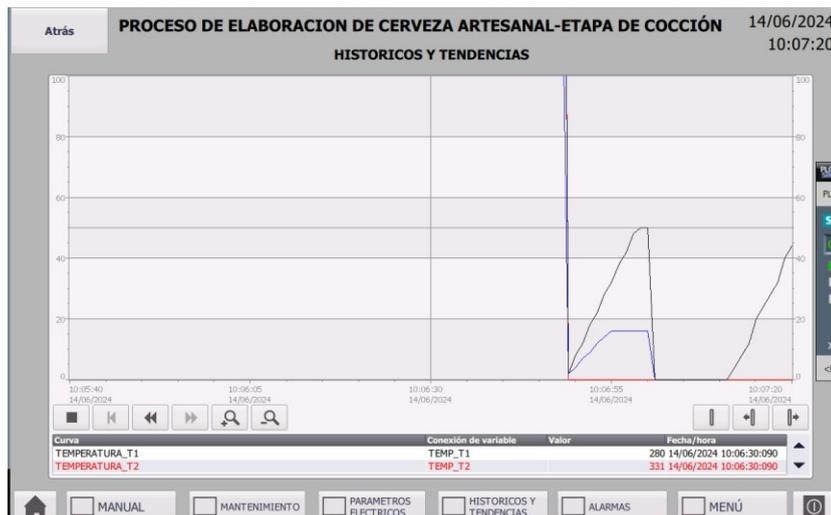


Figura 25. Visualización de tendencias e históricos (Kevin Malán).

2.4 Resultados

Como resultado, hemos diseñado un sistema automatizado para la etapa de cocción en la elaboración de cerveza artesanal, y podemos confirmar que el proyecto ha cumplido con los objetivos, desde la planificación inicial del sistema automatizado, donde se definió minuciosamente la disposición de los componentes, incluyendo la selección estratégica de sensores de temperatura y nivel, así como válvulas y bombas, hasta la configuración en una topología tipo estrella con el PLC como punto central, hemos logrado una estructura sólida y eficaz.

Este sistema automatizado ha permitido un control y monitoreo mejorado de variables críticas como temperatura y nivel durante la fase de cocción. Esto se traduce en la capacidad de observar en tiempo real lo que está ocurriendo en el proceso, asegurando que las electroválvulas y otros dispositivos funcionen de manera automática y precisa.

En cuanto a la programación Ladder para la automatización de la etapa de cocción, se realizó conforme a las necesidades específicas del proceso. Esta programación cumple con los requerimientos del sistema, permitiendo que el proceso se realice de manera automática, manual y en modo de mantenimiento. Estas funcionalidades aseguran una operación flexible y robusta, adaptándose a diferentes condiciones operativas y necesidades de mantenimiento.

La implementación de la HMI ha sido acorde con los requerimientos y se ha diseñado en base a normativas específicas para garantizar que sea fácil de usar e intuitiva para el usuario. Esta interfaz proporciona una visión clara y detallada del sistema, facilitando el monitoreo y control efectivos en un entorno simulado. Además, dispone de alarmas integradas que alertan sobre cualquier irregularidad en tiempo real, mejorando significativamente la seguridad y la capacidad de respuesta ante posibles fallos.

El proceso de validación en el laboratorio permitió asegurar que el sistema automatizado cumple plenamente con las especificaciones y expectativas definidas. Los meticulosos ensayos realizados demostraron que el sistema funciona de manera confiable y precisa, garantizando el cumplimiento de los objetivos planteados.

Conclusiones

Por medio de este proyecto, buscamos simular y automatizar la etapa de cocción la elaboración de cerveza artesanal, la cual es crucial para el desarrollo del sabor distintivo de la bebida. Es importante controlar las variables críticas durante esta fase. Hemos identificado claramente las ventajas tecnológicas que permiten reducir de manera significativa los costos y los tiempos de producción.

Para la integración exitosa de este sistema, fue necesario realizar un estudio exhaustivo de los sistemas existentes para determinar el diseño del sistema industrial es aquí

donde se determinaron cuáles son las variables, actuadores a utilizar y que tan factible era automatizar dicha etapa, Este análisis nos permitió proponer un diseño de automatización que facilita la estandarización del producto, garantizando consistencia y calidad en cada lote de cerveza.

Entender los factores clave, como la temperatura y los niveles, es crucial para desarrollar sistemas que se adapten a las necesidades específicas de cada fase del proceso. Mantener la temperatura dentro de los rangos establecidos por los estándares es fundamental, ya que esto asegura la calidad y uniformidad del producto final.

El software TIA Portal se ha presentado como una opción flexible, sólida y eficaz para programar el PLC S7-1200 utilizando el lenguaje Ladder. Antes de implementar el programa en el hardware real, la capacidad de simular la lógica de control en un entorno controlado permitió identificar y resolver posibles problemas, lo que contribuyó a un proceso de implementación exitoso.

Concluimos destacando los beneficios de la simulación del sistema automatizado para la fase de cocción en el proceso de elaboración de cerveza artesanal ha demostrado varios beneficios potenciales. La integración de esta tecnología podría resultar en un aumento significativo en la velocidad de producción, una reducción de los costos operativos y un mayor control de la calidad del producto, aunque estas mejoras se basan en simulaciones y no en implementaciones físicas, los resultados sugieren que la adopción de sistemas automatizados tiene el potencial de mejorar la eficiencia operativa. Esto podría posicionar a las cervecerías artesanales para satisfacer una mayor demanda sin comprometer la calidad, estableciendo un nuevo estándar en la industria.

Recomendaciones

- Para el desarrollo del programa, es esencial realizar una investigación exhaustiva en proyectos ya existentes, así como en revistas especializadas y páginas web sobre la infraestructura industrial del proceso de elaboración de cervezas. Esta investigación permitirá obtener una comprensión completa.
- Es crucial realizar un análisis minucioso de la viabilidad técnica y económica del proyecto. Llevar a cabo un examen exhaustivo que considere los costos, los beneficios y el retorno de la inversión, nos permitirá determinar si el proyecto es viable y factible de poner en marcha.
- Asegurar que el diseño del sistema cumpla con todas las normas emitidas por los entes de control pertinentes es fundamental. Esto incluye normativas de seguridad, calidad, medio ambiente y cualquier otra regulación específica de la industria cervecera.

- El entorno controlado, en este caso el Laboratorio de Automatización, debe ser más avanzado y detallado para replicar con mayor precisión las condiciones operativas reales.

Referencias

- [1] S. Hughes, «History of Brewing: Beer and Brewing in Ancient Mesopotamia, » New York, NY: Academic Press, 2000.
- [2] S. Sebastián, «Elaboración parte III,» Cerveza SZOT, julio-2015. [En línea]. Available: <https://cervezaszot.wordpress.com/2015/07/31/elaboracion-parte-iii/>. [Último acceso: 12 07 2024].
- [3] Rentabilibar, «Lúpulo: que es y qué aporta este ingrediente a la cerveza,» Rentabilibar, 12 04 2016. [En línea]. Available: <https://www.rentabilibar.es/lupulo-la-flor-mas-cervecera>. [Último acceso: 18 06 2024].
- [4] Bruschini, M. & Quinteros, S, «Planta automatizada de fabricación de cerveza artesanal,» Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, 2020
- [5] A. Delgado, «Montaje y automatización de una planta de cerveza casera,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2019.
- [6] Micet brewing, «Comprender el proceso de ebullición del mosto,» Micet brewing, 09 07 2021. [En línea]. Available: <https://www.micetcraft.com/es/proceso-de-ebullicion-del-mosto/>. [Último acceso: 18 06 2024].
- [7] ChinaVdo, «¿Por qué se hierva el mosto cuando se elabora cerveza?,» ChinaVdo, 29 12 2022. [En línea]. Available: <https://www.vdobrew.com/es/why-is-the-wort-boiled-when-brewing-beer-how-long-to-cook/>. [Último acceso: 18 06 2024].
- [8] E. S. d. C. e. Malte, «Una guía sencilla, básica y completa sobre los tipos de fermentación de la cerveza,» Escola Superior de Cerveja e Malte, 02 06 2019. [En línea]. Available: <https://cervejaemalte.com.br/es/blog/fermentacion-de-la-cerveza/>. [Último acceso: 18 06 2024].
- [9] J. D. Irwin “Automatización y Control de Procesos,» 4ta ed., Alfaomega, México, D.F., 2019.
- [10] D. Mendez, «Ingeniero de automatización: qué hace, desafíos y plazas laborales,» CEUPE, 15 01 2020. [En línea]. Available: <https://www.ceupe.com/blog/ingeniero-de-automatizacion.html>. [Último acceso: 11 06 2024].
- [11] ENFOLD, «Automatización industrial,» [En línea]. Available: <https://ripipsacobots.com/automatizacion-industrial/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [12] G. García, Los sistemas automatizados de acceso a la información bibliográfica: Evaluación y tendencias en la era de internet, Salamanca: Coimbra University Press, 2007.
- [13] Monografías, «Funciones básicas, características y arquitectura de los sistemas automatizados,» [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos107/funciones-basicas-caracteristicas-y-arquitectura-sistemas-automatizados/funciones-basicas-caracteristicas-y-arquitectura-sistemas-automatizados>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [14] Gipuzkoa, «Automatización,» [En línea]. Available: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [15] Kosun Fluid, «El Papel Principal De La Ebullición Del Mosto En La Producción De Cerveza,» 23 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.kosunes.com/news/the-main-role-of-wort-boiling-in-beer-producti-59772481.html>. [Último acceso: 11 Junio 2024].

