



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACSISTEL

ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN
COMPLEXIVO**

*“Desarrollo y simulación de un sistema automatizado para el
proceso de elaboración de gel antibacterial”*

AUTOR:

Daira María Merchán Laje

DIRIGIDO POR:

Ing. Carlos Saldaña Enderica, M.Sc.

La Libertad – Ecuador

2024

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres cuya presencia y apoyo han sido invaluableles en cada paso de mi camino académico y personal. Gracias por creer en mí y por enseñarme que el esfuerzo y la perseverancia son la clave del éxito. Su apoyo constante y sus palabras de aliento me han impulsado a superar cada desafío.

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a todos aquellos que han contribuido de manera significativa al desarrollo y culminación de este proyecto. A mi padre, por ser mi faro de guía y por enseñarme el valor de la superación constante. A mi madre, por sus palabras de aliento y su fe inquebrantable en mis capacidades. A mis hermanos, por ser la fuente de energía y el apoyo que renovó mis fuerzas en cada etapa del camino. A mi pareja, por su infinita paciencia y su constante apoyo en los momentos de incertidumbre. A mis amigos, por sus risas, su compañía y por hacer más llevaderos los momentos difíciles. Y a mis docentes, por su dedicación, sabiduría y por guiarnos con su conocimiento. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por estar a mi lado en este viaje académico.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo examen complejo denominado: “Desarrollo y simulación de un sistema automatizado para el proceso de elaboración de gel antibacterial”, elaborado por el estudiante Daira María Merchán Laje, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 18 de junio de 2024



Ing. Carlos Saldaña Enderica, M.Sc.
Docente Tutor

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

Firmas de responsabilidad del estudiante.

Nombre: Daira María Merchán Laje

Cédula: 2400423469



Firma

Firmas de responsabilidad del Profesor o Tutor Propuesto (opcional).

Nombre: Ing. Carlos Saldaña, M.Sc.

Cédula: 0914840947



Firma

Firmas de responsabilidad del Docente de Unidad de Integración Curricular II.

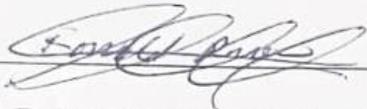
Nombre: Ing. Luis Enrique Chuquimarca Jiménez, M.Sc.

Cédula: 1104610132



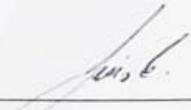
Firma

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ph.D. Ronald Humberto Rovira Jurado

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



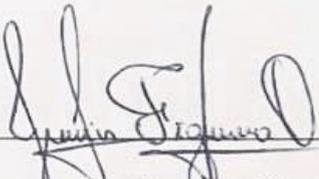
Ing. Luis Enrique Chuquimarca, M.Sc.

DOCENTE GUÍA UIC II



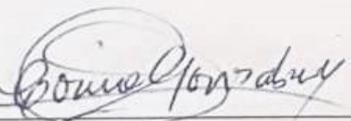
Ing. Carlos Saldaña, M.Sc.

DOCENTE TUTOR



Ing. Junior Figueroa Olmedo, M.Sc.

DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Corina Gonzabay, Mgt.

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

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en el diseño de un sistema automatizado para el proceso de elaboración de gel antibacterial, detallando las etapas de preparación del gel y su envasado mediante el uso de dispositivos de control industrial. El objetivo es analizar las fases del proceso que requieren de una mejora en cuanto a precisión y seguridad en la producción del producto desinfectante, especialmente en el contexto de preocupación por la higiene y la prevención de enfermedades contagiosas.

El proyecto se desarrolla inicialmente con un análisis detallado del proceso de producción existente y la identificación de áreas de mejora notando la necesidad de proponer un sistema flexible antes cambios por temporadas en la demanda del mercado siendo una alternativa incluir las cualidades del sistema de producción por lotes para la optimización del proceso.

El diseño de la arquitectura de control del sistema se define mediante las funciones y secuencias de operación que ofrecen los equipos como el PLC S7-1200 y la interfaz hombre-máquina modelo KT900, a esto se suma la utilización del software TIA Portal mediante el cual se desarrolla la configuración de la lógica de control enfocado a mejorar la precisión en cuanto a la dosificación de los insumos mediante un control PID y los niveles de concentración del agente desinfectante. La interfaz de usuario se plantea con un funcionamiento óptimo y de fácil operación. La funcionalidad del sistema se verifica por medio de las herramientas de simulación que ofrece TIA Portal y Factory I/O.

Palabras clave: PLC, HMI, automatización, proceso, control.

ABSTRACT

This project focuses on the design of an automated system for the antibacterial gel production process, detailing the stages of gel preparation and packaging through the use of industrial control devices. The objective is to analyze the phases of the process that require improvement in terms of precision and safety in the production of the disinfectant product, especially in the context of concern for hygiene and the prevention of contagious diseases.

The project is initially developed with a detailed analysis of the existing production process and the identification of areas for improvement, noting the need to propose a flexible system before seasonal changes in market demand, an alternative being to include the qualities of the production system by lots. for process optimization.

The design of the system control architecture is defined by the functions and operation sequences offered by equipment such as the S7-1200 PLC and the KT900 man-machine interface, added to this is the use of the TIA Portal software through which The configuration of the control logic is developed focused on improving the precision in terms of the dosage of inputs through PID control and the concentration levels of the disinfectant agent. The user interface is designed to have optimal performance and easy operation. The functionality of the system is verified through the simulation tools offered by TIA Portal and Factory I/O.

Keywords: PLC, HMI, automation, process, control.

Índice General

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	IV
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD.....	V
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos del proyecto	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Antecedentes	3
Justificación	4
Capítulo 1: Fundamentos Teóricos	5
1.1. Marco Conceptual.....	5
1.1.1. Proceso Industrial	5
1.1.2. Automatismo	5
1.1.3. Estructura de un sistema automatizado.....	6
1.1.4. Gel antibacterial	7
1.1.5. Características del gel antibacterial	7
1.1.6. Efectividad del gel	7
1.1.7. Proceso de elaboración del gel antibacterial.....	8
1.1.8. Almacenamiento de la materia prima	8
1.1.9. Dosificación de materias primas	9
1.1.10. Mezclado de reactivos	10
1.1.11. Envasado	10
1.1.12. Automatización del proceso de elaboración de gel antibacterial.....	11
1.2. Componentes físicos	11
1.2.1. Sensores digitales	11
1.2.2. Sensores analógicos	12
1.2.3. Actuadores eléctricos	13
1.2.4. Actuadores neumáticos	15
1.2.5. Dispositivos de control y monitoreo.....	16
1.3. Componentes lógicos	17
1.4. Normativa empleada en el desarrollo del proyecto	18

1.5.	Importancia y beneficio de la propuesta	18
Capítulo 2: Desarrollo experimental		19
2.1.	Plan de ejecución	19
2.1.1.	Metodología del proyecto	19
2.1.2.	Estudio de factibilidad	20
2.2.	Descripción de la solución del proyecto	22
2.2.1.	Descripción del proyecto	22
2.2.2.	Diseño del sistema	23
2.2.3.	Diagrama P&ID del proceso de elaboración de gel antibacterial	26
2.2.4.	Esquema eléctrico del proyecto.....	26
2.3.	Diseño de la propuesta.....	27
2.3.1.	Lógica de control del proceso de elaboración de gel antibacterial	27
2.3.2.	Programación de la lógica de control	28
2.3.3.	Comunicación entre PLC y HMI	30
2.3.4.	Comunicación del PLC S7-1200 y Factory IO.....	31
2.3.5.	Diseño de la interfaz HMI	32
2.4.	Pruebas y puesta en marcha de la solución.....	34
2.4.1.	Interfaz de simulación PLC	34
2.4.2.	Interfaz de simulación HMI	36
2.5.	Resultados.....	44
2.6.	Conclusiones	45
2.7.	Recomendaciones.....	46
Bibliografía		47
Anexos		50

Índice de Figuras

Figura 1. Factores que interviene en un proceso industrial [4]	5
Figura 2. Estructura de la automatización de un sistema [6]	6
Figura 3. Pirámide de automatización [4].....	6
Figura 4. Proceso de elaboración de gel antibacterial. [Fuente: Autor]	8
Figura 5. Porcentaje de compuestos aplicados en la elaboración de gel antibacterial.....	10
Figura 6. PLC S7 1200 [24]	16
Figura 7. Fases del desarrollo de la propuesta. [Fuente: Autor].....	19
Figura 8. Esquema del control PID para la dosificación de insumos	23
Figura 9. Esquema de la fase de mezclado de insumos. [Fuente: Autor]	24
Figura 10. Esquema de la etapa de envasado. [Fuente: Autor]	25
Figura 11. Selección de la CPU del controlador [Fuente: Autor].....	28
Figura 12. Conexión Profinet entre PLC y HMI.....	31
Figura 13. Enlace entre las variables del PLC y HMI.....	31
Figura 14. Entradas y salidas PLC y Factory IO	32
Figura 15. Esquema de navegación de las pantallas	32
Figura 16. Configuración de usuarios y niveles de seguridad.....	33
Figura 17. Inicialización del PLCSIM.....	34
Figura 18. Carga del programa al PLC virtual.....	35
Figura 19. Establecimiento de conexión online del programa	35
Figura 20. Forzado de entradas analógicas del sistema	36
Figura 21. Pantalla de inicio de sesión	36
Figura 22. Ingreso de usuario	37
Figura 23. Selección del modo Manual	37
Figura 24. Activación de los actuadores en modo manual	38
Figura 25. Mantenimiento y habilitación de bomba auxiliar	38
Figura 26. Alarma de mantenimiento de bomba centrífuga 2	38
Figura 27. Seteo de Parámetros de operación.....	39
Figura 28. Selección del modo automático.....	39
Figura 29. Inicio de la etapa 1 del proceso y control PID en la dosificación de insumos	40
Figura 30. Vaciado de las dosis de insumos al tanque mezclador	40
Figura 31. Niveles de los tanques de insumo en Factory IO	40
Figura 32. Inicio del mezclado de sustancias primas	41
Figura 33. Vaciado del tanque de mezcla y salida del gel antibacterial	41
Figura 34. Inicio de la etapa de envasado del producto	42
Figura 35. Llenado de la botella	42
Figura 36. Colocación de tapa sobre la botella	43
Figura 37. Activación de rodillo para el ajuste de tapa de la botella.....	43
Figura 38. Alarma de lote de producción terminado con éxito	43
Figura 39. Curvas analógicas de los niveles de los tanques de insumo.....	44
Figura 40. Pantalla de parámetros eléctricos	44

Índice de Tablas

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del gel antibacterial.....	7
Tabla 2. Especificaciones del sensor de proximidad capacitivo [14].....	11
Tabla 3. Especificaciones sensor óptico [16].....	12
Tabla 4. Especificaciones del sensor de nivel ultrasónico [17].....	12
Tabla 5. Especificaciones de la válvula solenoide [18].....	13
Tabla 6. Especificaciones de la bomba centrífuga [19].....	13
Tabla 7. Especificaciones del agitador [20].....	14
Tabla 8. Especificaciones de la banda transportadora [21].....	14
Tabla 9. Especificaciones del pistón de simple efecto [22].....	15
Tabla 10. Especificaciones de la electroválvula 3/2 [23].....	15
Tabla 11. Especificaciones del PLC S7 1200 [24].....	16
Tabla 12. Especificaciones de la pantalla HMI KTP900 [25].....	17
Tabla 13. Costos de equipos.....	21
Tabla 14. Costos de mano de obra del proyecto.....	21
Tabla 15. Costo total del proyecto.....	22
Tabla 16. Dispositivos de la etapa de dosificado y mezclado de insumos.....	24
Tabla 17. Dispositivos de la etapa de envasado del producto.....	26

INTRODUCCIÓN

La automatización de procesos ha llegado a las puertas de varias industrias, no siendo una excepción para las plantas de producción de artículos de desinfección de manos como lo es el gel antibacterial. La demanda creciente de estos productos ha impulsado a las empresas a buscar soluciones eficientes que garanticen la calidad y la rapidez en su fabricación. En este contexto, los controladores lógicos programables (PLCs) han emergido como herramientas indispensables, ofreciendo flexibilidad y precisión para controlar cada etapa del proceso de producción.

La aplicación de PLCs en la industria de la desinfección de manos ofrece una gestión eficaz de los recursos, minimizando el desperdicio y maximizando la productividad. Estos dispositivos son capaces de supervisar y regular el flujo de materias primas, controlar la mezcla de ingredientes, gestionar los tiempos de procesamiento y monitorear la calidad del producto final. Su adaptabilidad y fiabilidad los convierten en la opción ideal para cumplir con los estándares exigentes de la industria.

La integración de un HMI en combinación con el PLC proporciona una interfaz intuitiva y fácil de usar que permite a los operadores supervisar y controlar el sistema de producción de manera eficiente. Con funciones avanzadas de visualización, los operadores pueden acceder a información en tiempo real sobre el estado del proceso, recibir alertas de anomalías y realizar ajustes en la configuración de forma rápida y sencilla. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también garantiza un control preciso y una respuesta rápida a las demandas del mercado en constante cambio.

En este contexto, la propuesta de este proyecto se centra en el diseño de un sistema automatizado para el proceso de elaboración de gel antibacterial que va desde la selección de los equipos y tecnologías adecuadas hasta la programación y configuración de los sistemas de control y supervisión.

Además, se plantea el desarrollo de la programación y simulación de los sistemas automatizados utilizando software de alto rendimiento como TIA Portal y Factory I/O, que permiten diseñar y probar soluciones de forma eficiente en un entorno virtual.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Desarrollar y simular un sistema automatizado para el monitoreo y control del proceso de producción de gel antibacterial aplicando un controlador lógico programable y una interfaz humano-máquina.

Objetivos específicos

- Diseñar el sistema para la automatización de las etapas de dosificación, mezclado de ingredientes y envasado en el proceso de producción de gel antibacterial, identificando las áreas que requieran tecnologías de control.
- Desarrollar la programación Ladder para la automatización de las etapas de dosificación, mezclado de ingredientes y envasado en el proceso de producción de gel antibacterial usando PLC S7-1200.
- Desarrollar una interfaz gráfica para el monitoreo y control de las etapas de dosificación, mezclado de ingredientes y envasado en el proceso de producción de gel antibacterial mediante una pantalla SIMATIC KT900.
- Probar y validar el sistema automatizado para las etapas de dosificación, mezclado de ingredientes y envasado en el proceso de producción de gel antibacterial dentro de un ambiente simulado.

Antecedentes

Desde hace mucho tiempo, las manos han sido identificadas como una de las principales vías de contagio de enfermedades y virus altamente contagiosos ya que representan la capacidad de contacto físico con el entorno que nos rodea y en determinadas ocasiones las superficies de los objetos se encuentran contaminadas, hasta que la persona se percate de ello, el virus ya ha sido transferido a otras partes del cuerpo por la acción involuntaria de las manos e inclusive puede afectar a terceros con un simple apretón de manos.

A raíz de la incidencia de brotes de virus contagiosos entre las que se destaca la reciente pandemia mundial de COVID-19, se desarrolla un aumento en la demanda de desinfectantes en todo el mundo, convirtiéndose el gel antibacterial en uno de los productos más populares en términos de practicidad en la desinfección de manos con una efectividad de hasta el 99% en la eliminación de virus o bacterias [1].

El gel antibacteriano se ha convertido en una herramienta capaz de combatir la propagación de enfermedades, especialmente en situaciones donde no es posible el acceso al agua y a instalaciones para lavarse las manos. Su sencilla y rápida aplicación lo ha convertido en una opción popular tanto para uso personal como para aplicaciones comerciales e industriales [2].

La producción de gel antibacterial implica una serie de procesos químicos y de fabricación que deben realizarse cuidadosamente para garantizar la eficacia y seguridad del producto final. Cada paso del proceso requiere una atención especial para mantener la calidad y consistencia del gel.

Así mismo los ingredientes clave del gel antibacterial, como el alcohol etílico, el agua, la glicerina y los aceites esenciales, se combinan en proporciones específicas para crear una formulación eficaz. La dosificación precisa y adecuada de estos componentes es un aspecto que no se puede dejar pasar por alto ya que afecta directamente la capacidad del gel para destruir microorganismos y brindar protección contra infecciones.

El proceso de la fabricación de desinfectantes para manos solía ser un proceso manual, que implicaba la medición, mezcla y envasado de ingredientes por parte de operadores humanos. Sin embargo, con los avances en la tecnología de automatización, se ha producido una transición hacia sistemas semiautomáticos y sistemas completamente automatizados que pueden realizar estas tareas de manera más rápida, consistente y controlada.

Justificación

Durante la pandemia de COVID-19, muchas empresas ecuatorianas como Multimerksa y Pharmadelivery, emergieron como fabricantes de gel antibacterial para satisfacer una demanda creciente. A pesar de que algunas han crecido y se han establecido como grandes empresas, muchas pequeñas y medianas empresas todavía dependen de procesos manuales o semiautomatizados en la producción [3].

La propuesta del desarrollo de un sistema automatizado para el proceso de elaboración de gel antibacterial se enfoca en dos aspectos críticos que afectan directamente la calidad y la efectividad del producto final: la precisión en el dosificado de los ingredientes y la concentración del alcohol en la formulación del gel antibacterial. En los procesos manuales o semiautomatizados, es común que se presenten variaciones en la cantidad de ingredientes agregados durante la mezcla, lo que puede llevar a inconsistencias en la composición del gel. Estas inconsistencias no solo comprometen la uniformidad del producto, afectando también su eficacia desinfectante y su seguridad para el uso. Una concentración de alcohol inferior a la requerida puede resultar en un producto que no cumpla con los estándares de eficacia antimicrobiana establecidos, mientras que una concentración excesiva podría ser irritante para la piel. Por tanto, el diseño de un sistema automatizado que controle con precisión estas variables es esencial para garantizar que cada lote de producción mantenga la concentración de alcohol adecuada y que los ingredientes se dosifiquen con exactitud. Esto no solo asegura el cumplimiento de las normas de calidad y seguridad, sino que también mejora la eficiencia del proceso y reduce el riesgo de desperdicios y reprocesos.

Alcance del proyecto

El proyecto abarca el análisis del proceso de producción de gel antibacterial para su automatización, desarrollando funcionalidades en el sistema que permitan el ajuste de las proporciones de los reactivos de manera rápida y precisa según los requisitos de producción de la empresa. Los niveles de concentraciones de cada reactivo se aseguran mediante la aplicación de un control PID mejorando la estabilidad del proceso de dosificación. De igual manera la integración de sensores que monitoricen en tiempo real las variables del proceso, el desarrollo de la lógica de control para las etapas de dosificación, mezclado de los ingredientes y envasado del producto se llevan a cabo con el uso de equipos como el PLC S7-1200 en compañía de una pantalla KT900.

Capítulo 1: Fundamentos Teóricos

1.1. Marco Conceptual

En el presente capítulo se plasman los conceptos relacionados a la ingeniería de la automatización de procesos industriales y términos considerados fundamentales para la comprensión agilizada del proyecto.

1.1.1. Proceso Industrial

Un proceso industrial abarca una secuencia de operaciones mecánicas, físicas, eléctricas o químicas diseñadas para producir un producto específico en grandes cantidades de manera simplificada. Estos procesos se basan en la transformación de materias primas extraídas de recursos naturales en artículos en masa. Durante estas actividades, la materia prima experimenta cambios significativos en su forma, tamaño, densidad, estética o color, mediante una serie de actividades y procedimientos cuidadosamente diseñados [4].

En cuanto a las etapas de un proceso industrial, estas comprenden la manipulación de las materias primas, su acondicionamiento para su posterior procesamiento, culminando en la creación del producto deseado. Esto implica una serie de factores clave plasmados en la Figura 1, como el ingreso de insumos básicos, los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso (maquinaria, mano de obra), los controles de calidad para garantizar la conformidad del producto y la salida del proceso que sería el producto final.

