



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA**

FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN
COMPLEXIVO.**

Diseño y desarrollo de un sistema automatizado para las etapas de dosificación y mezclado del proceso de elaboración de shampoo en líquido.

Adrian Arturo Muñoz Orrala

Dirigido por

Ing. Carlos Alberto Saldaña Enderica, M.Sc.

La Libertad - 2024

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado con gratitud y especial cariño a mi madre, Orrala Pozo Edith Ofelia, y a mi novia, Madeline Angeline Borbor. Ellas siempre creyeron en mí, me brindaron toda su confianza, y me motivaron a lograr grandes metas mientras me esforzaba cada día más en superarme. También dedico este trabajo a mis profesores del colegio, quienes desde el principio creyeron en mi potencial y me inspiraron a alcanzar grandes logros, siempre que me esforzara y mantuviera claros mis ideales.

Todos y cada uno de estos pilares fundamentales me han formado a lo largo del tiempo. Algunos de ellos fueron mi refugio en días en los que sentía que no podía continuar, pero siempre estuvieron allí, observando cada paso que daba. Hoy en día, siguen apoyándome y viéndome crecer, animándome a continuar con mi travesía en esta vida, que es a la vez larga y breve a la vez.

Adrian Arturo Muñoz Orrala

AGRADECIMIENTO

En este proceso académico, mi más sincero agradecimiento es para mis queridos padres y mis profesores de la universidad, quienes estuvieron al tanto de cada paso que daba y me apoyaron en todo lo que tenía que cumplir.

Gracias al ingeniero Carlos Saldaña, cuya ardua enseñanza me permitió desarrollar habilidades para trabajar bajo presión y adquirir competencias que serán valiosas en el entorno laboral actual. También agradezco al ingeniero Luis Chuquimarca por brindarme su conocimiento y por estar siempre dispuesto a ayudarme cuando no comprendía algo. A todos y cada uno de ellos, les estoy profundamente agradecido.

También agradezco al colega Robert Santos quien estuvo en las buenas y malas brindándome su confianza y apoyo en cada proceso y paso para llegar a ser ingenieros.

Adrian Arturo Muñoz Orrala

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor de examen complejo denominado: Diseño y desarrollo de un sistema automatizado para las etapas de dosificación y mezclado del proceso de elaboración de shampoo en líquido. Elaborado por el estudiante Adrian Arturo Muñoz Orrala de la carrera Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La libertad 3, de julio de 2024




Ing. Carlos Alberto Saldaña Enderica M.Sc.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ph.D. Ronald Humberto Rovira
Jurado.

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

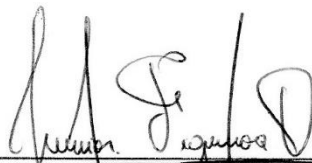


Ing. Luis Enrique Chuquimarca.

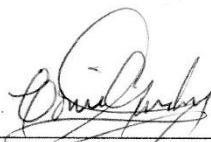
Jiménez, M.Sc.
DOCENTE GUÍA UIC II.



Ing. Carlos Saldaña M.Sc.
DOCENTE TUTOR



Ing. Junior Figueroa, M.Sc.
DOCENTE ESPECIALISTA.



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

RESUMEN

Este trabajo se basa principalmente en el diseño y desarrollo de una interfaz HMI dirigida específicamente a automatizar las etapas de dosificación y mezclado en el proceso de elaboración de shampoo líquido. La propuesta busca monitorear y controlar las variables críticas a través de un sistema automatizado local con el uso de un controlador lógico programable, específicamente un PLC S7-1200 trabajando en conjunto con una interfaz HMI amigable, para que todo operario pueda manipularlo con los debidos permisos de la interfaz.

En determinación con la metodología aplicada investigativa, se obtuvo que las etapas de producción del shampoo líquido se organizan en torno a dos variables medibles principales: el nivel de ácido cítrico y el nivel de agua. Para el ácido cítrico, se realizan mediciones del pH de la mezcla y se ajusta añadiendo la cantidad adecuada de ácido cítrico para alcanzar el pH deseado, además de incorporarlo como uno de los ingredientes finales. En cuanto al agua, se monitorea y controla su nivel antes de la eliminación de impurezas y la calefacción de la mezcla, así mismo en la adición de agentes espesantes y otros ingredientes finales para asegurar la calidad del proceso de producción.

En cuanto a los resultados y conclusiones, se pudo cumplir con todos los objetivos planteados en torno al desarrollo y diseño de la propuesta. Uno de los resultados más notables es que se logró la validación del sistema hombre – máquina en un ambiente controlado (laboratorio de automatización) con el uso de un módulo de prácticas que cuenta con un PLC S7-1200 y una pantalla HMI modelo KTP900 que se simuló a través del componente lógico TIA PORTAL V16. Este componente lógico cuenta con la habilidad de poder simular una pantalla HMI a través de su extensión WINCC, en donde se estableció una comunicación PROFINET TCP – IP. Además, se logró la adquisición de datos como parámetros eléctricos del módulo práctico a través de un detector de parámetros modelo DELTA DPM C530, por medio de la comunicación MODBUS RTU, pero para lograr esta comunicación se empleó además un módulo de comunicación CM 1241 - RS 485.

Palabras Claves: desarrollo, diseño, interfaz, dosificación, mezclado, programación, HMI.

ABSTRACT

This work is mainly based on the design and development of an HMI interface specifically aimed at automating the dosing and mixing stages in the liquid shampoo manufacturing process. The proposal seeks to monitor and control the critical variables through a local automated system with the use of a programmable logic controller, specifically a PLC S7-1200 working in conjunction with a friendly HMI interface, so that any operator can manipulate it with the proper permissions of the interface.

In determination with the applied research methodology, it was obtained that the production stages of the liquid shampoo are organized around two main measurable variables: the citric acid level and the water level. For citric acid, the pH of the mixture is measured and adjusted by adding the appropriate amount of citric acid to reach the desired pH, in addition to incorporating it as one of the final ingredients. As for water, its level is monitored and controlled before the elimination of impurities and the heating of the mixture, as well as in the addition of thickening agents and other final ingredients to ensure the quality of the production process.

As for the results and conclusions, it was possible to meet all the objectives set for the development and design of the proposal. One of the most notable results is that the validation of the man-machine system was achieved in a controlled environment (automation laboratory) with the use of a practice module that has a PLC S7-1200 and an HMI screen model KTP900 that was simulated through the TIA PORTAL V16 logic component. This logic component has the ability to simulate an HMI screen through its WINCC extension, where a PROFINET TCP-IP communication was established. In addition, data acquisition was achieved as electrical parameters of the practical module through a DELTA DPM C530 model parameter detector, by means of MODBUS RTU communication, but to achieve this communication a CM 1241 - RS 485 communication module was also used.

Keywords: development, design, interface, dosing, mixing, programming, HMI.

Contenido

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
APROBACIÓN DEL TUTOR	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
Objetivos	1
Objetivo General	1
Objetivos Específicos	1
Antecedentes.....	2
Justificación.....	3
Alcance del proyecto.....	4
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
1.1.- Marco conceptual.	5
1.1.1.- Ingeniería en sistema de automatización.	5
1.1.2.- La automatización.	5
1.1.3.- Elementos fundamentales en un sistema de automatización.....	6
1.1.4.- Controlador lógico programable, PLC.	6
1.1.5.- Componentes físicos.....	7
1.1.6.- Componentes Lógicos.....	13
1.1.7.- Esquema eléctrico de la lógica del conmutador.....	14
1.1.8.- Ventajas y desventajas de usar el lenguaje LADDER.....	16
1.1.9.- Normativa aplicada en este sistema automatizado de dosificación y mezclado de shampoo líquido.....	17
1.1.10.- Principales puntos que se debe tener al diseñar un sistema automatizado HMI.	19
1.1.11.- Interfaz hombre – máquina, HMI.	20
1.1.12.- Comunicación PROFINET.	21
1.1.13.-Topología de comunicación.	22
1.1.14.- Escala de producción y flujo productivo de la fabricación de shampoo en líquido.	22

1.2.-Etapas primordiales que se va a considerar para la realización de la propuesta automatizada.	23
1.2.1.- Dosificación de la materia prima ingresando al sistema.	23
1.2.2.-Preparación de las bases detergentes y estabilizantes.	24
1.2.3.- Mezclado y eliminación de impurezas.	24
1.2.4.- Adición de ingredientes finales (fragancias, ácido cítrico, agente espesante y conservantes).	25
1.3.- Importancia y beneficios de la propuesta práctica.	26
CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL	27
2.- Plan de desarrollo.....	27
2.1.1.- Factibilidad técnica de la propuesta	27
2.1.2.- Factibilidad económica de la propuesta en caso de implementación.	28
2.1.3.- Metodología	32
2.1.4.- Resultados Esperados.	34
2.2.- Descripción de la solución propuesta.....	35
2.2.1- Descripción del proyecto	35
2.2.2.- Diseño del diagrama de tuberías e instrumentación de la propuesta.....	36
2.2.3.- Diseño de la topología de comunicación entre el HMI.	38
2.2.4.- Lógica de programación para la etapa de mezclado y dosificado de shampoo.....	39
2.2.5.-Segmentos de programación de la estructura del LADDER.	42
2.3.- Pruebas y puesta en marcha del sistema automatizado.	45
2.3.1.- Inicialización del sistema.	45
2.3.2.- Mímica del menú principal.	46
2.3.3.- Modo automático etapa de dosificación y mezclado del shampoo.	46
2.3.4.- Modo manual e ingreso de valores operacionales.....	52
2.2.5.-Parametros eléctricos.	55
2.2.6.- Históricos.	55
2.2.7.- Mímica de estado de bomba en mantenimiento.....	56
2.2.8.- Alarmas y valores operativos.....	57
3.-Resultados y conclusiones.....	58
3.1.1 Resultados.	58
3.1.2.- Conclusiones	59

3.1.3.- Recomendaciones.....	60
ANEXOS.....	63

Índice De Ilustraciones

FIGURA 1: Representación de fuerza de alternancia de bombas	14
FIGURA 2: Circuito de control de alternancia de bombas	15
FIGURA 3: Lenguaje Ladder	16
FIGURA 4:Arquitectura Profinet	21
FIGURA 5: Flujo productivo de elaboración de shampo en líquido	23
FIGURA 6: Dosificación de shampoo	24
FIGURA 7: Mezclado de glicerina	26
FIGURA 8: Diagrama P&ID del proceso de dosificación y mezclado	36
FIGURA 9: Diagrama eléctrico de bombas y el motor mezclador	38
FIGURA 10: Topología de comunicación	38
FIGURA 11;Diagrama de flujo de eliminación de impurezas	40
FIGURA 12: Diagrama de flujo de la etapa de mezclado de ingredientes finales.	41
FIGURA 13: Mímica Usuarios.....	45
FIGURA 14: Mímica del menú Principal	46
FIGURA 15:Mímica Modo Automático	47
FIGURA 16: Mímica primer proceso modo automático, ingreso de agua	47
FIGURA 17: Ingreso de glicerina, ácido cítrico, shampoo neutro a máquina calefactora ..	48
FIGURA 18: Ingreso de ingredientes finales, agente espesante, conservante, saborizantes.	49
FIGURA 19: Calefacción de la mezcla a 60 grados	49
FIGURA 20: Adición de mezcla de ingredientes finales al agua	50
FIGURA 21: Proceso de mezclado de todos los ingredientes para formula general.....	51
FIGURA 22: Descarga de líquidos para proceso de llenado.....	51
FIGURA 23: Entorno manual del proceso	52
FIGURA 24: Ingreso de valores operacionales	53
FIGURA 25: Activación de bomba 1 modo manual	53
FIGURA 26: Accionamiento de bomba 3 modo manual	54
FIGURA 27: Accionamiento de bomba 4 en modo manual	54
FIGURA 28: Visualización de parámetros eléctricos en modo automático	55
FIGURA 29: Observación de curvas de sensores de nivel	56
FIGURA 30: Control de estado de manteniendo.....	56
FIGURA 31: Recambio de estado de bomba auxiliar	57
FIGURA 32: Alarmas de los estados de las bombas	57
FIGURA 33: Diagrama de fuerza bomba 1 modo manual activada.....	63
FIGURA 34: Ejecución modo manual bomba1	63
FIGURA 35: Ejecución modo manual bomba 3 diagrama de potencia.....	64
FIGURA 36: Ejecución de bomba 3 modo manual diagrama de control	64
FIGURA 37: Diagrama de fuerza modo automático	65
FIGURA 38: Diagrama de control automático alternancia de bombas	65
FIGURA 39: Detección de error modo manual.....	66
FIGURA 41: Detector de error modo manual diagrama de control	66
FIGURA 41: Detección de error en diagrama de potencia	67
FIGURA 42: Detección de falla diagrama de control automático	67

FIGURA 43: Tabla de variables	68
FIGURA 44: Diagrama de conexión entre el PLC S7 1200, el HMI TP 900 y el DP C530	69
FIGURA 45: Pantalla de bits de activación de alarmas.	69
FIGURA 46: Codificación de lenguaje LADDER de los controles.	70
FIGURA 47: Marcha y paro del sistema automático.....	70
FIGURA 48: Llenado de agua en taque uno	71
FIGURA 49: Descarga de aditivos y ácido cítrico.	71
FIGURA 50: Verificación de peso	72
FIGURA 51: Descarga de aditivos conservantes y colorantes.....	72
FIGURA 52: Fase de calefacción	73
FIGURA 53: Fase de enfriamiento	73
FIGURA 54: Controlador de nivel de calefacción	74
FIGURA 55: Etapa de descarga y mezclado con el agua previamente ingresada.....	74

Índice de tablas.

Tabla 1: Datos técnicos del PLC S7-1200	8
Tabla 2: Características técnicas del modelo propuesto	9
Tabla 3: Hoja técnica de HMI	9
Tabla 4: Características generales de válvula solenoide	10
Tabla 5: Características generales de contactor.....	11
Tabla 6: Características de motor mezclador	11
Tabla 7: Características generales de bomba TEKNO.....	12
Tabla 8: Características generales del conmutador alterno	12
Tabla 9: Características técnicas de resistencia calificada para mezcladoras	13
Tabla 10: Comparación entre controladores programables.....	28
Tabla 11: Presupuesto de materiales	29
Tabla 12: Presupuesto de conductores catalogados.....	30
Tabla 13: Presupuesto de mano de obra obtenido	31
Tabla 14: Total de presupuesto a emplear en caso de implementación.....	32

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y desarrollar un sistema de control y monitoreo para las etapas de dosificación y mezclado para el proceso de elaboración de shampoo en líquido mediante el uso de un controlador lógico programable PLC.

Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema industrial para la automatización de las etapas de dosificación y mezclado en la elaboración de shampoo líquido.
- Desarrollar la programación Ladder para la automatización en las etapas de dosificación y mezclado en el proceso de elaboración de shampoo líquido usando un controlador lógico programable PLC S7 1200.
- Desarrollar una interfaz gráfica para el control y monitoreo de las etapas de dosificación y mezclado en la elaboración de shampoo líquido usando SIMATIC KT900.
- Probar y validar el sistema industrial de la automatización para las etapas de dosificación y mezclado del proceso de elaboración de shampoo líquido dentro de un ambiente controlado en el laboratorio de automatización.

Antecedentes

La elaboración de shampoo tiene sus orígenes en la antigua Grecia, donde se comercializaban recetas para el cuidado del cabello. A lo largo del tiempo, este proceso se ha ido refinando, pasando de la producción artesanal con plantas y elementos naturales a métodos más avanzados. En la actualidad ya existen empresas mucho más especializadas como Sedal, Avon, SAVITAL que cuentan con más tecnología y enfoque del cuidado y tratado hacia el cabello de los usuarios.

También existen otros fabricantes en la actualidad, como pequeñas empresas que se siguen dedicando a la fabricación de shampoo de manera artesanal, como por ejemplo en la elaboración de shampoo de romero, esta es una planta aromática que se usa mucho en la cocina y en la producción de aceites por su aroma y por las propiedades que brinda [1].

Actualmente existe una marca muy renombrada que es la SEDAL, este producto se hizo famoso por la variedad de presentaciones con los que cuenta y de acuerdo a las necesidades de cada cuero cabelludo, como por ejemplo tiene un producto sedal que se encarga del control de la caspa y otros se encargan de regenerar células madres o reconstrucción del cuero cabelludo, como también cuenta con diferentes tratamientos para fortalecerlos. Todas y cada una de las empresas fabricantes de shampoo cuentan con un proceso de manera similar, ya que la solución es la misma, pero con diferentes beneficios dependiendo de a qué público va dirigido el producto [2].

La automatización de las etapas de dosificación de materia prima y mezclado de shampoo líquido fue un tema que me motivó a profundizar en este proyecto debido a la exactitud y precisión que requiere el proceso. La industria cosmética exige altos estándares de calidad y consistencia en sus productos, lo que hace que la automatización sea una herramienta indispensable para asegurar que cada lote de shampoo cumpla con las especificaciones exactas. Además, la eficiencia y reducción de errores humanos que proporciona un sistema automatizado no solo optimiza la producción, sino que también minimiza los costos y el desperdicio de materiales. Este desafío técnico me permite aplicar y expandir mis conocimientos en control y programación, así como contribuir a una industria que tiene un impacto significativo en la vida cotidiana de las personas. Aunque el proceso de fabricación sigue siendo el mismo, la evolución tecnológica busca acortar estos procesos, optimizando y aumentando significativamente la producción.

Justificación.

La automatización de las etapas de dosificación y mezclado de los ingredientes del shampoo garantiza que cada componente se añada en la cantidad exacta y en el momento adecuado. Esto elimina las ineficiencias inherentes a los procesos manuales, donde la variabilidad humana puede introducir errores y retrasos. Un sistema automatizado puede operar de manera continua y consistente, incrementando la productividad y reduciendo el tiempo de ciclo de producción.

El desarrollo de un sistema automatizado que proporciona información en tiempo real permite la detección inmediata de cualquier anomalía en el proceso de producción. Esto facilita la corrección rápida de problemas antes de que afecten significativamente la calidad del producto o el rendimiento del sistema, mejorando así la eficiencia general de la planta.

La adopción de las normas ISA 101 en el diseño del sistema HMI asegura que la interfaz hombre-máquina sea intuitiva, segura y eficiente. Un sistema HMI bien diseñado, con una lógica jerárquica de control de usuario y una codificación de colores para alarmas, mejora la capacidad del personal para gestionar y supervisar el proceso, reduciendo la probabilidad de errores operativos.

El registro histórico de los parámetros operativos y el comportamiento de los actuadores proporciona una base de datos valiosa para el análisis y la mejora continua del proceso. Esta trazabilidad permite identificar tendencias, diagnosticar problemas recurrentes y tomar decisiones informadas para optimizar el proceso de producción. La visualización en tiempo real del nivel del tanque de agua y la dosificación exacta del ácido cítrico, siguiendo normas como ISO 9001, GMP e ISO 22716, es esencial para asegurar la homogeneidad y calidad del shampoo, minimizando variaciones y defectos en el producto final. Además, esta práctica optimiza la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento, asegurando la operatividad continua de equipos críticos y reduciendo interrupciones. Al mismo tiempo, la seguridad operativa se ve mejorada al minimizar la intervención manual en áreas de riesgo, alineándose con las regulaciones de la OSHA para ambientes de trabajo más seguros.

Alcance del proyecto.

El proyecto de automatización de la producción de shampoo líquido tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia y la calidad del proceso mediante la implementación de tecnología avanzada. Se centrará en las etapas críticas de dosificación y mezclado, utilizando equipos automatizados y sistemas de control sofisticados para garantizar la precisión y uniformidad en la producción. Esto implica la incorporación de dosificadores automáticos para la dosificación precisa de ingredientes clave como el ácido cítrico, así como la instalación de mezcladoras con motores controlados para asegurar una mezcla homogénea. Además, se establecerá un sistema de control distribuido (DCS) que permitirá la supervisión centralizada del proceso y la implementación de algoritmos de control avanzado para optimizar la operación de la planta.

En términos de alcance temporal, el proyecto se divide en varias fases, que incluyen análisis y diseño, comunicación y configuración, pruebas y validación, capacitación y puesta en marcha. Cada fase tiene su propia duración estimada, lo que permite una planificación adecuada y una ejecución eficiente del proyecto. Además, se identificarán y abordarán las limitaciones y exclusiones del proyecto, como la dependencia de la disponibilidad de equipos y tecnologías, así como posibles interrupciones durante la fase de ejecución.

Se adoptarán normas y regulaciones pertinentes, como ISO 22716:2007 para garantizar la calidad y seguridad del producto final y la norma ISA 101 que garantiza un entorno Humano máquina adecuada. Este proyecto de automatización tiene como objetivo mejorar significativamente la eficiencia, precisión y calidad en la producción de shampoo líquido, mediante el control preciso del nivel de agua en el tanque, el nivel de ácido cítrico y la temperatura durante el proceso de producción. Al optimizar estas variables críticas, se asegura un suministro constante y preciso de los ingredientes, una fórmula equilibrada y una consistencia adecuada del producto final, lo que permite satisfacer las demandas del mercado de manera más efectiva y competitiva.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

1.1.- Marco conceptual.

1.1.1.- Ingeniería en sistema de automatización.

La ingeniería en sistemas de automatización es una disciplina que se dedica al diseño, implementación y gestión de sistemas automatizados para optimizar y controlar procesos industriales y de producción. Esta ingeniería integra diversas tecnologías como sensores, controladores, actuadores y software para automatizar tareas que tradicionalmente requerían intervención humana, aumentando la eficiencia, precisión y seguridad de los procesos. En la producción industrial, por ejemplo, permite la supervisión en tiempo real de variables críticas como niveles de tanques y dosificación de ingredientes, asegurando la consistencia y calidad del producto final conforme a normas como ISO 9001 y GMP.

1.1.2.- La automatización.

La automatización se define como el proceso mediante el cual se utiliza tecnología y sistemas que llevan a cabo tareas automáticamente, sin la necesidad de la intervención humana directa. En el contexto de los procesos industriales, implica la implementación de maquinaria, controladores lógicos programables (PLC), sensores como también de software especializado para controlar y supervisar las operaciones. El objetivo de la automatización es mejorar significativamente la eficiencia, seguridad y la calidad de los procesos, reduciendo la intervención humana y optimizando recursos.

La automatización opera mediante un proceso de retroalimentación, en el cual el sistema modifica sus ajustes según la información recopilada del entorno con el fin de alcanzar un control óptimo y altamente seguro. Este mecanismo de retroalimentación posibilita la corrección y adaptación del sistema ante cambios tanto internos como externos, asegurando un desempeño eficaz y preciso [3].

1.1.3.- Elementos fundamentales en un sistema de automatización.

Estructuralmente, los componentes esenciales en un sistema básico de automatización son vitales y esenciales para su correcto funcionamiento, ya que gracias a ellos se obtienen mucha información del entorno donde va a estar ubicado. Este sistema se construye recopilando datos del entorno mediante sensores y otros sistemas de medida. Estos datos son luego procesados por un controlador lógico programable (PLC), el cual emite señales a los actuadores, tales como motores, válvulas, cilindros y relés. Estos actuadores llevan a cabo acciones físicas y exactas para controlar el proceso o la maquinaria en campo. Los sensores pueden ser dispositivos como termopares, sensores de presión, transmisores de temperatura o sensores ciegos, entre otros.