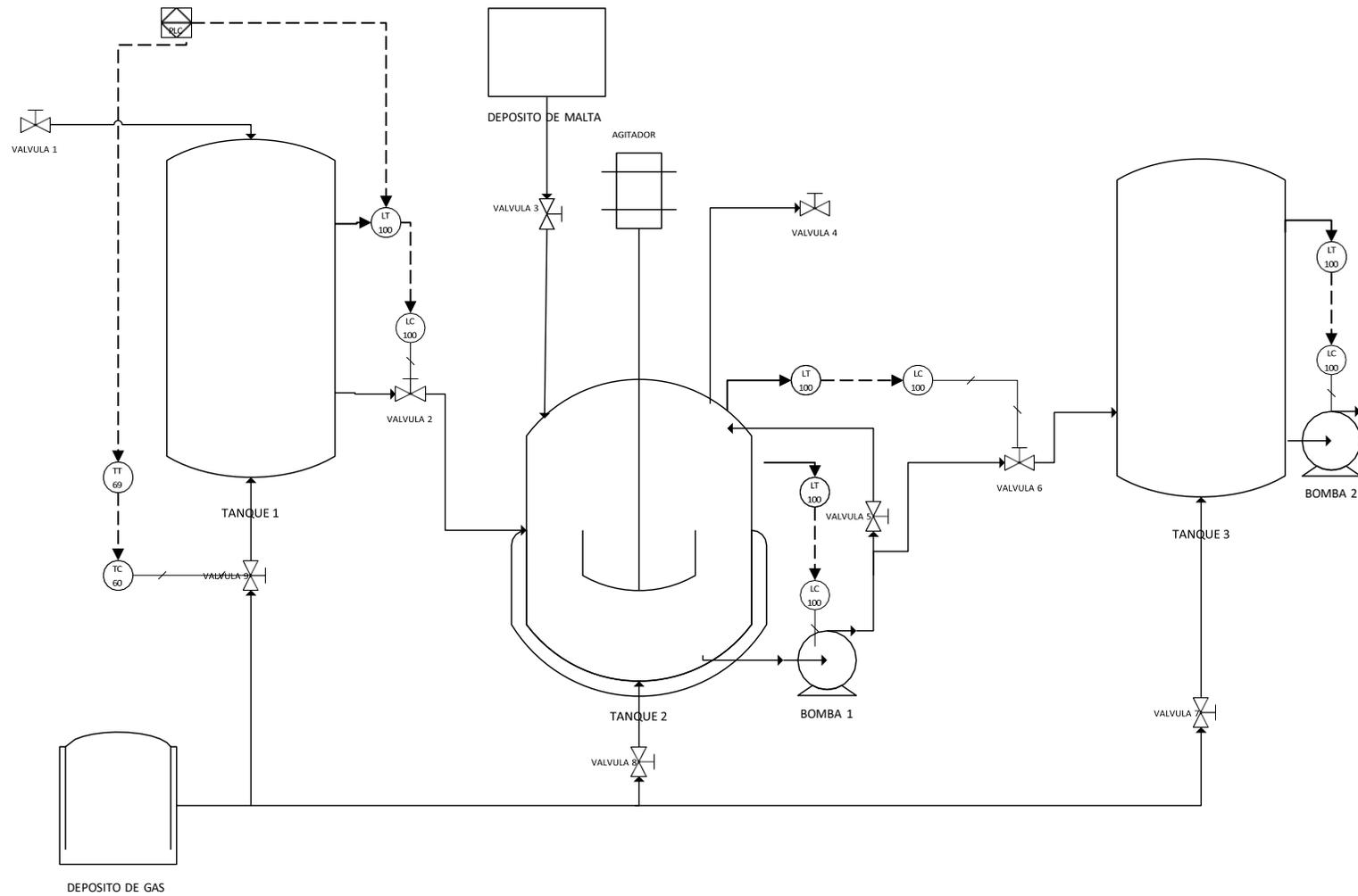
- [16] YoLong, «Importancia de la ebullición del mosto,» [En línea]. Available: <https://yolongbrewtech.com/es/significance-of-wort-boiling-brewery-process/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [17] C. Bamforth, Beer “Tap into the Art and Science of Brewing, » 3rd ed., Oxford University Press, 2009.
- [18] Invia, «Cerveza: elaboración y maquinaria,» 30 Mayo 2014. [En línea]. Available: <http://inviahobby.com/maquinaria-hacer-cerveza-microcerveceria/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [19] GSL Industrias, «¿Qué es un PLC y cómo funciona?,» 1 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [20] EDIMAR, «Sensores industriales: Su importancia en la automatización,» 22 Octubre 2021. [En línea]. Available: <https://www.edimar.com/sensores-industriales-su-importancia-en-la-automatizacion/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [21] SRC, «¿Qué es un PLC? ¿Cómo funciona? ¿Para qué sirve?,» [En línea]. Available: <https://srsl.com/que-es-un-plc/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [22] BOTSTEM, « Digital and analog inputs and outputs on microcontrollers,» [En línea]. Available: <https://www.botstem.eu/es/entradas-y-salidas-digitales-y-analogicas-en-microcontroladores-digital-and-analog-inputs-and-outputs-on-microcontrollers/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [23] S. Altamirano, «Entradas y salidas de un PLC,» [En línea]. Available: <https://blog.suileraltamirano.com/entradas-y-salidas-de-un-plc/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [24] SIEMENS, «¿Qué hay que tener en cuenta cuando se utilizan varias cajas de conexión SIMATIC HMI en una topología lineal?,» 24 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109744576/%C2%BFqu%C3%A9-hay-que-tener-en-cuenta-cuando-se-utilizan-varias-cajas-de-conexi%C3%B3n-simatic-hmi-en-una-topolog%C3%ADa-lineal-?dti=0&lc=es-py>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [25] SRC, «¿Qué es un sensor PT100?,» [En línea]. Available: <https://srsl.com/que-es-un-sensor-pt100/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [26] Bannerengineering, «Serie QT50U,» [En línea]. Available: <https://www.bannerengineering.com/mx/es/products/sensors/ultrasonic-sensors/long-range-ultrasonic-sensors-qt50u-series.html>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [27] A. Iberia, «¿Para qué sirve un actuador? Guía completa y aplicaciones,» 11 Abril 2024. [En línea]. Available: <https://aumaiberia.com/para-que-sirve-un-actuador/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [28] Altecdust, «Válvula solenoide de uso general 3 vías,» [En línea]. Available: <https://altecdust.com/catalogo/31a/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [29] Bermad, «Válvulas de solenoide de 3 vías tipo Latch,» [En línea]. Available: <https://www.bermad.com/es/product/valvulas-de-solenoide-de-3-vias-tipo-latch/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [30] GMK, «¿Qué es un HMI y para qué sirve? (Interfaz Hombre Máquina),» [En línea]. Available: <https://automatizaciones.mx/que-es-un-hmi-y-para-que-sirve-interfaz-hombre-maquina/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [31] SIEMENS, «TIA Portal Updates,» 20 Abril 2016. [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/forum/ec/en/posts/tia-portal-updates/146613>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [32] RECLUIT, «Ladder,» [En línea]. Available: <https://recluit.com/cgi-sys/suspendedpage.cgi>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [33] K. Molina, «Lenguaje de programación,» 14 Abril 2019. [En línea]. Available:

- <https://es.slideshare.net/slideshow/lenguaje-de-programacion-140798232/140798232>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [34] I. Gútiez, «Lenguaje KOP o Ladder: el más usado para programar PLC,» [En línea]. Available: <https://programacionsiemens.com/lenguaje-kop-o-ladder/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [35] Wikipedia, «Lenguaje ladder,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_ladder. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [36] American National Standards Institute, «Normas ISA,» [En línea]. Available: <https://pdfcoffee.com/normas-isa-22-pdf-free.html>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [37] C. Abalco, E. Ávila y C. Báez, «Normas ISA S101,» [En línea]. Available: <https://pdfcoffee.com/normas-isa-s101-4-pdf-free.html>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [38] J. Carballo y D. Romero, «Tutorial Norma iSA S5.1 y diagramas P/ID,» Unidad Tecnológica de bolívar, Cartagena, 2011.
- [39] ISO, «Normas ISO,» [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [40] Schneider Electric, «Schneider Electric Partners with Intel and Applied Materials to Help Decarbonize the Semiconductor Value Chain with New Catalyze Program,» 12 Julio 2023. [En línea]. Available: <https://www.se.com/ww/en/about-us/newsroom/news/press-releases/schneider-electric-partners-with-intel-and-applied-materials-to-help-decarbonize-the-semiconductor-value-chain-with-new-catalyze-program-64ae3205a5de19549d01ca0c>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [41] Enterprise Resource Planning, «Protocolos de comunicación para PLCs,» 6 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/slideshow/protocolos-de-comunicacin-para-plcs/47834352>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [42] Profinet University, «Protocolos PROFINET HMI,» [En línea]. Available: <https://profinetuniversity.com/automatizacion-industrial/protocolos-profinet-hmi/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [43] CISCO, «What Is Network Topology?,» [En línea]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/automation/network-topology.html>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [44] Lifeder, «Topología en estrella: características, ventajas, desventajas,» [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/topologia-en-estrella/>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [45] P. Woolf, «Diagramas de Tubería e Instrumentación - Ubicación de Controles y Estructuras de Control Estándar,» [En línea]. Available: https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Industrial_y_de_Sistemas/Libro:_Din%C3%A1mica_y_Controles_de_Procesos_Qu%C3%ADmicos_%28Woolf%29/04:_Diagramas_de_tuber%C3%ADas_e_instrumentaci%C3%B3n/4.03:_Diagramas_de_Tuber%C3%ADa_e_Instrumentaci. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [46] C. Fernández, D. Yáñez, P. Santander, J. Cea y R. Mery, «Comportamiento del consumidor de cerveza artesanal,» *Revista Global de Negocios*, vol. 5, n° 1, pp. 17-23, 2017.
- [47] A. Ablin, «El mercado de la cerveza,» Alimentos Argentinos, Buenos Aires, 2012.
- [48] D. Méndez, «Ingeniero de automatización: qué hace, desafíos y plazas laborales,» CEUPE, [En línea]. Available: <https://www.ceupe.com/blog/ingeniero-de-automatizacion.html>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [49] SIEMENS, «Totally Integrated Automation Portal – Always ready for tomorrow,» [En línea]. Available: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>. [Último acceso: 11 Junio 2024].

- [50] SIEMENS, «¿Cómo se puede programar una distribución de saltos en S7-SCL?,» 23 Diciembre 2010. [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/18520474/%C2%BFc%C3%B3mo-se-puede-programar-una-distribuci%C3%B3n-de-saltos-en-s7-scl-?dti=0&lc=es-pg>. [Último acceso: 11 Junio 2024].
- [51] «Management of Alarm Systems for the Process Industries,» 2016.
- [52] Wikipedia, «Cerveza,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cerveza>. [Último acceso: 29 Mayo 2024].
- [53] R. Mosher, Tasting Beer “An Insider's Guide to the World's Greatest Drink, » 2nd ed., Storey Publishing, 2017.
- [54] J. Palmer, How to Brew«Everything You Need to Know to Brew Great Beer Every Time, 4th ed, » Brewers Publications, Boulder, CO, 2017.