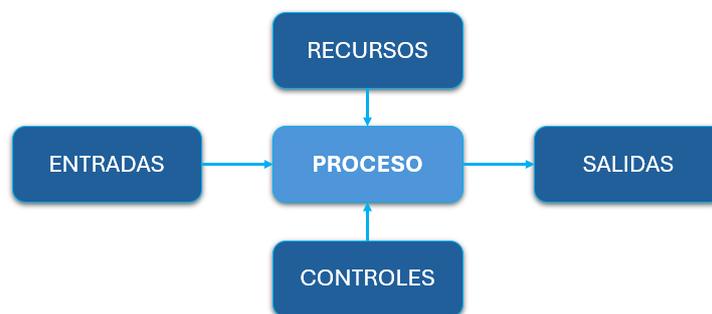


Figura 1. Factores que interviene en un proceso industrial [4]

1.1.2. Automatismo

La automatización se basa en el empleo de sistemas de control, tales como ordenadores, autómatas programables, robots y tecnologías de la información, para la gestión de diversos procesos y maquinarias en la industria, reduciendo así la necesidad de intervención humana al mínimo y sustituyendo las operaciones de riesgo por operaciones

automatizadas. Esta evolución de la mecanización en la industria se apoya en dispositivos de alta capacidad de control para lograr procesos de fabricación eficientes [5].

1.1.3. Estructura de un sistema automatizado

En la automatización industrial, se encuentran varios equipos y elementos interconectados que cumplen roles importantes tales como la detección, control, supervisión y monitorización de los procesos en las industrias [6].

La estructura de un sistema automatizado se plantea de forma general en la Figura 2 para una mejor perspectiva.

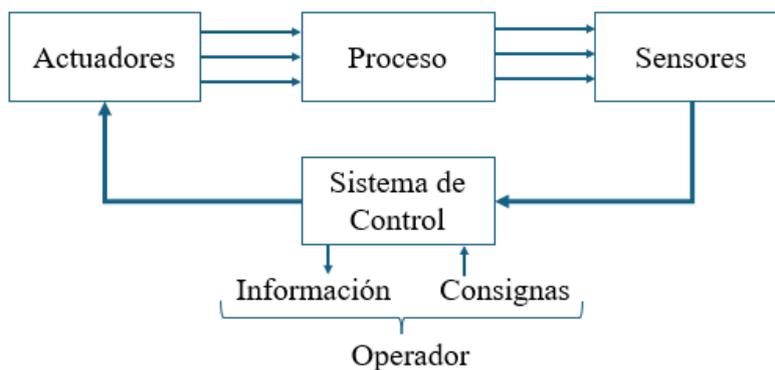


Figura 2. Estructura de la automatización de un sistema [6]

De igual manera, existe una organización piramidal de los componentes subyacentes de un sistema automatizado mediante su clasificación en tres niveles: campo (dispositivos que adquieren información e interactúan con el entorno), control (la mente maestra del sistema) y supervisión (detalle del funcionamiento del proceso en tiempo real), dicha organización se muestra la Figura 3.



Figura 3. Pirámide de automatización [4]

1.1.4. Gel antibacterial

El gel antibacterial, es un tipo de desinfectante a base de alcohol diseñado para eliminar o reducir los microorganismos presentes en las manos de manera práctica y simple. Es común encontrarlos en todo tipo de establecimientos públicos como entornos de salud, hoteles e inclusive en áreas de trabajo y en cualquier sitio donde se tenga un exponencial riesgo de contacto con superficies contaminadas [7].

1.1.5. Características del gel antibacterial

Las características del gel hidroalcohólico varían según la marca y la formulación, pero suelen incluir de manera general una textura ligera y no pegajosa que facilita su aplicación y absorción rápida en la piel. Además del alcohol, puede contener otros ingredientes opcionales como agentes hidratantes para prevenir la resequedad de la piel y fragancias para proporcionar un aroma agradable. Estas características hacen que el gel sea conveniente y fácil de usar en situaciones donde no se dispone de agua y jabón, como en viajes o en lugares públicos.

En cuanto a las propiedades químicas y físicas del producto se pueden denotar las siguientes características presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del gel antibacterial

Propiedades	Descripción
Estado	Gelificado
Color	Incoloro, transparente
Olor	Alcohol, cítrico
pH	5,50 – 8,50
Densidad	0.98 gr/ml

1.1.6. Efectividad del gel

Para que un gel antibacterial sea efectivo en la desinfección de manos, se recomienda que contenga una concentración de alcohol en el rango del 60% al 70%. Esta concentración ha demostrado ser eficaz para eliminar una amplia gama de microorganismos, incluidos virus y bacterias, en las manos. Un porcentaje de alcohol inferior al 60% puede no ser lo suficientemente efectivo para matar todos los microorganismos presentes, mientras que

un porcentaje superior al 70% puede evaporarse demasiado rápido antes de que tenga tiempo de actuar sobre los microorganismos [8].

Es importante tener en cuenta que, además del porcentaje de concentración de alcohol, otros factores como el tiempo de contacto y la técnica de aplicación también influyen en la eficacia del gel antibacterial. Por lo tanto, se recomienda seguir las instrucciones del fabricante y frotar el gel en las manos durante al menos 20 segundos para asegurar una desinfección adecuada.

1.1.7. Proceso de elaboración del gel antibacterial

El proceso de fabricación del gel antibacterial mostrado en la Figura 4, implica varios pasos que van desde el ingreso y almacenamiento de materias primas en la planta, la preparación de la solución desinfectante según la formulación específica y el empaquetado del producto final.



Figura 4. Proceso de elaboración de gel antibacterial. [Fuente: Autor]

1.1.8. Almacenamiento de la materia prima

El proceso comienza con el almacenamiento de las materias primas necesarias para la fabricación del gel antibacterial. Estas materias primas se almacenan en áreas designadas y adecuadamente etiquetadas, siguiendo las normativas de seguridad y almacenamiento. Las sustancias químicas que intervienen en el proceso de elaboración del alcohol en gel son las siguientes:

- **Etanol**

El etanol, también conocido como alcohol etílico, es un compuesto químico líquido e incoloro que posee un pH neutro, propiedades inflamables y se caracteriza por tener un punto de ebullición de 78°C en condiciones normales de presión y temperatura. Su obtención se realiza por medio de la fermentación y destilación de materias primas naturales. Sus aplicaciones en la industria son variadas, destacándose su bajo contenido de humedad y su uso como materia prima en procesos de síntesis orgánica e industria química [9].

- **Glicerina**

La glicerina se denomina también como glicerol, tiene una consistencia parecida al aceite al ser un líquido espeso y transparente que se obtiene principalmente de lípidos de origen vegetal o animal. Es empleado en productos cosméticos, elaboración de cremas y jabones incluso es posible encontrarlos presentes en los alimentos por sus propiedades humectantes que favorecen a la piel [10].

- **Trietanolamina**

Se la conoce también por el nombre de nitrilotrietanol, es un compuesto líquido de consistencia viscosa con un tono amarillento pálido seguido de un olor a amoníaco. Posee la capacidad de emulsionar y neutralizar ácidos y bases por lo que suele utilizarse como ajustador de pH en productos como lociones, cremas y geles desinfectantes. También se encuentra en productos de limpieza, detergentes y productos para el cuidado del cabello, donde ayuda a mejorar la solubilidad de otros ingredientes. En la industria textil, se utiliza como auxiliar de tintura y como agente suavizante [11].

- **Carbopol**

El carbopol es una sustancia en polvo cuyas moléculas están compuestas de monómeros de ácido acrílico. Una de sus principales características es su fácil dispersión en el agua, inicialmente presenta una baja viscosidad hasta que entra en contacto con un agente alcalino como la trietanolamina, lo que resulta en la hinchazón de las partículas de carbopol generando una sustancia gelificada transparentes con alta viscosidad [12].

Este compuesto actúa como espesante, agente de suspensión y estabilizador, y no es tóxico ni irritante para la piel. Se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluyendo geles tópicos, cremas, productos para después del afeitado, pastas dentales, bronceadores y desodorantes, así como en la producción de lacas, pinturas y papel.

1.1.9. Dosificación de materias primas

Luego del ingreso de las materias primas a la planta, se procede a la dosificación, es decir, el transporte de los ingredientes al área de procesamiento o mezclado. De ser necesario se deberá seguir un orden específico en la dosificación de los ingredientes como, por ejemplo, primero agregar las sustancias líquidas y luego los sólidos. Esta etapa involucra

el uso de equipos de medición y dosificación precisos para asegurar que cada ingrediente se administre con la cantidad correcta y así no alterar la fórmula establecida.

La fórmula de los compuestos que muestra la Figura 5, se constituye mayormente del ingrediente sanitizante como lo es el etanol, conformando el 70 % de la sustancia total, seguido de ello están la glicerina con un 15%, la trietanolamina con el 10% y el agente espesante carbopol con el 5%.

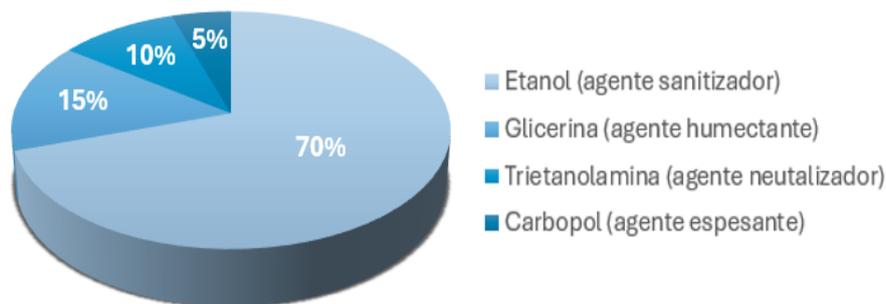


Figura 5. Porcentaje de compuestos aplicados en la elaboración de gel antibacterial

1.1.10. Mezclado de reactivos

Después de agregar los ingredientes y agentes espesantes, se pasa a la etapa de mezclado donde se realiza el proceso de distribución uniforme de todos los compuestos. Esto se puede lograr mediante agitación mecánica o utilizando equipos de mezclado especializados. Es importante mezclar los ingredientes durante el tiempo adecuado dependiendo de la cantidad de gel y la velocidad de agitación utilizada para garantizar que los reactivos estén completamente integrados.

Como adicional se recomienda realizar un tratamiento previo como en el caso del carbopol, la tamización del mismo ayudaría a evitar la generación de grumos y mezclas inconsistentes.

1.1.11. Envasado

Una vez que se ha completado la formulación del gel antibacterial, se realiza el llenado del producto en recipientes adecuados, como botellas de plástico o tubos dispensadores. Los envases pasan por proceso de sellado o colocación y ajuste de tapas y finalmente se etiquetan con la información requerida por las regulaciones locales, que pueden incluir la lista de ingredientes, las instrucciones de uso y las advertencias de seguridad.

Uno de los envases más populares son las botellas de plástico ya que son duraderas, ligeras y permiten ver cuanto queda del producto gracias a su transparencia [13].

1.1.12. Automatización del proceso de elaboración de gel antibacterial

La automatización del proceso de producción de gel antibacterial incluye el uso de tecnologías para controlar y optimizar cada etapa del proceso. Esto abarca desde el empleo de dispositivos de bombeo para la dosificación precisa de ingredientes clave como el alcohol etílico y otros componentes, hasta equipos de agitación para una mezcla homogénea y la aplicación de un sistema de envasado eficiente. Además, se establece un método de producción flexible que permita el ajuste en la formulación del gel por medio de un sistema de producción por lotes.

1.2. Componentes físicos

A continuación, se detallan los componentes físicos que intervienen en la automatización del proceso de elaboración de gel antibacterial.

1.2.1. Sensores digitales

- **Sensor de proximidad capacitivo**

Los sensores de proximidad de tipo capacitivo cuentan con una principal ventaja para la etapa de envasado del producto ya que cuenta con la posibilidad de atravesar las barreras del envase para la detección de líquidos, como en el caso de querer conocer si se ha alcanzado el nivel requerido de llenado del producto en la botella de plástico. Esto se da gracias a la configuración de la sensibilidad del sensor ante la constante dieléctrica del material. Las características técnicas de este dispositivo se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones del sensor de proximidad capacitivo [14]

Característica	Descripción
Tipo	NPN normalmente abierto
Alimentación	6-36V DC
Corriente	20 mA máx
Rango de detección	1-10mm
Frecuencia de refresco	0.5 Hz
Temperatura	-25 a 70 °C
Material	Cuerpo metálico roscado

- **Sensor óptico**

El sensor óptico de tipo retro reflectivo funciona en conjunto con una superficie reflectante para hacer circular un haz de luz entre ellos y al momento de que un elemento pasa a través de esta barrera la continuidad de la luz infrarroja se rompe y activa una señal que indica la detección del objeto [15].

En la Tabla 3 se detallan las características técnicas del sensor óptico modelo K1R87PCT2.

Tabla 3. Especificaciones sensor óptico [16]

Característica	Descripción
Fuente de voltaje	10-30 V DC
Consumo de corriente	< 40 mA
Tiempo de respuesta	250 μ s
Frecuencia	1700 Hz
Histéresis	5%

1.2.2. Sensores analógicos

- **Sensor de nivel ultrasónico**

Un sensor de nivel ultrasónico se basa en el principio de reflexión de los pulsos de ultrasonido que se envían hacia la superficie del líquido, el tiempo que tarda el pulso en regresar al dispositivo se mide para obtener la distancia y por ende conocer el nivel de líquido en el envase. Se emplea mayormente en sistemas que requieran varias configuraciones de nivel con método no invasivo. El medidor ultrasónico Prosinic FMU41 cuenta con las especificaciones de la Tabla 4.

Tabla 4. Especificaciones del sensor de nivel ultrasónico [17]

Característica	Descripción
Interfaz	Hart, profibus
Corriente	4-20 mA
Alimentación	24 V DC
Número de hilos	2
Máxima distancia de medición	8 m
Presión	0.7-3 bar

1.2.3. Actuadores eléctricos

- **Válvula solenoide**

Es un elemento que permite gestionar el paso del flujo de una sustancia líquida a través de una tubería, pero a diferencia de las válvulas comunes, estas se accionan por medio de señales eléctricas que permiten un control tipo ON/OFF.

La válvula solenoide modelo 2w-400-40 cuenta con las características de la Tabla 5.

Tabla 5. Especificaciones de la válvula solenoide [18]

Característica	Descripción
Alimentación	120-220V AC, 24V DC
Consumo de potencia	4W
Tubería	1”1/2
Compuerta	NC
Temperatura de operación	-5 a 80 °C
Material	Cuerpo de latón

- **Bomba centrífuga**

Es un equipo de transportación de sustancias líquidas a lo largo de las tuberías siguiendo el principio de la fuerza centrífuga. Esto significa que el líquido es sometido a una alta presión y velocidad generado por la rotación de unas aspas como elemento impulsor hagan que el líquido se direcciona con fuerza hacia el sistema de llenado que se requiera.

Las características de la bomba centrífuga modelo MB120 se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6. Especificaciones de la bomba centrífuga [19]

Característica	Descripción
Caudal máximo	25m ³ /h
Altura máxima	15 m
Viscosidad	Hasta 500 cps
Motor eléctrico	2HP, 2900 RPM, 230/400 V, 60 Hz, Trifásico

- **Motor agitador**

Este tipo de motor está direccionado a los procesos de mezclado de líquidos o sustancias gracias a que cuenta con un par de hélices acopladas al eje de salida del motor. Por lo tanto, al accionar esta máquina los propulsores hacen girar el eje con la potencia y velocidad suficientes para que los líquidos dentro del contenedor sean sometidos a un movimiento rotatorio constante.

El agitador vertical VHS dispone de las especificaciones mostradas en la Tabla 7.

Tabla 7. Especificaciones del agitador [20]

Característica	Descripción
Capacidad	50-1000 litros
Motor	0.12 - 0.55 kw
Velocidad	750, 1000, 1500 rpm
Material del eje	Revestido con polietileno
Dimensiones del eje	20x800 mm
Diámetro de la hélice	140 mm

- **Banda transportadora**

Una banda transportadora forma parte de los procesos de envasado lineal en las industrias ya que facilita la transportación de los productos de manera ordenada y segura a lo largo de una estructura rectangular recubierta por una cinta o faja flexible. El mecanismo de movimiento se realiza por medio de un sistema de poleas motorizadas.

La cinta transportadora motorizada cuenta con características detalladas en la Tabla 8.

Tabla 8. Especificaciones de la banda transportadora [21]

Característica	Descripción
Dimensiones	0.5x3 mm y 0.8 m de altura
Capacidad de carga	435 lb
Tipo de motor	½ HP, 230/460V AC, 3 frases
Velocidad de la banda	2 m/s

1.2.4. Actuadores neumáticos

- **Pistón simple efecto**

Un pistón o también llamado cilindro de simple efecto es un actuador que funciona a base de aire comprimido. Se emplea en sistemas donde se requiera controlar el movimiento del vástago para desplazar una carga en una sola dirección ya que el proceso de retracción se realiza por medio de resortes al momento que se deja de suministrar aire comprimido en la entrada del cilindro.

La Tabla 9 muestra las características técnicas del cilindro neumático serie 63 que cuenta la configuración de simple efecto con retorno por muelle.

Tabla 9. Especificaciones del pistón de simple efecto [22]

Característica	Descripción
Presión	1.5-145 psi
Velocidad	Max: 1000 mm/s - Min:5 mm/s
Temperatura ambiente	0-80 °C
Diámetro del vástago	125-32 mm
Carrera	10-2500 mm

- **Electroválvula 3/2**

Para el control de suministro de aire comprimido en el cilindro de simple efecto es necesario la utilización de una válvula, cuya alternación de posición se da por medio de un bobinado eléctrico por lo que toma el nombre de electroválvula. La estructura interna se asimila a la numeración 3/2, que significa 3 puertos donde circula el aire y 2 posiciones que dan paso o cortan el suministro hacia el cilindro.

Las especificaciones de la electroválvula 3/2 se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Especificaciones de la electroválvula 3/2 [23]

Característica	Descripción
Presión	1.5-145 psi
Velocidad	Max: 1000 mm/s - Min:5 mm/s
Temperatura ambiente	0-80 °C
Diámetro del vástago	125-32 mm
Carrera	10-2500 mm

1.2.5. Dispositivos de control y monitoreo

- **PLC S7 1200**

El modelo S7 1200 es un autómata programable diseñado por una marca popular como los es SIEMENS y puede cubrir perfectamente las necesidades de automatización en las industrias. Cuenta con un diseño compacto con una gran gama de instrucciones para su programación. (Véase en Figura 6)



Figura 6. PLC S7 1200 [24]

Algunas de las características de este equipo se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Especificaciones del PLC S7 1200 [24]

Característica	Descripción
Dimensiones	9x100x75 mm
Alimentación	24 V DC
Entradas/Salidas integradas	2 analógicas y 8 digitales
Puerto de comunicación	Ethernet, Profinet

- **HMI KT900**

El modelo KT900, es un panel de monitoreo y gestión del proceso industrial que permite la visualización a color y se puede operar directamente de forma táctil o por los botones incorporados en el diseño. Este dispositivo proporciona una interfaz con rendimiento medio y alta compatibilidad con el PLC S7 1200.

La pantalla HMI KT900 cuenta con las características mostradas en la Tabla 12.

Tabla 12. Especificaciones de la pantalla HMI KTP900 [25]

Característica	Descripción
Interfaz	Ethernet
Alimentación	24V DC
Memoria	10 M byte
Dimensiones	198x111.7 mm
Resolución	800x480 pixeles
Pantalla	Táctil

1.3. Componentes lógicos

- **TIA Portal**

Uno de los softwares de simulación con entornos de desarrollo integrados para la programación, configuración y diagnóstico de equipos y dispositivos de automatización es el “Portal de Automatización Totalmente Integrada” o comúnmente conocido por sus siglas en inglés, TIA Portal [26].

- **SIMATIC S7 PLCSIM**

Es una herramienta fundamental en el entorno de TIA Portal al permitir cargar, simular y comprobar la funcionalidad de la lógica programada sobre un controlador virtual. Esto suponiendo una ventaja para aquellos que no dispongan del equipo físico o incluso para anticipar errores con la simulación y corregirlos antes de subirlos al hardware.

- **WinCC**

Es el componente de TIA Portal encargado del diseño, configuración y simulación de interfaces hombre-máquina en proyectos de automatización industrial. Permite la creación de pantallas interactivas y funcionales para la supervisión de un proceso mediante la visualización de parámetros del sistema y configuración de alarmas.