Para satisfacer las demandas de los procesos industriales, los sistemas automáticos han evolucionado desde métodos históricos que dieron inicio a todo hasta métodos mucho más actuales y complejos con más requerimiento, como el uso de relés, hacia técnicas digitales más avanzadas y eficientes. Actualmente se cuenta con el controlador lógico programable (PLC) que ha dado paso a controlar de manera más fácil y precisa procesos mucho más completos, yendo desde controlar la velocidad de un motor controlando su frecuencia a través de un variador de frecuencia hasta controlar procesos enteros en una planta solo a través de un lenguaje de programación impuesto por el PLC [4].

1.1.4.- Controlador lógico programable, PLC.

Es un dispositivo electrónico utilizado en sistemas de automatización industrial para controlar maquinaria y procesos de producción capaz de trabajar en distintos ambientes industriales debido a las protecciones contra polvo, agua dependiendo del diseño al que está fabricado y su capacidad rigiéndose a las normas establecidas.

Sus componentes se detallan a continuación:

- Fuente de alimentación: es la encargada de suministrar la energía necesaria al PLC y a los distintos dispositivos conectados.
- CPU: es la unidad central de procesamiento encargada de ejecutar el programa, además de procesar la información.

- Entradas y Salidas: abreviadas comúnmente como E/S y son los conectores que se encargan de la comunicación entre el PLC y los distintos dispositivos del proceso.
- Memoria: aquí es donde se almacena dicho programa de control y los datos temporales y necesarios para su ejecución y procesamiento.

También es necesario mencionar los diferentes lenguajes de programación que existen y operan en el PLC, como son los que se muestran a continuación [5].

Los sistemas de automatización utilizan diferentes lenguajes de programación para interactuar tanto con los controladores, actuadores como también con los sensores y llevar a cabo acciones específicas. Entre ellos, se encuentran el lenguaje de diagramas de funciones, que a su vez proporcionan instrucciones textuales directas a la máquina para su decodificación y ejecución eficiente de tareas previamente asignadas; por otro lado, el lenguaje booleano, emplea operadores lógicos y matemáticos para controlar señales binarias, asegurando la integridad de los datos mediante procesos de codificación y decodificación; y por último se tiene el lenguaje de LADDER, conocido comúnmente como de escalera, este es ampliamente usado en la programación de PLC, estos dispositivos tienen terminales de entrada que se conectan a diversos elementos como pulsadores, finales de carrera y detectores. También cuentan con terminales de salida que se conectan a bobinas de contactores y electroválvulas. Estos últimos se activan según el programa que se haya almacenado, funcionando de manera correspondiente en cada momento [5].

1.1.5.- Componentes físicos.

- **Controlador PLC S7-1200.**

Es un aparato electrónico que te permite supervisar una diversidad de procesos para diferentes propósitos. Se compone principalmente de tres elementos: la unidad central de procesamiento (CPU), los módulos de entrada y salida, y el software de programación. Este aparato presenta una serie de atributos como una gran velocidad y precisión en su funcionamiento, así como una flexibilidad que le permite ajustarse a una amplia variedad de necesidades. Además, cuenta con medidas de seguridad integradas para garantizar la

protección adecuada [6]. Los detalles característicos se muestran en la **tabla 1**.

Tabla 1: Datos técnicos del PLC S7-1200

DATOS TÉCNICOS	
MODELO	CPU 1212C AC/DC/relé
Intensidad	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corrientes de entradas digitales (24V DC)	4 mA/entrada utilizada
Memoria de usuario	25 KB de memoria de trabajo
E/S digitales	8 entradas/6 salidas
E/S analógicas	2 entradas
Tamaño de memoria	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q).

- **Módulo de comunicación Siemens 6ES7241-1CH32-0XB0 CM 1241, 6ES7 241-1CH32-0XB0**

El controlador lógico programable PLC de la marca de Siemens S7-1200 tiene la capacidad de establecer comunicación con otros dispositivos mediante los protocolos RS422/485 y RS232, como se observa en la **tabla 2**. Estos módulos pueden ser configurados tanto como maestros o esclavos, permitiendo así su integración en diferentes configuraciones de red. Si se elige configurarlos como maestros, se puede emplear el protocolo MODBUS para una comunicación eficiente y efectiva con otros dispositivos en la red. Esto ofrece una amplia versatilidad en la conectividad del PLC, lo que facilita su integración en sistemas industriales y su adaptabilidad a diversas necesidades de comunicación [7].

Tabla 2: Características técnicas del modelo propuesto

Módulo de comunicación RS 485	
Tipo	6ES7241-1CH32-0XB0 CM 1241, 6ES7 241-1CH32-0XB0
Comunicación	Modbus
puertos	9-pin Sub-D (socket)
Protección	IP67, IP68
alimentación	24vDC
Consumo de corriente	220Max

- **Panel HMI táctil.**

Se eligió este tipo de Panel HMI Siemens KTP900 Basic PN - 6AV2123-2JB03-0AX0 el cual tiene unas proporciones de 9 pulgadas y está diseñado para aplicaciones de automatización industrial y además de contar con botoneras, también es una pantalla táctil y muy compacta al igual que versátil. Es un dispositivo que se le puede comunicar a través de WINCC del paquete de TIA PORTAL V16.

A continuación, los detalles técnicos de la pantalla HMI se exponen en la **tabla 3**.

Tabla 3: Hoja técnica de HMI

Características de Panel HMI Siemens KTP900 Basic PN - 6AV2123-2JB03-0AX0	
panel	Basic panel
Manejo	Con teclado/pantalla táctil
Tamaño de pantalla	pantalla LCD 9"
Conectividad	INTERFAZ PROFINET
Accesibilidad	WinCC BASIC V16/ STEP7 BASIC V16

- **Electroválvula.**

Esta válvula solenoide será la encargada de dejar pasar los fluidos tanto de agentes espesantes o aditivos finales como también brindar el paso del agua al reservorio donde se verterá los componentes para su respectiva disolución.

De este tipo de válvula solenoide se contará con 5 en las cuales estarán repartidas entre la dosificación de materia prima, las adiciones de aditivos finales, la adición del agua, la adición de mezcla homogénea tras pasar por la eliminación de impurezas y la descarga.

A continuación, se muestra en la **tabla 4** la hoja de datos de la válvula solenoide antes sugerida, indicando las características necesarias a tomar en consideración en la propuesta.

Tabla 4: Características generales de válvula solenoide

Características generales de válvula solenoide woljay	
Tipo de contacto	NO – normalmente abierta
Modelo	2w-250-25k
Presión de funcionamiento	0.0 – 22.0 lb/cm ³
Medio de trabajo	aire, agua, aceite.
Voltaje	24 V DC

- **Contactador SCHNEIDER ELECTRIC de 220 VAC 25 A.**

Es un dispositivo eléctrico utilizado para controlar el flujo de corriente en circuitos de alta potencia ya que puede trabajar con una capacidad máxima de corriente de 25 amperios y está diseñado para trabajar con un voltaje nominal de 220 voltios en corriente alterna. Se puede decir que este componente es fundamental en aplicaciones industriales y comerciales dado que ofrece un control seguro y eficiente de motores eléctricos, sistemas de calefacción, arranque de bombas y otras cargas pesadas. Este equipo cuenta con una bobina de control que activa los contactos principales, ya que este contactor garantiza un funcionamiento fiable y se integra fácilmente en sistemas de control más grandes para permitir el control remoto o automático de las cargas eléctricas [8]. Los datos característicos se muestran en la **tabla 5**.

Tabla 5: Características generales de contactor

Características importantes de contactores	
Contactos auxiliares	1 NA (normalmente abierto) + 1 NC (normalmente cerrado)
Amperio operativo	25A
Potencia	KW/HP: 11/15
Frecuencia nominal	50/60 HZ
Voltaje	220 v AC

- **Motor**

Se usan dos motores ya que uno se encuentra en la mezcladora principal donde se añaden los primeros aditivos y agentes espesantes para poder mantener una mezcla homogénea. Mientras que el segundo motor mezclador se encontrará en la última etapa, donde se diluirá la mezcla con agua para preparar la mezcla en la zona de descarga y la muestra de producto final. A continuación, se muestra la siguiente tabla con los datos generales y operacionales del motor mezclador con su base de acero. Los datos característicos se muestran en la **tabla 6**.

Tabla 6: Características de motor mezclador

Características generales de motor para mezcladora	
Revoluciones	1800 rpm
Potencia	1HP
Corriente nominal	10/5 A
tipo	Monofásico
Grado de protección	IP64
Voltaje	110/120 v AC

- **Bomba de agua tecno de 1HP.**

Se usará un total de 6 bombas que serán repartidas respectivamente en cada etapa, como por ejemplo en primera instancia se tiene una bomba de 1HP que es la encargada de llenar el reservorio hasta un punto de nivel adecuado para su posterior disolución con los demás aditivos finales o conservantes a diluir. Las 5 bombas restantes son instaladas en la etapa de adición de agentes conservantes, espesantes, en la descarga de mezcla caliente y descarga de mezcla ya homogénea respectivamente. A continuación, se observa en la **tabla 7**.

Tabla 7: Características generales de bomba TEKNO

Características generales de bomba tecno de 1HP	
Tipo	Bomba monofásica
Potencia	1HP
Voltaje	120V
Frecuencia	60Hz
Corriente	7A

- **Conmutador de bombas alternadas.**

Este conmutador será el contactor encargado de mantener un solo modo de operación y accionar una sola bomba, ya sea en modo automático como también en modo manual. Aquí en la próxima práctica se muestra el accionamiento de la bomba 1 y la bomba 2, ya que son las principales al momento de iniciar el proceso de elaboración de shampoo en líquido. Los detalles del dispositivo físico se presentan en la **tabla 8**.

Tabla 8: Características generales del conmutador alterno

Características principales del conmutador	
Referencia	0-B1-B2-ALT, 48X48MM
Corriente de trabajo	20A
Certificaciones	UL, CE, TUV, CCC, ISO
Grado de protección	IP20

- **Resistencias para inmersión de agua.**

En la etapa de eliminación de impurezas por temperatura se emplean resistencias colocadas específicamente en el tanque donde se va a realizar la mezcla de los materiales y los productos finales. Estas resistencias industriales de inmersión están diseñadas para el calentamiento en contacto directo con el fluido: agua, aceite, materiales viscosos, disoluciones ácidas o básicas, como otros fluidos, etc. Los datos técnicos importantes del equipo se detallan en la **tabla 9**.

Tabla 9: Características técnicas de resistencia calificada para mezcladoras

Características de resistencia de inmersión para fluido	
Longitud total	105 cm
Material	Acero inoxidable 316L
Tensión	460 v ac
Potencia	45kw
Corriente	56A / fase

Esta resistencia se trata de un componente fabricado a medida para satisfacer las necesidades específicas del cliente, en este caso, destinado a calentar los ingredientes que se introducen en la mezcladora, tanto saborizantes, conservantes, aromas como también sus agentes espesantes. Su diseño incluye un tapón roscado o una brida que opera con 110 voltios de corriente alterna, esto es dependiendo del diseño con el que se le pida al fabricante. Esta resistencia está especialmente diseñada para trabajar en un entorno donde se manejan líquidos diversos, como agua, aceite, solventes, productos químicos, entre otros. Este enfoque personalizado asegura que la resistencia sea adecuada para su aplicación particular, lo que aumenta su eficacia y contribuye a un proceso de mezclado más eficiente y seguro. Además, la capacidad de trabajar con diferentes líquidos amplía su versatilidad y utilidad en una variedad de contextos industriales [9].

1.1.6.- Componentes Lógicos.

Integración de un PLC S7-1200 y un HMI a través de WINCC.

Una de las bases con que se puede empezar es sabiendo que WINCC es parte del paquete de TIA PORTAL V16, por tanto, se puede establecer una comunicación con cualquier dispositivo siemens que se encuentre en el mercado. Esta herramienta facilita la comunicación entre el PLC S7-1200 y el entorno virtual de una pantalla HMI y lo hace a través de WINCC, utilizando protocolos de comunicación compatibles como PROFIBUS,

OPC o Modbus. Por lo tanto, el primer paso es identificar y configurar el protocolo adecuado en el software de programación. Posteriormente, se deben asignar direcciones IP al PLC S7-1200 para permitir la intercomunicación entre los dispositivos, lo que posibilitará el intercambio de datos en tiempo real para su posterior control y monitoreo y el siguiente paso solo sería crear las mímicas necesarias con los colores adecuados rigiéndose a las leyes de la automatización. Cabe recalcar que para poder usar la plataforma WINCC se debe trabajar con un PLC virtual antes de trabajar con uno físico.

1.1.7.- Esquema eléctrico de la lógica del conmutador.

En relación con el sistema eléctrico se empezó con el control de dos bombas tipo trifásicas para comprender la alternancia entre las mismas. Se hizo varias pruebas de activación y desactivación para controlar el nivel de dos tanques de 1000 litros cada uno, los mismos que serían los encargados de alojar y dosificar tanto la materia prima como el ácido cítrico y los conservantes hacia un reservorio de 2000 litros en donde se mezcla las materias primas y se eliminan impurezas por medio de la calefacción del reservorio, como se muestra en la **figura 1**. A continuación, se presentan las primeras pruebas que se hizo con la alternancia de las bombas previo a obtener el circuito general usando el PLC S7 1200. Otros datos se encuentran en el **anexo 1**.

Lógica cableada y representación de la primera interacción con la mezcladora entre sus bombas 1 y 3.

Representación de fuerza entre bomba 1 y la 3 en alternancia.

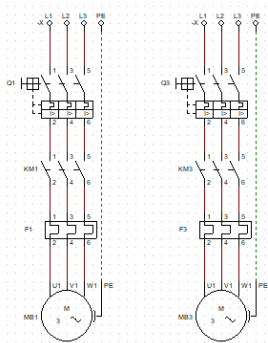


FIGURA 1: Representación de fuerza de alternancia de bombas

fuelle: creado por CADESIMU

Representación de control de la alternancia entre la bomba 1 y la bomba 3.

Aquí se logra apreciar cómo es el circuito de control de la alternancia de tales bombas. Se tomaron de referencia estas bombas del proceso, ya que son las primeras que dan paso a la adición de materia prima y llenado del reservorio de agua. Tales bombas son las que inician el proceso de la mezcladora previo a la adición de ingredientes finales. En la siguiente **figura 2** se muestra cómo va el circuito de control hablado anteriormente.

Representación de control

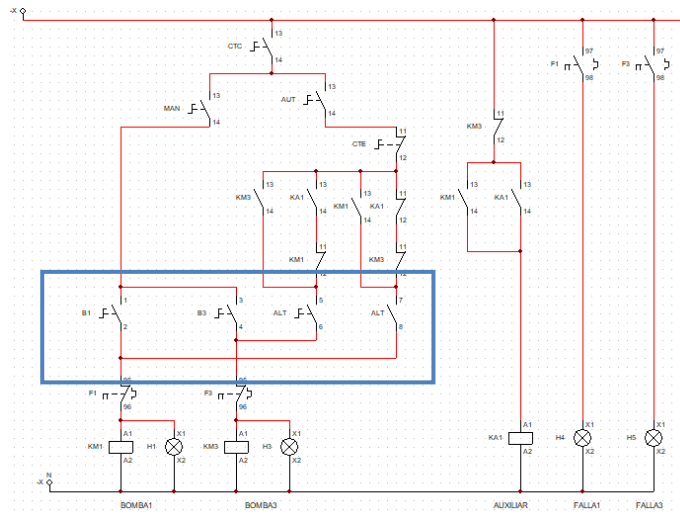


FIGURA 2: Circuito de control de alternancia de bombas

Fuente: creado por Cadesimu

En el recuadro de tonalidad azul que se muestra en la **figura 2** se indica el conmutador de bombas alternas, se le realizó de esa manera ya que en CADESIMU no se encontraba tal elemento, pero dados los datos de su data se pudo recrear el circuito interno que lo componía.

Nivel de visualización de la interfaz.

TIA Portal V16.

El TIA Portal es una aplicación de automatización que permite la programación adaptada a las demandas industriales. Este programa trabaja desde la configuración del control hasta la gestión de máquinas y la planificación de los proyectos con una interfaz amigable e

intuitiva. Ofrece una interfaz intuitiva que facilita su uso para lograr procesos de mediana a gran escala de dificultad, ofreciendo dos lenguajes de programación entre los cuales está el KOP que significa esquema de contactos y el FUP que significa esquema de funciones.

Lenguaje KOP de programación en TIA PORTAL V16.

El lenguaje de escalera es una forma de programación gráfica cuyo objetivo o manera de tratarlo es similar a la de un circuito de computación que se ve en instalaciones eléctricas ya que emplea símbolos parecidos a los circuitos eléctricos para representar operaciones lógicas. Sus elementos fundamentales son los contactos, que pueden estar abiertos o cerrados, y los relés, que representan acciones, es decir, si se requiere representar el encendido de una luz piloto, simular el encendido e indicar el estado activo de una bomba o motor. Este lenguaje proporciona instrucciones para resolver operaciones matemáticas, temporizar eventos y contar elementos según las necesidades del programador o de acuerdo con la lógica programada. A continuación, en la **figura 3** se aprecia el código LADDER.

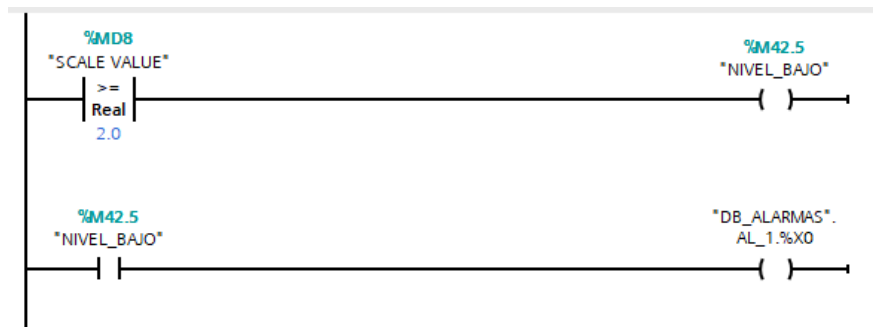


FIGURA 3: Lenguaje Ladder

Fuente: creado en base a la norma IEC 61131-3

1.1.8.- Ventajas y desventajas de usar el lenguaje LADDER.

Es uno de los lenguajes de programación más comúnmente utilizados en la programación de Controladores Lógicos Programables (PLC) y mucho más intuitivo ya que se relaciona en gran medida con circuitos eléctricos y en la rama de automatización industrial. Sin embargo, presenta limitaciones en la complejidad del programa y la programación de

algoritmos avanzados en la programación PLC. Aunque facilita la detección de errores y ofrece un diseño visualmente claro, la dificultad aumenta en proyectos de gran escala o con lógica compleja, donde otros lenguajes pueden ser más eficientes. A continuación, se presenta una tabla tanto de sus ventajas como desventajas del lenguaje LADDER.

El uso del lenguaje LADDER en sistemas de automatización ofrece varias ventajas, como su facilidad de comprensión y uso debido a su similitud con esquemas de circuitos eléctricos, visualización clara del flujo de control, amplio uso en la industria con abundante soporte y recursos, compatibilidad y estandarización con muchos PLC, y eficacia en programar tareas secuenciales. Sin embargo, presenta desventajas como limitaciones en la complejidad y eficiencia para aplicaciones avanzadas, una curva de aprendizaje pronunciada para conceptos avanzados, posibles restricciones en espacio de memoria y recursos en algunos PLC, y dependencia de hardware específico que puede limitar la portabilidad y reutilización en diferentes plataformas.

1.1.9.- Normativa aplicada en este sistema automatizado de dosificación y mezclado de shampoo líquido.

- **ISO 9001**

Esta es la norma que trata de gestión de la calidad con mayor popularidad en todo el mundo, ya que pertenece a la familia ISO 9000 de las normas de sistemas de gestión de la calidad y ayuda a cumplir a las organizaciones con las expectativas y necesidades de sus clientes.

Un sistema ISO 9001 (SGC) de gestión ayuda a gestionar y a la vez controlar de manera continua la calidad en la mayoría de procesos [10].

- **GMP.**

Las Buenas Prácticas de Manufactura conforman un conjunto de normas y reglas que aseguran que los productos se fabriquen de manera consistente y controlada, cumpliendo

con los estándares de calidad apropiados para su uso previsto y conforme a las especificaciones del producto. En la producción de shampoo líquido, específicamente en las etapas de dosificación y mezclado, las GMP son esenciales para garantizar la seguridad, calidad y eficacia del producto final ya que estas etapas son críticas en la elaboración de shampoo líquido [11].

- **Normas ISA.**

En el campo instrumental se usa un conjunto único de símbolos para representar el funcionamiento de un sistema mediante diagramas o planos perfectamente estructurados que representan el funcionamiento de la planta en general o solo de un subproceso de la misma. Estos símbolos identifican los instrumentos de control y medición de señales que representan cada elemento del sistema. Estos elementos pueden ser tanto ciegos como también contar con visualización de datos en tiempo real. La utilización de estos diagramas facilita la transmisión de información esencial durante el diseño y ayuda a seleccionar el tipo de operación, contribuyendo significativamente al mantenimiento de los sistemas de control de manera más eficiente y específica [12].

- **ANSI.**

Es la entidad encargada de supervisar en los Estados Unidos el desarrollo de normativas para productos, servicios y procesos industriales. Las normativas aprobadas por el ANSI aseguran que las características y el desempeño de los productos sean uniformes, los términos y definiciones sean consistentes entre fabricantes, y que los productos sean probados de manera estandarizada en cualquier lugar. Estas normativas, adoptadas voluntariamente, se difunden más ampliamente y facilitan la comparación entre productos para los usuarios [13].

- **ISA (Sociedad Internacional de Automatización).**

Es una organización a nivel mundial que se dedica al desarrollo de estándares en el ámbito

de la instrumentación controlada en el entorno automático en general. También proporciona información y publica una amplia gama de materiales, incluyendo libros, revistas y artículos técnicos, con el fin de difundir conocimiento en estas áreas. Su objetivo es destacar las últimas tendencias tecnológicas y ofrecer soluciones prácticas a los desafíos actuales en la producción y la ingeniería [14].

- **Las normas ISA que se refieren a la simbología de instrumentos son:**

- ANSI/ISA – S5.1-1984 (R1992): Conformación de la identificación y símbolos de instrumentación.
- ANSI/ISA-S5.1-1984 (R1992): Identificación y símbolos de instrumentación.
- ANSI/ISA S5.5-1985: Gráficos simbólicos para procesos desplegados.
- ANSI/ISA S5.2-1976 (R1992); Operaciones de procesos para diagramas lógicos binarios.

1.1.10.- Principales puntos que se debe tener al diseñar un sistema automatizado HMI.

- Los sistemas de control se componen de subsistemas que pueden estar físicamente separados y operar de manera independiente como también inmersos en un mismo módulo. El control se distribuye a través de paneles de control que forman parte de una red, la cual puede ser de tiempo no real o de tiempo real, y a través de un controlador de área.
- Los principios generales de diseño de la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) incluyen la adaptabilidad a todos los posibles operadores, el soporte de las principales actividades del proceso como control, monitoreo y toma de decisiones, y la necesidad de una interfaz intuitiva que no distraiga al operador de las acciones que debe llevar a cabo en la HMI. Cabe recalcar que esta debe contener todas las mímicas necesarias y los permisos que tenga cada una de ellas ya que cada persona que ingrese tendrá diferentes permisos según jerarquía.
- Se debe tener muy en cuenta la deficiencia de percepción de color por ejemplo existe personas con daltonismo o deficiencias en la visión y estas personas deben ser capacitadas ya que la presentación visual de combinación de colores se considera en el

desarrollo del diseño. Los colores elegidos deben ser distinguibles ya que tales colores denotan la claves como alarmas y condiciones anormales del sistema.