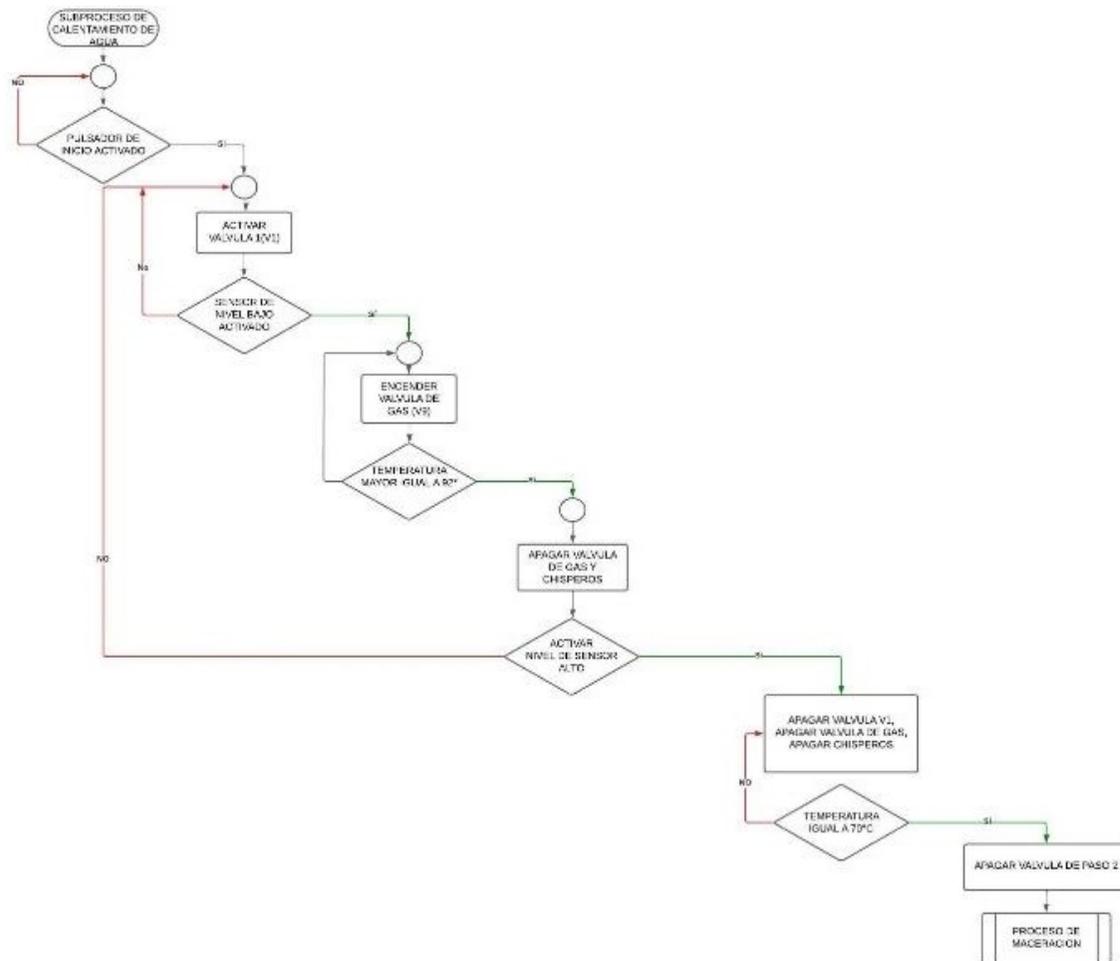
ANEXOS

Anexo 1 Diagrama P&IDs

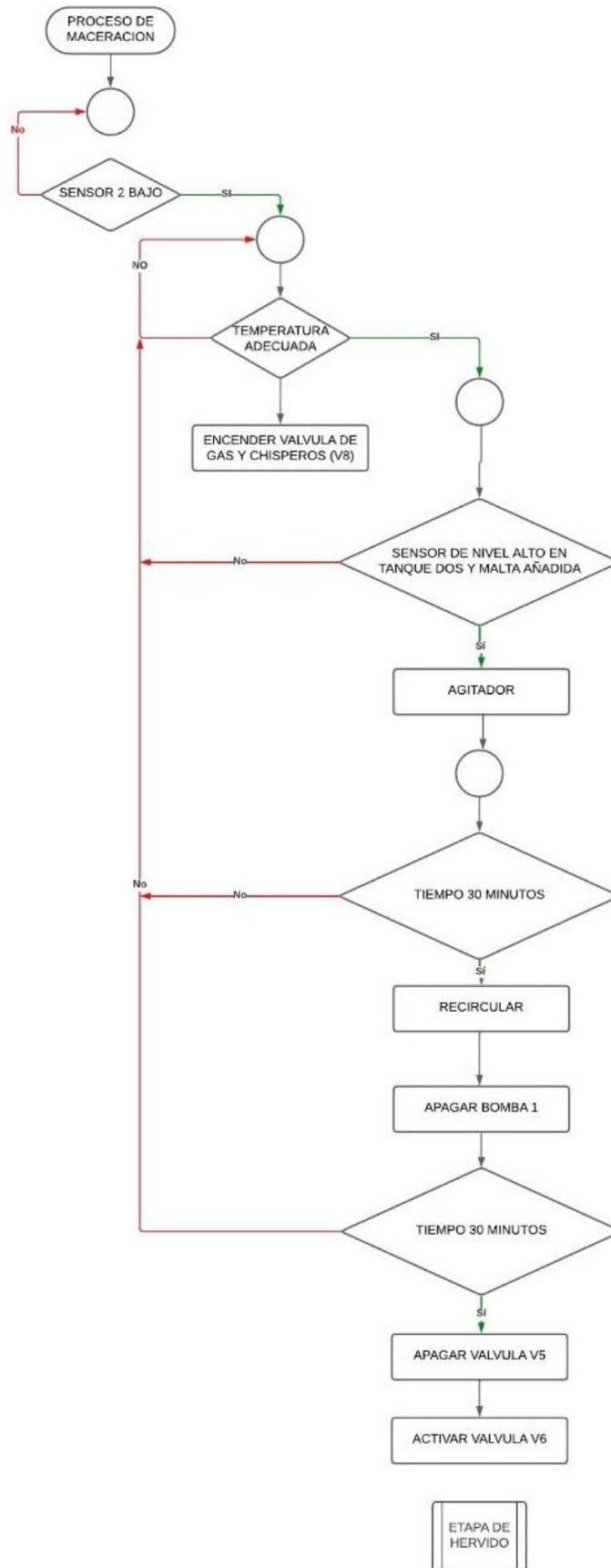


Anexo 2 Diagramas de flujo

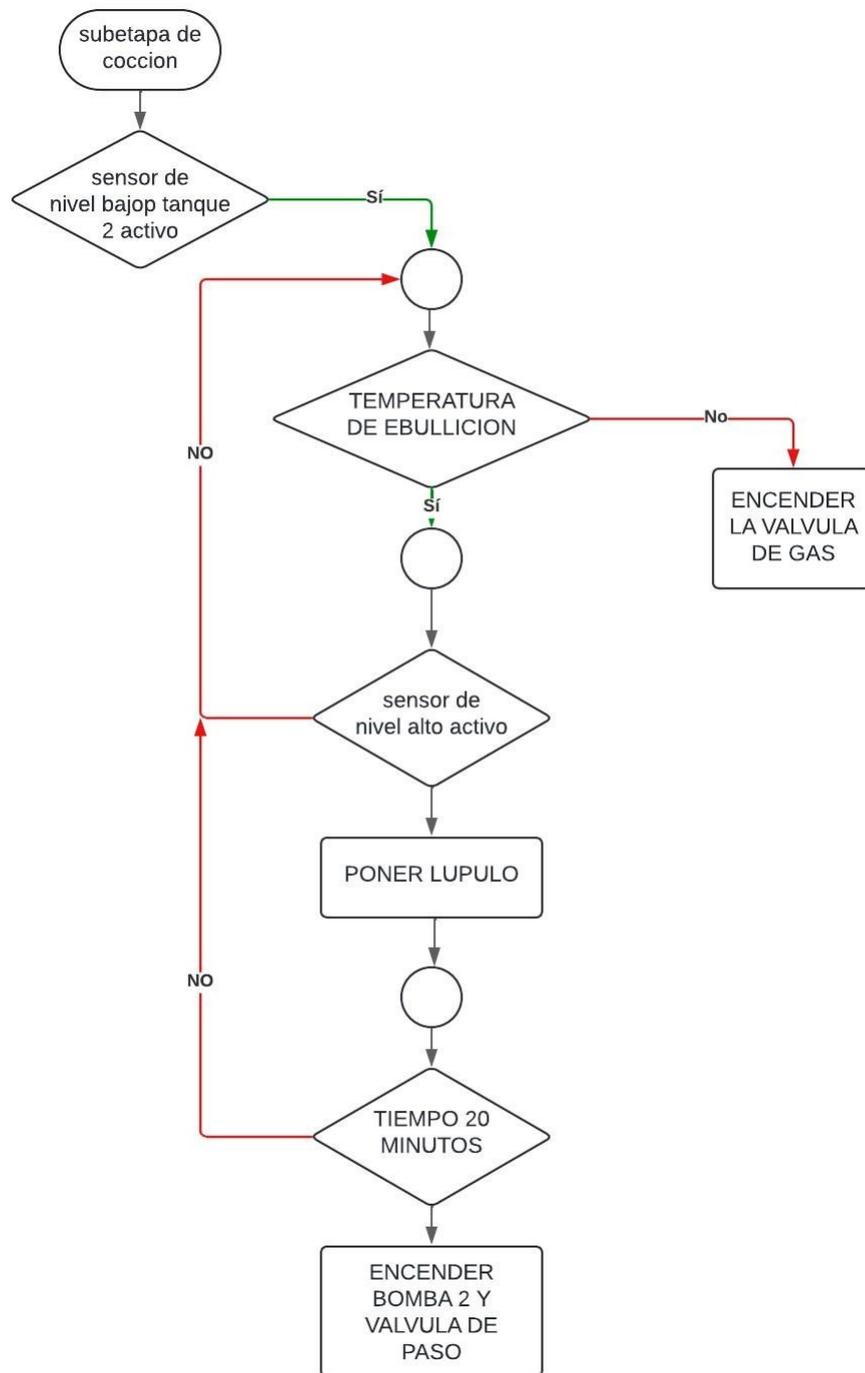
- Diagrama de flujo preparación del agua