- **Factory I/O**

Es un software diseñado para proporcionar un entorno virtual realista para la creación y simulación de sistemas automatizados utilizando equipos y dispositivos industriales estándar.

1.4. Normativa empleada en el desarrollo del proyecto

Se enlistan las normativas para garantizar la eficiencia, seguridad y calidad en la automatización de procesos y en el diseño de interfaces hombre-máquina.

Normas para el desarrollo de procesos automatizados:

- **ISA-88:** Establece modelos de procesos, físicos y procedimental sobre los sistemas automatizados en la producción por lotes [27].
- **IEC 61131-3:** Es un estándar que abarca la programación de sistemas de control Industrial en controladores lógicos programables [28].

Normas para el diseño de interfaz HMI:

- **ANSI/ISA-101:** Proporciona una orientación en el diseño del HMI para la gestión de alarmas [29].
- **ISO 9241:** Se enfoca en el aspecto de usabilidad de la HMI para establecer una comunicación de calidad entre en usuario y el sistema [30].

Normas para la composición del gel

- Según la ONU se establece el rango de concentración del alcohol entre el 60% al 85% para que cumpla con los niveles de desinfección requeridos.

1.5. Importancia y beneficio de la propuesta

La propuesta de automatizar el proceso de elaboración de gel antibacterial surge como una respuesta clave para desprenderse de las limitaciones de los sistemas manuales y enfrentar los desafíos de producción, garantizar la disponibilidad y calidad del producto. La introducción de tecnologías avanzadas como controladores lógicos programables (PLC) e interfaces hombre-máquina (HMI), ofrece numerosos beneficios, incluyendo una dosificación más precisa de los ingredientes y una mezcla homogénea del gel antibacterial en cada lote de producción. Esto asegura una consistencia en la calidad del producto final, eliminando variaciones y garantizando que cada lote cumpla con los estándares de seguridad y eficacia requeridos. La producción por lotes permite el ajuste de la velocidad y la capacidad de producción para facilitar la adaptación del proceso a cambios en la demanda del mercado, evitando así el exceso de inventario o la escasez de productos. Esto ayuda a mantener un equilibrio entre la oferta y la demanda, mejorando la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

Capítulo 2: Desarrollo experimental

2.1. Plan de ejecución

Para proporcionar un enfoque lineal y secuencial de la propuesta, se plantea el esquema mostrado en la Figura 7, en donde las etapas para el desarrollo del proceso automatizado de gel antibacterial se resumen partiendo de la selección de los equipos de control, supervisión, dispositivos de entrada y salida, seguido del diseño de la lógica de control del sistema, su programación y desarrollo de la interfaz humano-maquina en Tia Portal, hasta la realización de pruebas y simulaciones para la validación del sistema desarrollado.



Figura 7. Fases del desarrollo de la propuesta. [Fuente: Autor]

2.1.1. Metodología del proyecto

La metodología empleada en este proyecto se basa mayormente en tres tipos: la metodología investigativa, deductiva y experimental.

- Metodología de investigativa

La recopilación de información representa una metodología fundamental ya que permite tener un mejor enfoque sobre la automatización de procesos, sistemas de control y, sobre todo, la funcionabilidad del proceso de elaboración de gel antibacterial. Esta información, puede obtenerse a través de la revisión de repositorios con contenido similar ya sea en artículos científicos o en trabajos de titulación.

Con la información relevante recopilada se realiza un análisis de los requerimientos del sistema y las características de los equipos que intervienen como el controlador lógico programable, la interfaz HMI, los dispositivos de entrada y salida.

- Metodología deductiva

La metodología de deducción se aplicaría para elaborar conclusiones lógicas y derivar soluciones a partir de principios teóricos y conocimientos existentes. En esta parte se identifica los objetivos del sistema, guiados por las normas estandarizadas relevantes en

la industria. Se utilizan diagramas de flujo para representar visualmente la continuidad de la información, datos y decisiones dentro del sistema, lo que permite una comprensión clara de los procesos involucrados y facilita la identificación de áreas de mejora o posibles problemas.

- Metodología experimental

En los sistemas automatizados, esta metodología implica el desarrollo de la programación de la lógica de control del sistema y del HMI, lo que recae también en la conexión de los equipos seleccionados y la configuración de protocolos de comunicación para la transferencia fluida de datos.

Posteriormente se realizan pruebas controladas en un entorno simulado para evaluar el rendimiento, la capacidad del sistema para manejar cargas de trabajo esperadas y su tiempo de respuesta en diferentes situaciones.

2.1.2. Estudio de factibilidad

A continuación, se detalla el análisis de factibilidad, desde las perspectivas técnica y económica.

- **Factibilidad técnica**

Se propone la automatización del proceso de elaboración de gel antibacterial, con el objetivo de mejorar la precisión en la dosificación de los reactivos para asegurar la concentración del alcohol en rangos óptimos para el efecto desinfectante. La automatización implicaría la disposición de tecnologías como controladores lógicos programables (PLC) e interfaces hombre-máquina (HMI) para controlar y monitorear el proceso de manera más eficiente.

Se identifican las etapas del proceso de elaboración del producto, que incluyen la preparación de ingredientes, mezclado y envasado. Cada etapa requiere una serie de tareas y controles específicos que pueden ser automatizados para mejorar la consistencia y la precisión del proceso.

La automatización del proceso permitirá adoptar medidas adicionales de seguridad e higiene, como la minimización de la manipulación manual de los ingredientes, el control preciso de la temperatura y la presión, y la aplicación de protocolos de limpieza y desinfección automáticos.

Considerando que el proceso de elaboración del producto se realiza por lotes, la automatización permitirá una producción más consistente y repetible entre lotes, garantizando una calidad uniforme del producto final.

Para probar y validar la funcionalidad del sistema desarrollado, se realizará una simulación del proceso utilizando software de simulación específico. Esto permitirá identificar posibles problemas y optimizar el diseño del sistema antes de su despliegue.

- **Factibilidad económica**

En el análisis de factibilidad económica se realiza una estimación de costos a partir de varios factores como los equipos (Tabla 13) y la mano de obra (Tabla 14) para luego obtener la inversión total del proyecto (Tabla 15).

Costos de los equipos

Tabla 13. Costos de equipos

COSTO DE EQUIPOS		
Equipo	Detalle	Precio
PLC	SIEMENS, SIMATIC S7 1200 CPU 1212C AC/DC/Rly	\$ 845,00
HMI	SIMATIC KTP900	\$ 1320,00
Computador	Procesador Intel Core i5, 8GB	\$ 930,00
Licencia SIMATIC	STEP 7 Profesional V16	\$ 1200,00
Tablero eléctrico	Estructura, señalización, pulsadores, protecciones eléctricas	\$ 1125,00
Total		\$ 5.420,00

Costos de mano de obra

Tabla 14. Costos de mano de obra del proyecto

COSTO DE MANO DE OBRA		
Personal	Detalle	Precio
Ingeniero en Electrónica y Automatización	Diseño y desarrollo de la programación del sistema	\$ 850,00
	Gastos adicionales	\$ 550,00
Total		\$ 1.400,00

Costo total

Tabla 15. Costo total del proyecto

COSTO TOTAL	
Costo de equipos	\$ 5.420,00
Costo de mano de obra	\$ 1.400,00
Total	\$ 6.820,00

2.2. Descripción de la solución del proyecto

En este apartado se esbozan las características claves que conformaran la estructura de la solución de la propuesta.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto se centra en el desarrollo de un sistema automatizado para la producción de gel antibacterial, con el monitoreo y control de cada fase del proceso. Se configura un sistema de dosificación precisa de ingredientes clave, como el alcohol etílico, garantizando la precisión necesaria para lograr diferentes concentraciones según las especificaciones requeridas. Esto se lleva a cabo mediante el uso de controladores PID y el PLC S7-1200 de Siemens, los cuales permitirán ajustes dinámicos y continuos del nivel de ingredientes para mantener la consistencia y calidad del gel.

Tomando en cuenta la situación que enfrentan las medianas empresas productoras con la demanda variante de este producto desinfectante de manos, se opta por el desarrollo de un sistema automatizado basado en la producción por lotes, la cual se configura para que ejecute el proceso repetidamente en un tiempo determinado, dependiendo de la cantidad del producto que se desee, la disponibilidad de los recursos o en la demanda del mercado actual [31].

Esta solución ofrece un sistema de producción flexible ante posibles modificación y mejoras en la fórmula de elaboración del producto desinfectante. El sistema se puede programar por medio de una interfaz HMI SIMATIC KT900 para el ingreso y gestión de recetas en la etapa de preparación del gel antibacterial y también para el monitoreo y control en tiempo real de las variables críticas como la concentración de ingredientes y el estado de los procesos de mezclado y envasado.

La validación y pruebas se realizarán en un ambiente controlado, asegurando que el sistema automatizado cumpla con los estándares de calidad y normativas industriales, garantizando así la eficiencia operativa y la competitividad en el mercado de productos sanitarios.

2.2.2. Diseño del sistema

Para la automatización de la producción de gel antibacterial se propone la división del proceso en dos etapas:

- **Dosificado y mezclado de insumos**

El proceso de preparación del gel desinfectante de manos inicia con la dosificación de los insumos líquidos (etanol, glicerina y trietanolamina) aplicando un control PID. El suministro del insumo se realiza por medio de dos válvulas conectadas a un reservorio, una destinada al llenado del tanque y la segunda válvula se efectúa para realizar la corrección del nivel y devolver el excedente al reservorio. Véase en Figura 8.

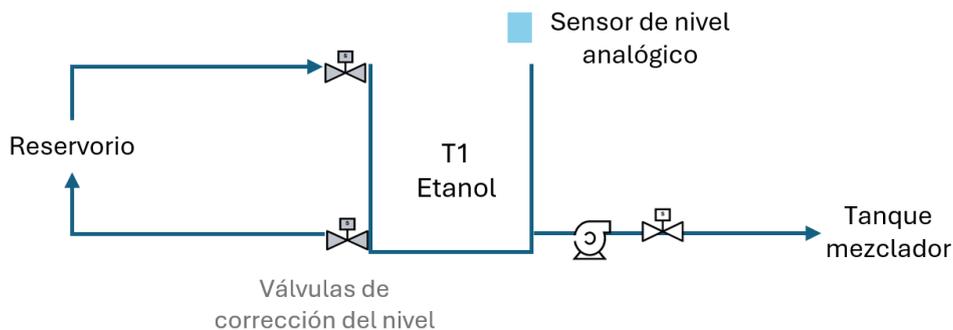


Figura 8. Esquema del control PID para la dosificación de insumos

Una vez que el nivel del tanque se estabilice en el valor establecido se procede con su transporte hacia el área de proceso por medio de un conjunto de bombas centrífugas y válvulas solenoides.

Para el caso de insumos granulados como es el carbopol, debido a su grado de complejidad en la dosificación de pequeñas cantidades de manera exacta ante un sistema de formulación variables, se opta por mantener esta parte del proceso de manera tradicional bajo el accionamiento de un operador.

Y tras completar la dosificación de los insumos, el sistema de agitación se activa durante un tiempo determinado hasta completar la homogenización e integración de los insumos

para crear el producto requerido. Esta etapa culmina con la activación de una bomba centrífuga y válvula que dirigen el producto elaborado hacia la siguiente fase del proceso. Véase en Figura 9.

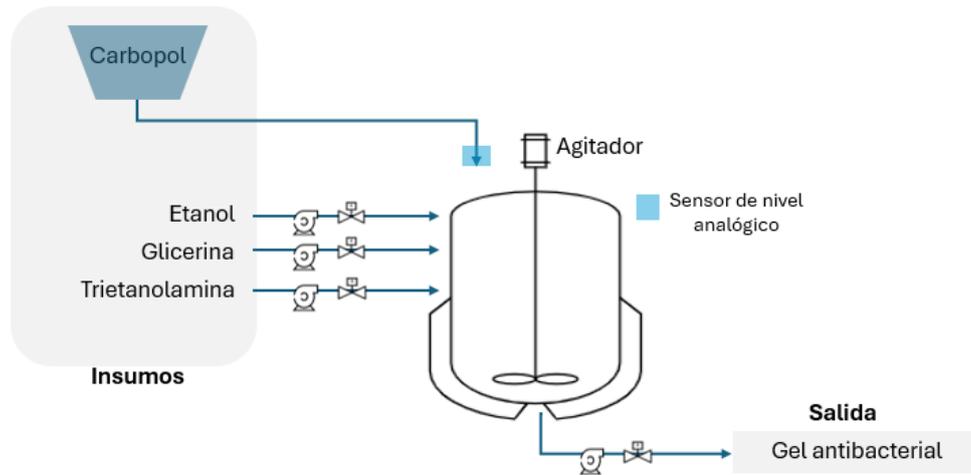


Figura 9. Esquema de la fase de mezclado de insumos. [Fuente: Autor]

Los dispositivos de entrada y salida presentes en la etapa de dosificación del proceso automatizado propuesto se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Dispositivos de la etapa de dosificado y mezclado de insumos

Etapa de dosificado y mezclado de insumos				
Sistema	Cantidad	Elemento	Tipo	(E/S)
Dosificación de insumos	3	Bomba centrífuga	Actuador eléctrico	Salida
	3	Válvula solenoide	Actuador eléctrico	Salida
Mezclado de sustancias	1	Sensor de nivel	Analógico	Entrada
	1	Motor/agitador	Actuador eléctrico	Salida
Vaciado	1	Bomba centrífuga	Actuador eléctrico	Salida
	1	Válvula solenoide	Actuador eléctrico	Salida

- **Envasado**

Para el envasado del producto se propone un método lineal a base de una banda transportadora para la movilización de la botella hacia las estaciones de llenado, colocación de tapa y ajuste como se puede visualizar en la figura 10.

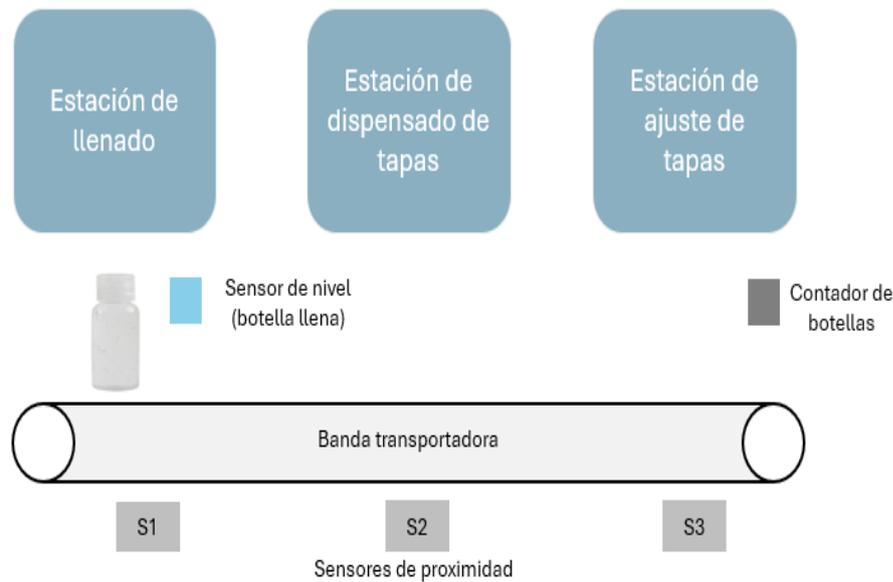


Figura 10. Esquema de la etapa de envasado. [Fuente: Autor]

La ubicación de la botella se determina por medio de los sensores ópticos las cuales están posicionadas estratégicamente debajo de cada estación.

Al llegar a la estación de llenado, la banda transportadora se detiene, de manera que da lugar a la dosificación del gel antibacterial en la botella de plástico hasta que un sensor de nivel sin contacto determine que la botella está llena y se reactiva la banda transportadora para ir a la siguiente estación.

La segunda estación se conforma de un sistema dispensador de tapas por medio de la activación y desactivación de un pistón de simple efecto, de forma que cuando el sensor de presencia 2 detecte la botella, el pistón avanzará colocando la tapa encima de ella para luego regresar a su estado retraído.

El ajuste de tapas en la tercera estación se efectúa gracias al movimiento que realizan los rodillos a la altura de la tapa. De modo que la botella pasa a través de estos rodillos y hacen girar la tapa enroscándola en el cuello de la botella. La activación de los rodillos se da al inicio de esta estación por parte del sensor de presencia 3.

Una vez que la botella pasa por todas las estaciones, se realiza el conteo de la misma al final de la banda transportadora y se registra acumulativamente hasta que llegue al número requerido de botellas de gel antibacterial a envasar.

Cabe recalcar que el diseño del sistema de control de la etapa de envasado se referencia en un trabajo similar denotado en la fuente [32].

Los dispositivos de entrada y salida presentes en la etapa de envasado del proceso automatizado propuesto se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Dispositivos de la etapa de envasado del producto

Etapa de envasado del producto				
Sistema	Cantidad	Elemento	Tipo	(E/S)
Almacenamiento del producto	1	Sensor de nivel alto	Digital	Entrada
	1	Sensor de nivel bajo	Digital	Entrada
Llenado de botella	1	Sensor óptico	Digital	Salida
	1	Sensor de nivel	Digital	Salida
	1	Válvula dosificadora	Actuador eléctrico	Salida
Dispensado de tapa	1	Sensor óptico	Digital	Entrada
	1	Pistón de simple efecto	Actuador neumático	Salida
Ajuste de Tapa	1	Sensor óptico	Digital	Entrada
	1	Motor/rodillo	Actuador eléctrico	Salida
Transporte	1	Banda transportadora	Actuador eléctrico	Salida

2.2.3. Diagrama P&ID del proceso de elaboración de gel antibacterial

En el Anexo 1, se observa el diagrama P&ID que representa la estructura general y la funcionalidad del proceso de elaboración de gel antibacterial, a base de dispositivos transmisores de nivel, detectores de presencia, elementos de accionamiento como bombas centrífugas, válvulas y motores, todos ellos, integrados a un sistema de control y monitoreo por medio de tecnologías PLC Y HMI.

2.2.4. Esquema eléctrico del proyecto

El diagrama de Fuerza para la activación de las bombas de dosificación y vaciado de los insumos, el motor de agitación del gel, la banda transportadora y los motores de rodillos se muestran en el Anexo 2 y su diagrama de mando con arranques directo en el Anexo 3.

Asi mismo, las diferentes entradas y salidas del PLC S7-1200, sean digitales y analógicas se encuentran en el esquema del Anexo 4.

2.3. Diseño de la propuesta

2.3.1. Lógica de control del proceso de elaboración de gel antibacterial

El diagrama de flujo representa de manera visual las etapas y secuencias del proceso de producción del gel antibacterial en modo automático.

En el Anexo 5, se muestra la lógica de control basada en un sistema de producción por lotes. Se comienza con la recepción de la orden de producción para un lote específico.

Luego de ingresar la orden se da apertura a la primera etapa de dosificación y mezclado de insumos, donde se verifican la disponibilidad de los ingredientes y materiales necesarios en el depósito. Si los niveles del depósito se encuentran normales, entonces el sistema realiza la secuencia de pasos de la etapa 1 y al culminar pasa a ejecutar la secuencia establecida en la etapa 2 de envasado del producto.

Una vez completada ambas etapas, se realiza la verificación de que la cantidad producida haya alcanzado la cantidad deseada registrada al inicio, caso contrario se el proceso se repite.

- **Lógica de control de la etapa de dosificado y mezclado de insumos**

Se confirma que se disponga de los ingredientes y materiales necesarios, como etanol, glicerina y trietanolamina, seguido por la dosificación mediante control PID del nivel de cada componente en un tanque de mezcla por medio de la activación de las bombas centrífugas y válvulas solenoide. Se tienen tres grupos de dosificado: el insumo de etanol por B1, V1, luego la dosificación de la glicerina con B2, V2 (B_AUX como alternativa al mantenimiento de B2), y con la dosificación de la trietanolamina con B3, V3.

Luego, se inicia el proceso de mezclado con la activación de un agitador (M1) por un tiempo determinado (T1).

Mientras los insumos se agitan, uno de los operadores realiza el pesado del material espesante (carbopol) para luego adicionarlo en el tanque de mezcla donde se integra con las demás sustancias de manera homogénea hasta alcanzar la composición deseada.