- La información menos importante no debe ser más perceptible que la información más importante.
- El cuadro de mando es una herramienta que permite visualizar de forma gráfica la información crítica del proceso o de una parte específica del mismo. Este sistema de visualización proporciona una representación clara de los datos relevantes, lo que facilita la comprensión rápida y efectiva del estado y el rendimiento del proceso. Además de mostrar datos numéricos, el cuadro de mando suele incluir indicadores visuales, como gráficos, tablas de tendencias, alarmas y otros elementos visuales, que ayudan a los operadores y supervisores a tomar decisiones informadas en tiempo real.

1.1.11.- Interfaz hombre – máquina, HMI.

Las pantallas HMI se emplean tanto para mejorar la eficiencia de procesos industriales como también para optimizar el proceso al digitalizar y centralizar datos, permitiendo a los operadores visualizar información clave mediante gráficos, paneles de control digitales, gestionar alarmas y conectarse con sistemas SCADA a través de una consola. Estas interfaces, que se comunican con PLC y sensores de E/S, muestran información relevante para los usuarios y pueden utilizarse para diversas funciones, desde el monitoreo básico hasta operaciones avanzadas como el control de máquinas y la modificación de la velocidad de producción. Los antecedentes indican que los operarios dependían de inspecciones visuales y registros manuales, mientras que hoy en día, los PLC pueden transmitir información en tiempo real directamente a las pantallas HMI dada las necesidades.

La obtención de datos físicos se realiza a través del sistema de control, el cual recoge información mediante la conexión de una variedad de sensores, como los de velocidad, presión, fuerza, temperatura, infrarrojo, entre otros. Estos datos se utilizan para controlar los actuadores, los cuales realizan acciones eléctricas o mecánicas según lo indicado. Posteriormente, estos datos son procesados y almacenados para facilitar la toma de decisiones [15].

1.1.12.- Comunicación PROFINET.

Aprovecha completamente los estándares de tecnologías de la información existentes ya que es capaz de compartir información por distintos canales. PROFINET ofrece determinismo y la capacidad de establecer prioridades en la red, lo que evita la saturación y mejora la seguridad en la comunicación. Derivado de PROFIBUS y adaptado a Ethernet, PROFINET proporciona soluciones de red para fábricas y procesos de automatización, así como para aplicaciones de seguridad y control de movimiento sincronizado. Su comunicación se basa en protocolos Ethernet, UDP, TCP e IP. En los cuales destacan: PROFINET I/O [16].

Se usan tres canales de comunicación:

- Tiempo real isócrono (PROFINET IRT): Este canal facilita la sincronización de aplicaciones con alta precisión al introducir procesos adicionales, tomando como ejemplo un control de movimiento.
- Estándar de TCP/IP (NRT): Este tipo de canal permite la transmisión de información en grandes cantidades, al igual que proporciona una conexión común entre dispositivos.
- Tiempo real (PROFINET RT): Se basa en las capas del protocolo TCP/IP para lograr velocidades de transmisión en un rango de 1 a 10ms. Esto da una fiabilidad al momento de transmitir información.

A continuación, se muestra la arquitectura PROFINET en la **figura 4**.

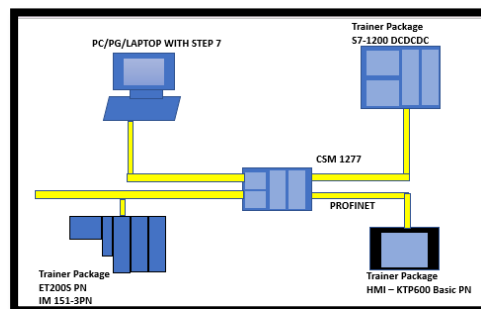


FIGURA 4:Arquitectura Profinet

POR:Autor [17]

1.1.13.-Topología de comunicación.

Se habla de una topología de comunicación como un diagrama visual donde varios dispositivos intercambian información entre sí, a veces de forma simultánea. Esta topología tiene tanto un componente físico como lógico, reflejando la estructura de la red.

Topología de estrella.

En esta clase de topología existe un solo nodo que funciona como el centro de datos, es decir, es de allí donde parten los demás ramales. Todos se comunican entre sí para hacer circular la información de manera segura ya que existen más caminos para hacer llegar la información de manera segura y confiable. La única desventaja de esta topología de red es que usa más cables.

1.1.14.- Escala de producción y flujo productivo de la fabricación de shampoo en líquido.

El proceso de producción de shampoo en líquido es similar en gran medida ya sea refiriéndose a microempresas artesanales, pequeñas empresas, medianas empresas o hasta incluso grandes empresas. Su proceso va a ser de tipo homogéneo, es decir no va a cambiar en mucho, **figura 5**. Lo único que puede llegar a cambiar en diferentes marcas y empresas son sus colorantes, saborizantes o conservantes y lo demás es el mismo proceso de fabricación.

En cuanto a la escala de producción esperada de acuerdo al rango de la empresa se estima que las microempresas artesanales están en un rango de 100 a 250 litros por día, las pequeñas empresas de 250 a 500 litros por día y las medianas a grandes empresas rondan sus 500 litros y a 1000 litros dependiendo de la capacidad de la empresa o hasta incluso a sobrepasar dichas cifras de producción de shampoo líquido [17].

Flujo productivo a escala de pequeña empresa.

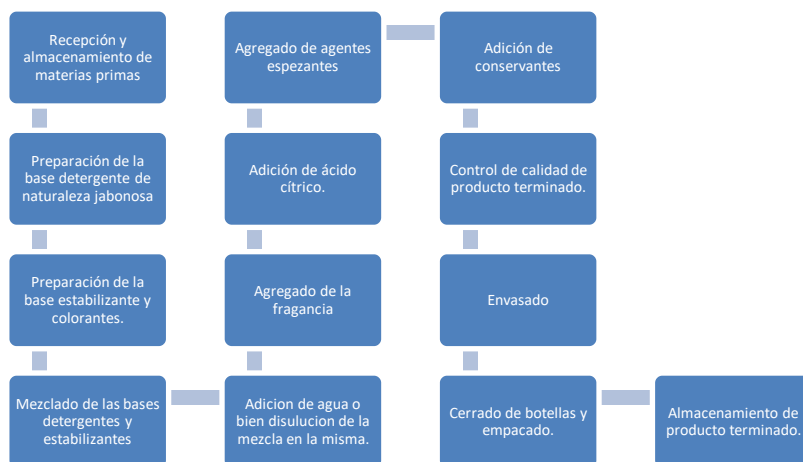


FIGURA 5: Flujo productivo de elaboración de shampoo en líquido

Por: Autor fuente: [17].

1.2.-Etapas primordiales que se va a considerar para la realización de la propuesta automatizada.

1.2.1.- Dosificación de la materia prima ingresando al sistema.

En esta parte del proceso es donde se añade lo que le caracteriza a la solución del shampoo, ya que es donde se añade y se traslada la materia prima. Esta materia prima es trasladada a la zona de producción, donde es repartida para crear bases de detergente y la solución que contiene estabilizantes y bactericidas, dando así una solución estabilizada y tratada para pasar a la siguiente etapa de mezclado. Cabe recalcar que dichas tareas antes mencionadas en este proceso se realizan simultáneamente en dicho contenedor y son controladas previamente por operarios a cargo. Como se puede apreciar en la **figura 6**.

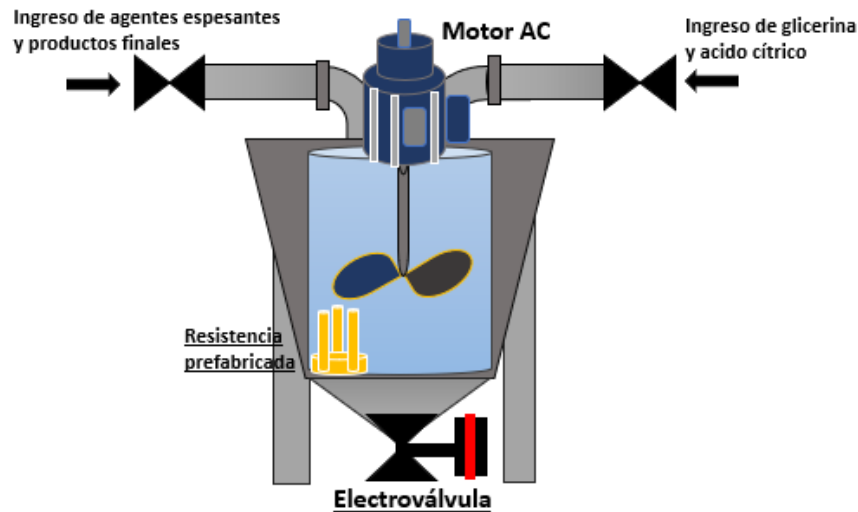


FIGURA 6: Dosificación de shampoo

Por: Autor

En esta tolva de dosificación además de mantener la temperatura a 60 grados centígrados por medio de una resistencia prefabricada para eliminar impurezas, el motor de 120 voltios de corriente alterna de 1Hp de potencia permitirá mantener la mezcla en constante movimiento, brindando una mezcla homogénea.

1.2.2.-Preparación de las bases detergentes y estabilizantes.

Estas en sí son dos etapas del proceso de elaboración de shampoo en líquido, en la primera etapa que es la preparación de la base de detergente de naturaleza jabonosa se procede con el pesaje de las materias primas necesarias para la preparación de la base de detergente jabonoso, en función de la base final de la fórmula. En cuanto a la segunda etapa inmersa en este apartado se tiene la preparación de la base estabilizante, que es donde se añaden a la solución los fungicidas, bactericidas y a su vez sus respectivos colorantes dependiendo del producto final que se le quiera dar o para que propósito valla dirigido.

1.2.3.- Mezclado y eliminación de impurezas.

Esta etapa es crucial ya que es donde se mezclan tanto las bases de detergente como también las bases de estabilizantes necesarios para la solución. Cabe recalcar que en esta

etapa además de que se debe mantener una agitación constante para su correcta desilusión, también se deberá mantener una temperatura de 80° C respectivamente a esta etapa, ya que debido a esa elevación de esa temperatura también se logrará la eliminación de impurezas y lograr una mejor estabilidad del pH. Después de esta etapa se procede a diluir la mezcla en agua, debido a que la mezcla debe contener un porcentaje de agua necesario para que la formulación sea la adecuada.

1.2.4.- Adición de ingredientes finales (fragancias, ácido cítrico, agente espesante y conservantes).

Rescatando parte del proceso anterior en el que se diluía la sustancia en agua para su composición de la fórmula adecuada, la mezcla queda totalmente incorporada y homogénea en todas las sustancias y se procede a la suspensión del calentamiento para bajar la temperatura a 40° centígrados. Ya habiendo bajado la temperatura por medio de la agitación de la mezcladora se procede con la adición de las fragancias, la incorporación del ácido cítrico, agregado de agente espesante y los agentes conservadores que mantendrán el shampoo en óptimas condiciones.

En cuanto al ácido cítrico este se le aplica para estabilizar el pH adecuado de la solución a base de la fórmula del shampoo. Una vez hecho eso se deberá comprobar el pH que a su vez debe rondar o encontrarse en un valor de 8.5 aproximadamente. Después de tal etapa se procede incluyendo a la mezcla un agente espesante con el fin de aumentar su viscosidad del producto que en este caso se podría estar usando el ESTOGEL al 10%. Una vez terminado se deberá comprobar el grado de viscosidad obtenido para poder pasar a la última parte que es el agregado de agentes conservadores para evitar la contaminación y la preservación de la mezcla de shampoo en líquido, **figura 7**. En el caso de los conservadores que son efectivos en la fabricación de shampoo contra hongos y levaduras se tiene: el propilenglicol 56%, DIAZOLIDINIL urea 30%, metilparabeno 11%, propilparabeno 3%. Cabe recalcar que en todo este proceso de adición de ingredientes y componentes la mezcla se deberá encontrar en una agitación constante hasta que la mezcla quede totalmente homogénea [18].



FIGURA 7: Mezclado de glicerina

fuentes [18].

1.3.- Importancia y beneficios de la propuesta práctica.

En la industria de la fabricación de shampoo existe una alta cantidad de demanda y varios competidores a nivel mundial dado que la formulación es similar a la mayoría de los competidores. Una de las etapas más cruciales que se tomarán en consideración son las de dosificación de la materia prima ingresando a la planta, la adición de productos finales como los conservantes, agentes espesantes para darle la viscosidad adecuada, el ácido cítrico para controlar el pH adecuado y la penúltima etapa que es la de mezclado. La mezcla debe permanecer con una agitación constante para lograr una solución totalmente homogénea al momento de ingresar al agua que sería su última etapa antes de pasar al embotellado que eso sería ya parte de otra etapa.

El objetivo de esto es lograr la implementación de un sistema HMI (Interfaz Hombre-Máquina) dentro de un ambiente controlado (laboratorio de automatización) para el proceso de dosificación y mezclado de shampoo en líquido. En primer lugar, un sistema HMI facilita el control preciso y conciso en tiempo real de las variables claves del proceso, como lo es la dosificación de ingredientes, el control de la temperatura y la mezcla adecuada de los ingredientes. La aplicación de un sistema HMI permite una supervisión más eficiente del proceso, ya que proporciona una visualización clara y detallada de todas las etapas de la producción tanto en zonas de trabajo con las maquinarias en campo, como también en áreas más accesibles al operador. Los operadores pueden monitorear el progreso del proceso y responder rápidamente a cualquier anomalía o problema que pueda llegar a suceder en cualquier momento del proceso de fabricación del producto.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.- Plan de desarrollo.

Desarrollo de un sistema de simulación HMI (hombre – máquina) de manera local, capaz de realizar tareas consecutivas y de poder comunicarse con los diferentes periféricos y etapas antes mencionadas de la elaboración de shampoo en líquido, con la consideración de que solo se prioricen algunas etapas para su optimización y monitoreo. Se empezará por crear la interfaz que sea amigable para todo operario y nada confuso, pero a su vez que cuente con sistema de seguridad dependiendo del rango de la persona que intente monitorear, supervisar o incluso modificar algún valor característico que afecte significativamente al proceso de alguna máquina del proceso de elaboración con el que se esté tratando. En cuanto a las mímicas del sistema, HMI contendrá los colores adecuados para que no sean agentes distractores para los operarios de acuerdo con las leyes que le rigen.

2.1.1.- Factibilidad técnica de la propuesta

La factibilidad técnica del desarrollo y diseño de un sistema HMI (hombre – máquina) en el proceso de mezclado de shampoo en líquido implica una evaluación exhaustiva de varios aspectos claves en dicho proceso. En primer lugar, es fundamental verificar la compatibilidad de los equipos existentes en la planta con la integración del sistema HMI, en nuestro caso el sistema se aplicará en un módulo práctico que, si cuenta con los aparatos necesarios y comunicación para correr la simulación del sistema automático, todo esto se hace considerando su capacidad de comunicación entre un PLC y un sistema HMI creado por medio de WINCC. Además, se debe asegurar que el diseño eléctrico y de comunicaciones de la planta sea la adecuada para soportar el sistema HMI y permita una transmisión eficiente de datos entre los equipos y el sistema. La seguridad del sistema también debe ser una prioridad, con la aplicación de medidas adecuadas para proteger contra posibles amenazas cibernéticas y garantizar la integridad de los datos del proceso. Por eso, cada mímica contiene los permisos necesarios para ingresar de acuerdo a la jerarquía impuesta.

Comparación entre controladores lógicos programables.

De acuerdo con la **tabla 10** que se refiere a la comparación, entre el primer controlador que, de acuerdo a sus características, se pudo determinar que no es adecuado para el sistema ya que no tiene las suficientes salidas ni el sistema adecuado para establecer la comunicación. Por tal motivo se escogió el PLC Siemens S7-1200 ya que es un sistema mucho más robusto y la mejor opción al momento de establecer comunicación de acuerdo a su programación, y en cuanto a economía se tiene una excelente calidad, precio, veneficio y lo mejor que es asequible en Ecuador [19].

Tabla 10: Comparación entre controladores programables

LOGO (módulo lógico universal de Siemens)	PLC S7-1200
<ul style="list-style-type: none"> ● Posibilidad de alimentación en 12Vcc, 24Vcc/ac, 115-230VCC/AC. ● Versiones con 8 Entradas/4 salidas digitales integradas y dos entradas analógicas en las versiones de alimentación DC. ● Salidas digitales Q1- Q16. ● Salidas analógicas AQ1& AQ2. ● Memorias M1 - M24, M8: marcas de arranque. ● Marcas analógicas AM1- AM6. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Intensidad disponible(SM y bus CM): 1000mA máx. (5 V DC). ● Intensidad disponible(24V DC): 300 mA máx.(Alimentación desensores). ● Consumo de corrientes de las entradas digitales (24VCC): 4 mA/ entrada usada. ● E/S digitales integradas: 8 entradas / 6 salidas ● E/S analógicas integradas: 2 entradas ● Módulo de comunicación: PROFIBUS Maestro /esclavo, comunicación GPRS, AS-i y más sistemas Fieldbus.

2.1.2.- Factibilidad económica de la propuesta en caso de implementación.

La factibilidad económica de esta propuesta innovadora se centra en el costo - veneficio, y en la facilidad de adquisición de las máquinas, actuadores, sensores. En este estudio se

consideraron recursos tanto tangibles e intangibles considerando la mano de obra y algunos recursos de viatico realizados durante la investigación de los posibles lugares que podrían comercializar dichas máquinas y recursos.

- **Estimación de los costos de los equipos de las etapas primordiales en la elaboración de shampoo líquido.**

Es importante tener en cuenta que, al hablar de las fases fundamentales, se toma en consideración las principales etapas que van desde la dosificación de los ingredientes hasta la mezcla del shampoo líquido. Como se detalla en la **tabla 11**.

Tabla 11: Presupuesto de materiales

No.	Elemento	Marca/Referencia	Valor U.	Valor Total
1	PLC	Siemens, SIMATIC S7-1200 CPU 1214C	\$ 700.00	\$ 700.000
1	Módulo de comunicación	Siemens, SIMATIC S7-1200 6ES7241-1CH32-0XB0 CM 1241, 6ES7 241-1CH32-0XB0	\$ 600.00	\$ 600.00
1	Variador de Frecuencia	Siemens, SINAMICS V20	\$ 1500.00	\$ 1500.00
1	Pantalla HMI	Siemens, SIMATIC HMI KTP400 BASIC	\$ 800.00	\$ 800.00
1	Sensor de Temperatura	ASCON, Termopar ZIS 01	\$ 800.00	\$ 800.00
3	SENSOR QT50U ultrasónico	BANNER, SAFQT50U	\$ 500.00	\$ 1500.00
5	Válvula hidráulica	AGP Válvulas, DN80 (3") activada por aire a presión	\$ 300.00	\$ 1500.00
6	Bomba	TEKNO, 1HP JAP50	\$500.00	\$ 3000.00
2	motor	TEKNO	\$500.00	\$1000.00

6	Interruptor Automático	Siemens, 5SY4106-6	\$ 30.00	\$ 180.00
6	Contactores	Siemens, SIRIUS 3RT2015-1BB41	\$ 50.00	\$ 300.00
1	Pulsador Tipo Hongo Para Emergencia De Paro	CEYESA, 105094	\$ 10.00	\$ 10.00
3	Pulsador Luminoso - Verde	CEYESA, XB4BW33M5	\$ 5.00	\$ 15.00
2	Pulsador Luminoso - Rojo	CEYESA, XB4BW33M5	\$ 5.00	\$ 5.00
2	Indicador Luminoso - Verde	CEYESA, XB4BW33M5	\$ 2.00	\$ 4.00
2	Indicador - Rojo	CEYESA, XB4BW33M5	\$ 2.00	\$ 4.00
			TOTAL	\$ 11918.00

- **Estimado de presupuesto en conductores para la instalación de los equipos**

Cabe recalcar que se debe usar la medida de cables adecuados ya que previo a esto se hizo un estudio eléctrico de cuánta potencia se iba a consumir y cuánta sería la carga a soportar, además de las termomagnéticas adecuadas a utilizar, como se presenta en la **tabla 12**.

Tabla 12: Presupuesto de conductores catalogados

U	ELEMENTO	DESCRIPCION	P. U	TOTALES
1	Cabina Gabinete	acero inoxidable Ip65	\$ 250.00	\$ 250.00
5 m	Cable Rojo # 20	Flexible de cobre	\$ 2.00	\$ 15.00
5 m	Cable Negro #12	Flexible de cobre	\$ 2.00	\$ 10.00
5 m	Cable Rojo # 12	Flexible de cobre	\$ 2.00	\$ 10.00
5 m	Cable Negro #12	Flexible de cobre	\$ 2.00	\$ 10.00
6 m	Cable Negro #14	Flexible de cobre	\$ 2.00	\$ 12.00
6 m	Cable Negro #14	Flexible de cobre	\$ 2.00	\$ 12.00
6 m	Cable Negro #14	Flexible de cobre	\$ 2.00	\$ 12.00

50	Terminales punta y tenedor	Material aluminio y cubierta PVC	\$ 0.10	\$ 5.00
			total	\$336.00

- **Mano de obra y recursos humanos.**

En esta parte se detalla todo lo que se necesita en cuanto a mano de obra impuesta por el ingeniero a cargo, operarios, técnicos entre otros encargados del proyecto. En esta propuesta solo se pondrán valores aproximados. A continuación, se muestran en la **tabla 13**.

Tabla 13: Presupuesto de mano de obra obtenido

Función	Personal	Valor por trabajo realizado
Planificación y ejecución del estudio del proceso	Ingeniero en Electrónica y Automatización	\$ 1000.00
Diseño y simulación del programa y la interfaz	Ingeniero a cargo de la automatización	\$ 2000.00
Montaje en planta	Supervisor	\$ 800.00
	Técnico	\$ 500.00
	operario	\$ 500,00
TOTAL		\$ 4800,00

- **Total, a invertir en propuesta aplicada.**

Primeramente, antes de empezar con los cálculos necesarios, cabe recalcar que todos los datos incluidos son de origen aproximado, ya que los productos continúan variando su valor de acuerdo a la economía del país como se presenta en la **tabla 14**.

Tabla 14: Total de presupuesto a emplear en caso de implementación

Concepto	Valor
Recursos materiales	\$ 6183.00
Recursos humanos	\$336.00
Varios	\$ 800.00
Total:	\$ 7319.00

Estos fueron los resultados cotizados económicamente de acuerdo a la economía de nuestro país, cabe recalcar que dichos valores que se obtuvieron aquí fueron de carácter aproximado ya que como bien se sabe que la economía y la inflación de los productos cambian y varían conforme al paso del tiempo.

Estos datos serán tomados como referencia a que valores exactos se debería apuntar al momento de comprar los implementos necesarios para el proyecto, contando que también varían de acuerdo al fabricante y la marca como también en el lugar que se consiga los instrumentos más el costo de transporte.