- Diagrama de flujo maceración



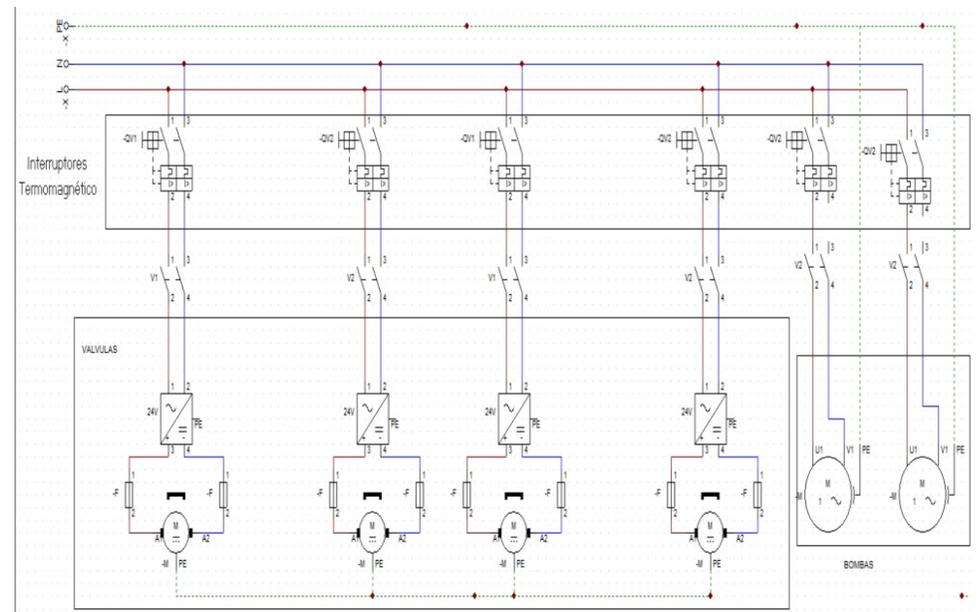
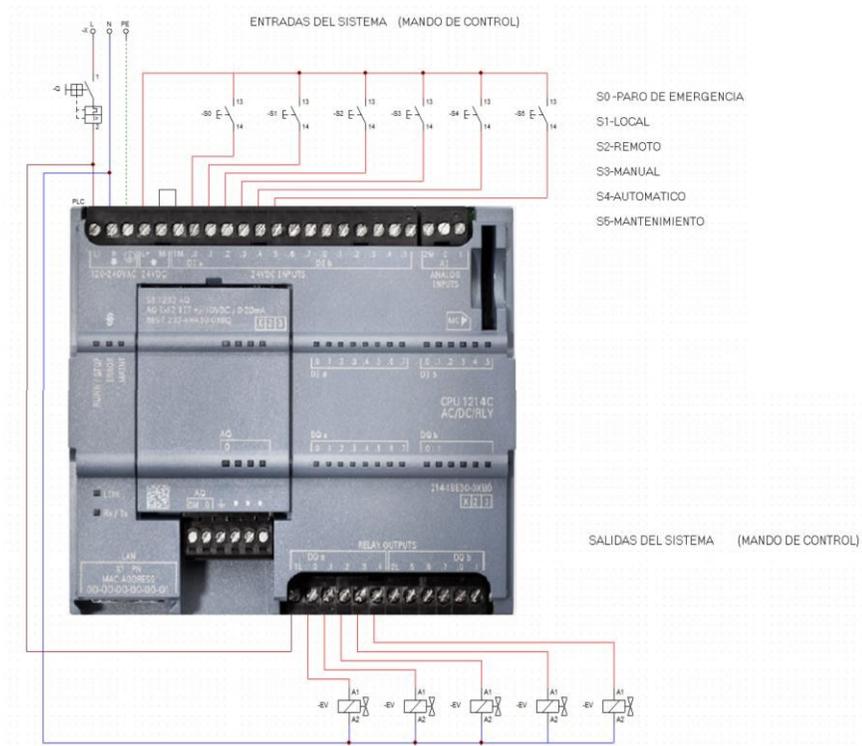
- Diagrama de flujo adición de lúpulo



Anexo 3 Tabla de variables y diagrama eléctrico

TABLA DE VARIABLES AUTOMATICO					
	ENTRADA	VARIABLE ENTRADA	DESCRIPCION	SALIDA	VARIABLE SALIDA
AUTOMÁTICO	PARO DE EMERGENCIA	PE	SE DETIENE TODO EN PROCESO	LUZ PILOTO ROJA	Q0.0
	LOCAL	L_L	ACTIVA MODO LOCAL	LUZ PILOTO VERDE	Q0.1
	REMOTO	ACT_REMOTO	ACTIVA MODO REMOTO	LUZ PILOTO VERDE	Q0.3
	AUTOMATICO	AUTOMATICO_ON	ACTIVA MODO AUTOMATICO	LUZ PILOTO VERDE	Q0.5
	MANUAL	MANUAL_ON	ACTIVAR MODO MANUAL	LUZ PILOTO VERDE	M0.1
	MANTENIMIENTNO	MAN_ON	ACTIVA MANTENIMIENTO	LUZ PILOTO VERDE	M0.2
	NIVEL DE TANQUE 1 BAJO	NT1_BAJO	CUANDO EL NIVEL DE TANQUE 1 ESTE BAJO SE ACTIVA LA VALVULA V1	VALVULA 1	M0.3
	NIVEL DE TANQUE 1 LLENO	NT1_ALTO	CUANDO EL PROCESO SE ACANA EN EL TANQUE 1 PROCEDE A PASAR AL TANQUE DOS POR ESO SE ABRE LA VALVULA	VALVULA 2	M0.4
	NIVEL DE TANQUE 2 LLENO	NT2_ALTO	UNA VEZ QUE EL TANQUE DOS SE ABRE LA V3 PARA DEJAR CAER LA MALTA	VALVULA 3	M0.5
	TRASPASO DE LIQUIDO DE TANQUE 1 A 2	SALIDA_VAPOR	CUANDO EL AGUA PASA DE TANQUE A TANQUE SE ABRE UNA SALIDA DE VAPOR	VALVULA 4	M0.6
	TANQUE 2 LLENO Y PUESTO MALTA	RECIRCULACIÓN	INICIO DE RECIRCULACIÓN	VALVULA 5	M0.7
	FIN DE PROCESO TANQUE 2	TT2_FINAL	DESPUES DE 2 HORAS TERMINA EL PROCESOY SE ABRE VALVULA 6	VALVULA 6	M0.8
	TEMPERATURA TANQUE 1	TT1	SIRVE PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA	VALVULA 7	M1.0
	TEMPERATURA TANQUE 2	TT2	SIRVE PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA	VALVULA 8	M1.1
	TEMPERATURA TANQUE 3	TT3	SIRVE PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA	VALVULA 9	M1.2
TANQUE 2 LISTO	TT2_FINAL	SE ACTIVA LA BOMBA 1 PARA LLEVAR DEL TANQUE 2 AL 3	BOMBA 1	M1.3	
FIN DE PROCESO	TT3_FINAL	UNA VEZ TERMINADO EL PROCESO DE COCCIÓN PASA LA SIGUIENTE PROCESO	BOMBA 2	M1.4	
TABLA DE VARIABLES MANUL					
	ENTRADA	VARIABLE ENTRADA	DESCRIPCION	SALIDA	VARIABLE SALIDA
MANUAL	ACTIVAR BOMBA1	ACT_BOMBA1	SE ACTIVA LA BOMBA 1	BOMBA 1	M1.4
	ACTIVAR BOMBA2	ACT_BOMBA2	SE ACTIVA LA BOMBA 2	BOMBA 2	M1.3
	ACTIVAR V1	ACT_V1	SE ACTIVA LA VALVULA 1	VALVULA 1	M0.3
	ACTIVAR V2	ACT_V2	SE ACTIVA LA VALVULA 2	VALVULA 2	M0.4
	ACTIVAR V3	ACT_V3	SE ACTIVA LA VALVULA 3	VALVULA 3	M0.5
	ACTIVAR V4	ACT_V4	SE ACTIVA LA VALVULA 4	VALVULA 4	M0.6
	ACTIVAR V5	ACT_V5	SE ACTIVA LA VALVULA 5	VALVULA 5	M0.7
	ACTIVAR V6	ACT_V6	SE ACTIVA LA VALVULA 6	VALVULA 6	M0.8
	ACTIVAR V7	ACT_V7	SE ACTIVA LA VALVULA 7	VALVULA 7	M1.0
	ACTIVAR V8	ACT_V8	SE ACTIVA LA VALVULA 8	VALVULA 8	M1.1
ACTIVAR V9	ACT_V9	SE ACTIVA LA VALVULA 9	VALVULA 9	M1.2	

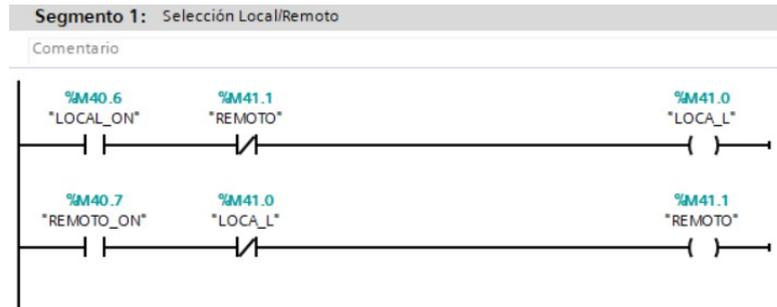
Diagrama eléctrico



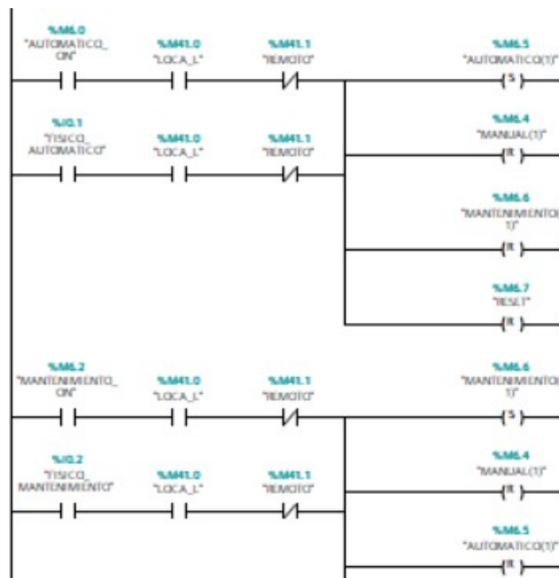
Anexo 4 Programación Ladder

- Bloque de programación principal (MAIN)