Una vez completada la mezcla, el gel desinfectante se traslada a través de una tubería hacia un tanque de almacenamiento temporal por medio de la activación de B4 y V4. (Véase en Anexo 6).

- **Lógica de control de la etapa de envasado del producto**

Al terminar el vaciado del producto hacia el segundo tanque, empieza la etapa de envasado en recipientes individuales, como botellas plásticas, que se colocan en una banda transportadora (BT) para el traslado a las diferentes estaciones.

La botella avanzará hasta ser detectada por el sensor óptico (S1) de la primera estación donde se realiza el llenado de la botella con la activación de V5 hasta que se alcance el nivel establecido por el sensor de proximidad capacitivo (SN), se reactiva la banda transportadora para pasar a la siguiente estación.

El sensor óptico (S2) detecta la botella y pausa la banda para realizar la colocación de la tapa encima de la botella por medio del avance de un cilindro de simple efecto (CT). La detección de la botella en la tercera estación se realiza por medio del sensor óptico (S3) que activa un sistema de ajuste de tapas a través del movimiento de rodillos (RD). Al finalizar la trayectoria lineal de la banda se encuentra un contador (CB) para la verificación de la cantidad de botellas producidas. (Véase en Anexo 7)

2.3.2. Programación de la lógica de control

La programación de sistema se realiza con la versión 16 del software TIA Portal, empezando por la selección e ingreso de la CPU del controlador S7 1200 que en este caso es el modelo 1212C AC/DC/Rly como se muestra en la Figura 11.

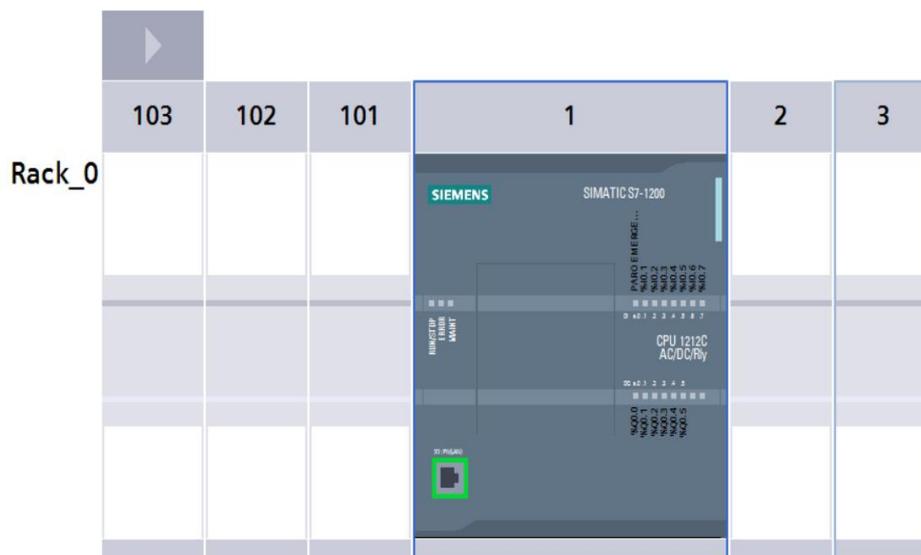


Figura 11. Selección de la CPU del controlador [Fuente: Autor]

Un diagrama de bloques de funciones (DFB) es un conjunto de instrucciones mediante representaciones gráficas en bloques o diagramas para facilitar la comprensión del usuario. Este lenguaje de programación nos brinda la interpretación de las variables de entrada como de salida y se relacionan por conectores en forma de flechas, a base de este lenguaje se realiza la programación del sistema propuesto.

Segmentos de programación del PLC

- Bloque principal (Anexo 8)

Inicialmente se muestra el bloque principal del programa denominado “Main” que es donde se recopilaran otros bloques con subprocesos del programa para llevar un orden.

En el segmento 1, se realiza una lógica de control referida a un selector para la activación de los indicadores del modo de operación manual o automático. En el segmento 2 se establece un bloque para el funcionamiento del sistema en modo manual. En cambio, el segmento 3 establece un bloque para el funcionamiento del sistema en modo automático.

En los segmentos restantes se agregan bloques para la lectura de sensores, salidas del sistema y la configuración de alarmas.

- Bloque de modo Manual (Anexo 9)

Se utilizan bloques de programación SR para el control de activación de los equipos: válvulas, bombas centrífugas, motores, y cilindros neumáticos, operándolos manualmente por medio de la interfaz HMI.

- Bloque de modo automático (Anexo 10)

Presenta un segmento para validar la inicialización del sistema y la configuración de las etapas del proceso de elaboración de gel antibacterial,

Se desglosan los procesos de cada etapa. Partiendo del control PID de dosificado de los insumos: etanol, glicerina y trietanolamina mediante el bloque PID_Compact (Anexo 11). Luego se establecen los tiempos de mezclado mediante temporizadores y los controles de apertura de la tolva para descargar el material espesante (Anexo 12). Al concluir la mezcla se efectúa el vaciado y transporte del producto hacia la siguiente etapa.

El sistema de movimiento de la banda transportadora está programado con un contador CTU y ciclos de reloj. La banda transportadora estará activada a excepción de cuando la botella sea detectada temporalmente en una estación de envasado (Anexo 13). En el Anexo 8, se muestra la lógica programada para la operatividad en las estaciones de: llenado, tapado y ajuste de tapas. Para una simulación fluida del modo automático se configuran dos contadores CTUD para el llenado y vaciado de los tanques de mezcla y envasado respectivamente.

- Bloque de sensores (Anexo 14)

En este apartado se utilizan bloques de normalizado y escalado de variables de las entradas analógicas de los sensores de nivel en los tanques de las respectivas etapas de mezclado y envasado. También se configuran los contactos que simulan la entrada digital de los sensores ópticos.

- Bloque de actuadores (Anexo 15)

Se combinan las memorias de activación y desactivación de las válvulas, bombas centrifugas, motores y cilindros neumáticos tanto en su modo manual como en su modo automático para enviarlos a una salida definitiva que represente el estado del equipo.

- Bloque de alarmas (Anexo 16)

La configuración de alarmas se lleva a cabo con la creación de un bloque de datos con acceso absoluto y la conexión con las variables de la ventana de avisos del HMI.

- Tablas de variables (Anexo 17)

Por último, se presenta una lista de las variables booleanas, reales y enteras empleadas en la programación del sistema.

2.3.3. Comunicación entre PLC y HMI

Para crear una red de comunicación entre el controlador y la interfaz HMI se realiza un enlace mediante el protocolo Profinet el cual está basado en Ethernet Industrial y permite la transmisión de datos en tiempo real. La configuración de este enlace se muestra en la sección “vista de redes” en TIA Portal según la Figura 12.

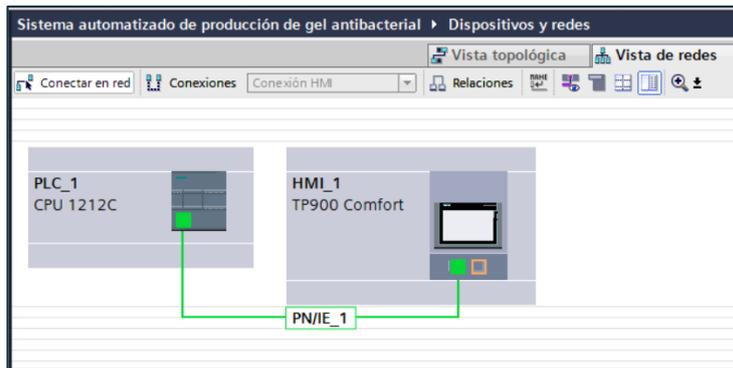


Figura 12. Conexión Profinet entre PLC y HMI

Otro factor que influye en la comunicación de estos dispositivos son las variables empleadas, de tal manera que se debe asegurar establecer un enlace entre las variables de la interfaz HMI y las variables del PLC teniendo como puente la conexión Profinet establecida anteriormente denominada “HMI_Conexión_1” de la manera como se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Enlace entre las variables del PLC y HMI

2.3.4. Comunicación del PLC S7-1200 y Factory IO

Debido a la falta de módulos de entrada y salida analógicos en el laboratorio de automatización se realiza la simulación de dichos datos correspondientes al control PID de los niveles en los tanques de dosificación de los insumos.

Es necesario agregar un bloque en la programación de TIA Portal que hace de puente entre las variables del PLC y el entorno simulado de Factory IO. Luego se relacionan las variables y se configura el controlador quedando distribuido de la forma en que se muestra en la Figura 14.

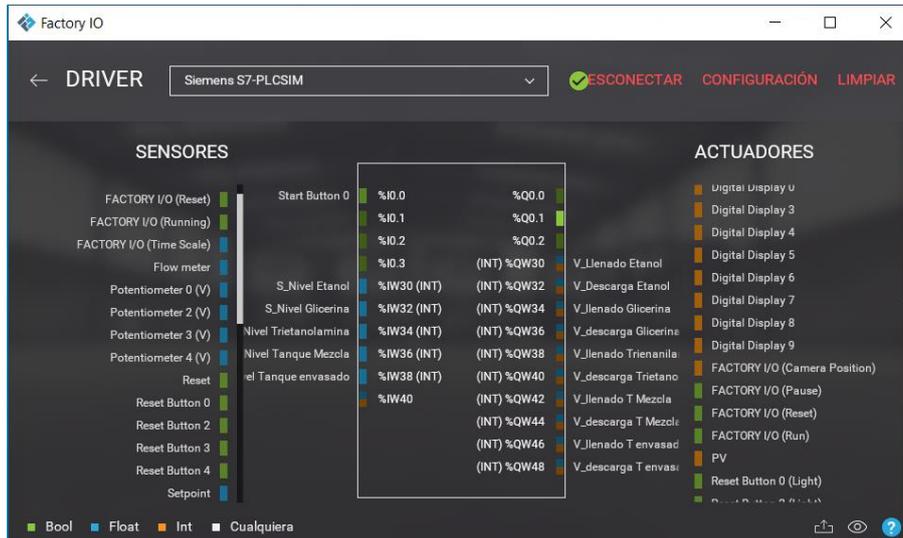


Figura 14. Entradas y salidas PLC y Factory IO

2.3.5. Diseño de la interfaz HMI

Para garantizar la conformidad con las mejores prácticas y estándares de la industria, se ha recurrido a las normas ISA 101 como guía. A través de esta revisión se dispone de principios de diseño ergonómico y funcional, buscando desarrollar una HMI intuitiva y eficiente que mejore la productividad y seguridad del entorno industrial.

- **Estructura de navegación entre pantallas**

Como primer punto en el diseño de la arquitectura de las pantallas HMI, se debe considerar la estructura de navegación de manera que guíe a los operadores a través de las diferentes funciones y estados del sistema de forma fluida.

En la Figura 15 se definen las pantallas del sistema y la estructura de navegación.

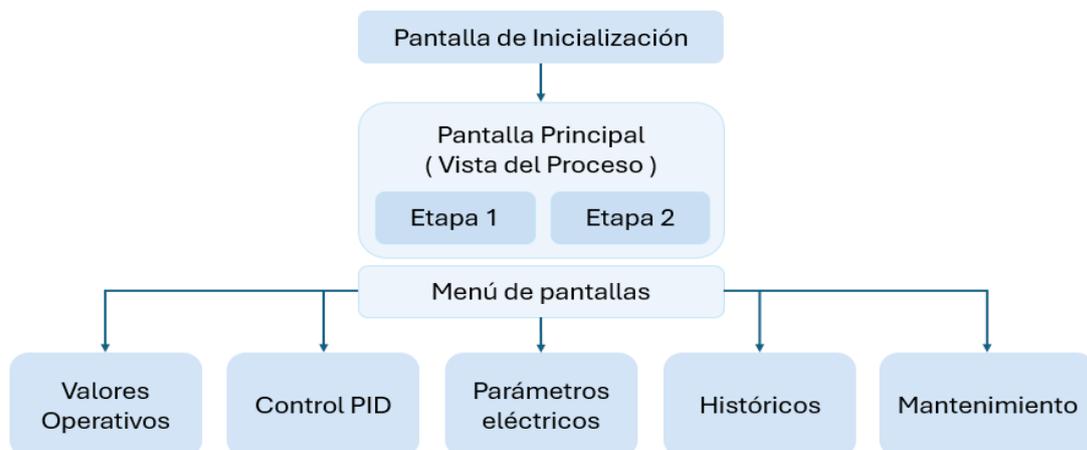


Figura 15. Esquema de navegación de las pantallas

- **Ventana de inicialización**

Esta pantalla cuenta con una estructura de presentación ya que en ella se brinda la información del proceso que se pretende supervisar y en algunos casos también se muestra los datos o logo de la empresa como muestra la Figura 19.

Adicional a ello, cuenta con un sistema de control de acceso con los niveles de seguridad de operación, supervisión y administrador. La sección de administrador de usuarios en el HMI permite la configuración de las claves de acceso y las protecciones de cada nivel según se visualiza en la Figura 16.

Usuarios						
	Nombre	Contraseña	Cierre de sesión autom..	Tiempo de cierre de sesió	Número	Comentario
	ADMIN	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	1	El usuario 'Administrador' se ..
	OPERADOR	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	2	
	SUPERVISOR	*****	<input checked="" type="checkbox"/>	5	3	
	<Agregar>					

Grupos						
	Miembro de	Nombre	Número	Nombre de visualización	Caducidad de l...	Comentario
	<input checked="" type="radio"/>	Grupo de administradores	1	Grupo de administradores	<input type="checkbox"/>	El grupo 'Administradores' ti...
	<input type="radio"/>	Grupo de Usuarios	2	Grupo de Usuarios	<input type="checkbox"/>	El grupo 'Usuarios' tiene inici..
	<input type="radio"/>	Grupo de Supervisores	3	Grupo de Supervisores	<input type="checkbox"/>	
	<Agregar>					

Figura 16. Configuración de usuarios y niveles de seguridad

- **Ventana principal del proceso**

Esta pantalla tiene como objetivo principal dar una idea de la estructuración de la planta y transmitir información relevante al operador como los valores de los sensores, y el estado de cada dispositivo.

En la esquina superior derecha se encuentran los datos de fecha y hora en tiempo real, y debajo se muestra el nombre del usuario en caso de haber iniciado sesión.

Al costado izquierdo se localizan los controles e indicadores del sistema, por ejemplo, selección del modo manual o automático, inicio o parada del sistema y leds de activación de alarmas por niveles bajo en los depósitos.

Bajo el esquema del proceso se da lugar a un recuadro que contiene un resumen de las alarmas o avisos activados.

Finalmente, en la parte inferior de la pantalla se obtiene el menú para el direccionamiento a otras ventanas del proceso según la jerarquía establecida.

- **Ventana de controles manuales y Mantenimiento**

Se muestra una vista general de todos los equipos de accionamiento que dispone el sistema para su funcionamiento, estos están agrupados de acuerdo con la etapa a la que corresponde. Cada actuador cuenta con dos controles “ON” y “OFF” que permiten su activación y desactivación cuando se opera manualmente. También se añadió un apartado para cuando se requiera de realizar un mantenimiento a las bombas. En este caso, el control para la activación del estado de mantenimiento de la bomba 2 está vinculado a la habilitación de una bomba auxiliar.

- **Ventana de valores operativos**

La opción de configurar los parámetros de operación del sistema es fundamental en un proceso automatizado, por lo cual se realizó el diseño de esta ventana para que cumpla con ese papel. Para facilidad del usuario se añadió un botón que ejecuta la acción del seteo de los parámetros con valores predefinidos en el sistema.

- **Ventana de históricos**

La ventana de históricos recae en la importancia de conocer el comportamiento de las variables como los sensores de nivel y peso, de modo que se pueda comprobar si están dentro de rango de operación normal o si presentan fallas.

2.4. Pruebas y puesta en marcha de la solución

En este apartado se realiza la verificación de la funcionalidad del sistema desarrollado.

2.4.1. Interfaz de simulación PLC

Para comprobar la lógica de control programada en TIA Portal se inicializa el simulador PLCSIM mostrado en la Figura 17.



Figura 17. Inicialización del PLCSIM

Se compila el programa para verificar que no haya ninguna falla en el código y se procede a cargarlo en el PLCSIM como indica la Figura 18.

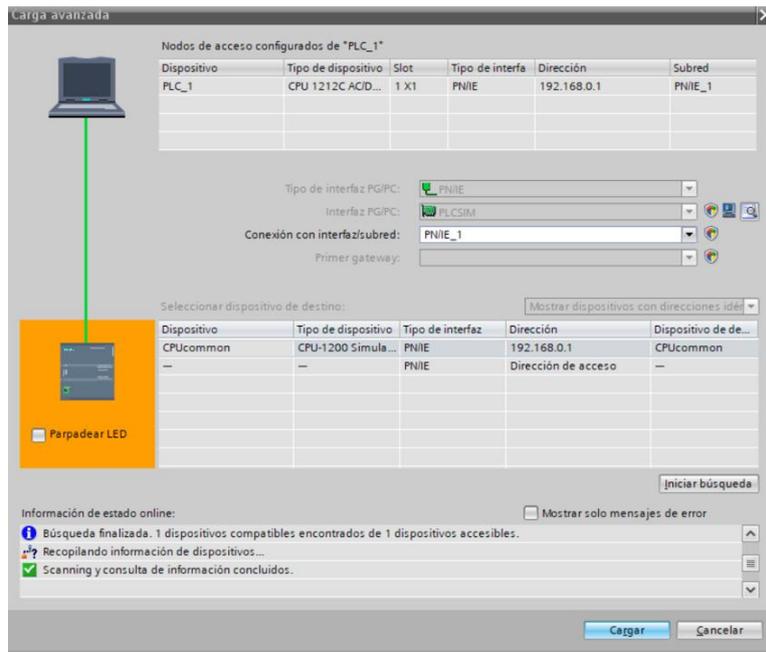


Figura 18. Carga del programa al PLC virtual

Para poder observar el comportamiento de las variables del sistema como se muestra en la Figura 19, se establece conexión online y se hace clic en el ícono de “activar/desactivar observación”.

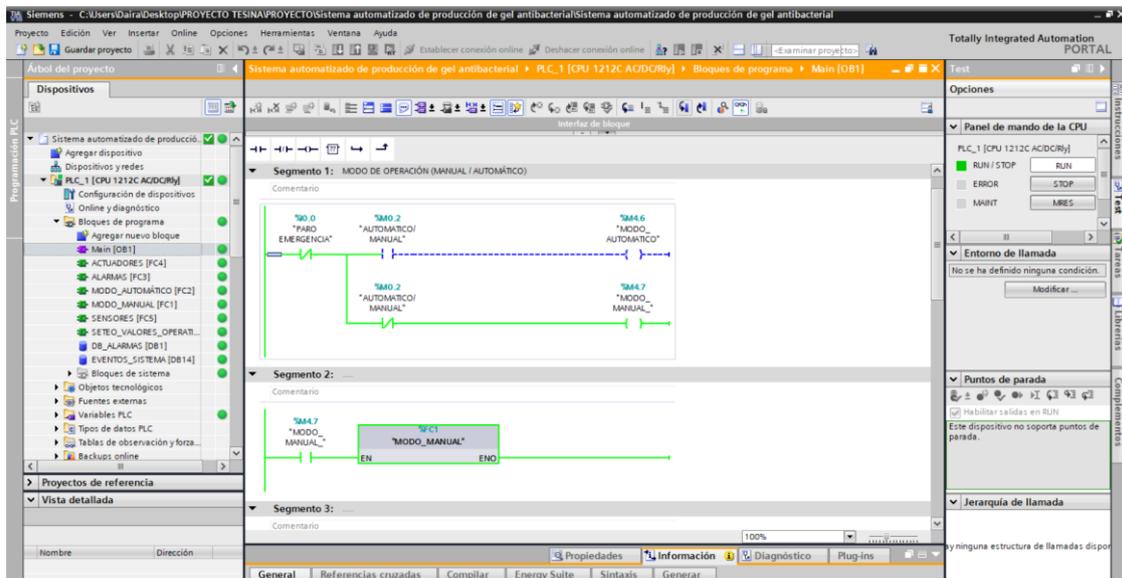


Figura 19. Establecimiento de conexión online del programa

También se realiza el forzado de los valores de los sensores para confirmar la correcta normalización y escalamiento de manera que logren simular el comportamiento del llenado del tanque y de la tolva (véase en Figura 20).