2.1.3.- Metodología

- **Investigación aplicada.**
- **Fase 1**

El inicio de la propuesta tecnológica se fundamentó en la revisión exhaustiva de fuentes bibliográficas especializadas en el proceso de producción de shampoo líquido, así como en el análisis de expertos en control de automatización y sistemas HMI. Se complementó este enfoque con los conocimientos previamente adquiridos durante mi formación universitaria, especialmente en materias relacionadas con electrónica, redes y cursos de automatización industrial.

- **Fase 2.**

La fase siguiente se centró en identificar los requisitos específicos para el diseño y desarrollo del sistema HMI en el proceso de elaboración de shampoo en líquido específicamente en las etapas de dosificación y mezclado. Se aplicaron técnicas de observación y análisis de información para detallar los componentes electrónicos y el software necesarios, adaptándolos a las particularidades de la planta de producción de shampoo. Esto se hizo con el fin de recolectar la mayor cantidad de información necesaria para abordar la problemática de la empresa y automatizar tales falencias.

- **Fase 3**

Durante esta etapa se llevó a cabo el diseño y la programación de las partes destinadas al control del sistema HMI, en las etapas de dosificación de materia prima, incorporación de agentes espesantes y en el mezclado de aditivos. Se desarrolló una lógica programable utilizando el software TIA Portal V16, asegurando una integración eficiente con los equipos y procesos de la planta de elaboración de shampoo. Además, se valida el sistema HMI en un ambiente controlado (laboratorio de automatización) con el propósito de probar el sistema y prepararlo para el lanzamiento a una planta real.

Procesamiento de datos.

En cuanto al enfoque de procesamiento de datos para la propuesta se han considerado parámetros operativos adecuados para garantizar un desarrollo efectivo del sistema HMI en las etapas de dosificación y mezclado en el proceso de elaboración de Shampoo líquido: mediante la adquisición de información de literatura especializada y tesis relacionadas con sistemas HMI en procesos de producción de shampoo en líquido.

También se buscó información útil en revistas de proveedores de Siemens que detallan cómo funcionan cada uno de sus sistemas al momento de su comunicación. La información obtenida a través de estas revistas de proveedores de Siemens revela detalles sobre el funcionamiento de sus sistemas. Como, por ejemplo, se obtuvo descripciones detalladas sobre la arquitectura interna de los sistemas, los principios de funcionamiento de los

componentes claves, como sensores, actuadores y controladores, así como los protocolos de comunicación utilizados para la integración y la transferencia de datos entre diferentes partes del sistema.

Evaluación de los resultados obtenidos a través de pruebas específicas en el laboratorio de automatización, aplicando los conocimientos previos en electrónica y los cursos de automatización industrial adquiridos durante el periodo de formación académica.

2.1.4.- Resultados Esperados.

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

La ejecución del sistema HMI en el proceso de mezclado de shampoo líquido tiene como resultado esperado una transformación significativa en la eficiencia y la calidad del producto final. En primer lugar, se anticipa una optimización del proceso de producción, monitorización en tiempo real las variables críticas del sistema.

La capacidad de controlar de manera precisa y automática factores como la temperatura, la viscosidad y las proporciones de ingredientes garantizará que cada lote cumpla con los estándares de calidad, fortaleciendo la reputación de la empresa y su posición en el mercado. La interfaz HMI servirá como una herramienta valiosa para la toma de decisiones en tiempo real. El personal de operación y supervisión podrá acceder fácilmente a información detallada sobre el estado del proceso, no obstante, con los permisos necesarios que le rija la jerarquía de la empresa, ya que este sistema automatizado contará con usuarios y permisos claves para su manipulación y cuidado de la empresa. En conjunto, el desarrollo del sistema HMI no solo representa una evolución tecnológica, sino una estrategia integral para mejorar la eficiencia y la calidad en la producción de shampoo líquido. Cabe concluir que estos resultados esperados son en base al desarrollo y diseño del sistema automatizado desarrollado en un ambiente controlado de las etapas primordiales que se mencionaron anteriormente como lo son la dosificación de la materia prima ingresando al sistema como también la adición de ingredientes finales como los conservantes, agentes espesantes, el ácido cítrico y finalmente su etapa de mezclado.

2.2.- Descripción de la solución propuesta.

2.2.1- Descripción del proyecto

Este proyecto se centra en el diseño y desarrollo de un sistema de control, supervisión y adquisición de datos HMI para el proceso de elaboración de shampoo en líquido.

En cuanto a la optimización de la etapa del proceso de elaboración, se integran equipos en un módulo de control que incluye elementos industriales como PLC, encargados de supervisar y controlar cada fase del proceso de elaboración del shampoo. Este módulo se acompaña de sensores para medir nivel del tanque mezclador, una pantalla HMI para la visualización y control manual del sistema, pulsadores para el encendido y apagado, y luces piloto que indican el estado de las bombas y electroválvulas. La configuración de estos equipos sigue una arquitectura centralizada, y la comunicación entre los controladores se realiza a través de una red Ethernet para garantizar condiciones óptimas de operación.

En relación a la puesta en marcha del sistema HMI, su objetivo principal es supervisar y controlar de manera confiable el proceso de elaboración de shampoo. La validación de este sistema HMI se lleva a cabo mediante la simulación del proceso de mezclado y dosificado del producto con el uso de una pantalla HMI modelo SIMENS KT900, siguiendo las normas de diseño ISA 101 para la supervisión y adquisición de datos eficientes por parte de los operadores y la máquina.

De acuerdo a un estudio realizado referente a las marcas y precios de shampoo líquido que rondan en el mercado se pudo obtener esta información que sirvió de mucha ayuda al poder comparar los productos y tiempos de elaboración y como podría mejorar si se implementan y automatizan ciertas etapas haciéndolas más eficientes y a su vez reduciendo el factor de error en cada una de las etapas críticas que caracterizan un producto de buena calidad [20].

2.2.2.- Diseño del diagrama de tuberías e instrumentación de la propuesta.

Diseño P&ID del proceso de mezclado y dosificado de materia prima.

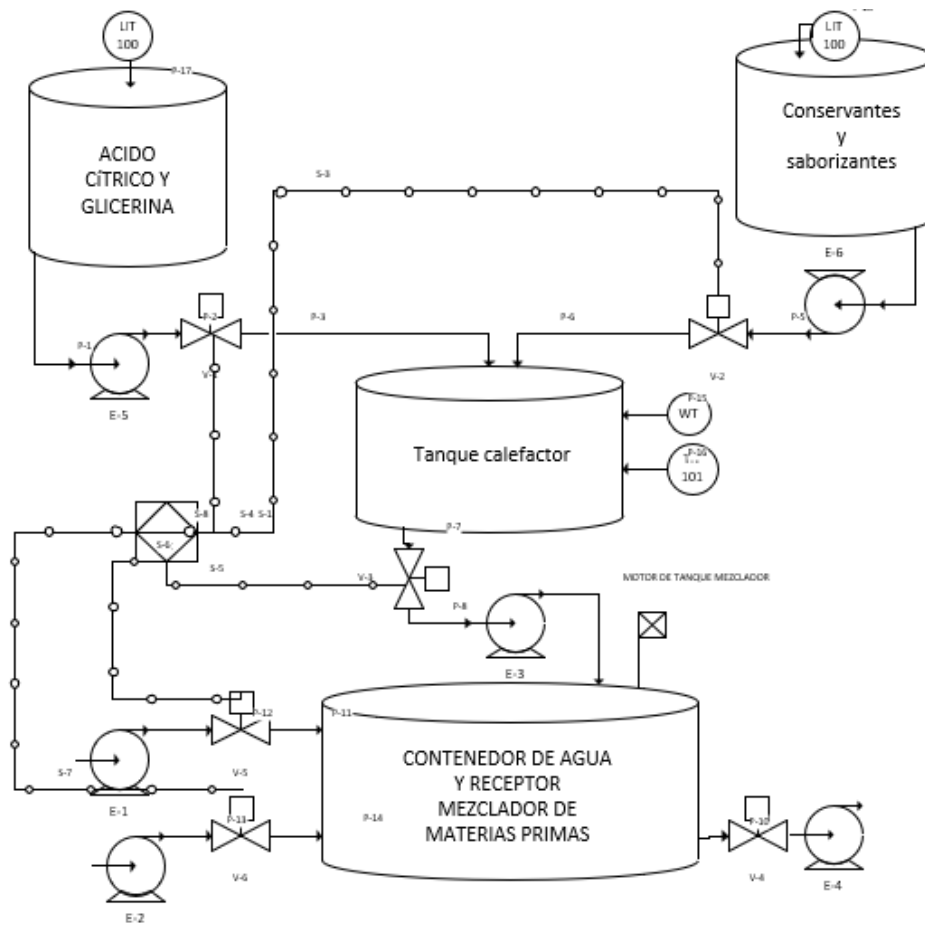


FIGURA 8: Diagrama P&ID del proceso de dosificación y mezclado

Este diseño cuenta con un total de 6 bombas con motores trifásicos, cada una con una función específica dentro del proyecto. La primera bomba está encargada de suministrar agua al contenedor final. Una vez que el contenedor alcanza el 50% de su capacidad de agua, la bomba se desactiva y la electroválvula correspondiente se cierra automáticamente mediante el PLC, asegurando una interrupción precisa del flujo de agua.

A continuación, se activa la bomba número 3, la cual se encenderá cuando el nivel de agua sea adecuado. Esta bomba, junto con la apertura de su electroválvula, dosifica el ácido cítrico en la proporción exacta necesaria. Tras completar esta etapa de dosificación, la bomba y la electroválvula se cierran, garantizando la precisión en la mezcla de ingredientes.

En la siguiente etapa, se activa la bomba número 4 y se abre la electroválvula correspondiente para introducir conservantes y saborizantes en el contenedor. Estos aditivos se incorporan al sistema donde son pesados y purificados mediante el sistema de calefacción del tanque, eliminando impurezas y asegurando la calidad del producto final.

Finalmente, los líquidos se mezclan con el agua en el contenedor, activando el motor de la mezcladora durante 20 segundos. Este proceso asegura una integración uniforme de todos los ingredientes, resultando en una mezcla homogénea y de alta calidad, lista para su posterior procesamiento o envasado. Todo este proceso se le observa en la **figura 8** anterior.

Diagrama eléctrico de la propuesta.

En este diagrama eléctrico se integran 3 motores de bombas trifásicas responsables de suministrar la cantidad de líquido necesario en cada etapa del proceso. Además, se incluirá un motor que se encargará de mezclar la materia prima una vez que esta haya ingresado al proceso de mezcla, previamente tratada y con las impurezas eliminadas.

El sistema cuenta con un PLC S7-1200, el cual controlará el encendido y apagado de cada bomba. El diagrama eléctrico detallado, incluyendo la conexión de los distintos dispositivos físicos, se presentará en el **Anexo 3** mediante un esquema elaborado en Cadesimu.

Diagrama de control con el PLC S7 1200, el detector de parámetros DP C530 y la pantalla HMI TP 900.

Aquí se hizo la comunicación entre el PLC S7 1200, el DP C530 y la pantalla HMI TP 900 en donde se detalla claramente como se comunica cada uno. La comunicación y el cableado entre el PLC y el detector de parámetros se la hizo por medio de la comunicación RS 485 mientras que la pantalla HMI TP 900 se la pudo conectar por medio de la comunicación TCP IP.

Todo esto se detalla en el **anexo 3**, en donde se puede ver claramente como va conectado cada periférico.

Sobre la cantidad de equipos utilizados, fueron en total 3 bombas y adicionalmente un motor que forma parte del mezclador. La mezcladora funciona a un voltaje de 220 V AC. Estas bombas son accionadas por medios de los contactores alojados en el tablero de fuerza. A continuación, en la **figura 9**.

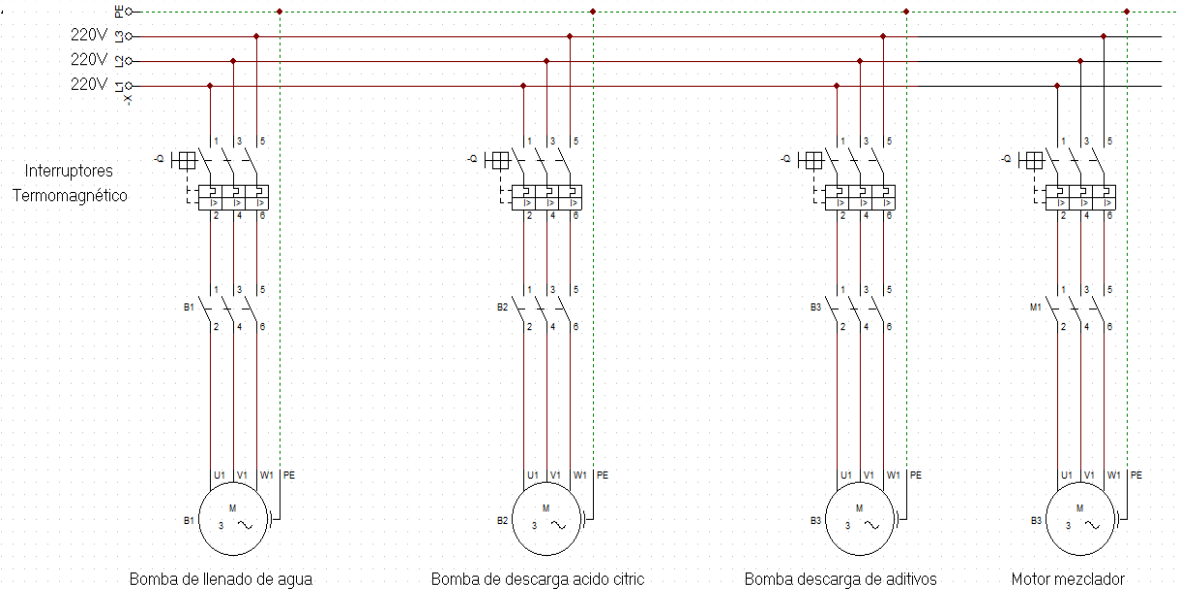


FIGURA 9: Diagrama eléctrico de bombas y el motor mezclador

2.2.3.- Diseño de la topología de comunicación entre el HMI.

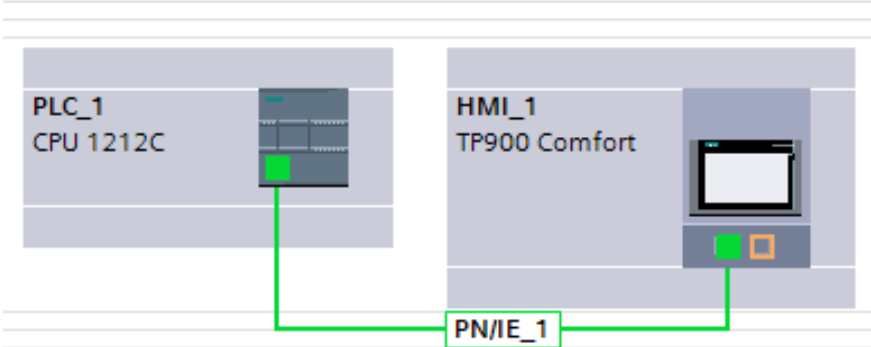


FIGURA 10: Topología de comunicación

por: autor

Para configurar la topología entre un PLC S7-1200 y una HMI TP900 de Siemens, conecta físicamente ambos dispositivos a través de un switch Ethernet o directamente con un cable Ethernet, asignando direcciones como IP únicas dentro de la misma subred para ambos, en la **figura 10**. En el software TIA Portal, crea un proyecto, añade y configura tanto el PLC como la HMI con sus respectivas direcciones IP, estableciendo una conexión PROFINET entre ellos. Diseña las pantallas de la HMI y programa el PLC según los requisitos de tu aplicación para que puedan comunicarse y funcionar en conjunto.

2.2.4.- Lógica de programación para la etapa de mezclado y dosificado de shampoo.

Se presenta el diseño a través de un diagrama de flujo para el sistema HMI tanto para etapas de dosificación y mezclado de shampoo en líquido. Se ilustra mediante diagrama de flujo las secuencias de los procesos mencionados anteriormente, A continuación, se visualizan en la **figura 11** el proceso de eliminación de impurezas. En esta etapa se controla tanto las condiciones necesarias de viscosidad y nivel de pH adecuado para diluir.

En esta sección, se presenta un diagrama de flujo que describe el funcionamiento general de la propuesta. El primer diagrama detalla el proceso de eliminación de impurezas mediante el calentamiento de los aditivos y de la materia prima introducida en el tanque de mezcla. Además de homogeneizar la mezcla, se controla el pH elevando la temperatura a 60 grados antes de diluir con agua en la etapa final de mezclado.

Además, controlar el pH adecuado para la solución, en esta etapa se debe tener varias consideraciones como el porcentaje de líquidos ingresando al reservorio donde entraran en la etapa de calefacción, ya que en este reservorio que es de 2000 litros es donde se ingresara además de los agentes espesantes y el shampoo neutro, serán ingresados los agentes conservantes y saborizantes del tanque 3. Dado el caso que cada proporción de cada tanque será el 50 por ciento de cada uno, esto con la finalidad de lograr una mezcla lo más homogénea posible. En el segundo diagrama de flujo se detalla como la mezcla es pasada por la etapa de calefacción para después quedar preparada para las etapas posteriores, como se ilustra en la **figura 12**.

- Diagrama de flujo eliminación de impurezas y dosificado de aditivos.

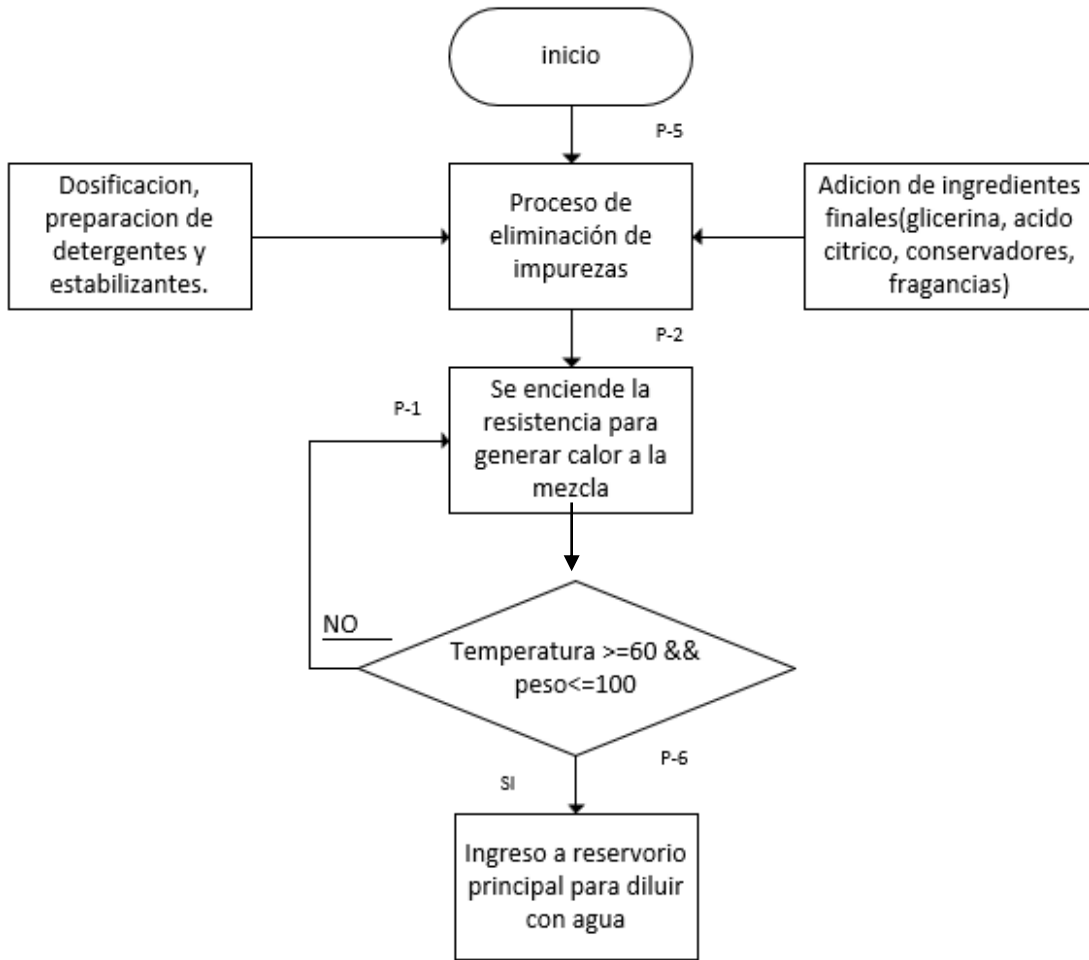


FIGURA 11; Diagrama de flujo de eliminación de impurezas

- Diagrama de flujo de mezclado.

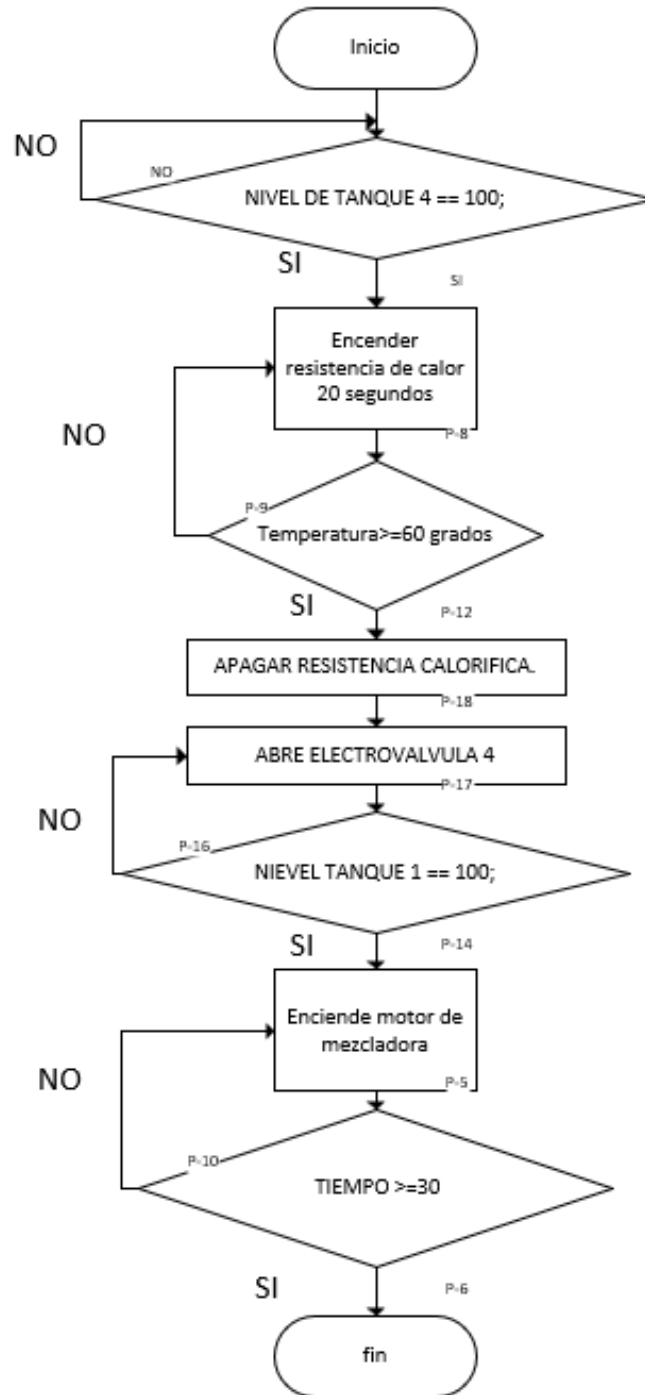


FIGURA 12: Diagrama de flujo de la etapa de mezclado de ingredientes finales.