Segmento 1: Selección Local/Remoto



Segmento 2: Selección Manual/Automático/Mantenimiento



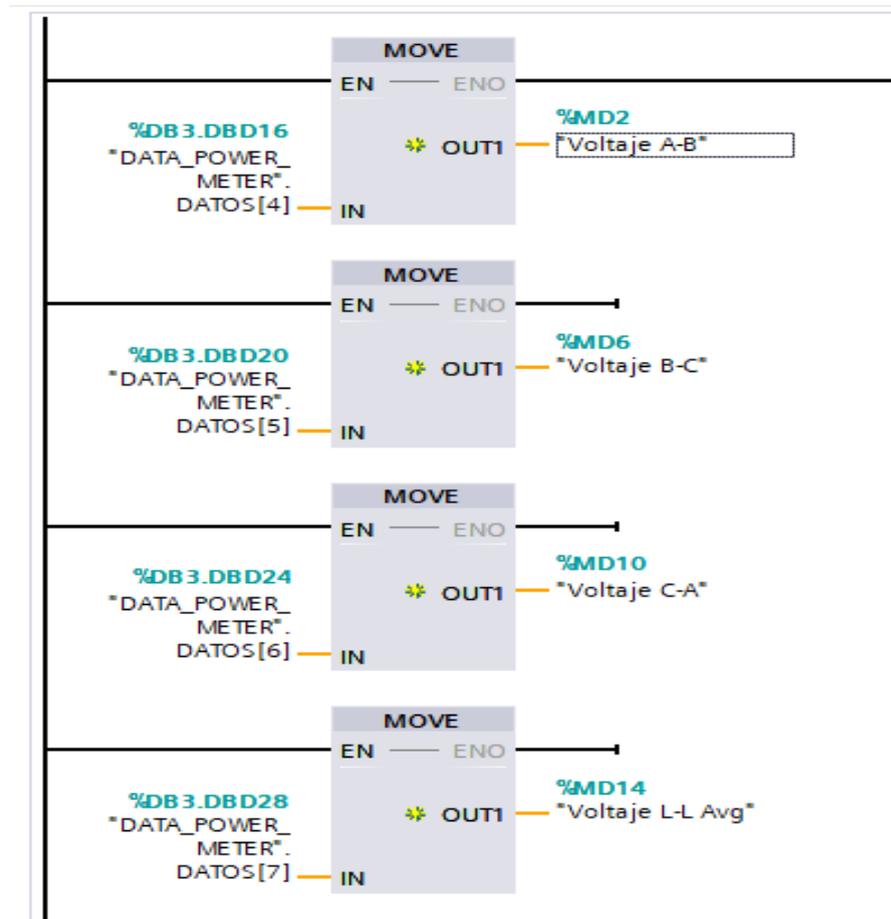
Segmento 3: Selección Manual/Automático/Mantenimiento



Segmento 4: Alarma y avisos

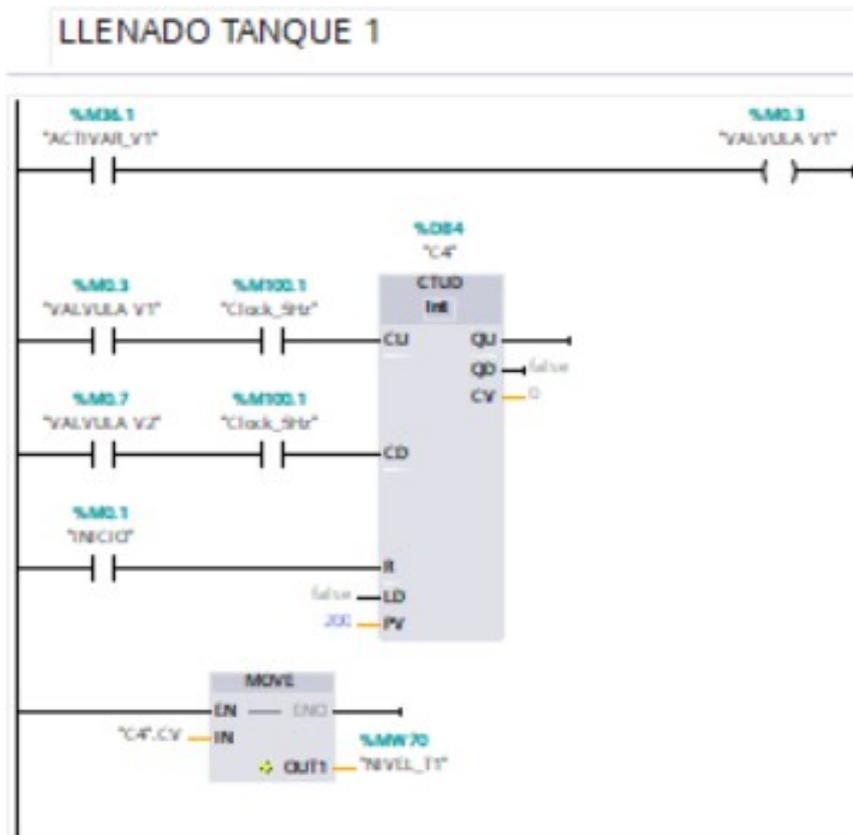


Segmento 5: voltaje de entrada al sistema

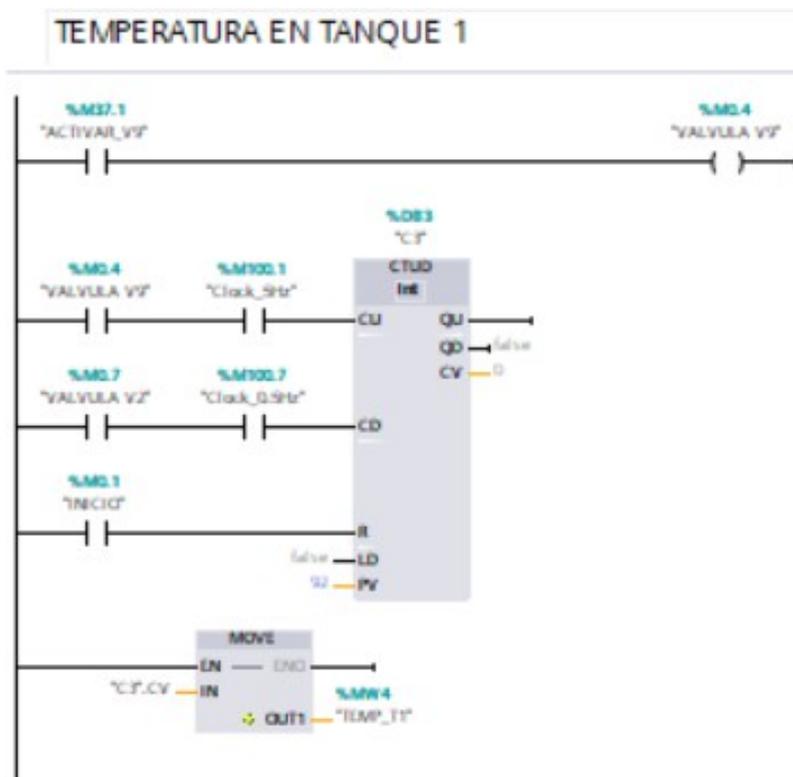


- Bloque de programación (Manual)