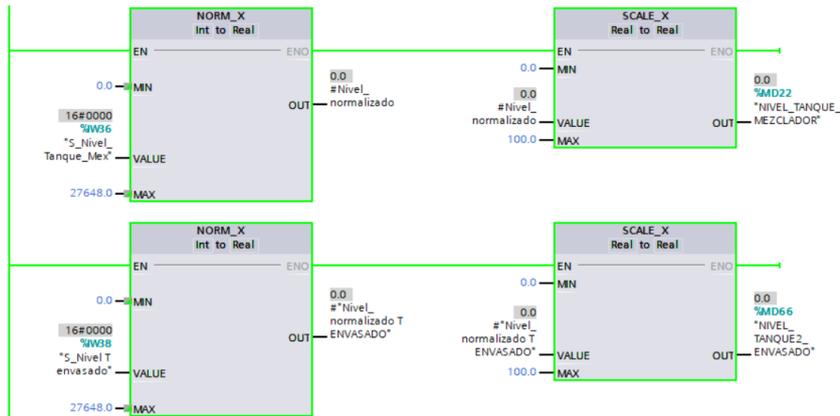


Figura 20. Forzado de entradas analógicas del sistema

2.4.2. Interfaz de simulación HMI

Al iniciar la simulación del HMI desarrollado en el SIMATIC WinCC se abre una interfaz con el diseño de la pantalla KTP900 y se da la bienvenida al proceso de elaboración del gel antibacterial como se muestra en la Figura 21.



Figura 21. Pantalla de inicio de sesión

Al pulsar el botón “INICIAR SESIÓN”, se abre la ventana de diálogo que muestra la Figura 22, donde se ingresa los datos del usuario: nombre y contraseña. En este caso se registra la sesión con el usuario “ADMIN” que tiene mayor acceso en el control y configuración de los parámetros operativos del sistema.

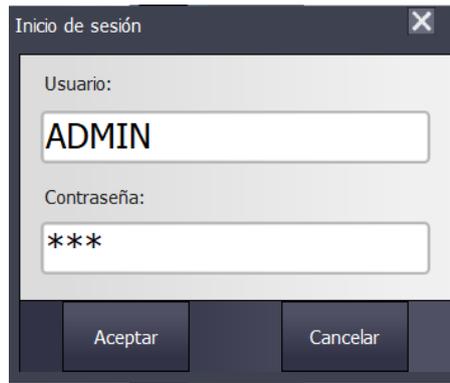


Figura 22. Ingreso de usuario

La siguiente pantalla muestra una vista general de la etapa de preparación del gel antibacterial. Pero antes, es importante seleccionar el modo en que se desea operar el sistema. Las pruebas iniciales se realizarán con la selección en modo manual para lo cual se verifica el estado del sistema por medio de los indicadores en la parte izquierda de la ventana mostrada en la Figura 23.

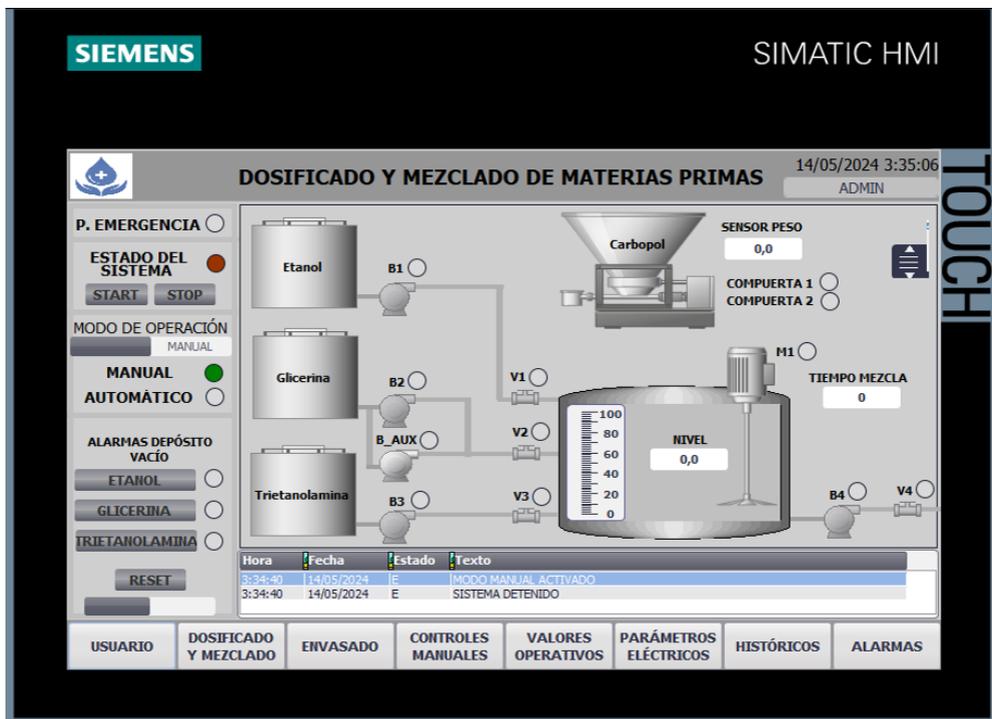


Figura 23. Selección del modo Manual

En el modo de operación “MANUAL” se puede accionar los actuadores mediante botones “ON_OFF” de la ventana de controles manuales, al activarlos el color de los indicadores cambia a verde representando que está en funcionamiento (véase en la Figura 24).

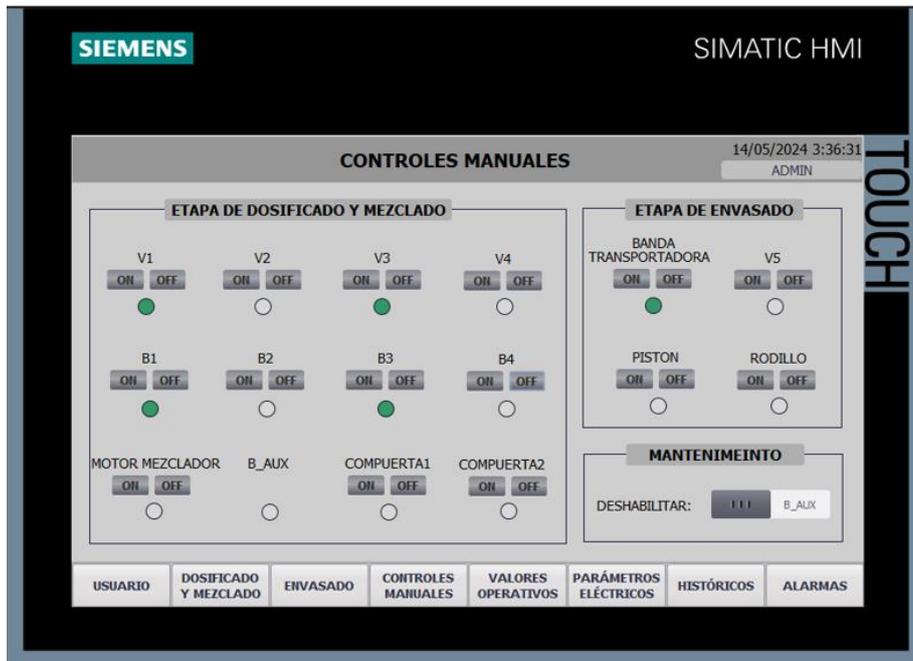


Figura 24. Activación de los actuadores en modo manual

En caso de que se necesite realizar el mantenimiento de la bomba centrífuga 2, ésta se deshabilitará y en su lugar pondrá operativa a la bomba auxiliar (véase en Figura 25).

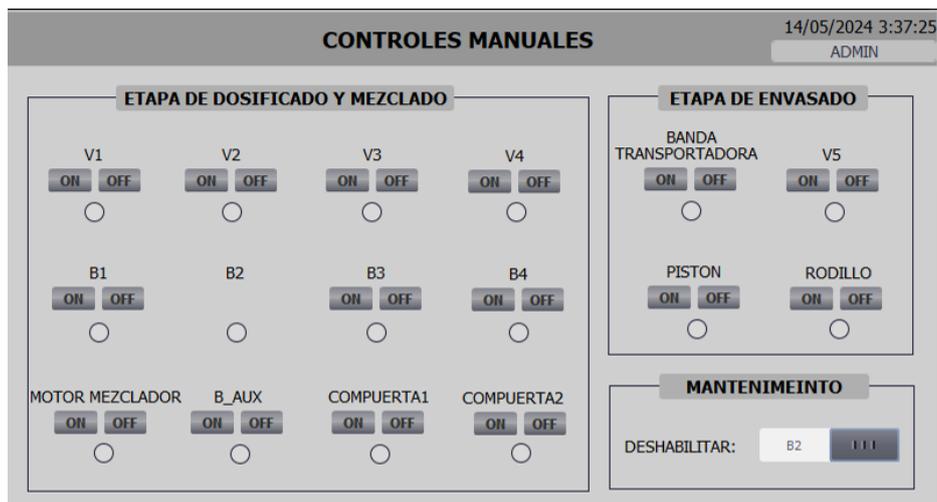


Figura 25. Mantenimiento y habilitación de bomba auxiliar

Esta acción también se registra en la sección de alarmas del sistema como se muestra en la Figura 26.

Hora	Fecha	Estado	Texto
3:37:24	14/05/2024	E	BOMBA AUXILIAR HABILITADA
3:37:24	14/05/2024	E	BOMBA 2 EN MANTENIMIENTO
3:34:40	14/05/2024	E	MODO MANUAL ACTIVADO

Figura 26. Alarma de mantenimiento de bomba centrífuga 2

Lo siguiente es la configuración de los parámetros con los que va a operar el sistema en modo automático. Para ello, se abre la ventana de “Valores operativos” y se registran los valores por defecto indicados en la Figura 27.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE GEL ANTIBACTERIAL 11/06/2024 16:50:00
ADMIN

VALORES OPERATIVOS

PORCENTAJE DE INSUMOS

ETANOL: 70,0 % GLICERINA: 15,0 % TRIETANOLAMINA: 10,0 %
CARBOPOL: 5 % PESO CARBOPOL: 3 Kg

TIEMPOS

TIEMPO DE MEZCLADO: 15 MIN

PRODUCCIÓN

CANTIDAD DE LOTES: 1 CON DOSIS DE: 100 L
CANTIDAD DE BOTELLAS: 100 CON DOSIS DE: 1000 mL

DEFAULT

USUARIO DOSIFICADO Y MEZCLADO ENVASADO VALORES OPERATIVOS CONTROLES PID PARÁMETROS ELÉCTRICOS HISTÓRICOS MANTENIMIENTO

Figura 27. Seteo de Parámetros de operación

Una vez ingresado los valores de operación, ya se puede iniciar el sistema en modo “AUTOMATICO” (véase en Figura 28).

ESTADO DEL SISTEMA

START STOP

MODO DE OPERACIÓN

AUTOMATICO

MANUAL

AUTOMÁTICO

Figura 28. Selección del modo automático

Al pulsar “START”, la etapa de dosificación de insumos empieza, activando el control PID de los tres tanques: etanol, glicerina y trietanolamina con los porcentajes de 70, 15 y 10 respectivamente. Una vez que se alcance una estabilidad en el nivel establecido se realiza el vaciado de la dosis en el tanque mezclador como se muestra en las Figuras 29 y 30.

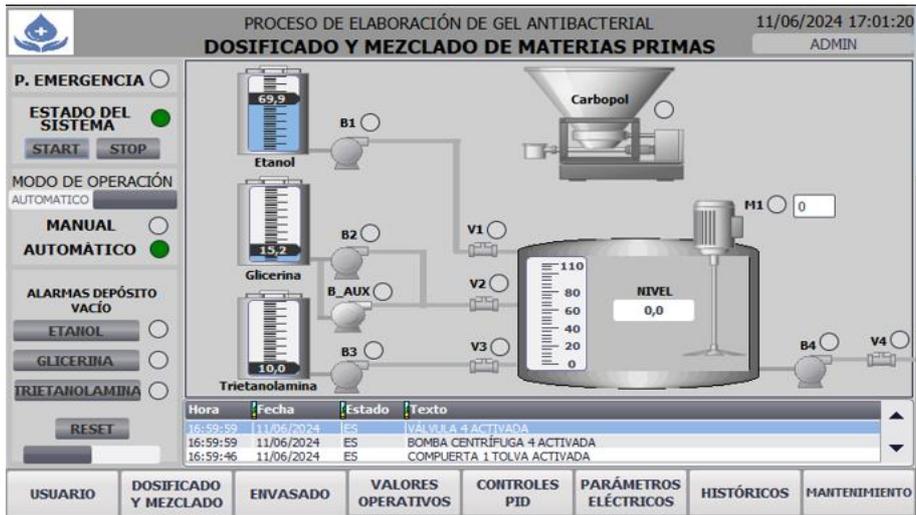


Figura 29. Inicio de la etapa 1 del proceso y control PID en la dosificación de insumos



Figura 30. Vaciado de las dosis de insumos al tanque mezclador

En la Figura 31, se obtiene una vista de los niveles de cada tanque en el entorno simulado de Factory IO.



Figura 31. Niveles de los tanques de insumo en Factory IO

Luego de llenar el tanque de mezclado con los insumos se activa el motor y empieza a agitar las sustancias (véase en Figura 32).

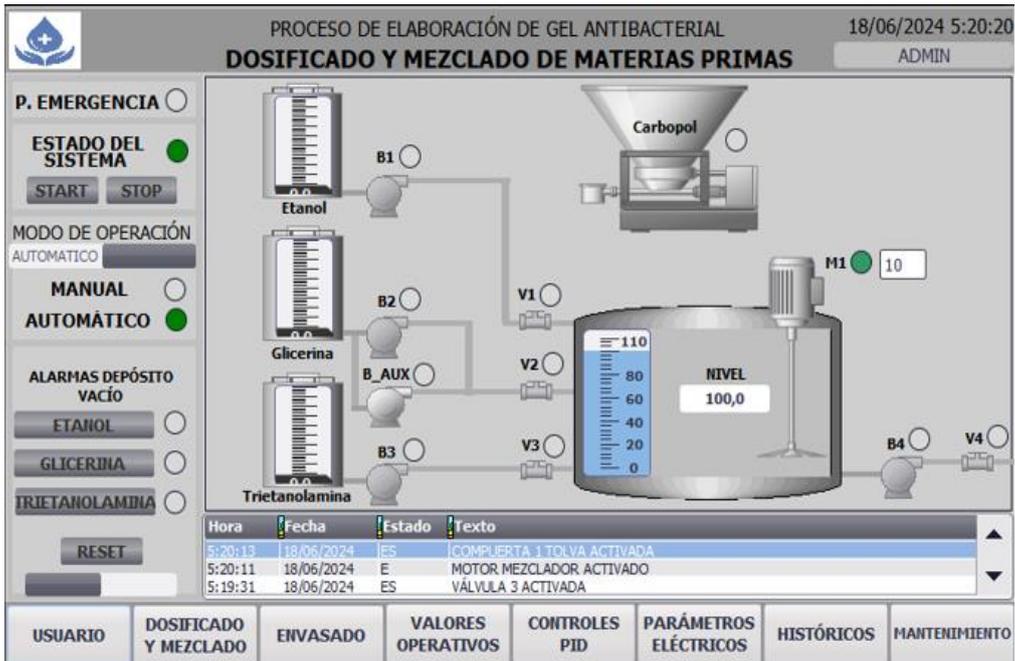


Figura 32. Inicio del mezclado de sustancias primas

Una vez que todos los ingredientes se han mezclado y alcanzado la consistencia deseada, se activan la bomba centrífuga y la válvula para la salida del producto. Cuando el tanque de mezcla termina de vaciarse culmina la etapa de dosificado y mezclado, dando apertura a la etapa de envasado (véase en Figura 33).

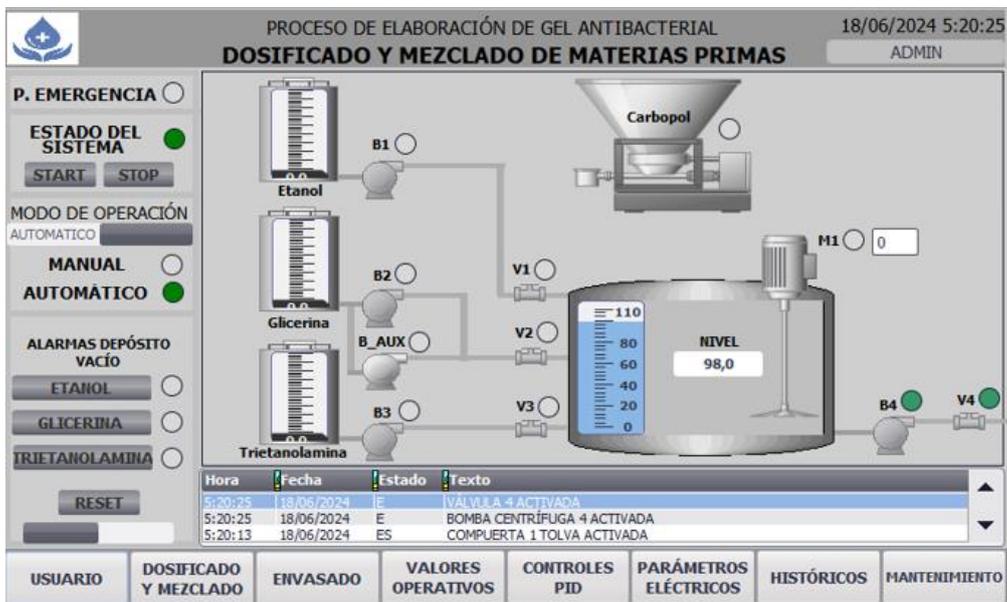


Figura 33. Vaciado del tanque de mezcla y salida del gel antibacterial

La banda transportadora se activa y moviliza la botella hasta la estación de llenado donde por la detección del sensor óptico 1 se detiene y activa la válvula para la dosificación del producto en la botella de plástico hasta que se active el contacto del sensor que indica cuando la botella está llena (véase en Figura 34).

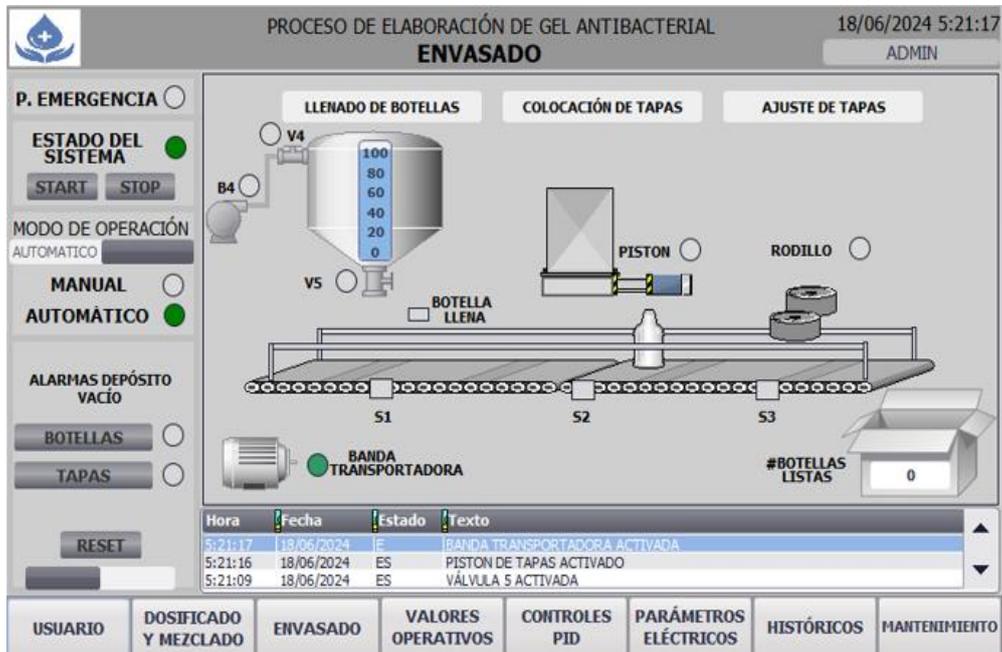


Figura 34. Inicio de la etapa de envasado del producto

Las fases de llenado de botella, colocación de la tapa y el ajuste se visualizan en las Figuras 35, 36 y 37 respectivamente.