2.2.5.-Segmentos de programación de la estructura del LADDER.

Para la comprobación del programa enfocado en la dosificación de materia prima y mezclado de shampoo se programa un PLC en un ambiente controlado, haciendo uso de las entradas y salidas de un tablero de pruebas en las cuales las entradas se relacionan con las siguientes variables: marcha (I0.0), paro (I0.1) y algunos controles manuales como descarga (I0.2), bomba uno (I0.3), bomba tres (I0.4), bomba cuatro (I0.5). Para visualizar que los dispositivos físicos estén encendidos o apagados se cuenta con seis indicadores de salida en los cuales: el accionamiento del motor trifásico de la bomba uno se lo representa por la salida (Q0.0), el accionamiento del motor trifásico de la bomba dos se lo representa por la salida (Q0.1), el accionamiento del motor trifásico de la bomba tres se lo representa por la salida (Q0.2), el accionamiento del motor trifásico de la bomba cuatro se lo representa por la salida (Q0.3), el accionamiento de la resistencia calorífica se la representa por la salida (Q0.4), el accionamiento del motor trifásico de la mezcladora se lo representa por la salida (Q0.5).

La programación de cada uno de los pasos del proceso involucrado de detallan los siguientes segmentos:

- **Segmento 1:** Alarmas y controles en modo manual, automático, local y remoto.

En este segmento se programan las variables necesarias para la activación de los bits de alarmas que corresponden del 0 al 10 utilizados para el control y monitoreo del estado de los instrumentos acoplados a los tanques para así contar con una asistencia inmediata de los niveles. Los detalles se los puede encontrar en el **anexo 4**.

Se incorporó una programación LADDER referente al control manual, automático y a su vez para los controles de monitoreo local y remoto. En el cual se crean las siguientes memorias: para el accionamiento del modo automático se considera como entrada la memoria (M43.5), para el accionamiento del modo manual se considera como entrada la memoria (M43.7), para el accionamiento del modo local se considera como entrada la memoria (M43.3), y para el accionamiento del modo remoto se considera como entrada la memoria (M43.4). La codificación referente a los controles se muestra en el **anexo 5**.

- **Segmento 2:** Marcha y paro del sistema automático.

Para el accionamiento de modo automático empleamos las siguientes entradas digitales con las variables: marcha (I0.0), paro (I0.1). En este segmento se activan automáticamente las salidas digitales como el accionamiento del motor trifásico de la bomba uno (Q0.0), el accionamiento del motor trifásico de la bomba dos (Q0.1), el accionamiento del motor trifásico de la bomba tres (Q0.2), el accionamiento del motor trifásico de la bomba cuatro (Q0.3), el accionamiento de la resistencia calorífica (Q0.4), el accionamiento del motor trifásico para la mezcladora (Q0.5), respectivamente según sean las condiciones de los estados de los sensores en cada tanque. Los detalles del código LADDER se los presenta en el **anexo 6**.

- **Segmento 3:** Llenado de agua pura en el tanque uno.

En esta parte del proceso es donde se ingresa la cantidad de agua a ocupar para la posterior mezcla con los diferentes aditivos. Para esto se hace uso de la salida digital (Q0.0) relacionada con la memoria (M1.4) para el respectivo accionamiento del motor trifásico de la bomba uno, que da paso al llenado del agua. Los detalles del código LADDER se los muestran en el **anexo 7**.

- **Segmento 4:** Descarga de aditivos como ácido cítrico y agentes espesantes.

En este segmento se detalla cómo ingresan los agentes espesantes y la cantidad de ácido cítrico ingresando a la tolva de pesado. Para esto se hace uso de la salida digital (Q0.2) en relación con la memoria (M12.3) que da paso al accionamiento del motor trifásico de la bomba tres para la respectiva descarga de agentes espesantes, como también la dosificación de ácido cítrico respectivo. Los detalles de esta etapa se los encuentran en el **anexo 8**.

- **Segmento 5:** Verificación de niveles de pesado de aditivos para la posterior eliminación de impurezas.

En esta sección se busca mostrar el nivel de peso del tanque, que es donde se hace la eliminación de impurezas. Para esto se hace uso de la salida anterior (Q0.2) para dar paso al proceso de pesado al momento que (M12.3) se encuentre seteada. El código respectivo de esta etapa se encuentra en el **anexo 9**.

- **Segmento 6:** Descarga de aditivos, conservantes y colorantes.

En esta etapa se busca enfatizar el proceso de descarga de aditivos y colorantes de manera automática por medio del accionador de la bomba cuatro. Para esto se hace uso de la salida (Q0.3) en relación con la memoria (M13.0) para dar paso a la descarga respectiva de los aditivos conservantes y colorantes, a la mezcla que se encuentra en la tolva de pesado. Los detalles del lenguaje LADDER se pueden visualizar en el **anexo 10**.

- **Segmento 7:** Etapa de calefacción y enfriamiento de aditivos ingresados en la tolva de pesado.

En esta sección se logra calentar los aditivos ingresados para la eliminación de impurezas, ya que al elevar la temperatura a un rango de 60 grados centígrados se logra eliminar gran parte de impurezas y además corregir un porcentaje del PH indicado. Para esto se hace uso de la salida (Q0.4) en relación con la memoria (M13.4) para la activación de la resistencia calorífica que hace calentar los aditivos a la temperatura de 60 grados centígrados. Los detalles se pueden visualizar en el **anexo 11**.

- **Segmento 8:** Etapa de descarga y mezclado con el agua previamente ingresada.

Esta etapa busca mostrar el tiempo de mezclado de la adición de los diferentes aditivos anteriormente ingresados a mezclarse con el agua. Esto se hace con el fin que la mezcla logre una consistencia lo más homogénea posible al momento de mezclarse con una cantidad del 50 % de agua y el otro 50 % de aditivos. Para esto se emplea la salida digital (Q0.5) en relación con la memoria (M26.3) que da paso a activación del motor

trifásico de la mezcladora que se apagará a los 30 segundos de haberse encendido. Los detalles se pueden observar en el **anexo 12**.

2.3.- Pruebas y puesta en marcha del sistema automatizado.

2.3.1.- Inicialización del sistema.

- **Usuarios.**

En esta primera mímica antes de iniciar todo el sistema se ilustra el apartado de usuario, lugar en donde se da los permisos necesarios ya sea al operario, al supervisor o a su vez al ingeniero a cargo. Estos permisos van de acuerdo a la jerarquía que imparta la empresa, en nuestro caso se le dio prioridad al ingeniero a cargo que pueda editar o ejecutar todas las funciones del HMI, mientras que a los operarios solo pueden operar ciertos procesos y los supervisores como la palabra mismo lo dice, solo tendrán permiso de supervisar los históricos o alguna otra mímica y en caso contrario quieran indagar en otra mímica se le pedirá permiso de usuario antes de ingresar si no cuenta con el permiso. Como se presenta en la **figura 13**.



FIGURA 13: Mímica Usuarios

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **PLCSIM.**

El PLCSIM se usa para correr el programa de forma virtual ya que actualmente no se cuenta con un PLC físico por ese motivo se lo simula usando esta herramienta que se encuentra en el mismo paquete de TIA PORTAL V16.

2.3.2.- Mímica del menú principal.

En esta mímica se puede visualizar la planta en general y ciertos detalles como por ejemplo que se ingresó con el usuario de ingeniero que se encuentra en la parte superior derecha, las luces pilotos de indicación si se encuentra en modo de LOCAL o en modo remoto, ya que como se menciona anteriormente el sistema cuenta con una innovación de poderse conectar de manera remota por otro software. Como se presenta en la **figura 14**.

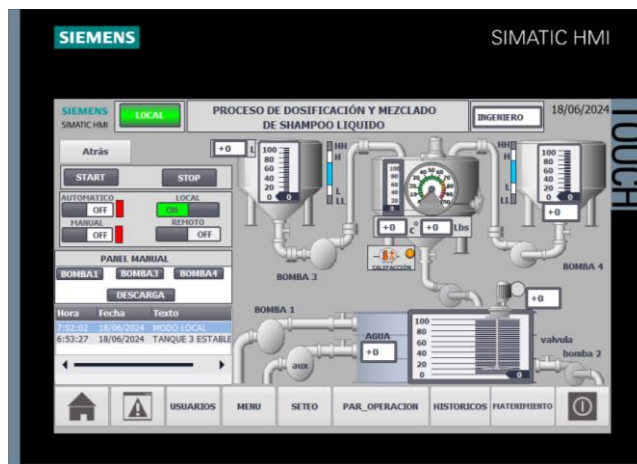


FIGURA 14: Mímica del menú Principal

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

2.3.3.- Modo automático etapa de dosificación y mezclado del shampoo.

Esta etapa es crucial ya que en ella se puede apreciar todo el proceso cómo funciona de manera autónoma, con la etapa de dosificación, adición de productos finales y su mezclado de la solución en agua hasta conseguir una mezcla totalmente homogénea. Aquí en esta etapa entre el tanque 3 y 4 que se muestran en la imagen son los encargados de suministrar

la dosis adecuada de cada solución debido a que son los que controlaran los conservantes, los agentes espesantes y la adición del ácido cítrico que controla el pH adecuado que esta entre los 52% que sería un pH de 5.2 [21]. La mímica de este modo se la puede observar a detalle en la **figura 15**.

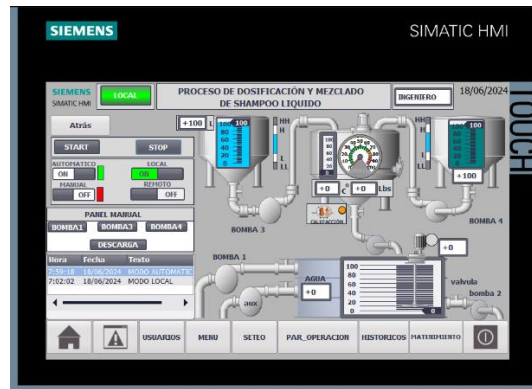


FIGURA 15: Mímica Modo Automático

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Primer proceso.**

En este primer proceso es donde se acciona la electroválvula para dar paso al accionamiento de la bomba 1 quien es la encargada de llenar el reservorio con agua para su posterior uso en la mezcla de los distintos aditivos y así lograr una consistencia totalmente equilibrada. A continuación, se muestra en la **figura 16** cómo se vería la primera mímica en funcionamiento automático.

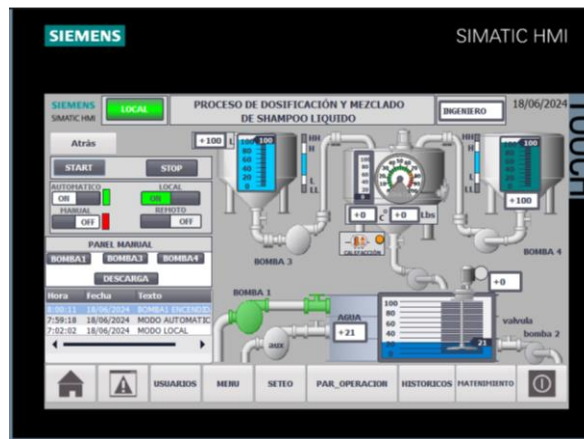


FIGURA 16: Mímica primer proceso modo automático, ingreso de agua

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Segundo proceso.**

En este segundo proceso es donde se puede apreciar la alternancia de las bombas previo a la conclusión de la etapa anterior. En esta etapa es donde se añade lo que es la materia prima como sería la glicerina o lo que es una parte de ácido cítrico para controlar el PH adecuado para la solución. Esta mezcla es vertida sobre otro reservorio para ser calentado y mezclado a una velocidad constante para una correcta disolución no obstante haber alcanzado la temperatura de 60 grados centígrados se apagará la resistencia para que vuelva a su temperatura ambiente, esto se lo hace con el fin de eliminar impurezas. Todo este proceso se muestra en la **figura 17**.

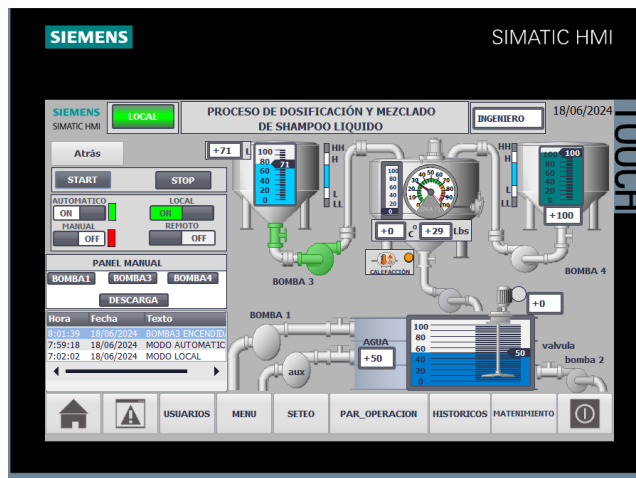


FIGURA 17: Ingreso de glicerina, ácido cítrico, shampoo neutro a máquina calefactora

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Tercer proceso.**

En esta tercera etapa del mezclado es donde se añaden los distintos aditivos en un reservorio que previamente fue cargado con la materia prima ósea la glicerina, el shampoo neutro y a su vez los agentes espesantes para una correcta viscosidad. Además, se agregan los aditivos finales que son los conservantes, edulcorantes. Los detalles se muestran en la **figura 18**.

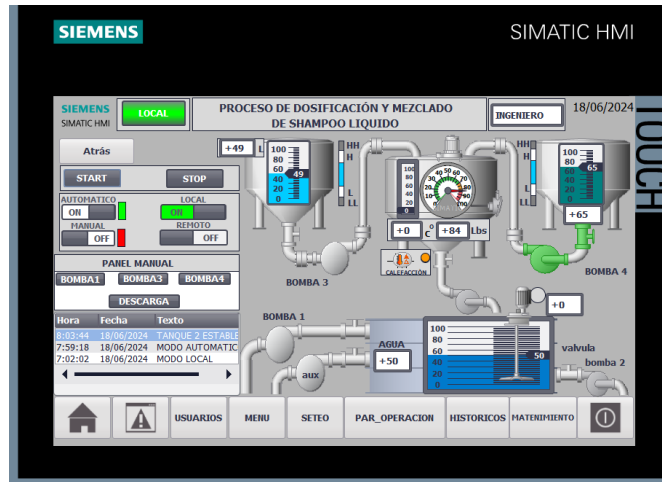


FIGURA 18: Ingreso de ingredientes finales, agente espesante, conservante, saborizantes.

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Cuarto proceso.**

Esta etapa del proceso es crucial ya que es donde se calienta la mezcla a una temperatura de aproximadamente 60 grados, ya llegando a esa temperatura el sistema apagara las resistencias que estaban generando calor para que la solución se enfríe a temperatura ambiente, previo a eso que la mezcla se enfría es vertida al reservorio que contiene agua por medio de una electroválvula a alojada en la parte baja del reservorio. Se hace llegar a esa temperatura la mezcla para eliminar impurezas y que la solución sea mejor su tratamiento. Se presenta en la **figura 19**.

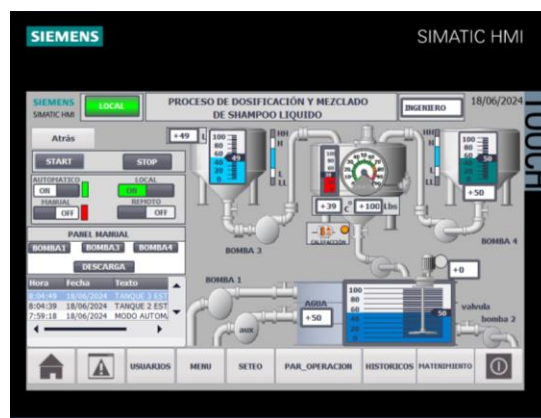


FIGURA 19: Calefacción de la mezcla a 60 grados

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Proceso de adición de la mezcla al agua**

Aquí es donde se agregará la mezcla con un 50 por ciento de agua y se diluirá con una velocidad constante para lograr una mezcla homogénea y con la viscosidad adecuada.

La adición de agua con un 50 por ciento y su dilución con una velocidad constante son pasos cruciales para garantizar la homogeneidad de la mezcla y la obtención de la viscosidad adecuada. Esto asegura que todos los componentes estén distribuidos uniformemente, evitando inconsistencias en la calidad del producto final, y permite ajustar la viscosidad para adaptarse a su aplicación específica. Controlar la velocidad de dilución es fundamental para mantener la consistencia y cumplir con las especificaciones requeridas para el producto. Los detalles de esta mímica se presentan en la **figura 20**.

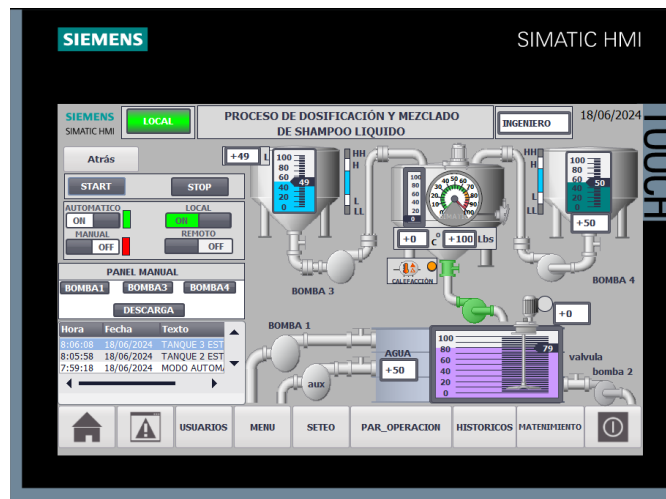


FIGURA 20: Adición de mezcla de ingredientes finales al agua

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Proceso de mezclado para hacerla homogénea.**

En esta etapa es donde el reservorio principal tenía primeramente agua y le fue administrado la combinación de los distintos aditivos proporcionados por los tanques anteriores y previamente calentados para eliminar impureza, es aquí donde esa mezcla se procede a tratarla mezclándola completamente para llegar a una composición totalmente homogénea. Este proceso dura 30 segundos mezclando a velocidad constante por parte del motor de la mezcladora, ya culminando esa etapa se podría decir que ya hay un producto terminado y listos para descargar a la siguiente etapa como se muestra en la **figura 21**.

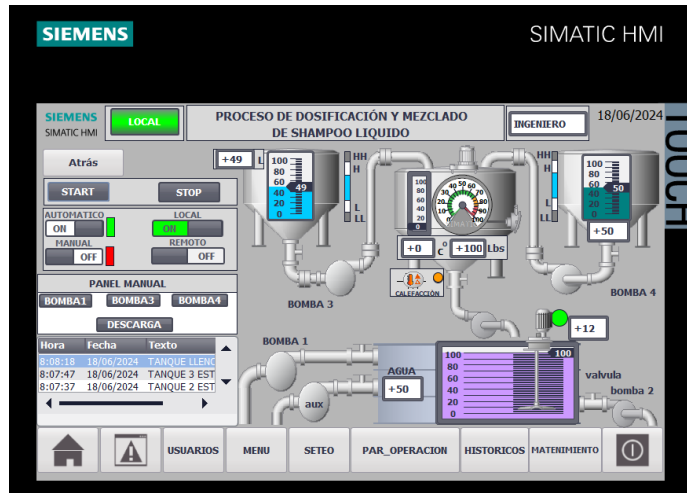


FIGURA 21: Proceso de mezclado de todos los ingredientes para formula general

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Proceso de descarga.**

Este proceso de descarga es parte del proceso manual ya que esta solo se activaría por motivos de mantenimiento o a su vez cuando el proceso de la mezcla haya culminado, solo así se podrá descargar cumpliendo esas condiciones y bajo tales permisos por el ingeniero a cargo de la etapa de descarga como se muestra en la **figura 22**.

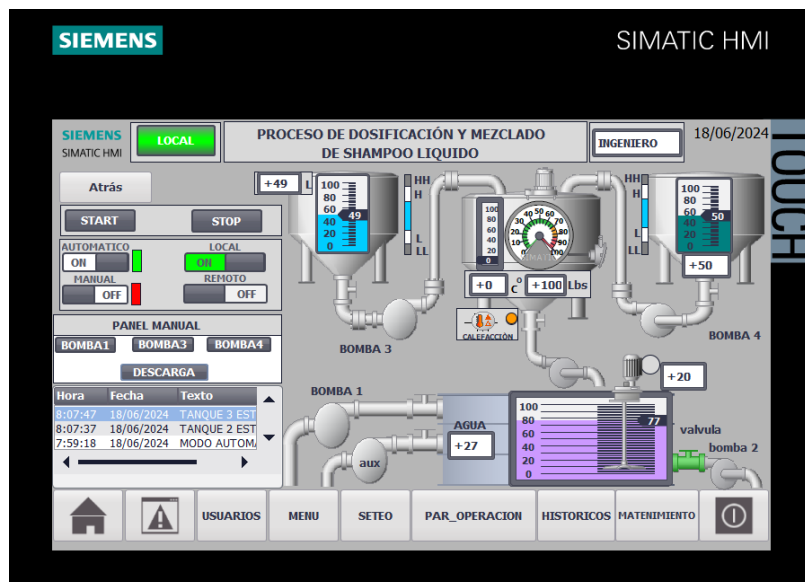


FIGURA 22: Descarga de líquidos para proceso de llenado

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

2.3.4.- Modo manual e ingreso de valores operacionales.

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

- **Primera mímica del entorno manual**

Aquí en esta mímica se puede activar cada bomba por separado, pero siempre y cuando este seleccionado el modo manual en el sistema automático y seteado correctamente cada electroválvula y bomba con la que trabaja. Los detalles se muestran en la **figura 23**.

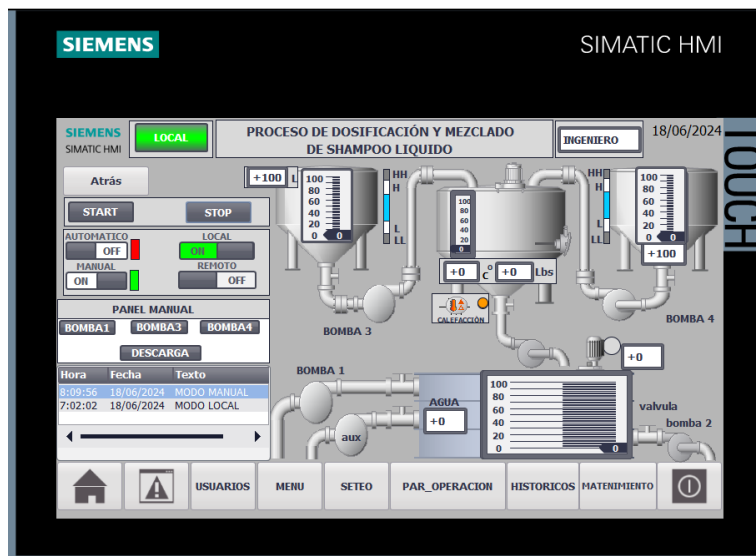


FIGURA 23: Entorno manual del proceso

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Parametros operativos.**

En esta mimica se puede setear los valores operativos con los que va a trabajar cada una de las bombas, siempre y cuando priorizando el proceso y como funciona, ya que el tanque numero 2 y 3 empiezan ya llenos en esta etapa para posteriormente desender conforme el valor que se le ponga. Los detalles se muestran en la **figura 24**.