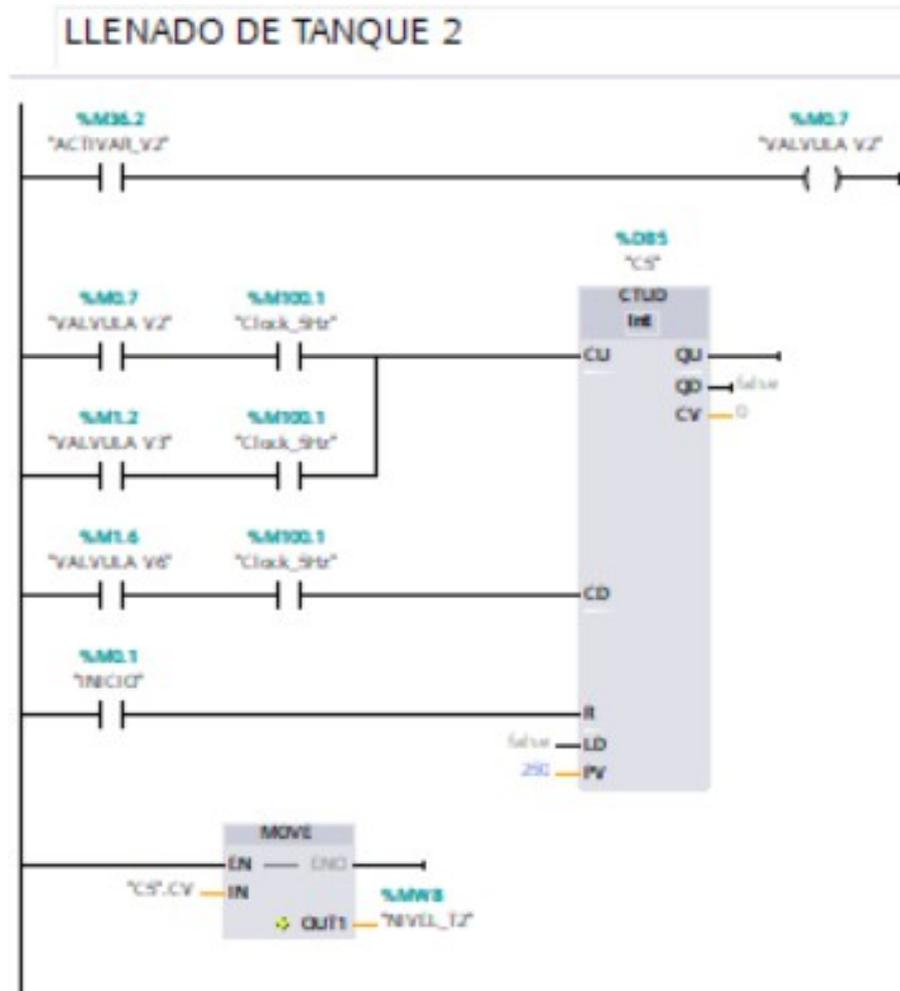
Segmento 1: Llenado de tanque 1



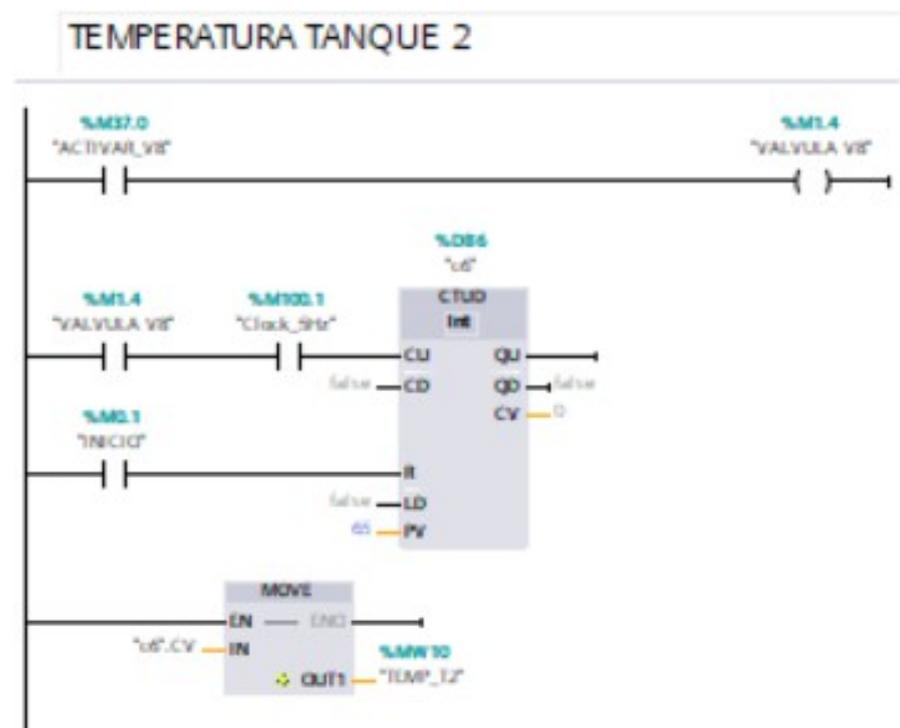
Segmento 2: Temperatura en tanque 1



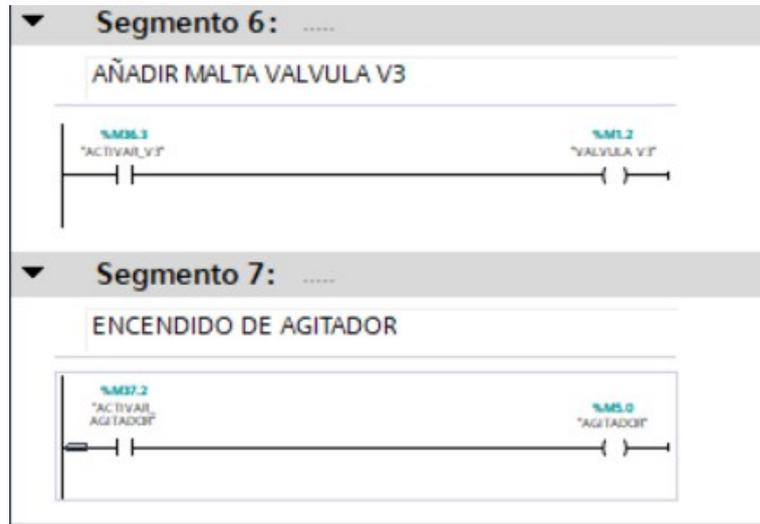
Segmento 3: Llenado de tanque 2



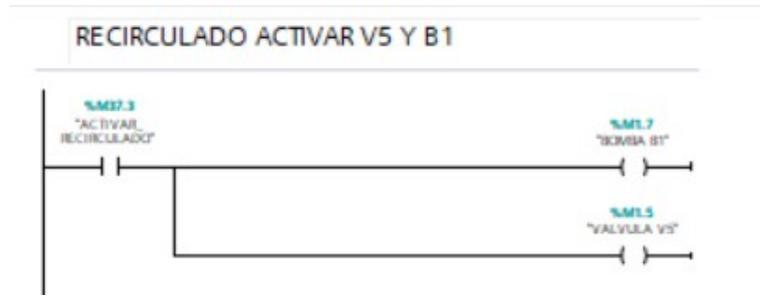
Segmento 4: Temperatura en tanque 2



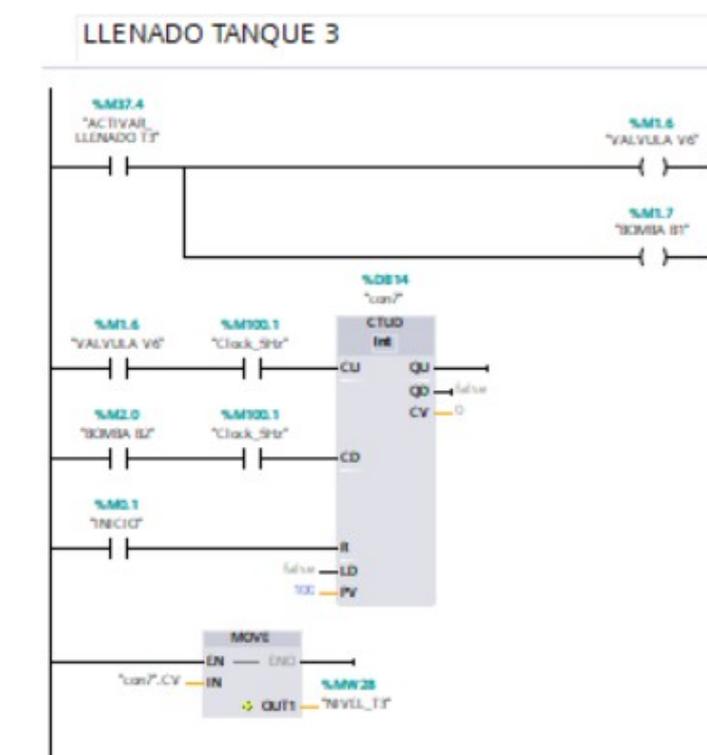
Segmento 5, 6 y 7: Activado por separado de válvulas



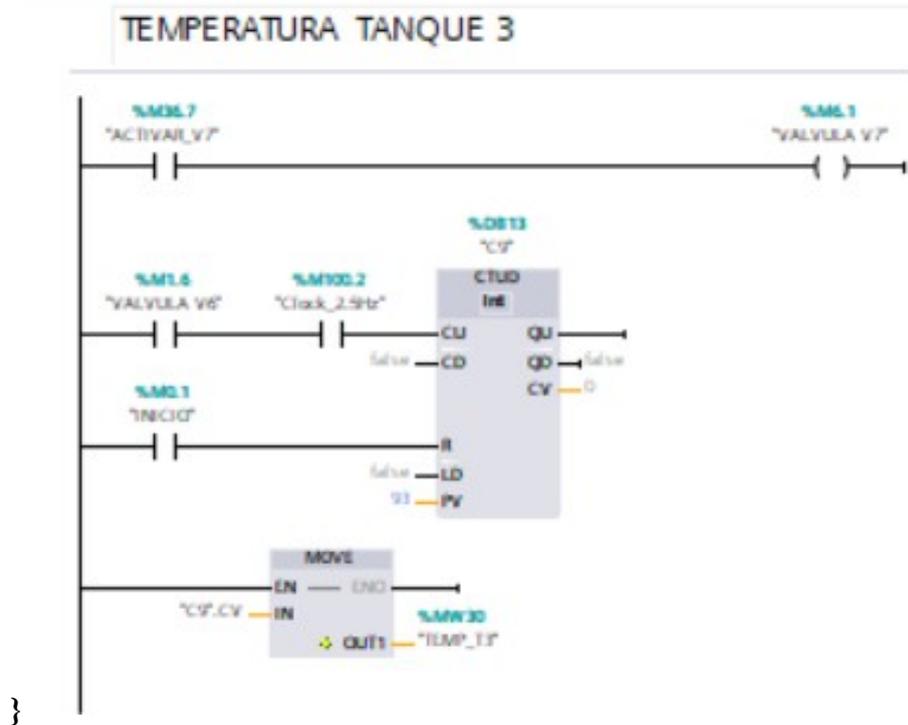
Segmento 8: Recirculado de mosto



Segmento 9: llenado de tanque 3

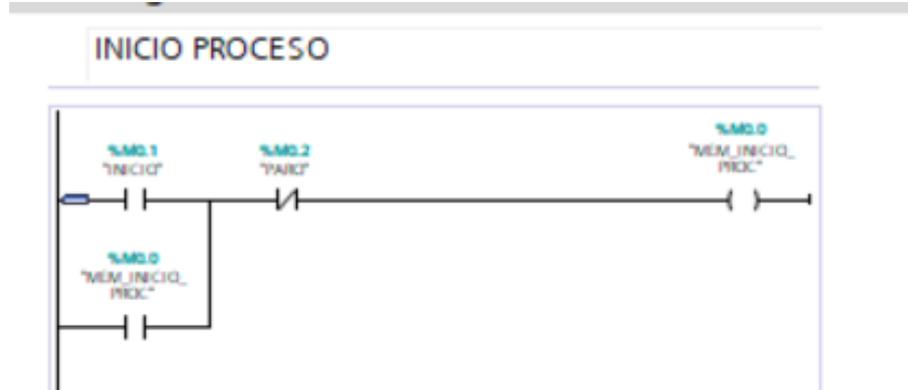


Segmento 10: Temperatura en tanque 3

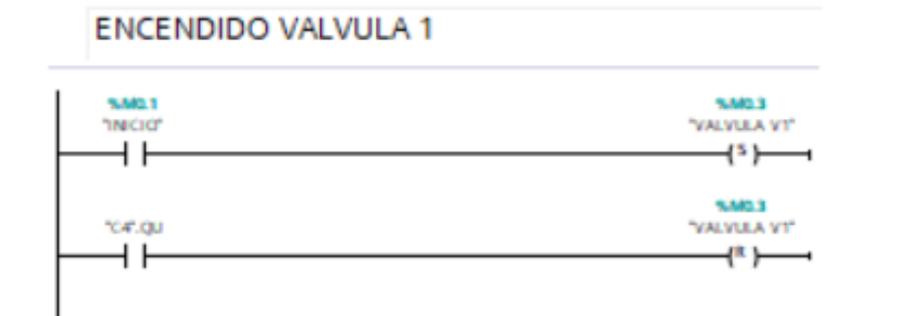


- Bloque de programación (Automático)