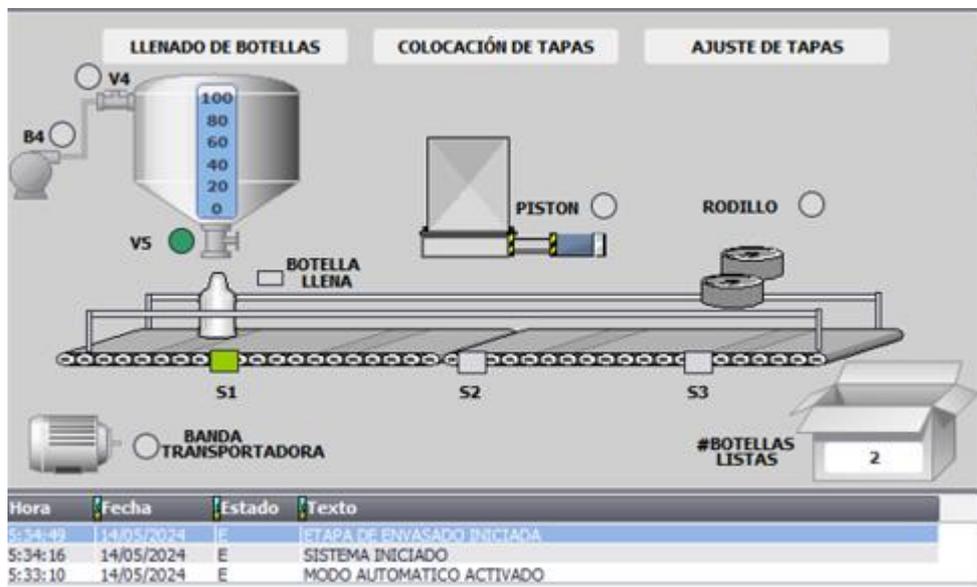


Figura 35. Llenado de la botella

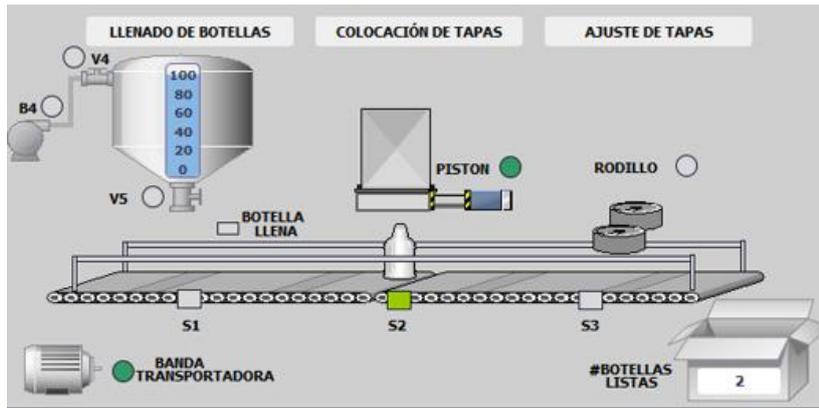


Figura 36. Colocación de tapa sobre la botella

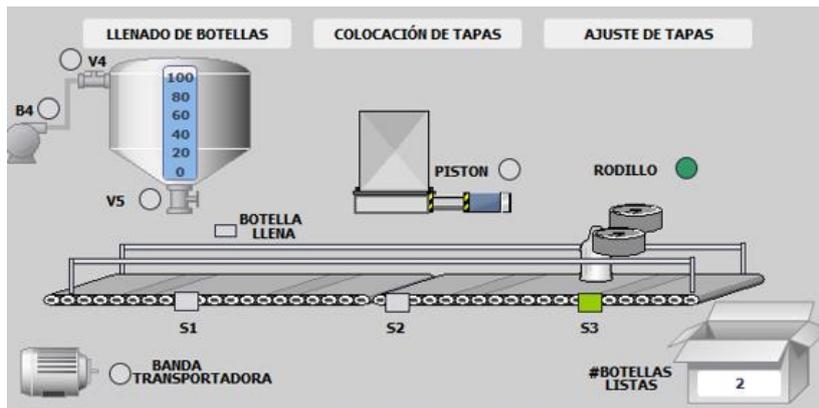


Figura 37. Activación de rodillo para el ajuste de tapa de la botella

El proceso de envasado continua repetitivamente hasta que el contador de botellas llegue a la cantidad deseada de producción que se ingresó en la ventana de “Valores operativos”. Al completarse la cantidad de botellas se activa una alarma que da a conocer que la producción de botellas de gel antibacterial ha culminado sin problemas y se detiene el sistema (véase en Figura 38).

N.º	Hora	Fecha	Estado	Texto
8	15:34:47	07/05/2024	IE	SISTEMA DETENIDO
12	15:34:47	07/05/2024	E	PRODUCCIÓN POR LOTE COMPLETADA
8	15:13:25	07/05/2024	E	MODULO AUTOMATICO ACTIVADO

Figura 38. Alarma de lote de producción terminado con éxito

En la pantalla de “Históricos” se muestran las variables de “SP”, “PV”, y “CV” de los controles PID correspondientes a los niveles de los tanques de insumos (véase en la Figura 39).



Figura 39. Curvas analógicas de los niveles de los tanques de insumo

La ventana de “Parámetros eléctricos” engloba los datos de las bombas centrífugas, el motor mezclador y el tablero eléctrico (véase en Figura 40).

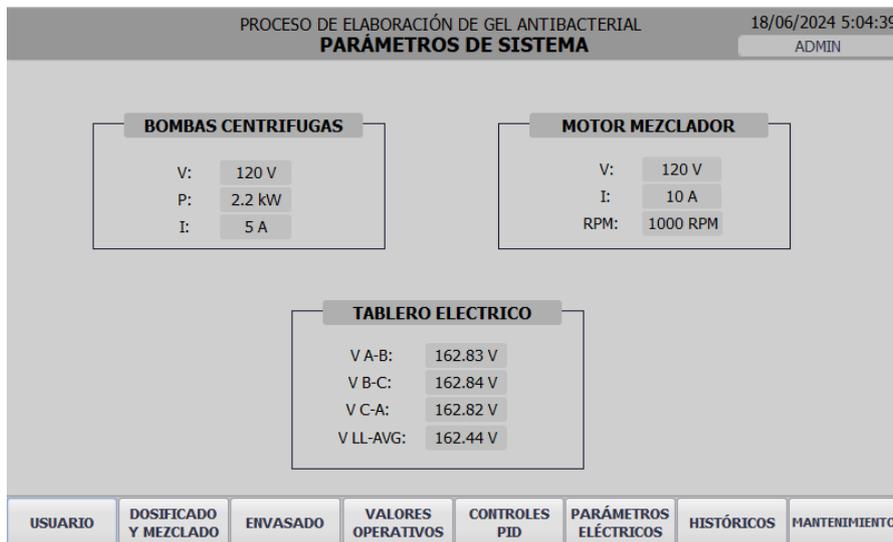


Figura 40. Pantalla de parámetros eléctricos

2.5. Resultados

Con el análisis del proceso de elaboración de gel antibacterial, se logró identificar las fases de producción que van desde la dosificación, el mezclado de materias primas y el envasado, junto con los puntos críticos donde la precisión es esencial para la calidad del producto. A partir de esto, se diseñó un sistema de control de nivel para la dosificación de materias primas, como el etanol, la glicerina y la trietanolamina; utilizando las acciones: proporcional, integral y derivativa. Además, se diseñó un sistema

automatizado para el transporte, el llenado y el tapado de envases de manera secuencial y controlada para minimizar los riesgos de contaminación y mejorar las condiciones de trabajo.

Se estableció la lógica de control para las etapas del proceso dando paso a la programación ladder utilizando bloques para normalizar y escalar los datos de entrada y salida obtenidos mediante la conexión entre TIA Portal y Factory I/O. Así mismo, se aplicó bloques de “PID_Compact” en el sistema de control configurados para mantener las concentraciones de insumos en niveles óptimos de 70%, 15% y 10%, con un rango de error mínimo de 0.1%. Además, se desarrollaron modos de operación manual y automática para adaptarse a diferentes requerimientos de producción y permitir la intervención humana según sea necesario. Y también, se logró evaluar la programación del sistema automatizado destinado a la elaboración de gel antibacterial utilizando la herramienta PLCSIM dentro de TIA Portal con lo cual, se comprueba una funcionalidad eficiente de la lógica planteada.

Se diseñó y desarrolló una interfaz HMI con un enfoque en la movilidad eficiente entre pantallas, facilitando la navegación para los operadores. La simulación de la interfaz mediante WinCC mostró una capacidad sólida para monitorear el proceso y las variables clave, incluyendo una ventana de alarmas para notificar a los operadores sobre cualquier desviación o fallo. La interfaz también permite el ingreso de parámetros de operación, el acceso a históricos de datos y funciones de mantenimiento, asegurando una operación continua y eficiente del proceso de producción de gel antibacterial.

2.6. Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto se puede concluir que la lógica de control y programación diseñada para la automatización del proceso de producción de gel antibacterial presenta un sistema que en conjunto con la aplicación de un control PID y la capacidad para ajustar los porcentajes de formulación han resultado en una operación de producción de gel antibacterial más robusta y flexible en comparación al método tradicional.

El uso del control PID en la etapa de dosificación de insumos para la producción de gel antibacterial proporciona una precisión y una eficiencia que son fundamentales para mantener la calidad y la consistencia del producto. Esta tecnología permite una gestión

efectiva de la variabilidad en los procesos de dosificación, optimizando el uso de insumos y asegurando una producción estable en la fabricación de productos para la salud y la higiene personal.

La flexibilidad en la formulación que se ingresa por medio de la pantalla HMI simulada toma como guía las características de un sistema de producción por lotes, permitiendo una rápida adaptación a las demandas del mercado con el ajuste de la cantidad de ingredientes requeridos. De tal manera que la precisión del sistema minimiza el desperdicio de materiales y reduce los tiempos de producción, mejorando la eficiencia global del proceso.

2.7. Recomendaciones

En términos de la validación del sistema, se recomienda realizar una comparación entre el sistema simulado y los datos obtenidos mediante un módulo físico de entradas y salidas analógicas. Esta comparación permitirá verificar la precisión y confiabilidad del sistema automatizado, asegurando que las condiciones de operación simuladas se correspondan fielmente con las condiciones de la planta.

Además, tomar en consideración para el diseño del sistema más sensores que ayuden a obtener una mejor consistencia del gel, de esta forma, no solo se estarían midiendo parámetros eléctricos y de proceso básicos, sino también las variables adicionales como la viscosidad y el pH del gel. Estas mediciones permiten un control más preciso del proceso de mezcla y aseguran que el gel cumpla con las especificaciones deseadas.

Para optimizar los parámetros PID en la automatización de la producción de gel antibacterial, se recomienda explorar métodos avanzados como la optimización basada en modelos y los algoritmos evolutivos. Estos métodos avanzados no solo mejorarán el control y la precisión en la dosificación y mezclado de insumos, sino que también reducirán los tiempos de ajuste y aumentarán la adaptabilidad del sistema a cambios en las condiciones de operación.

Bibliografía

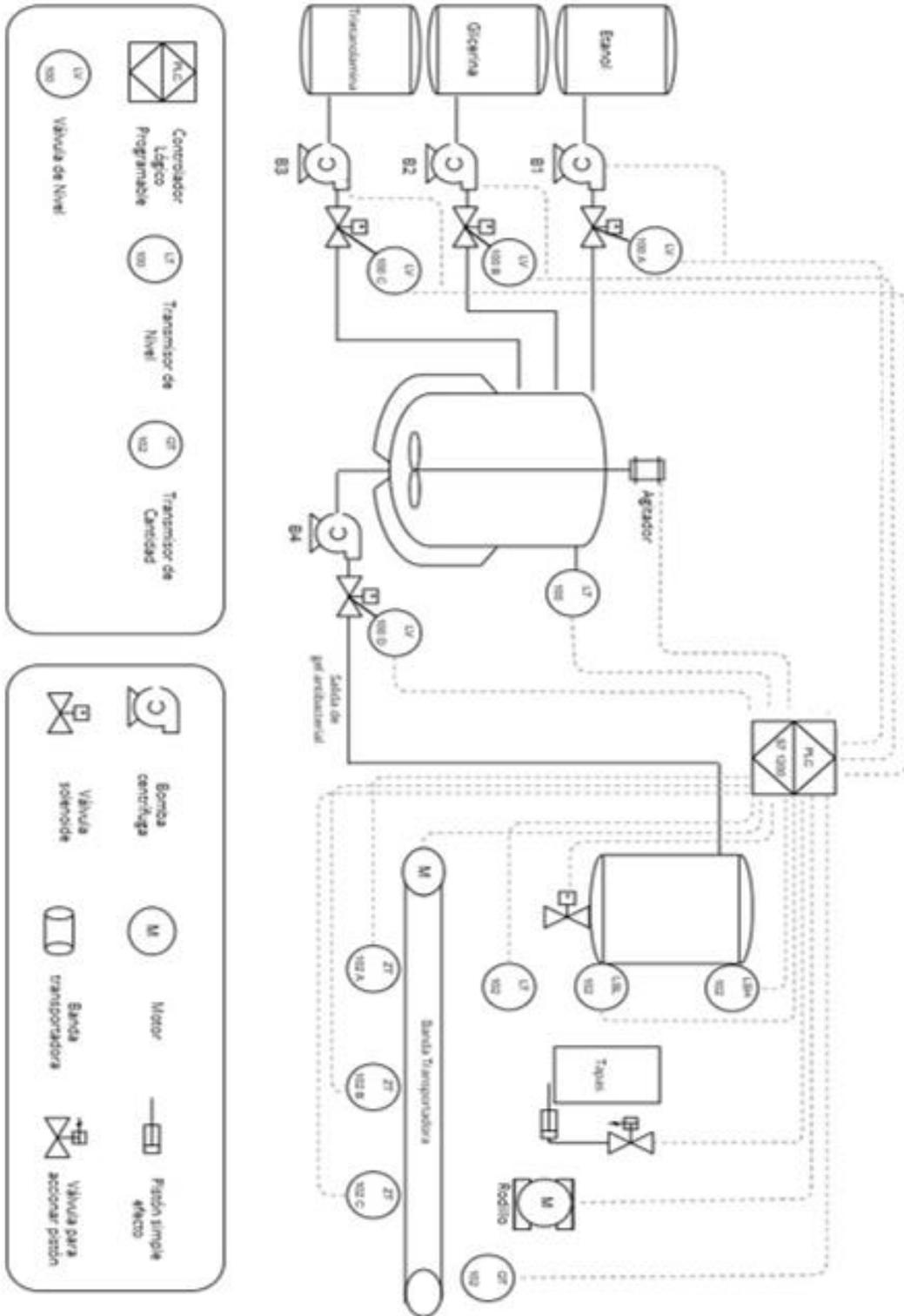
- [1] «Uso de gel antibacterial, primordial para romper cadena de contagio por COVID-19,» Secretaría de Salud, 21 09 2020. [En línea]. Available: <https://salud.michoacan.gob.mx/uso-de-gel-antibacterial-primordial-para-romper-cadena-de-contagio-por-covid-19/>. [Último acceso: 20 04 2024].
- [2] N. Castaña y O. Hernández, «Higiene de manos con soluciones alcoholadas,» Scielo, 13 11 2016. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-23912016000600358. [Último acceso: 23 04 2024].
- [3] J. C. Cevallos, «Laboratorio de producción de gel antibacterial,» Líderes, 30 08 2015. [En línea]. Available: <https://www.revistalideres.ec/lideres/emprendedores-laboratorio-gelantibacterial-quito.html>.
- [4] I. García, «¿Qué es un proceso industrial?,» Elecproy, 30 01 2023. [En línea]. Available: <https://elecproy.com/es/blog/que-es-un-proceso-industrial/>. [Último acceso: 04 03 2024].
- [5] «Automatización Industrial: Qué es y como funciona,» aula21 Formación para la Industria, 9 06 2020. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>. [Último acceso: 6 03 2024].
- [6] S. L. Roberto, R. P. Julio y A. L. Carlos, Automatización industrial, Castellón: Universidad Jaume, 2019.
- [7] «¿Qué es el gel antibacterial y por qué usarlo en las empresas?,» Familia institucional, 14 07 2016. [En línea]. Available: <https://familiainstitucional.com/blog/que-es-el-gel-antibacterial/>. [Último acceso: 22 04 2024].
- [8] «La importancia del Gel Antibacterial. Una medida de seguridad para tu salud,» Rentokil, 10 03 2024. [En línea]. Available: <https://www.rentokil.com/mx/blog/la-importancia-del-gel-antibacterial-una-medida-de-seguridad-para-tu-salud>. [Último acceso: 22 04 2024].
- [9] C. A. María, «Aplicaciones del alcohol etílico,» Universidad Autómata del Estado de Hidalgo, 18 07 2020. [En línea]. Available: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n5/m7.html>. [Último acceso: 22 04 2024].
- [10] N. E. Reme, «Glicerina,» Mifarma, 3 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.atida.com/es-es/blog/diccionario-farmacia/que-es-la-glicerina-para-que-sirve/>. [Último acceso: 21 04 2024].
- [11] «¿Qué es la trietanolamina y cuáles son sus usos?,» Conjunto LAR, 27 12 2018. [En línea]. Available: <https://www.conjuntolar.com/index.php/blog/post/que-es-la-trietanolamina-y-cuales-son-sus-usos>. [Último acceso: 23 04 2024].
- [12] «Carbopol, indispensable en la formulación de geles,» Droquimar Blog, 16 11 2017. [En línea]. Available: <https://droquimar.blogspot.com/2017/11/carbopol-indispensable-en-la.html>. [Último acceso: 23 04 2024].

- [13] «Botellas para Gel Antibacterial,» Cosmos, 24 07 2020. [En línea]. Available: <https://botellasyenvasesdeplastico.com/botellas-para-gel-antibacterial.html>. [Último acceso: 23 04 2024].
- [14] «SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO LJC18A3-H-Z/BX (NPN-NO),» Naylamp Mechatronics, 16 02 2018. [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/296-sensor-de-proximidad-capacitivo-ljc18a3-h-zbx-npn-no.html>. [Último acceso: 28 04 2024].
- [15] «Como funciona un sensor óptico de presencia y que tipos existen,» Ingeniería Mecafenix, [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/sensor-optico/>.
- [16] «Sensor Fotoeléctrico Retro Reflectivo Para Objetos Transparentes K1R87PCT2,» Armotec, 15 04 2020. [En línea]. Available: <https://armotec.pe/products/sensor-fotoelectrico-retro-reflectivo-para-objetos-transparentes-k1r87pct2>. [Último acceso: 28 04 2024].
- [17] «Medición por ultrasonidos, Prosonic FMU41,» Endress+Hauser, 26 09 2017. [En línea]. Available: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-ultrasonidos-liquidos?t.tabId=product-overview>. [Último acceso: 26 04 2024].
- [18] «2W-400-40, Válvula Solenoide,» CEIV, 25 03 2019. [En línea]. Available: <https://ceiv.com.mx/2w-400-40-valvula-solenoide/>. [Último acceso: 28 04 2024].
- [19] «Bomba centrífuga eléctricas MB 120,» DEBEM, 24 05 2020. [En línea]. Available: <https://www.debem.com/es/productos/bombas-centrifugas-electricas/bombas-centrifugas-horizontales-mb/mb-120/>. [Último acceso: 20 04 2024].
- [20] «Actuadores Industriales,» CRAMIX, 15 08 2018. [En línea]. Available: <https://cramix.com/productos/agitadores-industriales/>. [Último acceso: 26 04 2024].
- [21] «Banda Transportadora Deslizable , 11 pies,» GRAINGER, 23 06 2018. [En línea]. Available: <https://www.grainger.com.mx/producto/ASHLAND-CONVEYOR-Banda-Transportadora-Deslizable,11-pies/p/42X856>. [Último acceso: 1 05 2024].
- [22] «Cilindro neumático 63 series,» Direct INDUSTRY, 19 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/camozzi-automation/product-5625-1889050.html>. [Último acceso: 6 05 2024].
- [23] «3V1-06 Electrovalvula neumatica 3/2 Puertos 1/8" NC Compacta,» Rome co industrial, 14 07 2019. [En línea]. Available: <https://www.romecoindustrial.com/producto/3v1-06-electrovalvula-neumatica-3-2-puertos-1-8%E2%80%B3-nc-compacta/>. [Último acceso: 02 05 2024].
- [24] «PLC S7 1200 SIEMENS al detalle, comparación, bloques, memoria,» TecnoPLC, 21 05 2023. [En línea]. Available: <https://www.tecnoplac.com/plc-s7-1200-siemens-al-detalle-comparacion-bloques-memoria/>. [Último acceso: 04 05 2024].