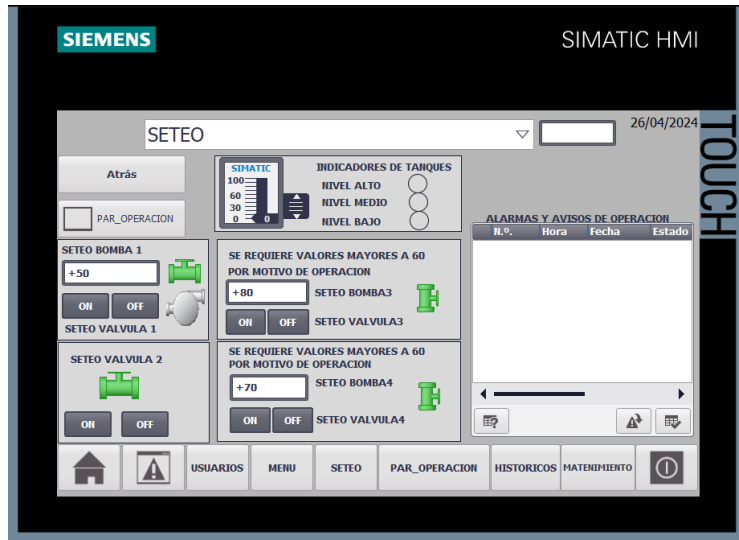


FIGURA 24: Ingreso de valores operacionales

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Activación de bomba 1 en modo manual.**

Aquí se precia la activación de la bomba 1 en modo manual, no obstante, cabe recalcar que antes de mandar a activar la bomba 1 se debe poner los valores establecidos con que va a trabajar ya que está en modo manual como se muestra en la **figura 25**.

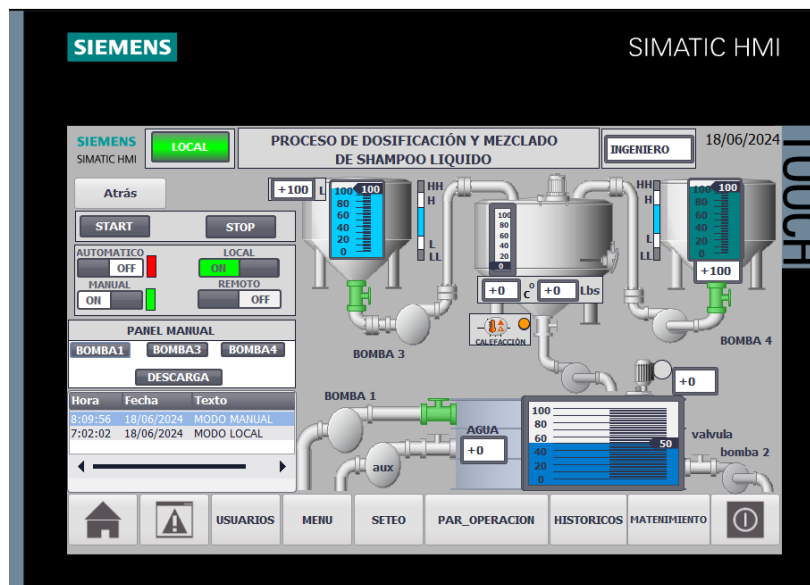


FIGURA 25: Activación de bomba 1 modo manual

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01.

- **Accionamiento de bomba 3 en modo manual.**

En esta etapa se activa la bomba 3 de manera manual con los valores previamente establecidos. Aquí se ingresan los conservantes y otros aditivos con los que cuenta la mezcla. Los detalles de esta etapa se observan en la **figura 26**.

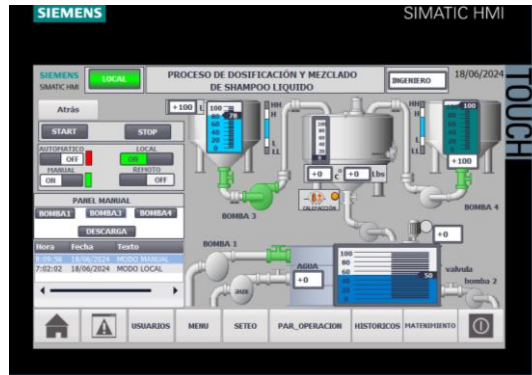


FIGURA 26: Accionamiento de bomba 3 modo manual

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Accionamiento de bomba 4 en modo manual.**

La bomba 4 en el accionamiento manual solo se activa cuando el nivel del tanque llego a su nivel adecuado para la descarga ya que es la encargada de descargar el producto ya terminado de manera manual y así pasar al siguiente proceso como se aprecia en la **figura 27**.

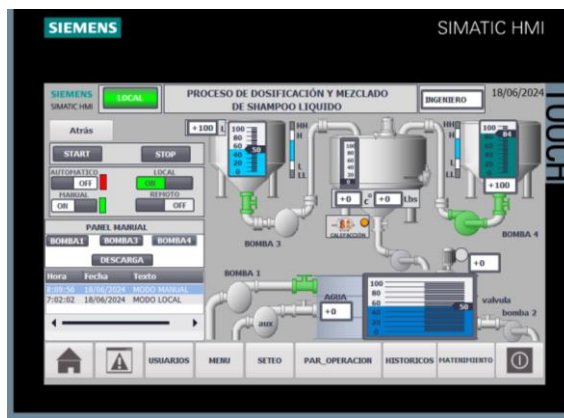


FIGURA 27: Accionamiento de bomba 4 en modo manual

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

2.2.5.-Parámetros eléctricos.

Aquí se detallan los valores eléctricos con los que trabaja cada bomba del sistema automatizado, siempre y cuando la bomba esté en funcionamiento se presenta en la pantalla su respectivo su valor de voltaje de línea, su corriente y su frecuencia, como se observa en la **figura 28**.

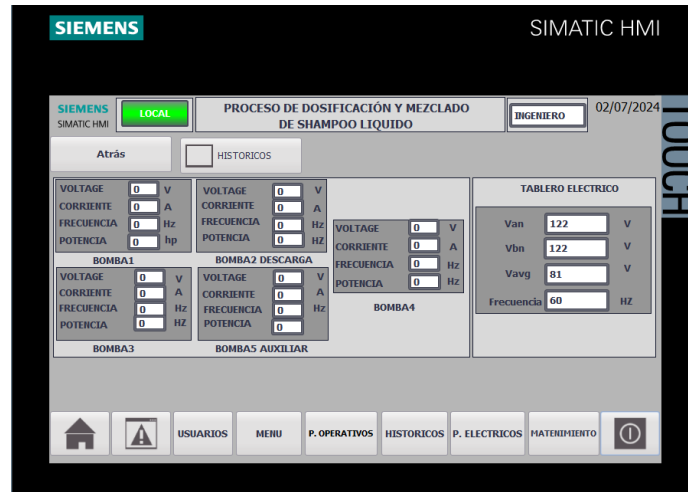


FIGURA 28: Visualización de parámetros eléctricos en modo automático

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

Esta mímica servirá de gran ayuda al momento de detectar que bomba necesita mantenimiento o no está trabajando a su máxima capacidad ya que al no reflejarse el valor de corriente de las mismas por ende la bomba está presentando fallas.

2.2.6.- Históricos.

En esta sección se puede observar las curvas generadas por los sensores y los niveles de los tanques conforme transcurre el tiempo. Aquí se detecta si el tanque está llenando o no y en qué tiempo lo está haciendo. Los detalles de esta etapa se encuentran en la **figura 29**.

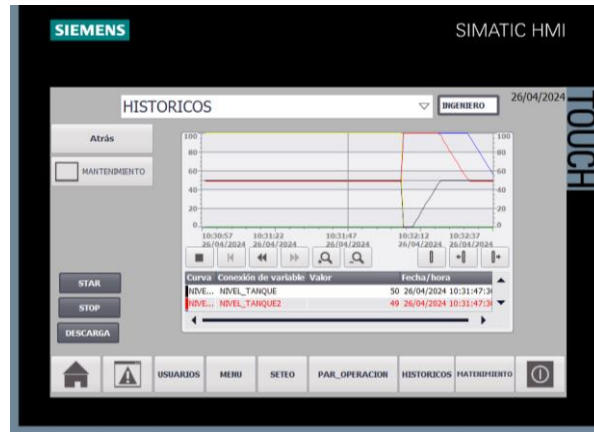


FIGURA 29: Observación de curvas de sensores de nivel

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

2.2.7.- Mímica de estado de bomba en mantenimiento.

En esta mímica de mantenimiento entrara en funcionamiento siempre y cuando la bomba número 1 se encuentre en falla o con problemas técnicos. Estos casos se podrían dar ya sea porque personal encargado requiera hacer mantenimiento a las bombas o simplemente haya algún error en el proceso, como se aprecia en la **figura 30**.



FIGURA 30: Control de estado de manteniendo

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

- **Estado de bombas en manteniendo y en ejecución.**

Se puede presenciar el estado como funcionaria el sistema si la bomba 1 se encontrara en mantenimiento, cuál sería el funcionamiento si esta bomba llegara a fallar estando en este sistema. A continuación, se detalla en la **figura 31**.

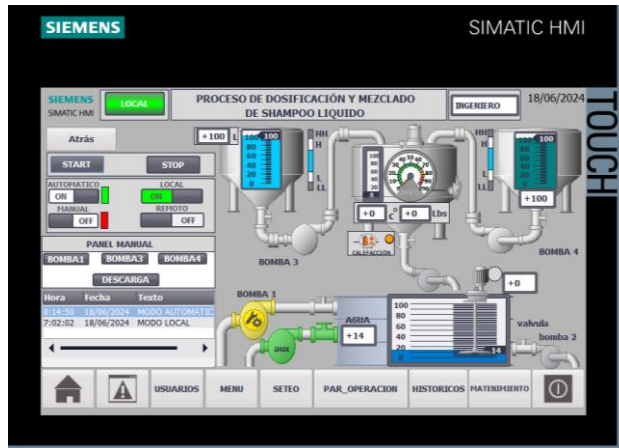


FIGURA 31: Recambio de estado de bomba auxiliar

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

2.2.8.- Alarmas y valores operativos.

En el apartado de alarmas se puede presenciar cómo se activa cada bomba y cada electroválvula al momento de ejecutar un proceso o culminar una etapa. Las alarmas se muestran al iniciar el programa dando marcha al sistema, como se puede observar en la figura 32.

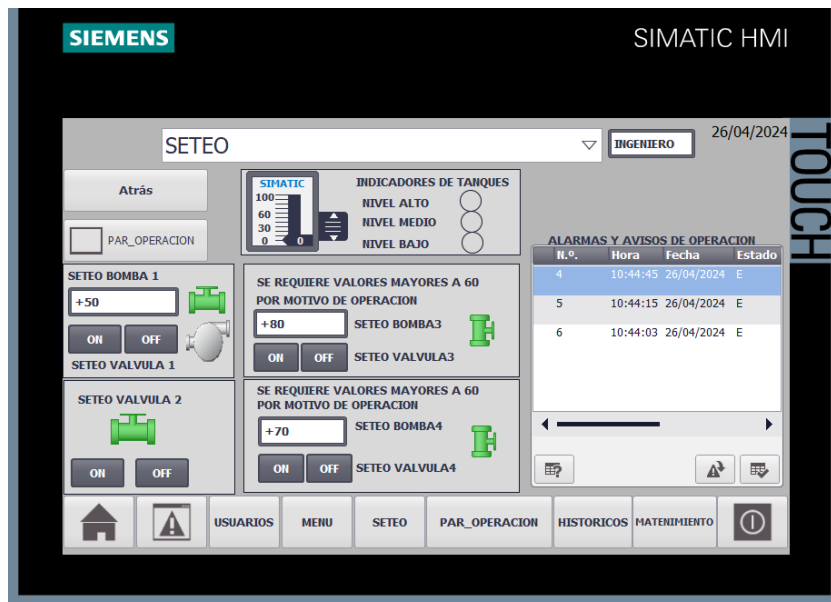


FIGURA 32: Alarmas de los estados de las bombas

fuelle: creado bajo las normas ISA 101.01

3.-Resultados y conclusiones.

3.1.1 Resultados.

- Se logró diseñar un sistema automatizado para las etapas de dosificación y mezclado de shampoo líquido con los periféricos adecuados como actuadores y sensores encargados de transmitir y dotar de información importante al sistema para la implementación de la arquitectura idónea que cumpla con los requerimientos necesarios para la propuesta.
- Se obtuvo la lógica adecuada en el lenguaje LADDER que cumple con la ejecución requerida de cada etapa del proceso de dosificación y mezclado de shampoo líquido, con el fin de que opere tanto de manera manual como automática según requerimientos del proceso.
- El HMI diseñado permite mantener alerta y protegido al personal, ya que cuenta con un sistema de alarmas en cada etapa del proceso antes mencionado y puede mostrar con exactitud en sus mímicas dónde podrá ocurrir algún problema, debido a que puede trabajar con sensores y transmisores que permiten la adquisición de datos tanto de nivel como también de temperatura.
- La validación de las etapas de dosificación y mezclado del proceso de elaboración de shampoo líquido en un ambiente controlado fue exitosa, gracias a que el sistema está preparado para que trabaje con la incorporación de sensores ultrasónicos no invasivos de nivel alojados en cada tanque, permitiendo así un control preciso y meticuloso de las cantidades exactas de líquido a dosificar. Además, tiene la capacidad de trabajar con una resistencia calorífica capaz de calentar el líquido para eliminar impurezas y proporcionar una mezcla más homogénea.

3.1.2.- Conclusiones

- Se diseñó el sistema industrial para automatizar las etapas de dosificación y mezclado de shampoo líquido mediante un análisis exhaustivo de los equipos e instrumentos industriales utilizados y recomendados para este proceso. Se evaluaron diferentes tecnologías disponibles en el mercado, considerando su eficiencia, capacidad de producción, consumo energético y facilidad de integración en el sistema de producción existente. Después de este estudio, se seleccionaron los equipos y dispositivos más adecuados para lograr un proceso de elaboración de shampoo líquido altamente automatizado y eficiente.
- La programación Ladder implementada en la automatización de las etapas de dosificación y mezclado en el proceso de elaboración de shampoo líquido usando un PLC S7 1200, permitió controlar de manera efectiva la secuencia de adición de aditivos y duración del proceso de mezclado en un ambiente controlado. Esto asegura que cada lote de shampoo tenga las mismas propiedades físicas, químicas y organolépticas, lo que se traduce en una mayor calidad y uniformidad del producto.
- Se desarrolló una interfaz gráfica para el control y monitoreo de las etapas de dosificación y mezclado en la elaboración de shampoo líquido usando una pantalla HMI SIMATIC KTP900. Esta herramienta optimiza significativamente el proceso de producción, permitiendo un manejo eficiente, preciso y automatizado de los parámetros críticos como el control de nivel de agua y aditivos. La interfaz proporciona una visualización clara de todo el proceso, desde la dosificación de los ingredientes hasta el mezclado homogéneo, facilitando el seguimiento en tiempo real de variables como temperaturas, velocidades de agitación y tiempos de proceso de llenado.
- Se validó con éxito el sistema industrial de automatización para las etapas de dosificación y mezclado en la elaboración de shampoo líquido dentro de un ambiente controlado de laboratorio. Esto demuestra la efectividad y precisión del sistema antes de su implementación en producción real. La validación incluyó la verificación de la funcionalidad del HMI modelo KTP900 y la adquisición de datos eléctricos del tablero a través de comunicación RTU con el detector de parámetros modelo DP C530, los cuales se presentaron de manera efectiva en el HMI.

3.1.3.- Recomendaciones.

- Es necesario brindar capacitaciones para que el personal de la planta pueda familiarizarse con el sistema automático, ya que serán los protagonistas principales que monitorearán de manera continua los diferentes procesos y serán los encargados de interpretar las señales y alarmas que el sistema automático proporcione por medio de la interfaz HMI.
- Para garantizar la sostenibilidad y eficacia a largo tiempo del sistema, resulta crucial desarrollar manuales que detallen el funcionamiento del HMI, el código PLC y los procedimientos de mantenimiento. Estos manuales o talleres previamente implantados al personal dan una eficacia y precisión a la empresa, ya que esta documentación facilitará la formación de nuevos operadores capaces de manejar interfaces de manera más sencilla y asegurará una operación continua y efectiva en la planta de producción de shampoo líquido.
- En cuanto a las variables medibles que se podrían llegar a controlar, serían el control del pH adecuado y el control de temperatura, ya que en esta propuesta solo se controla el nivel de ácido cítrico además del nivel de agua adecuado para garantizar una mezcla homogénea. Estas otras variables medibles harían que nuestro sistema automático trabaje aún más de manera eficiente ya que en las etapas en cuestión solo se las trata de manera superficial, más no concentradas directamente en tales variables.
- Es necesario que el laboratorio de prácticas de automatización cuente con un módulo didáctico capaz de trabajar con señales analógicas tanto de entrada como de salida. Esto con el fin de que el personal estudiantil pueda familiarizarse mejor con las variables reales que existen en una planta real.

Bibliografía

- [1] L. E. Mendoza. VG Varvarande Bahamonde, “SEPARATA MERCADERÍA E INSUMOS GASTRONÓMICOS 2014,” *VG Varvarande Bahamonde, L Echarri Mendoza.*, 2014, Acceso: jun. 20, 2024. [Online]. Available: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/313941/SEPARATA%20MERCADER%20C3%8DA%20E%20INSUMOS%20GASTRON%20C3%93MICOS%202014.doc?sequence=1>
- [2] J. M. H. M. Luisa Fernanda Hurtado Gómez, “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA EMPRESA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE UN SHAMPOO QUE AYUDE A TRATAR EL CABELLO GRASO,” Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, 2015. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/5718>
- [3] Roberto. Sanchis Llopis, C. V. Ariño Latorre, and J. A. Romero Pérez, *AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL*. Publicaciones de la Universidad Jaume I, Serví de Comunicació i Publicacions, 2010. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/24182/s31.pdf?sequence>
- [4] V. Romero Segovia and A. Theoran, “History of Control History of PLC and DCS,” Lund, 2012. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: http://archive.control.lth.se/media/Education/DoctorateProgram/2012/HistoryOfControl/Vanessa_Alfred_report.pdf
- [5] Ing. Patricia Aguilera Martínez, “PROGRAMACIÓN DE PLCS,” Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolas de los Garza, 2002. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>
- [6] A. Salkic, H. Mihevc, and D. Jokin, “Siemens S7-1200 PLC DC Motor control capabilities,” in *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier B.V., 2022, pp. 103–108. doi: 10.1016/j.ifacol.2022.06.017.
- [7] C. Chuquitarco Alex Santiago Tapay Tapaicela Manuel Cipriano and I. Corrales Bastidas Byron Paúl, “MODULO SIEMENS CM 1241 RS422/485 EN DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE PROCESOS,” Latacunga, Mar. 2022. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9238>
- [8] H. Amained, “AUTOMATIZACIÓN ELECTRICA - Machine safety: Rick assessment and safety design,” SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, 2019. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/172701/Thesis_Heikki%20Ihainen.pdf?sequence=2
- [9] B. Ángel and E. Q. Terrazas, “DISEÑO DE UN CALENTADOR ELÉCTRICO CON MECANISMO DE ENCENDIDO AUTOMÁTICO POR FLUJO DE AGUA,” UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, Puno - Perú, 2020. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/14483/Qui%20c3%b1onez_Terrazas_Angel_Enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [10] L. Carlo and M. Yáñez, “ISO 9001 2008 - ARTÍCULO-AREA DE GESTIÓN,” 2008, Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/34112639/ArticuloISO.pdf>
- [11] E. Fernández and C. Andrea, “GMP - Directrices para la implementación de buenas prácticas de manufactura para el aseguramiento de la calidad de productos cosméticos naturales,” América, 2021. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available:

- <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8508>
- [12] E. D. Bohórquez, E. A. Prado, and M. F. Ramírez, “Implementación de la norma ISA 101, sobre las HMI, pertenecientes a los módulos de instrumentación de la Universidad ECCI,” 2019. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/60947695/ARTICULO_SEMINARIO20191018-17169-1cwhb93.pdf
- [13] Cesar Torres, “Seguridad industrial Tema: Sistemas de gestión empresarial-Norma ANSI Z-16.1 Autor: César Torres,” manglar un norte, 2012. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/2217/Sistemas%20de%20gesti%20?sequence=1>
- [14] O. P. Rivera, P. Asociado, and N. I. Profesor, “NORMA ISA,” 2010. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/50208847/304_Norma_ISA_PID.pdf
- [15] Á. J. Y. Y. María Gabriela Martínez Cherres, “CONSTRUCCIÓN DE UNA BANCADA DIDÁCTICA PARA EL PLC SIEMENS S7-1200 CON INTERFACE HMI TOUCH,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2012. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/2892>
- [16] J. V. S. David Enrique Juan San Valero, “COMUNICACIÓN PROFINET Y PANTALLA HMI CON PLC S7 1200,” Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2019. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/160647>
- [17] A. Beatriz, R. Guevara, A. B. Rivera, G. Código, A. L. Bedoya, and J. Lima -Perú, “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SHAMPOO EN BARRA ECOLÓGICO A BASE DE TARWI,” Universidad de Lima, Lima, 2015. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/18193>
- [18] P. A. Dongo and C. Lima -Perú, “Estudio de Prefactibilidad para la implementación de una industria que elabore shampoo con extracto jojoba,” PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2007. Acceso: jun. 21, 2024. [Online]. Available: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/998>
- [19] D. F. As E, “Controlador programable S7-1200,” 2018. [Online]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/ww/es/>
- [20] I. Delva Patricia Icaza Rivera MAE, I. Félix Enrique Villegas Yagual MAE, and I. Magdalena Irala Valero Camino MAE, “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA ARTESANAL PARA LA FABRICACIÓN DE SHAMPOO Y JABÓN DE SÁBILA EN LA CIUDAD DE MILAGRO.” Acceso: jun. 22, 2024. [Online]. Available: https://sga.unemi.edu.ec/media/evidenciasiv/2018/06/25/articulo_201862512736.pdf
- [21] María Eugenia Capeta, “EVALUACIÓN DEL PH DE LOS SHAMPOO VENDIDOS EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES Y BREVE RESEÑA,” vol. 23, pp. 1–3, 2017, Acceso: jun. 22, 2024. [Online]. Available: <http://www.dermatolarg.org.ar/index.php/dermatolarg/article/view/1579>

ANEXOS

Anexo 1: Ejecución de la primera lógica cableada referente a la alternancia de las bombas 1 y 3.

- Ejecución en modo manual bomba 1 diagrama de fuerza.