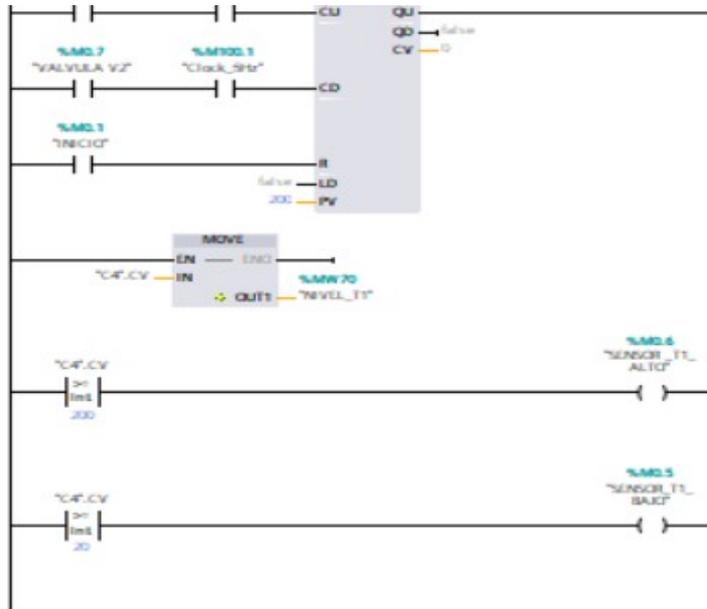
Segmento 1 y 2: arranque del sistema



Segmento 2:

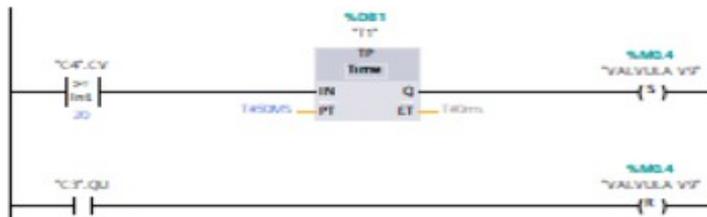


Segmento 3 y 4: llenado de tanque 1



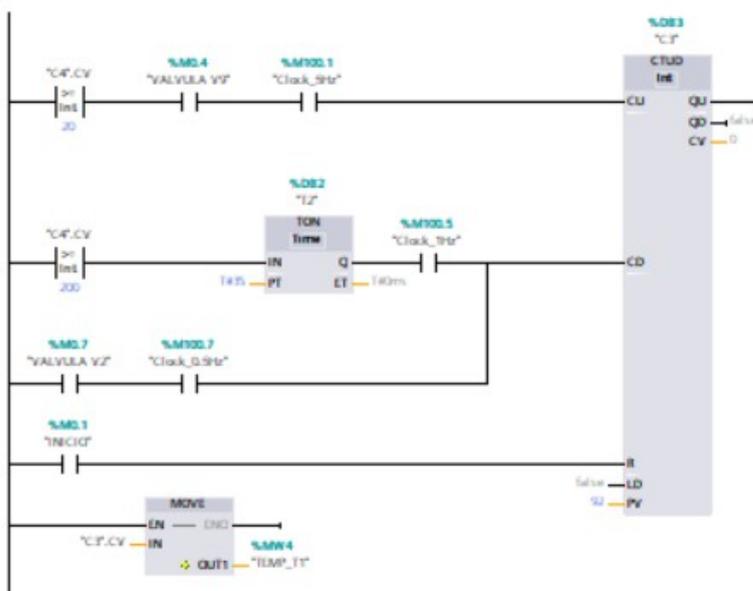
Segmento 4: -----

ENCENDIDO VALVULA 9

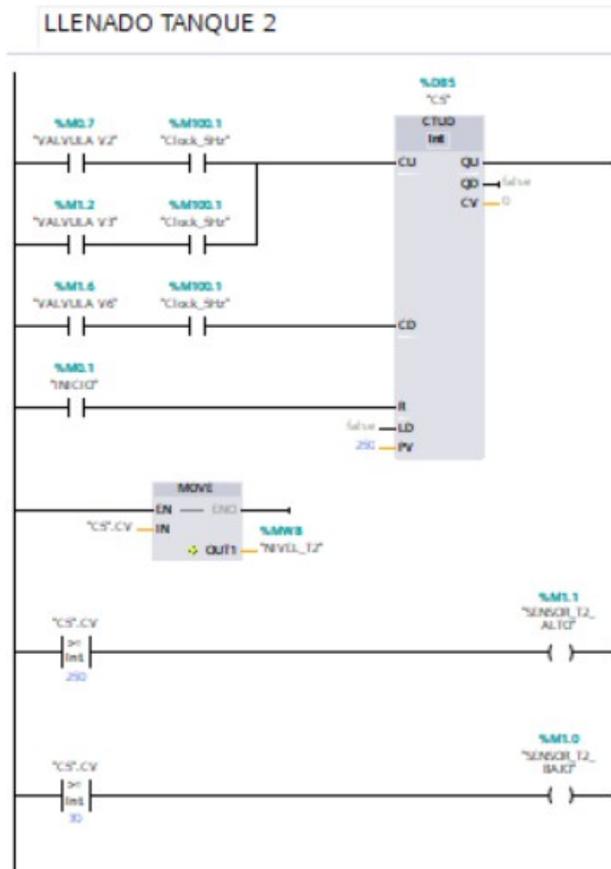


Segmento 5: calentamiento de tanque 1

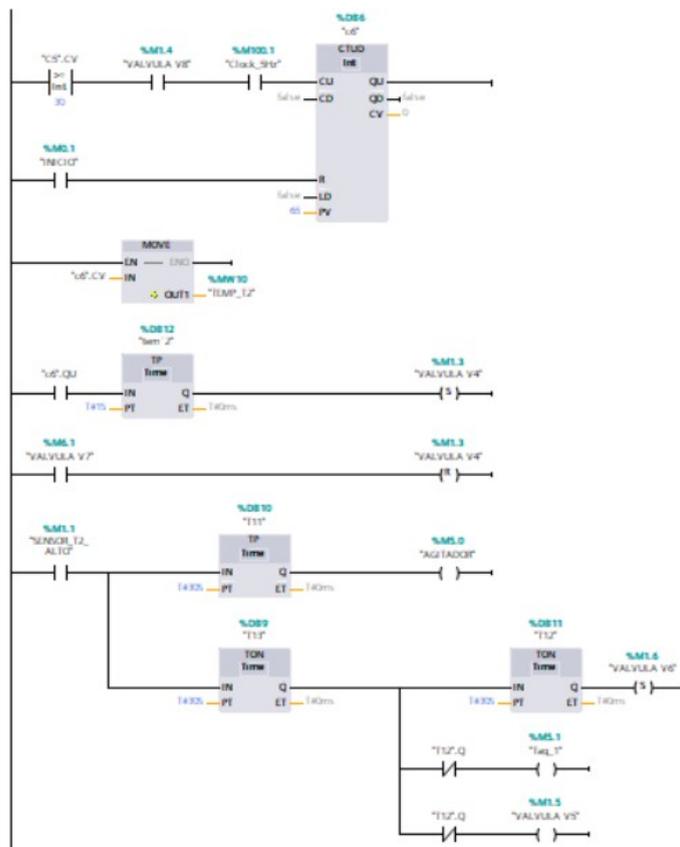
ENCENDIDO VALVULA 9 DE GAS E INICIO DE ELEVACION DE TEMPER...

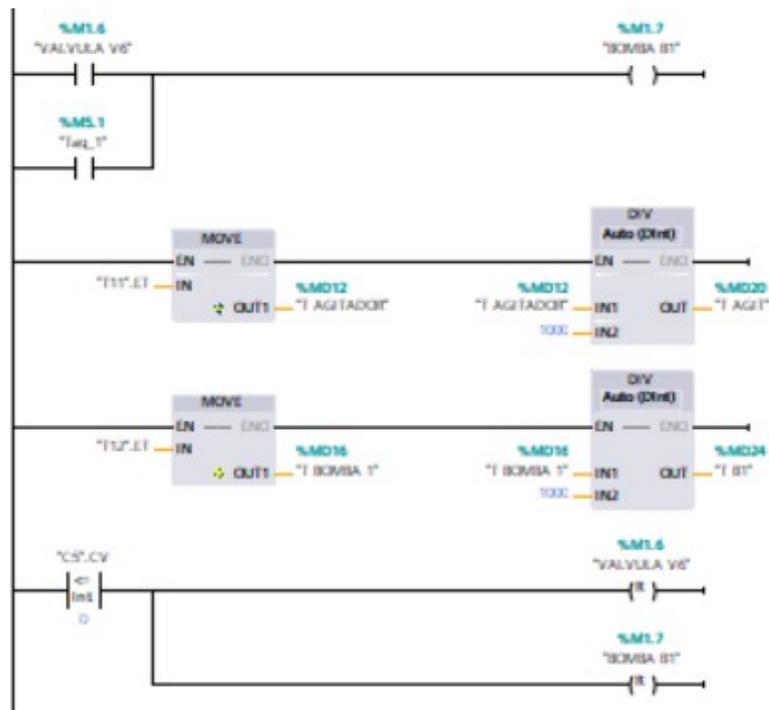


Segmento 6: llenado de tanque 2



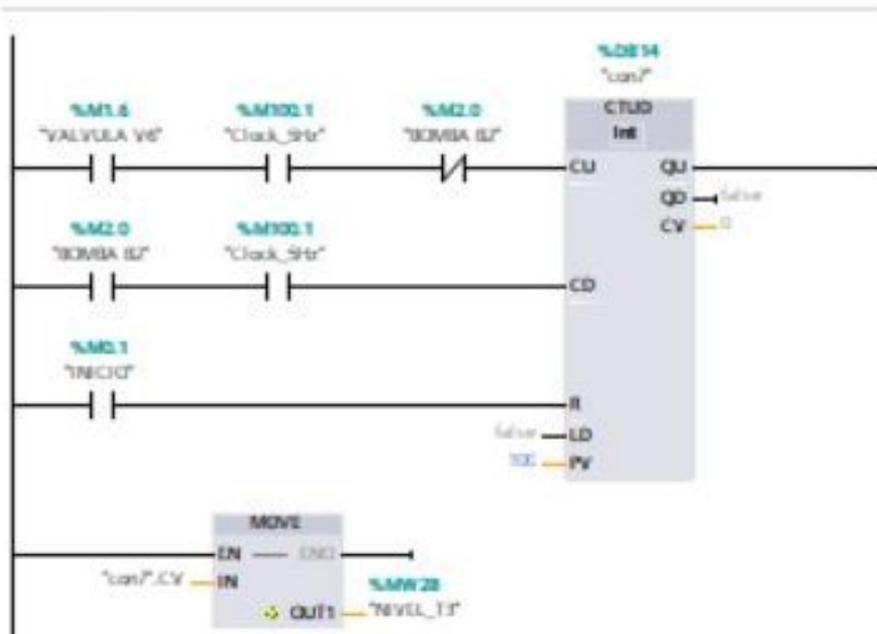
Segmento 7: calentamiento de tanque 2/adición de malta/recirculación