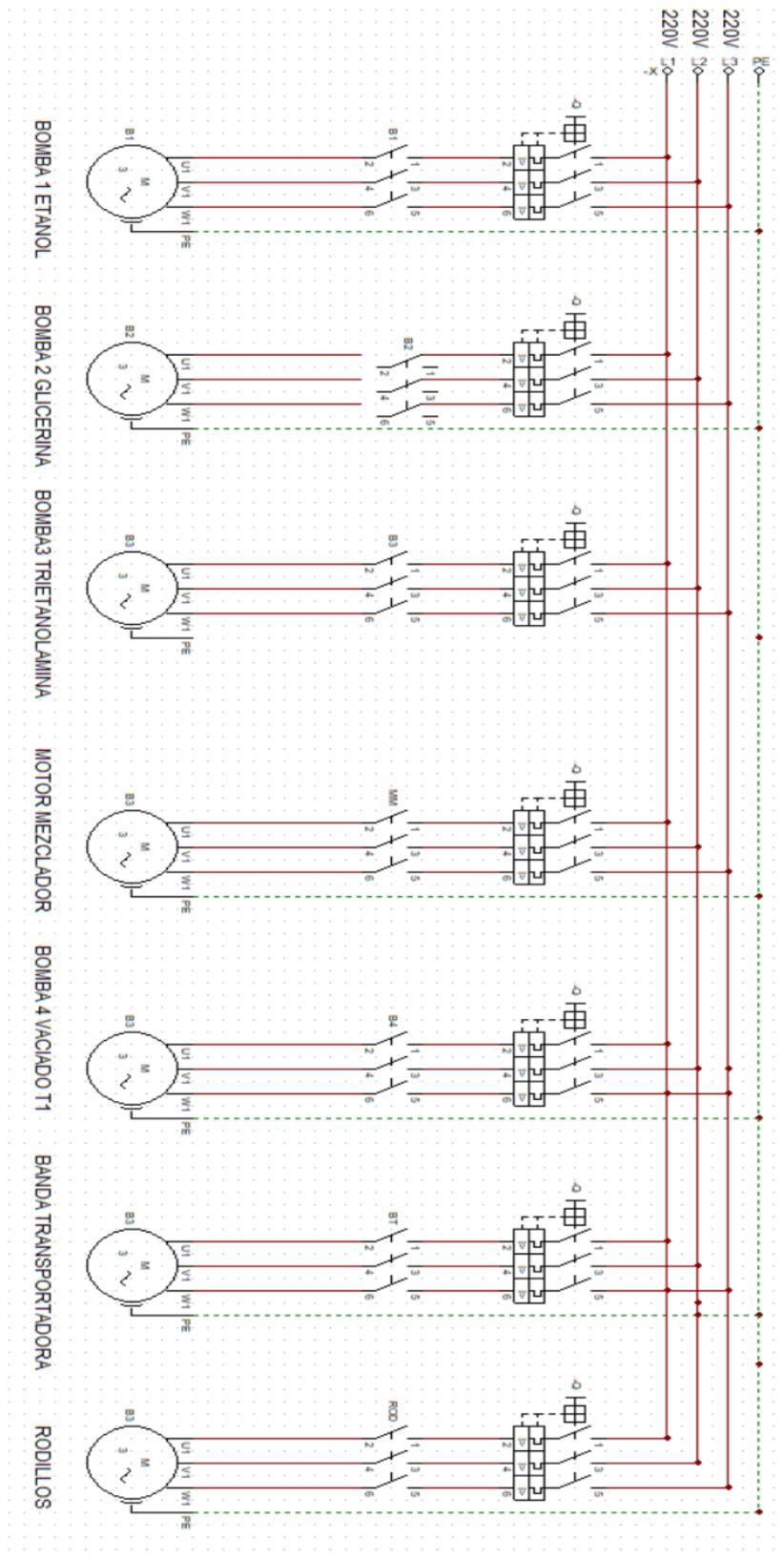
- [25] «HMI Basic Panel KTP900 6AV2123-2JB03-0AX0,» BD Engineering , 24 06 2021. [En línea]. Available: <https://bdengineeringsolution.com/product/6av2123-2jb03-0ax0-bd-price/>. [Último acceso: 09 05 2024].
- [26] «TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal),» SIEMENS, 08 06 2017. [En línea]. Available: <https://www.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html>. [Último acceso: 06 05 2024].
- [27] B. Arantzazu, Á. María y S. M. M. Isabel, «Metodología para el desarrollo de procesos de automatización según la norma ANSI/ISA-88,» *Dialnet*, p. 994, 9 09 2016.
- [28] R. Ramanathan, «The IEC 61131-3 programming languages features for industrial control systems,» *World Automation Congress (WAC)*, vol. 1, n° doi: 10.1109/WAC.2014.6936062., p. 6, 2014.
- [29] «ANSI/ISA-101.01-2015, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems,» International Society of Automation, 09 12 2015. [En línea]. Available: <https://www.isa.org/products/ansi-isa-101-01-2015-human-machine-interfaces-for>. [Último acceso: 04 29 2024].
- [30] «ISO 9241:2010, estándar internacional para la industria digital,» idaBLOG, 04 10 2016. [En línea]. Available: <https://blog.ida.cl/estrategia-digital/iso-92412010-estandar-internacional-industria-digital/>. [Último acceso: 28 04 2024].
- [31] «Automatización de la producción por lotes,» Tecnología para la Industria, 17 10 2018. [En línea]. Available: <https://tecnologiaparalaindustria.com/automatizacion-de-la-produccion-por-lotes-en-plantas-de-helados/>. [Último acceso: 25 04 2024].
- [32] A. Chingay y E. Iván, Diseño e implementación de un prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de gel antibacterial Bio-Comfy, Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control, 2020.

Anexos

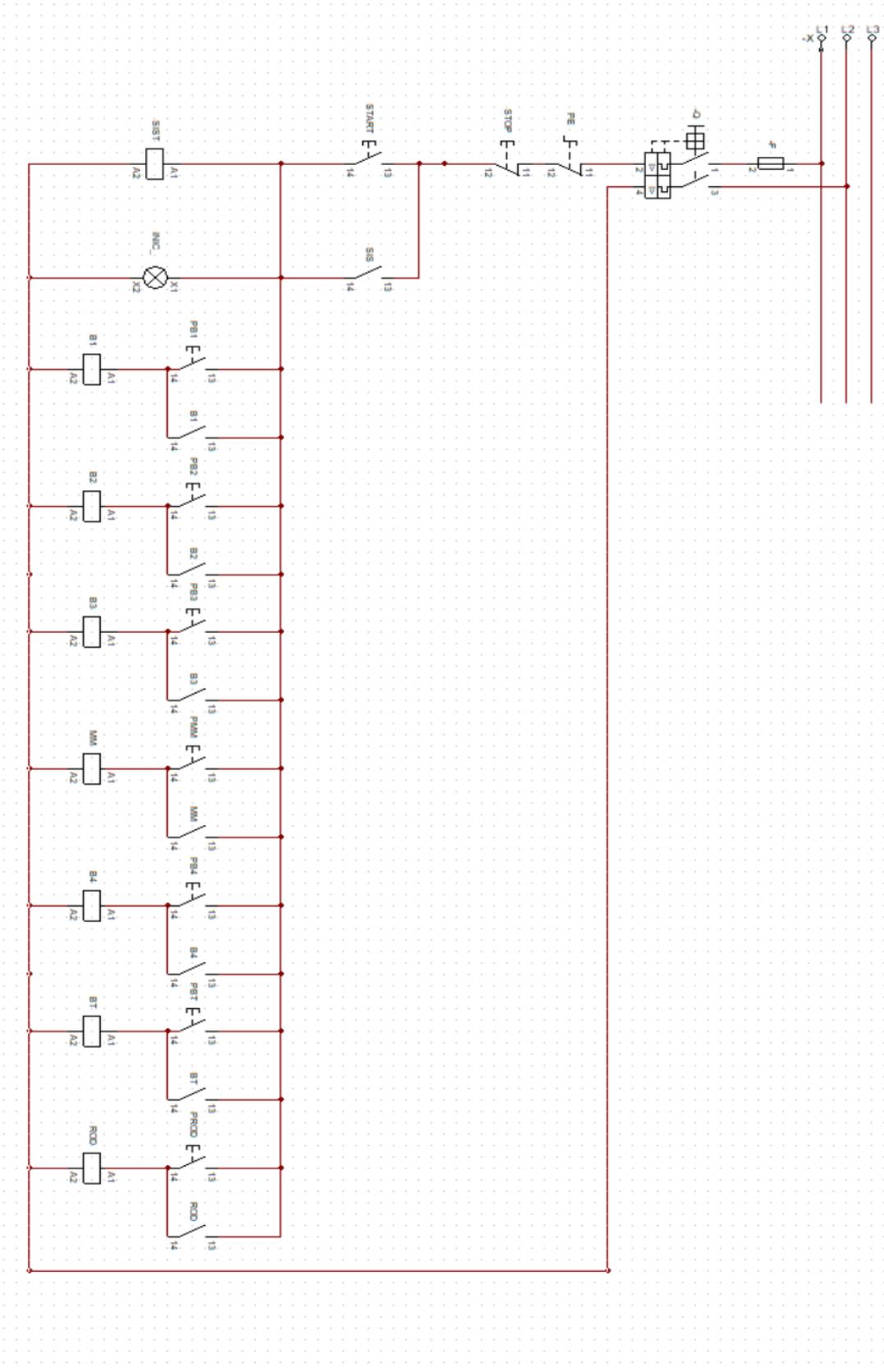
Anexo 1: Diagrama P&ID del proceso de elaboración de gel antibacterial



Anexo 2: Esquema eléctrico de Fuerza

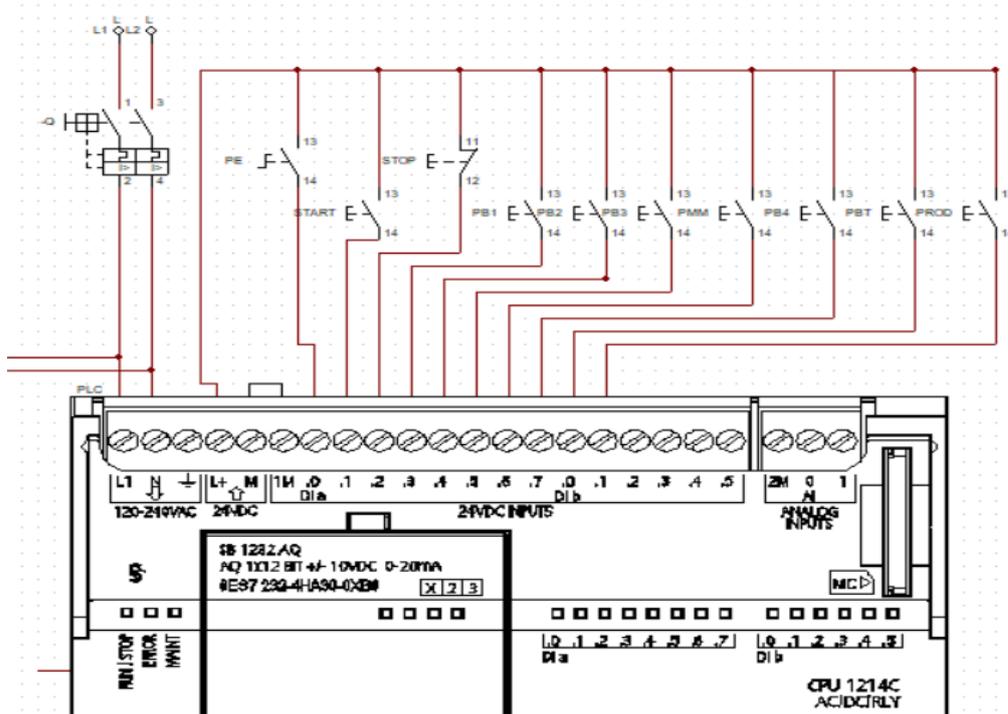


Anexo 3: Esquema eléctrico Mando

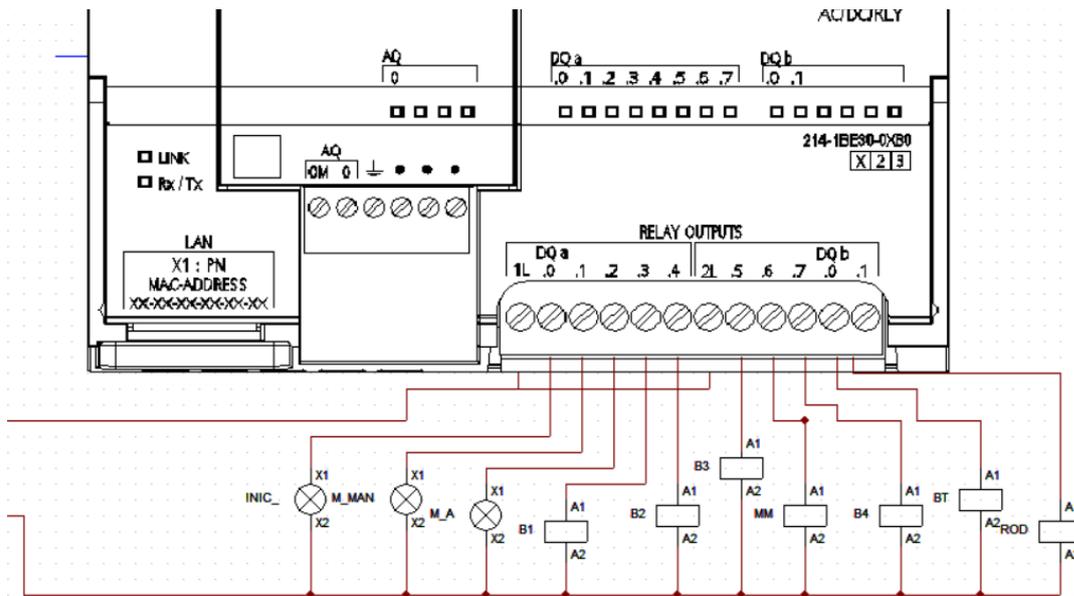


Anexo 4

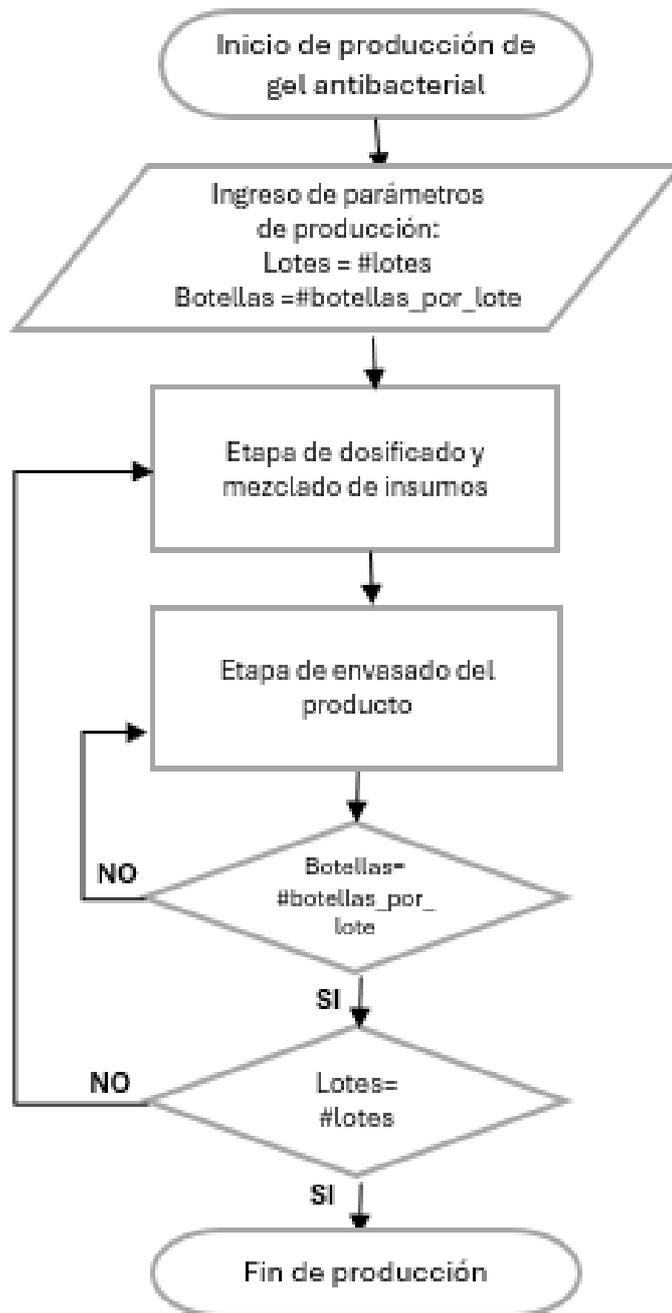
Seg. 1: Entradas digitales del PLC S7-1200



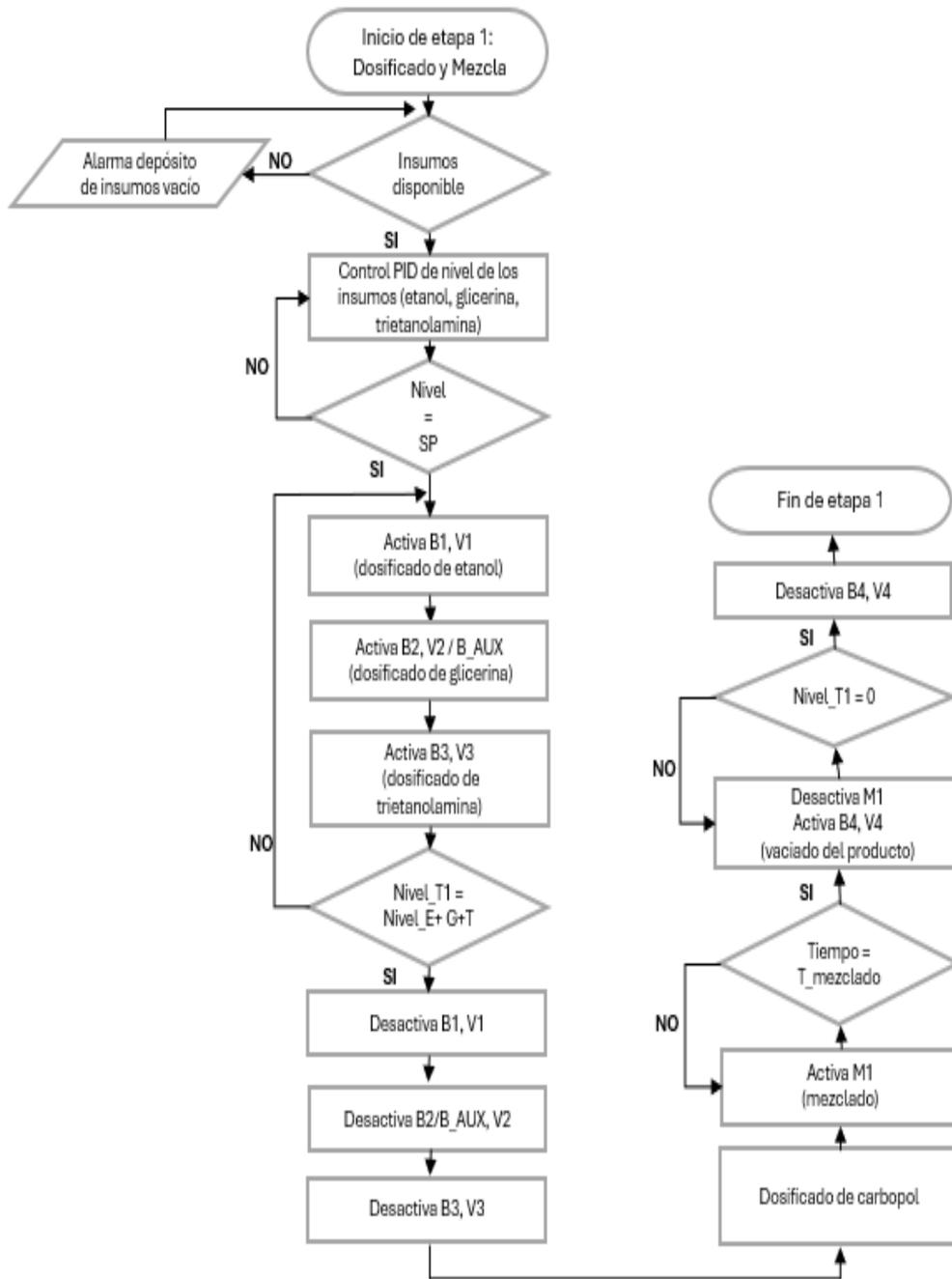
Seg. 2: Salidas digitales del PLC S7-1200