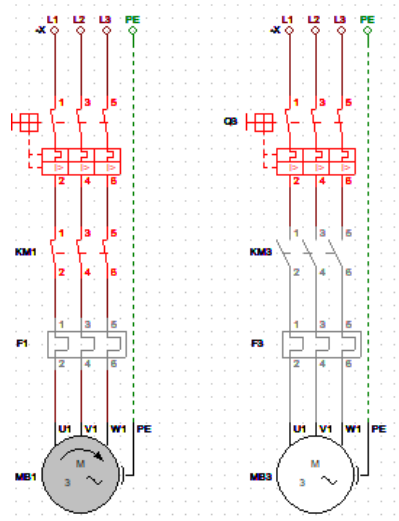


FIGURA 33: Diagrama de fuerza bomba 1 modo manual activada

fuelle: creado en base a cadesimu

- Ejecución en modo manual bomba 1 diagrama de control.

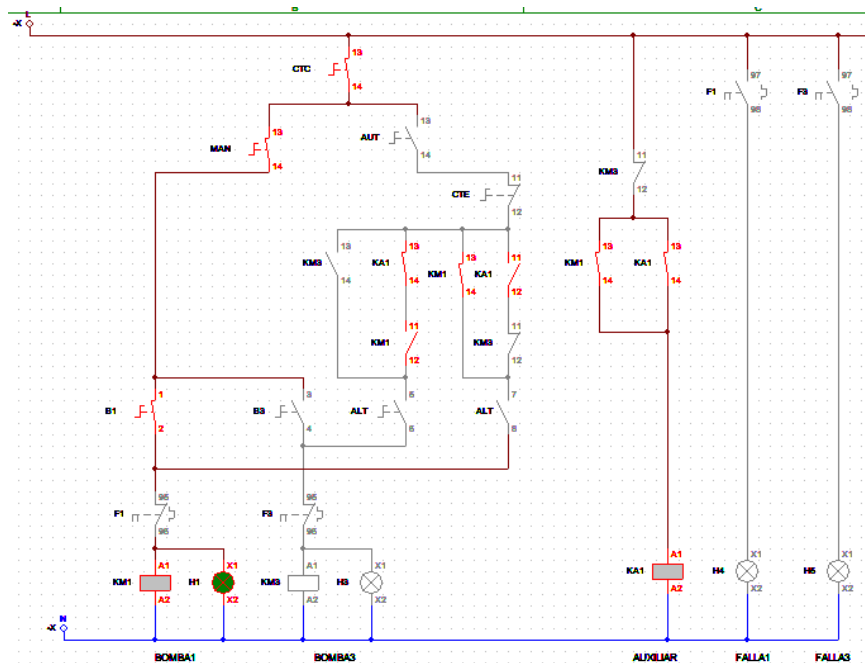


FIGURA 34: Ejecución modo manual bomba 1

- Ejecución en modo manual bomba 3 diagrama de fuerza.

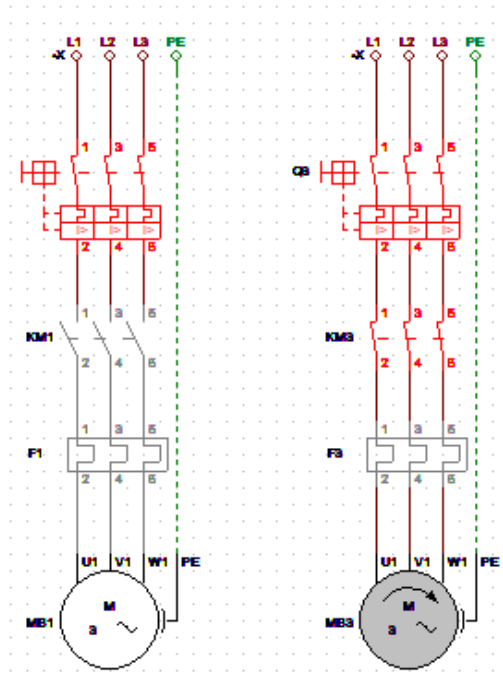


FIGURA 35: Ejecución modo manual bomba 3 diagrama de potencia

- Ejecución en modo manual bomba 3 diagrama de control.

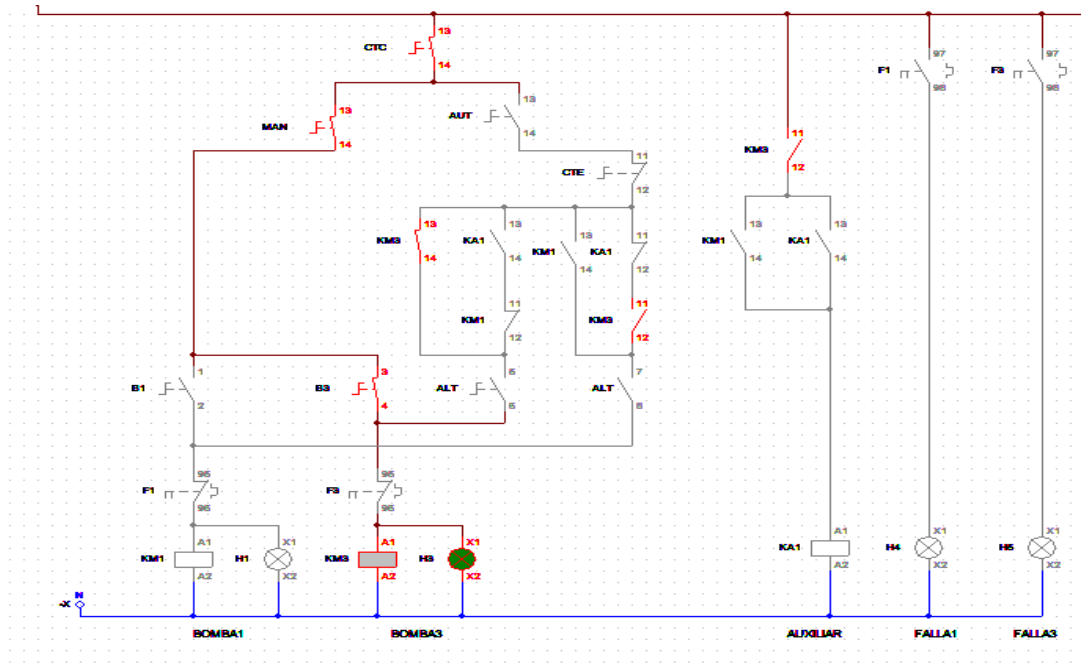


FIGURA 36: Ejecución de bomba 3 modo manual diagrama de control

fuelle: creado por cadesimu [23]

- Alternancia de bombas 1 y 3 en modo automático.

Diagrama de fuerza

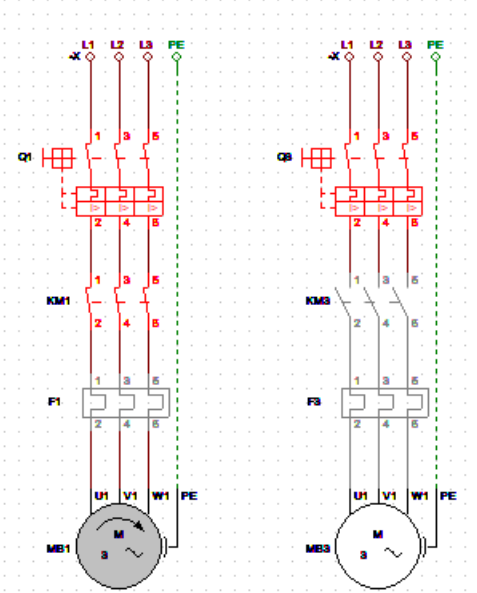


FIGURA 37: Diagrama de fuerza modo automático

fuelle: creado en base a cadesimu

Diagrama de control

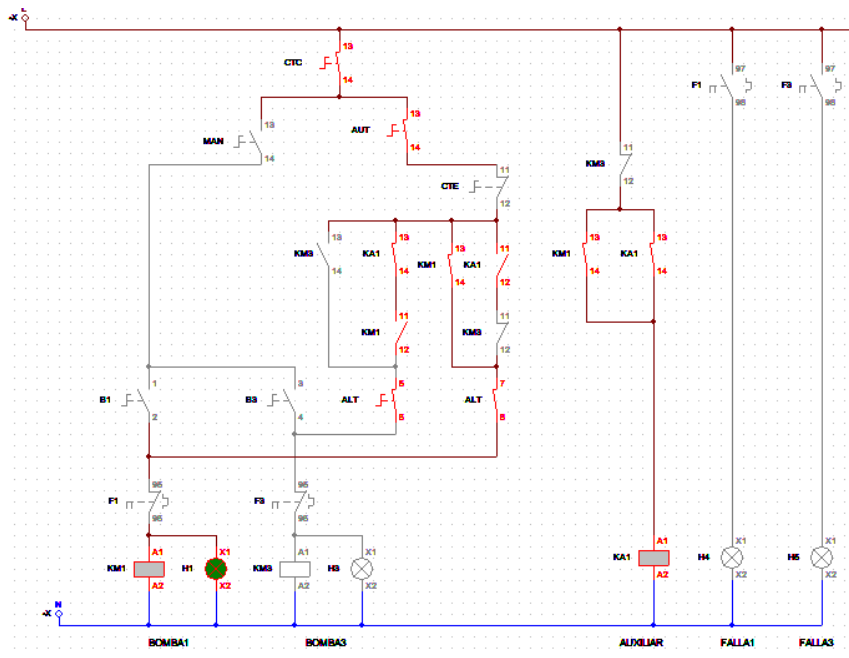


FIGURA 38: Diagrama de control automático alternancia de bombas

fuelle: creado en base a cadesimu por Autor.

- **Detección de error en bombas en modo manual.**

Diagrama de fuerza

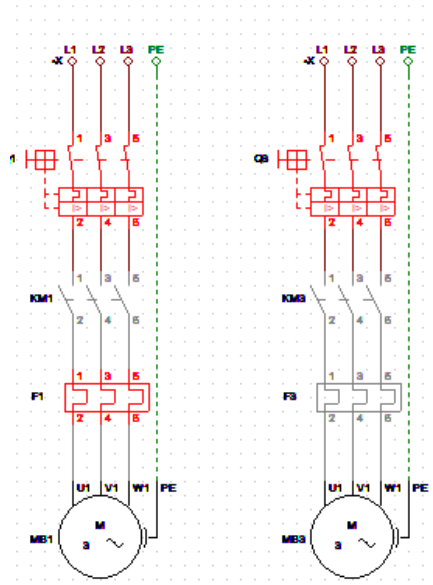


FIGURA 39: Detección de error modo manual

fuelle: creado por cadesimu

Diagrama de control

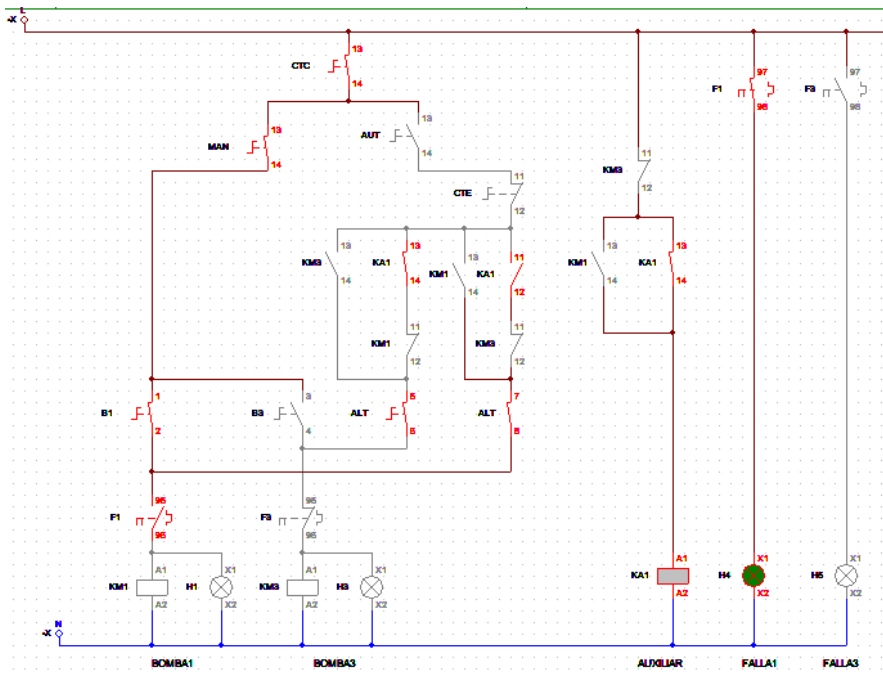


FIGURA 40: Detector de error modo manual diagrama de control

- Detección de error en bombas en modo automático.

Diagrama de fuerza de los motores principales de las etapas de dosificación y mezclado

Diagrama de fuerza

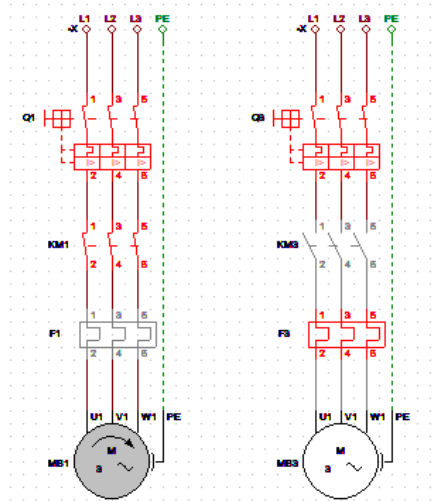


FIGURA 41: Detección de error en diagrama de potencia

fuelle: creado por Autor en cadesimu

Diagrama de control de los dos motores del proceso de dosificación y mezclado.

Diagrama de control.

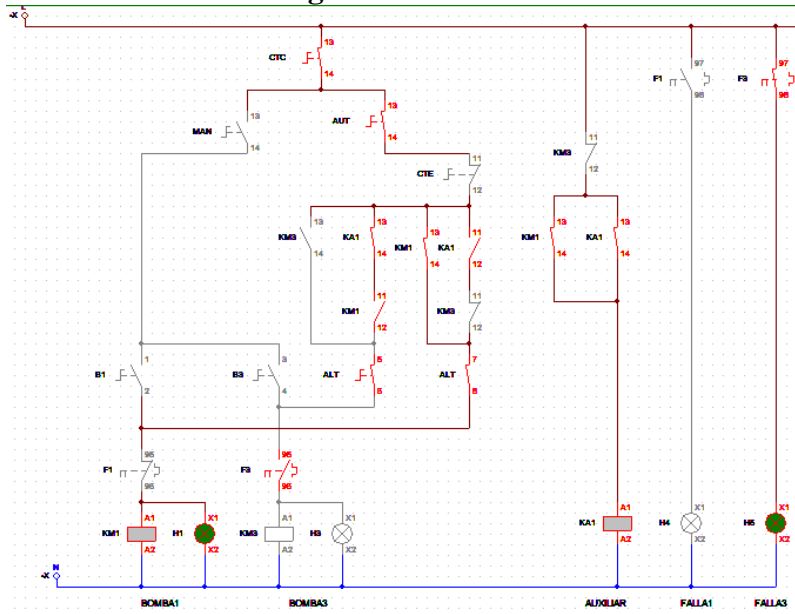


FIGURA 42: Detección de falla diagrama de control automático

fuelle: creado por Autor en Cadesimu

Anexo 2: Tabla de entradas y salidas

PLANTA	MODULOS	DIRECCION	ENTRADAS	DESCRIPCION	SALIDA	DIRECCIO	DESCRIPCION
MESCLADORA 220 V AC	M1	I0.0	START	START SISTEMA	MOTOR 1	Q0.0	MOTOR DE BOMBA LLENADO DE AGUA
		I0.1	STOP	STOP SISTEMA	MOTOR 2	Q0.1	MOTOR DE BOMBA DE TANQUE 2
		I0.2	B1	MOTOR1 ACTIVO	MOTOR 3	Q0.2	MOTOR DE BOMBA DE TANQUE 3
		I0.3	B2	MOTOR2 ACTIVO	MOTOR 4	Q0.3	MOTOR DE DESCARGA DE TANQUE 4
		I0.4	B3	MOTOR3 ACTIVO	MOTOR 5	Q0.4	MOTOR DE DESCARGA DE TANQUE 1
		I0.5	B4	MOTOR4 ACTIVO	MOTOR 6	Q0.5	MOTOR DE BOMBA AUXILIAR
		I0.6	B5	MOTOR5 ACTIVO	MOTOR 7	Q1.0	MOTOR MEZCLADOR
	I0.7	B6	MOTOR6 ACTIVO				
	M2	I1.0	M1	MOTOR7 ACTIVO			
		I1.1	P1	PARO MOTOR 1			
		I1.2	P2	PARO MOTOR 2			
		I1.3	P3	PARO MOTOR 3			
		I1.4	P4	PARO MOTOR 4			
		I1.5	P5	PARO MOTOR 5			
		I1.6	P6	PARO MOTOR 6			
	I1.7	P7	PARO MOTOR 7				
	M3	I0.0	OL1	GUARDAMOTOR 1			
		I0.1	OL2	GUARDAMOTOR 2			
		I0.2	OL3	GUARDAMOTOR 3			
		I0.3	OL4	GUARDAMOTOR 4			
		I0.4	OL5	GUARDAMOTOR 5			
		I0.5	OL6	GUARDAMOTOR 6			
		I0.6	OL7	GUARDAMOTOR 7			
	MANUAL	F	B1	MOTOR1 ACTIVO	LUZ PILOTO VERDE MOTOR	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 1
		F	B2	MOTOR2 ACTIVO	LUZ PILOTO VERDE MOTOR	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 2
		F	B3	MOTOR3 ACTIVO	LUZ PILOTO VERDE MOTOR	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 3
		F	B4	MOTOR4ACTIVO	LUZ PILOTO VERDE MOTOR	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 4
		F	B5	MOTOR5 ACTIVO	LUZ PILOTO VERDE MOTOR	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 5
		F	B6	MOTOR6 ACTIVO	LUZ PILOTO VERDE MOTOR	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 6
		F	M1	MOTOR7 ACTIVO	LUZ PILOTO VERDE MOTOR	F	LUZ PILOTO VERDE MOTOR 7
		F	P1	PARO MOTOR1	LUZ PILOTO ROJA MOTOR	F	LUZ PILOTO ROJA MOTOR 1
		F	P2	PARO MOTOR2	LUZ PILOTO ROJA MOTOR	F	LUZ PILOTO ROJA MOTOR 2
		F	P3	PARO MOTOR3	LUZ PILOTO ROJA MOTOR	F	LUZ PILOTO ROJA MOTOR 3
		F	P4	PARO MOTOR4	LUZ PILOTO ROJA MOTOR	F	LUZ PILOTO ROJA MOTOR 4
		F	P5	PARO MOTOR5	LUZ PILOTO ROJA MOTOR	F	LUZ PILOTO ROJA MOTOR 5
		F	P6	PARO MOTOR6	LUZ PILOTO ROJA MOTOR	F	LUZ PILOTO ROJA MOTOR 6
		F	P7	PARO MOTOR7	LUZ PILOTO ROJA MOTOR	F	LUZ PILOTO ROJA MOTOR 7
			M1	MANT MOTOR1	LUZ PILOTO AMARILLA MO	F	LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR1
			M2	MANT MOTOR2	LUZ PILOTO AMARILLA MO	F	LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR2
			M3	MANT MOTOR3	LUZ PILOTO AMARILLA MO	F	LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR3
			M4	MANT MOTOR4	LUZ PILOTO AMARILLA MO	F	LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR4
			M5	MANT MOTOR5	LUZ PILOTO AMARILLA MO	F	LUZ PILOTO AMARILLA MOTORS
			M6	MANT MOTOR6	LUZ PILOTO AMARILLA MO	F	LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR6
			M7	MANT MOTOR7	LUZ PILOTO AMARILLA MO	F	LUZ PILOTO AMARILLA MOTOR7
					K1		CONTACTOR 1
					K2		CONTACTOR 2
					K3		CONTACTOR 3
				K4		CONTACTOR 4	
				K5		CONTACTOR 5	
				K6		CONTACTOR 6	
				K7		CONTACTOR 7	

FIGURA 43: Tabla de variables

Por: Autor

Anexo 3: Diagrama de control con el PLC S7 1200, el HMI TP 900 y el DP C530

Aquí se detallan las conexiones físicas con nuestro PLC S7 1200 y como se hace el cableado hacia nuestra pantalla HMI modelo TP 900 y nuestro medidor de parámetros modelo DP C530.

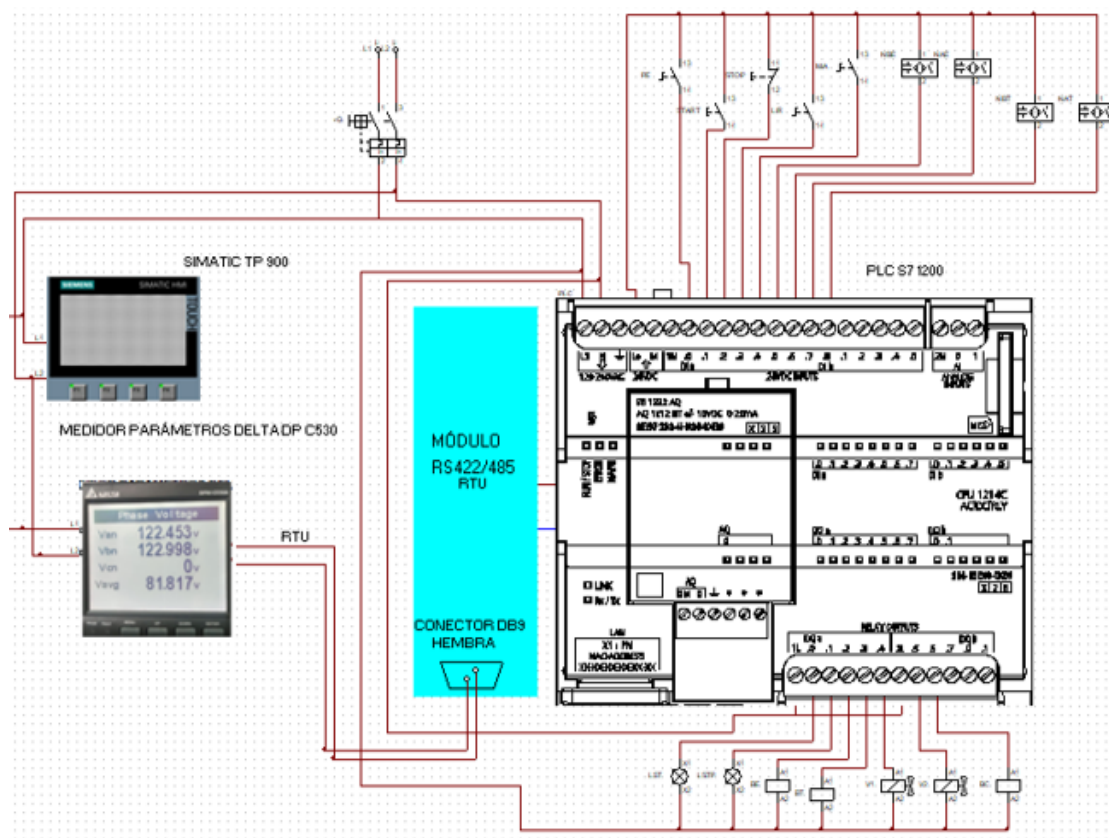


FIGURA 44: Diagrama de conexión entre el PLC S7 1200, el HMI TP 900 y el DP C530

Anexo 4: Bits de activaciones de alarmas.