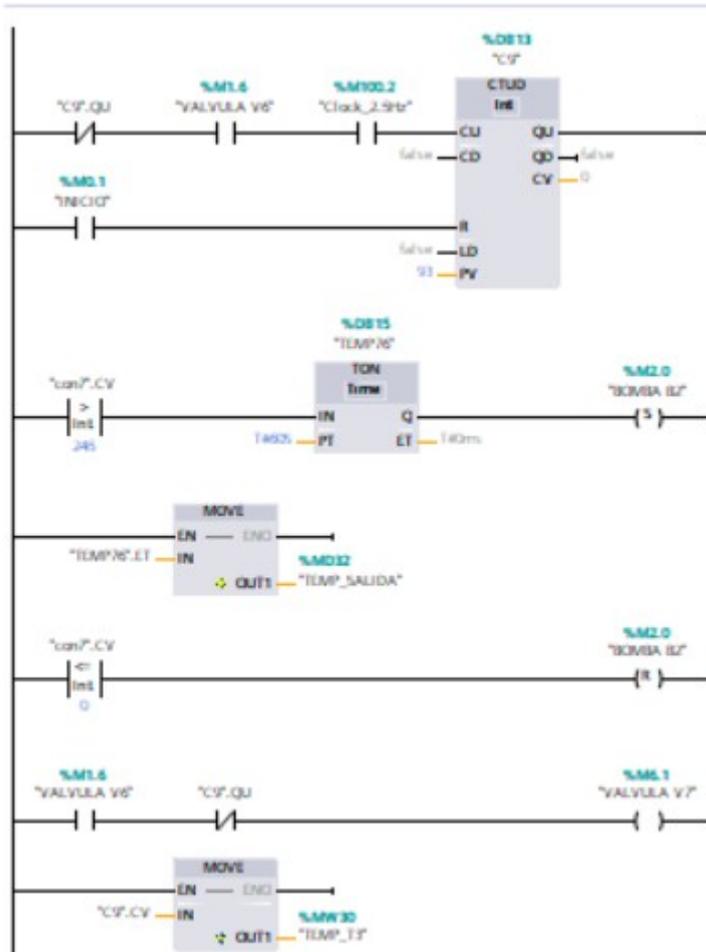


Segmento 8: llenado de tanque 3

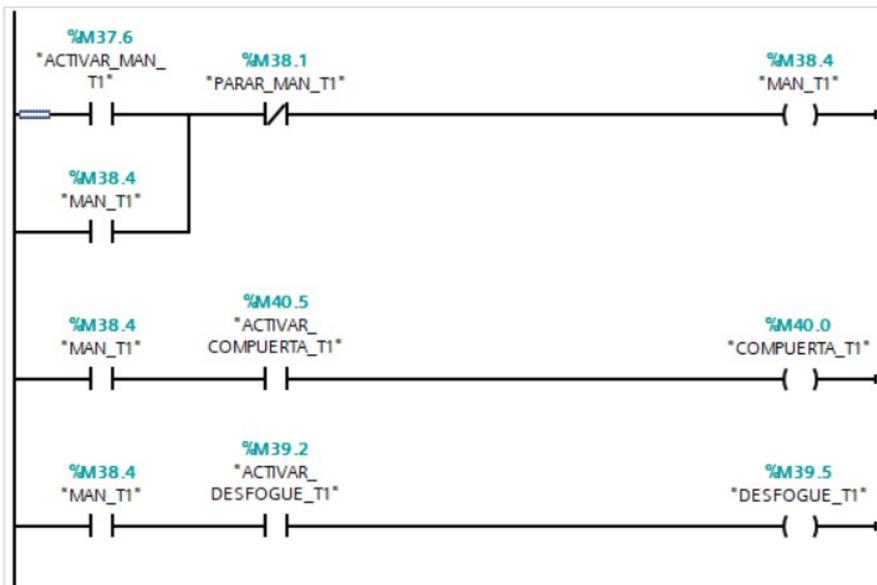
Comentario



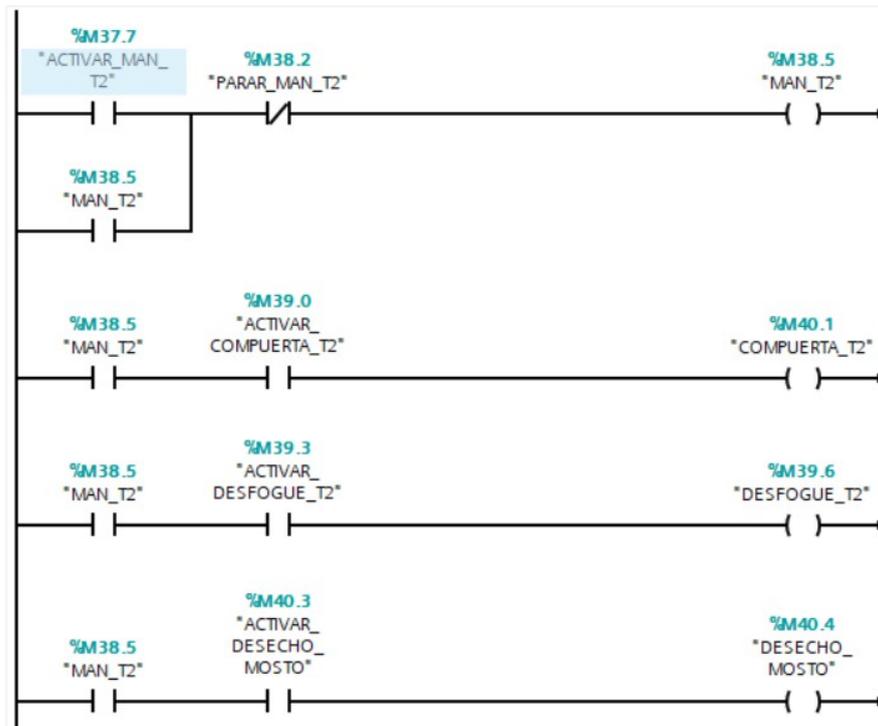
Segmento 9: calentamiento de tanque 3



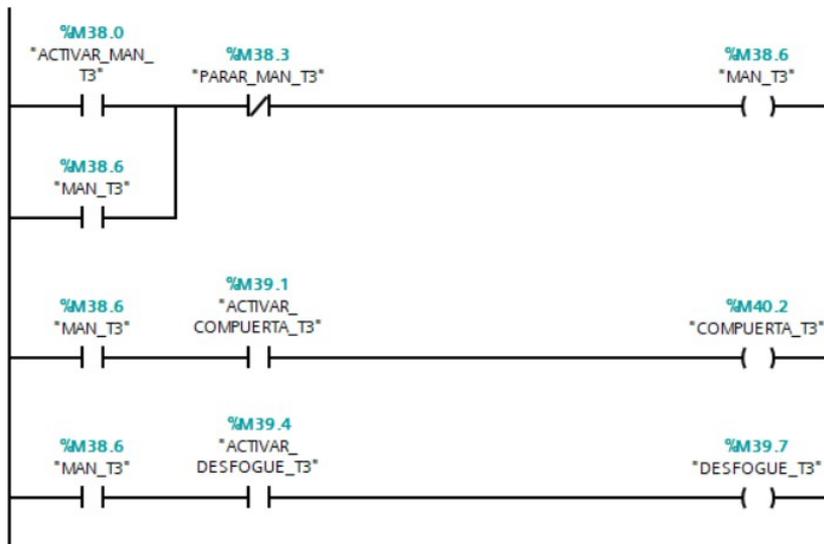
Segmento 1: Mantenimiento tanque 1



Segmento 2: Mantenimiento tanque 2



Segmento 3: Mantenimiento tanque 3



Anexo 5 Análisis de coincidencias (Compilatio)



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

magister

tesina_elaboración_cerveza_artesanal_Malan_Kevin18_06_24

1%
Textos sospechosos



1% Similitudes

- 0% similitudes entre comillas
- 0% entre las fuentes mencionadas
- 0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: tesina_elaboración_cerveza_artesanal_Malan_Kevin18_06_24.pdf

ID del documento: 18911ea607c61dce1a30f14cd597d44b904aace2

Tamaño del documento original: 2,93 MB

Depositante: CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA

Fecha de depósito: 18/6/2024

Tipo de carga: interface

fecha de fin de análisis: 18/6/2024

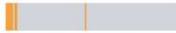
Número de palabras: 14.941

Número de caracteres: 107.009

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1/0623/1/UPSE-TEA-2024-0006.pdf 1 fuente similar	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (124 palabras)
2	 TESINA CARLOS SUÁREZ.pdf TESINA CARLOS SUÁREZ #7f6ac2 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 1 fuente similar	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (126 palabras)
3	 TESINA ERICK ORRALA.pdf TESINA ERICK ORRALA #cbd99b El documento proviene de mi biblioteca de referencias 1 fuente similar	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (97 palabras)
4	 repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1/0624/1/UPSE-TEA-2024-0001.pdf 1 fuente similar	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (94 palabras)
5	 Tesina Mendez Molina Carlos Daniel FINAL.pdf Tesina Mendez Molina C... #8290d1 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 1 fuente similar	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (88 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 TESINA JAIRALA STEEVEN.pdf TESINA JAIRALA STEEVEN #7f15b El documento proviene de mi biblioteca de referencias	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
2	 repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1/0629/1/UPSE-TEA-2024-0005.pdf	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)