Avisos de bit							
ID	Nombre	Texto de aviso	Categoría	Variable de di..	Bit de ..	Dirección de ...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_1	NIVEL BAJO	Warnings	DB_ALARMAS...	0	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_2	NIVEL MEDIO	Warnings	DB_ALARMAS...	1	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_3	NIVEL ALTO	Warnings	DB_ALARMAS...	2	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_4	TANQUE LLENO	Warnings	DB_ALARMAS...	3	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_5	TANQUE 2 ESTABLE	Warnings	DB_ALARMAS...	4	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_6	TANQUE 3 ESTABLE	Warnings	DB_ALARMAS...	5	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_7	MODO AUTOMATICO	Warnings	DB_ALARMAS...	6	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_8	MODO MANUAL	Warnings	DB_ALARMAS...	7	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_9	MODO LOCAL	Warnings	DB_ALARMAS...	8	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_10	BOMBA1 ENCENDIDA	Warnings	DB_ALARMAS...	9	DB_ALARMAS...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aviso de bit_11	BOMBA3 ENCENDIDA	Warnings	DB_ALARMAS...	10	DB_ALARMAS...	

FIGURA 45: Pantalla de bits de activación de alarmas.

Anexo 5: Codificación del lenguaje LADDER de los controles manual, automático, local y remoto.

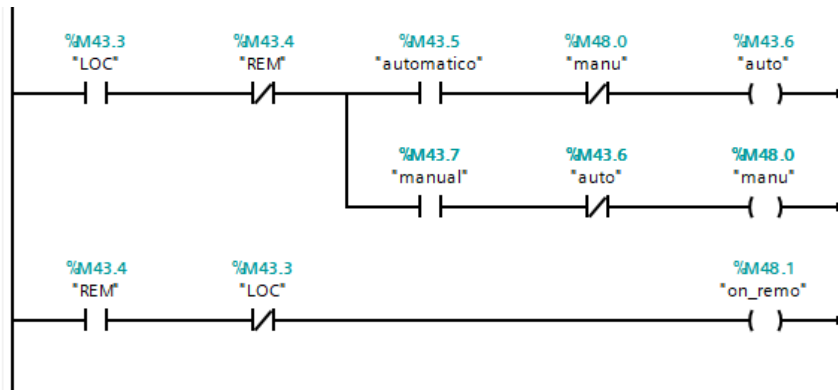


FIGURA 46: Codificación de lenguaje LADDER de los controles.

Anexo 6: Marcha y paro del modo automático.

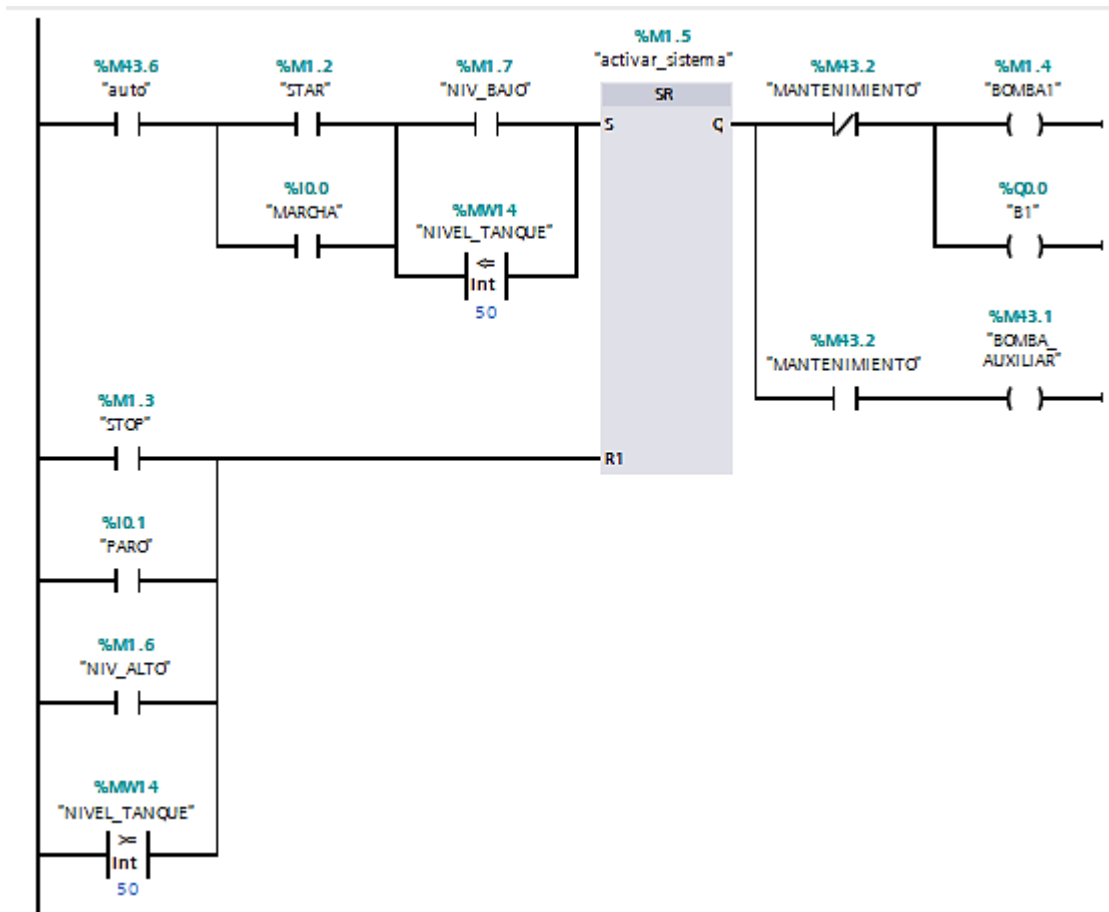


FIGURA 47: Marcha y paro del sistema automático.

Anexo 7: Llenado agua en tanque uno en modo automático.

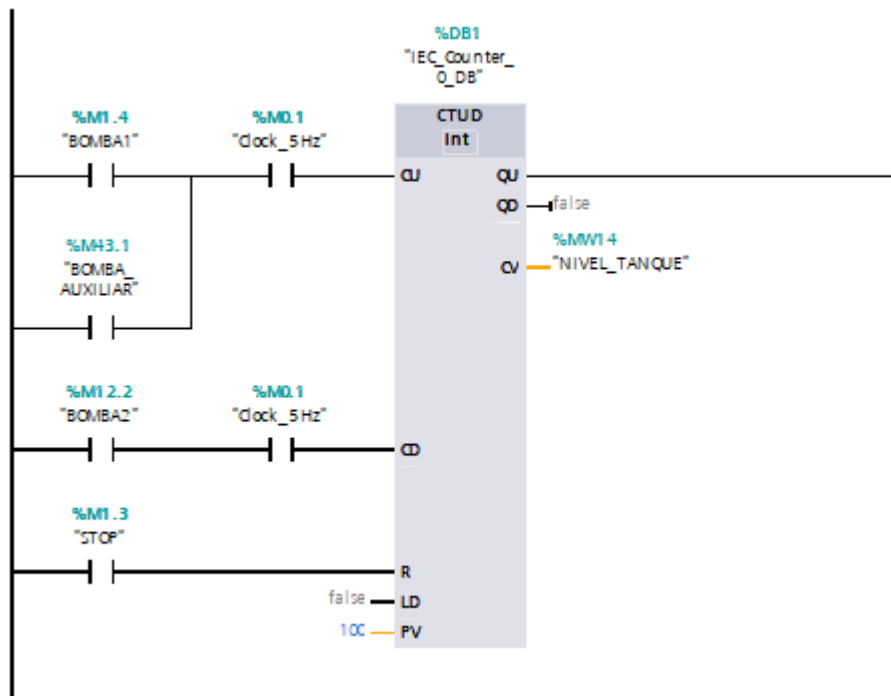


FIGURA 48: Llenado de agua en taque uno

Anexo 8: Descarga de aditivos como agentes espesantes y ácido cítrico.

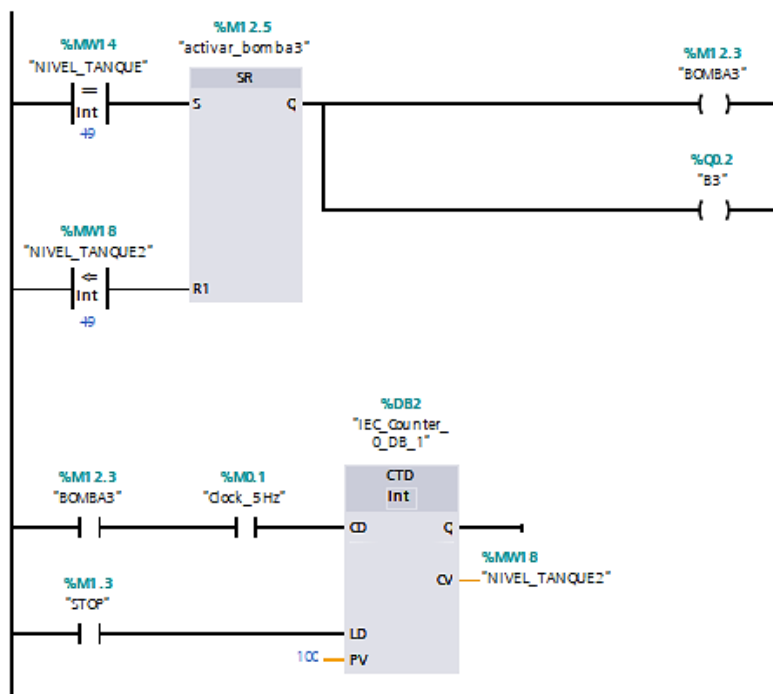


FIGURA 49: Descarga de aditivos y ácido cítrico.

Anexo 9: Verificación de peso previo a la etapa de adición de agentes conservantes.

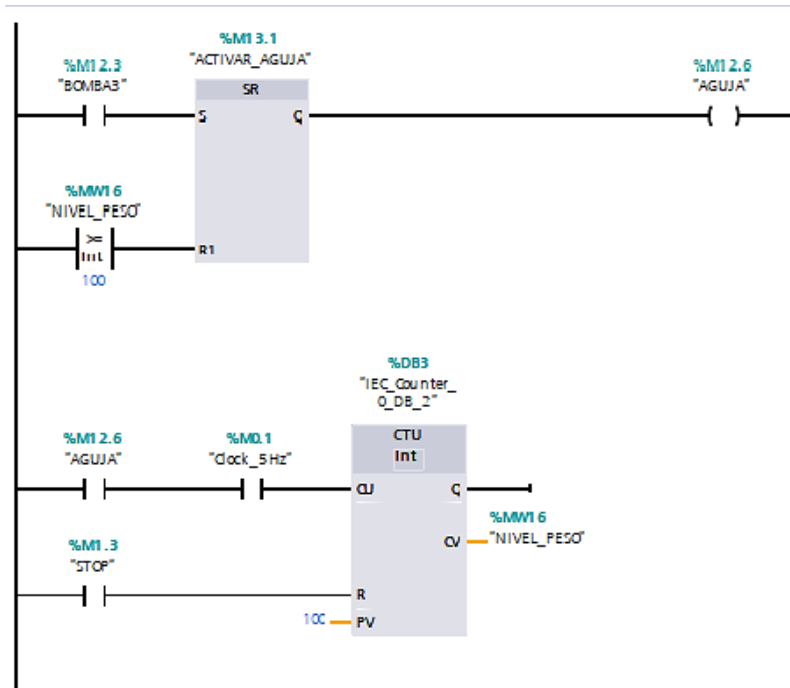


FIGURA 50: Verificación de peso

Anexo 10: Descarga de aditivos conservantes y colorantes.

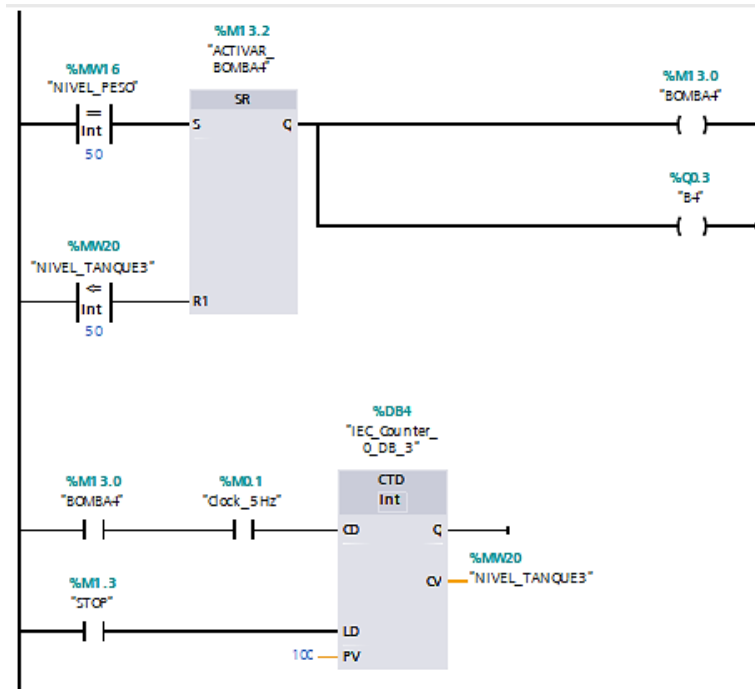


FIGURA 51: Descarga de aditivos conservantes y colorantes

Anexo 11: Etapa de calefacción y enfriamiento de aditivos ingresados a la tolva de pesado.

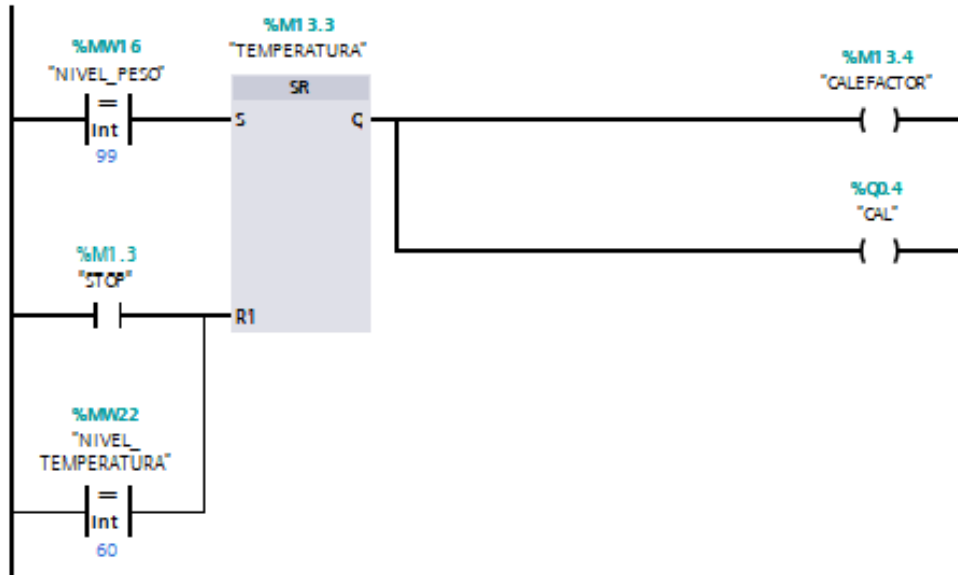


FIGURA 52: Fase de calefacción

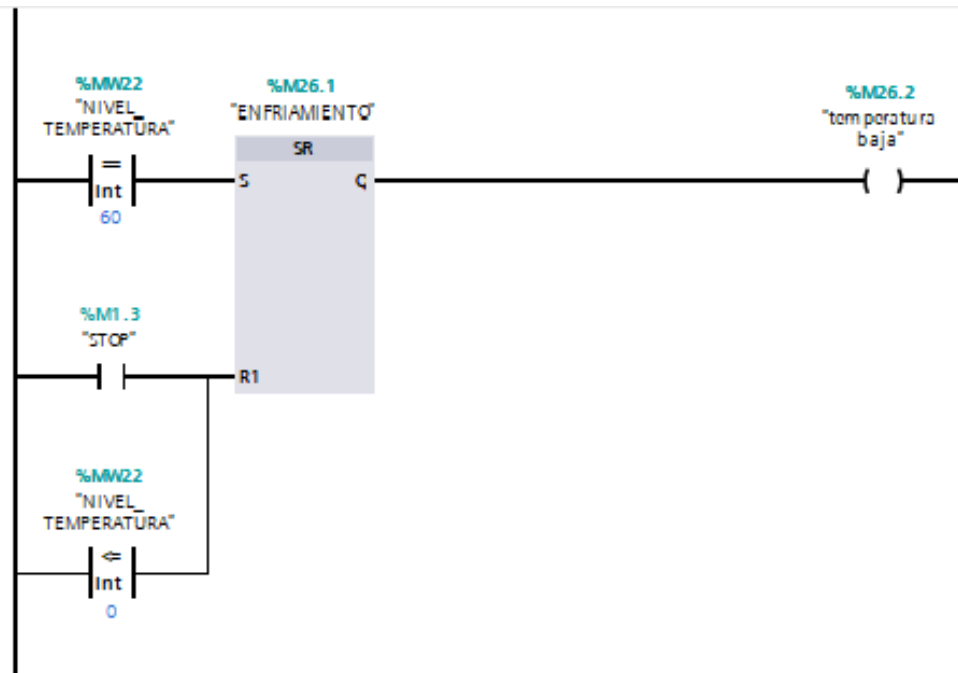


FIGURA 53: Fase de enfriamiento

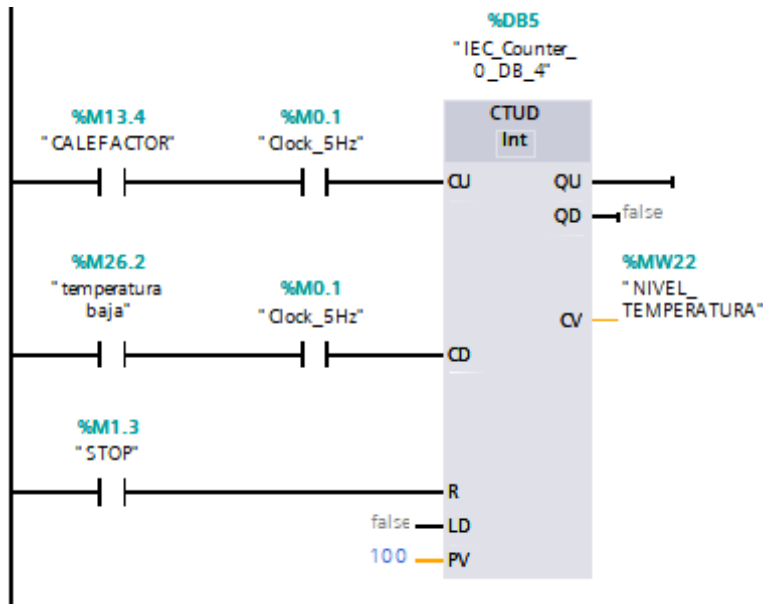


FIGURA 54: Controlador de nivel de calefacción

Anexo 12: Etapa de descarga y mezclado con el agua previamente ingresada.

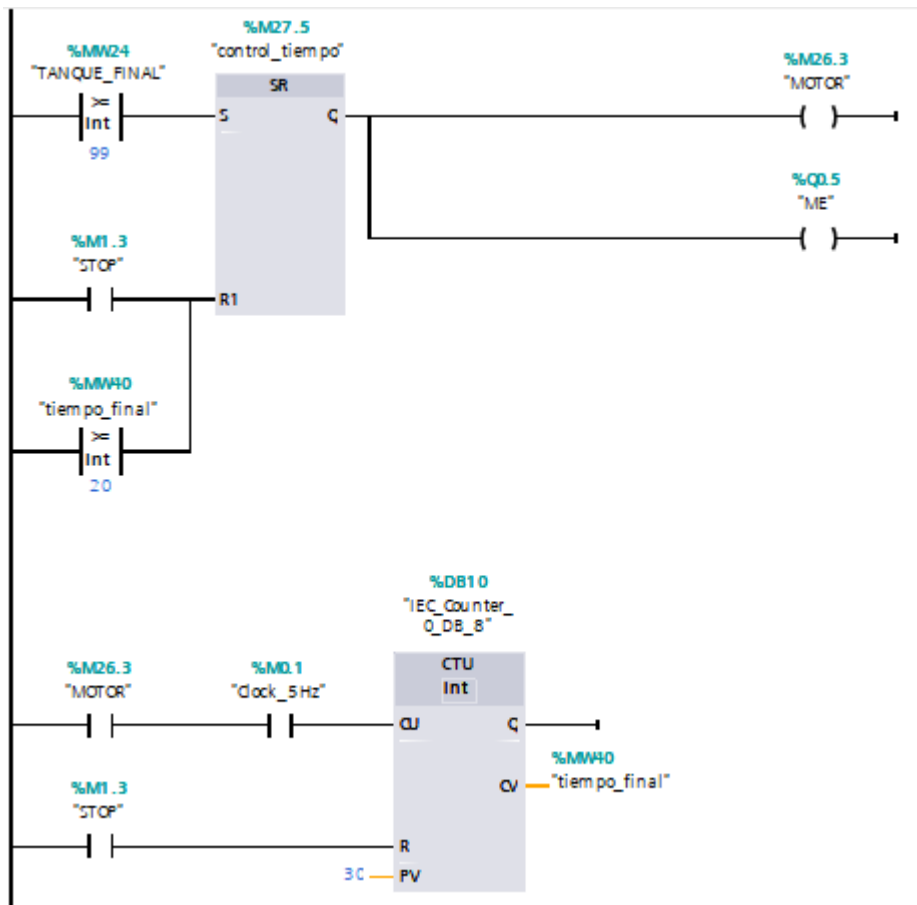


FIGURA 55: Etapa de descarga y mezclado con el agua previamente ingresada



ADRIAN_TESINA_UIC2

1%
Textos sospechosos



64% Similitudes (ignorado)
< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: ADRIAN_TESINA_UIC2.pdf
ID del documento: 70c797fd46952f4ea892860d59292107d3fac117
Tamaño del documento original: 3,02 MB

Depositante: CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA
Fecha de depósito: 3/7/2024
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 3/7/2024

Número de palabras: 18.208
Número de caracteres: 128.002

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	ADRIAN_MUÑOZ_TESINA_FINAL.docx ADRIAN_MUÑOZ_TESINA_FINAL #dtc041 El documento proviene de mi grupo 7 fuentes similares	68%		Palabras idénticas: 68% (13.383 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/10627/UPSE-TEA-2024-0004.pdf?seq... 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (93 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repository.uamerica.edu.co Lumieres - Repositorio Institucional Universidad de ... http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8508	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1000/3/TESES_2013.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
3	www.academia.edu Unidad modular para la ejecución de prácticas de instrume... https://www.academia.edu/15146621/Unidad_modular_para_la_ejecución_de_prácticas_de_instrum...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
4	Documento de otro usuario #to44ea El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
5	dspace.esPOCH.edu.ec http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2892/1/108T0055.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/5718
2	https://repositorio.ujj.es/xmlui/bitstream/handle/10234/24182/s31.pdf?sequence
3	http://archive.control.jth.se/media/Education/DoctorateProgram/2012/HistoryOfControl/Van
4	http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF
5	http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9238