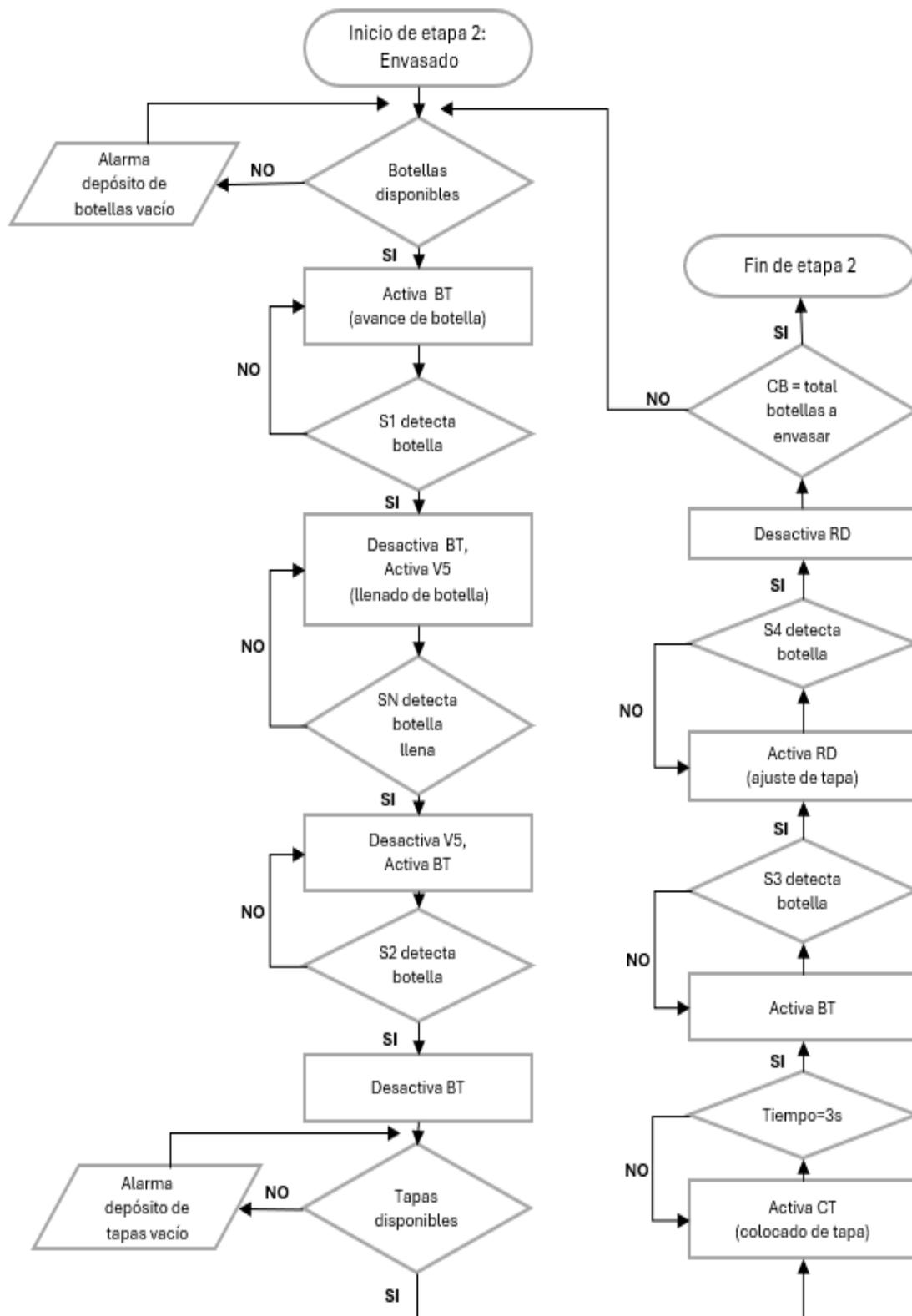
Anexo 5: Diagrama de flujo de la elaboración de gel antibacterial por lotes



Anexo 6: Diagrama de flujo de la etapa de dosificado y mezclado de insumos



Anexo 7: Diagrama de flujo de la etapa de envasado



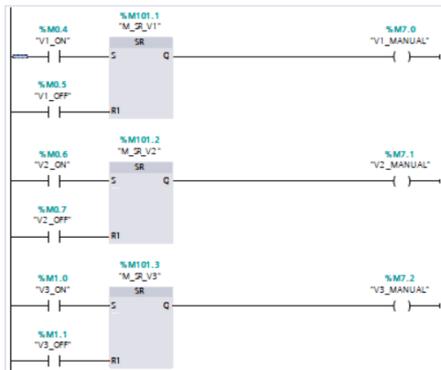
ANEXO 8: Segmentos de programación Bloque principal



Anexo 9: Bloque de Modo Manual

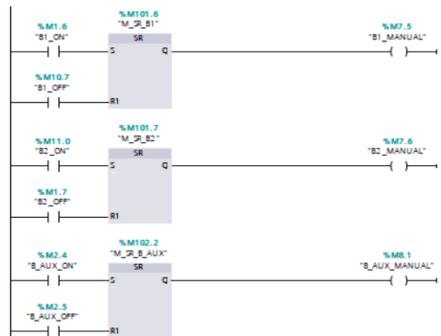
Segmento 1: CONTROL MANUAL VÁLVULAS

Comentario



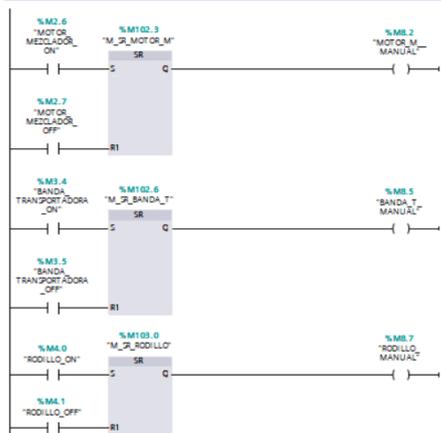
Segmento 2: CONTROL MANUAL BOMBAS CENTRÍFUGAS

Comentario



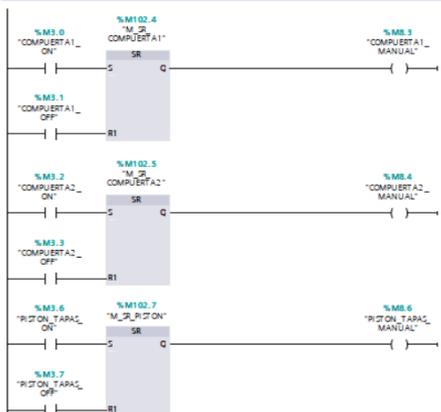
Segmento 3: CONTROL MANUAL MOTORES

Comentario



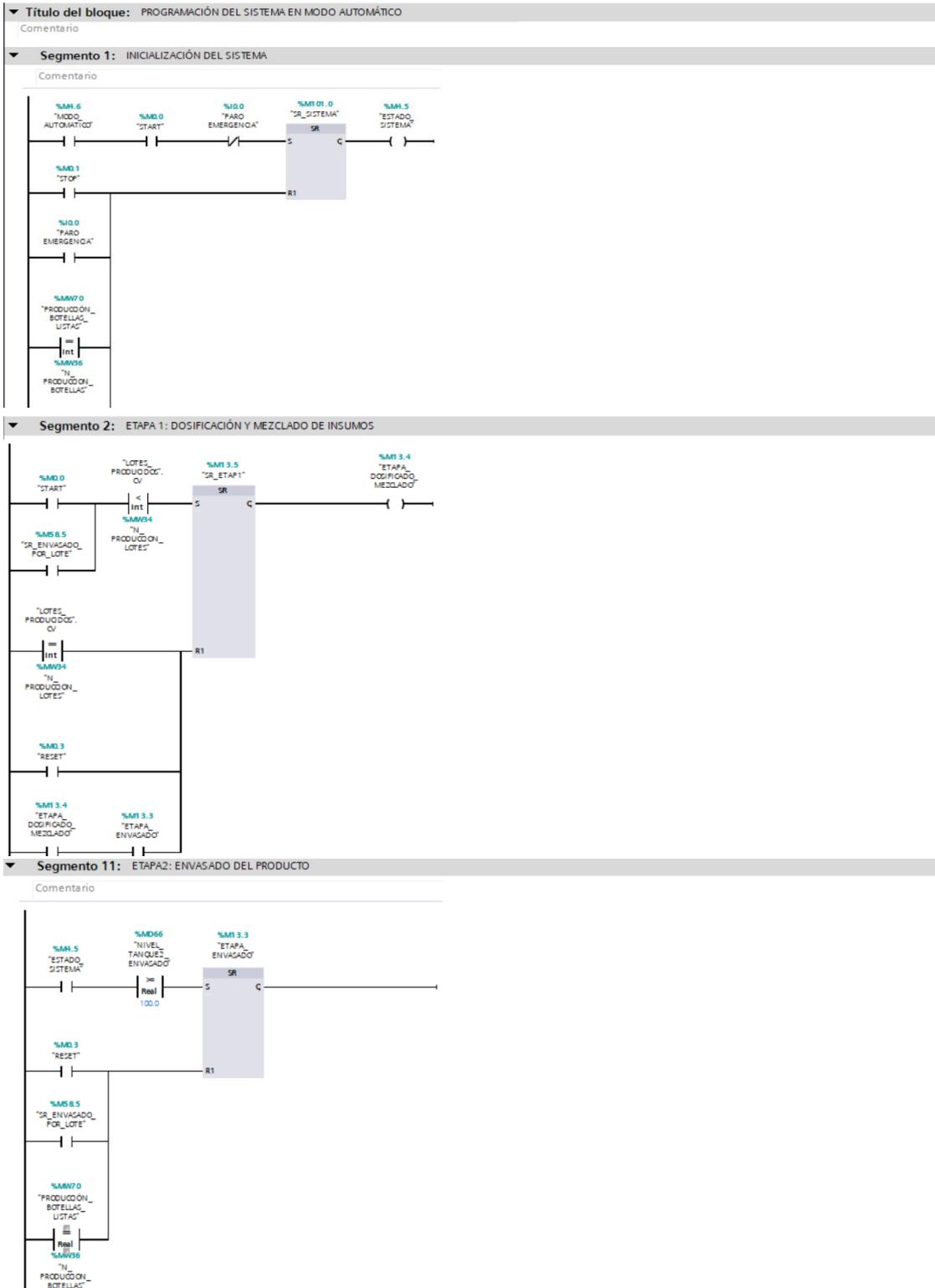
Segmento 4: CONTROL MANUAL PISTONES

Comentario

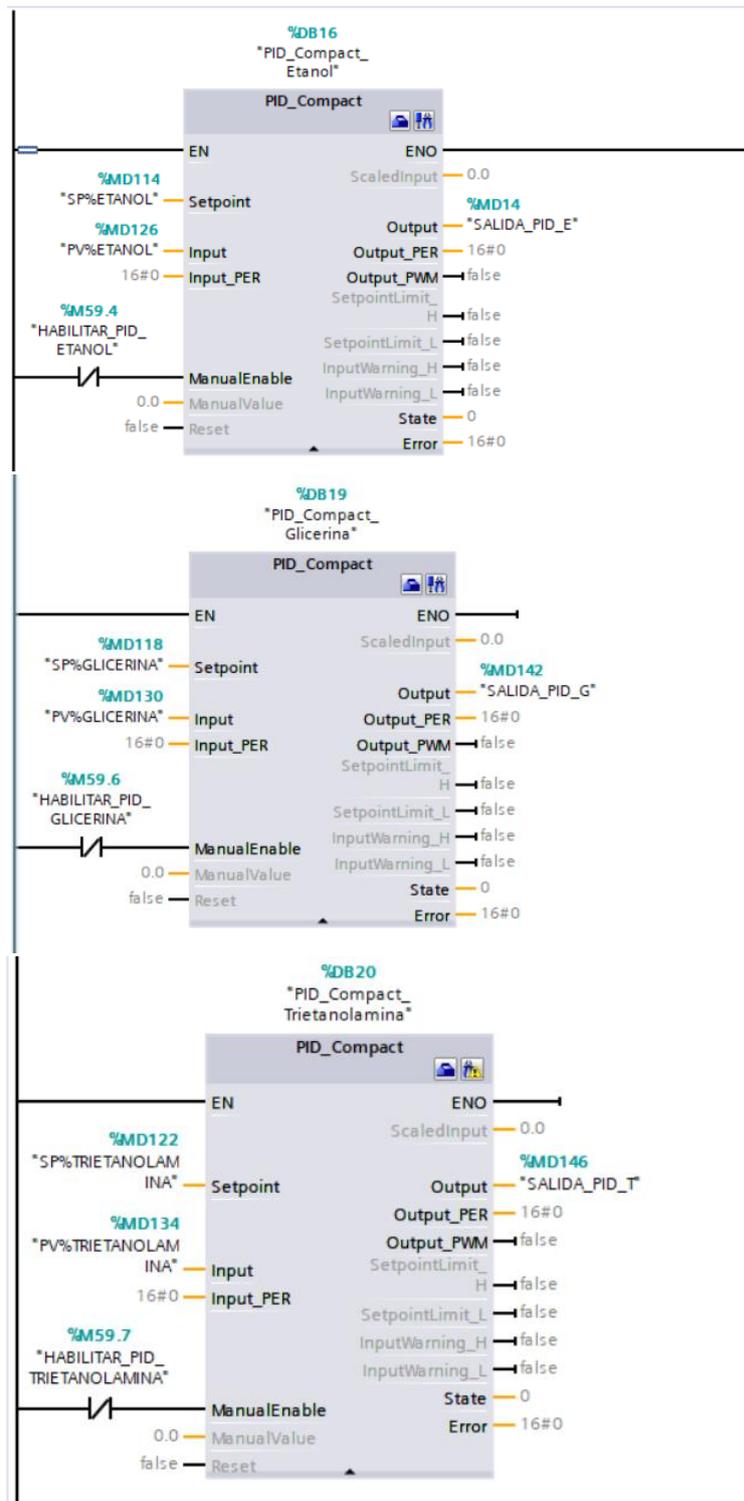


Anexo 10: Bloque de Modo automático

Inicialización del sistema y activación de etapas



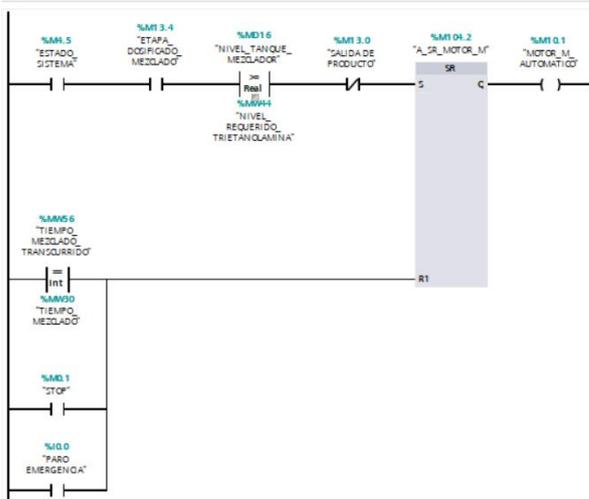
Anexo 11: Control PID del dosificado de insumos - Modo Automático



Anexo 12: Mezclado de sustancias - Modo Automático

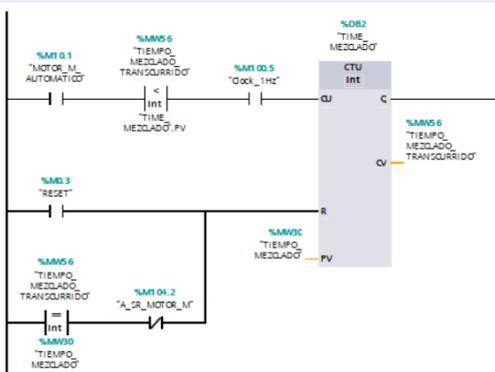
Segmento 6: ETI: MEZCLADO DE INSUMOS

Comentario



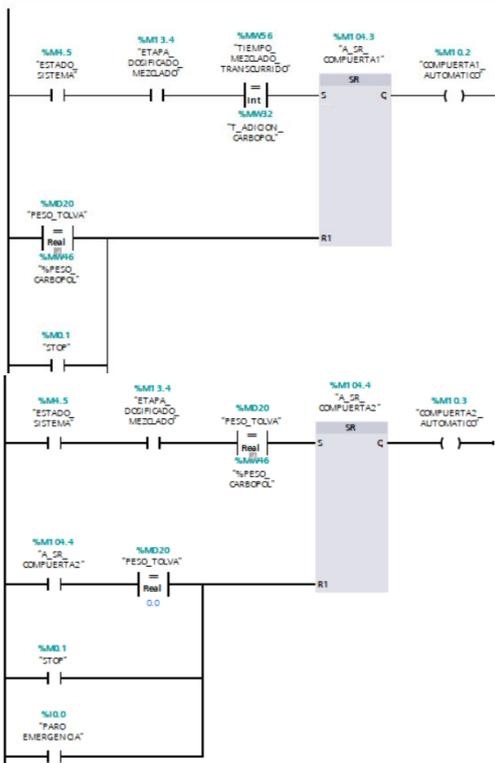
Segmento 7: TEMPORIZACION DE MEZCLADO

Comentario



Segmento 8: ETI: ADICIÓN DE AGENTE ESPESANTE A LA MEZCLA (CARBOPOL)

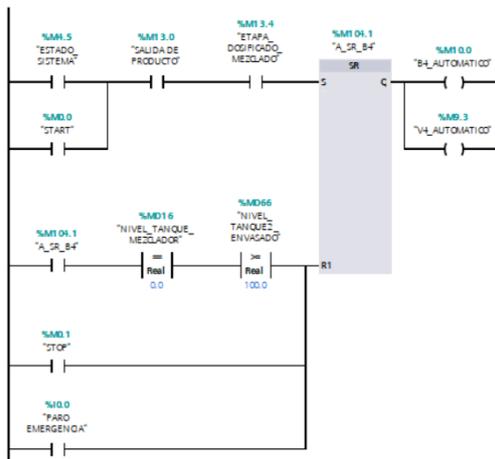
Comentario



Anexo 13: Inicio de la etapa de envasado – Modo automático

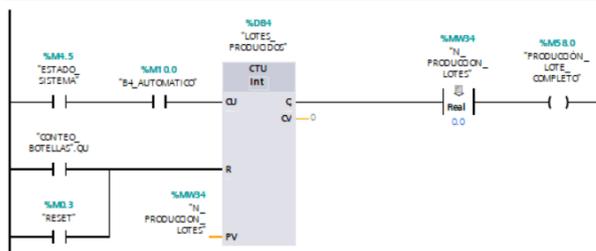
Segmento 9: ET1: SALIDA DEL PRODUCTO (GEL ANTIBACTERIAL)

Comentario



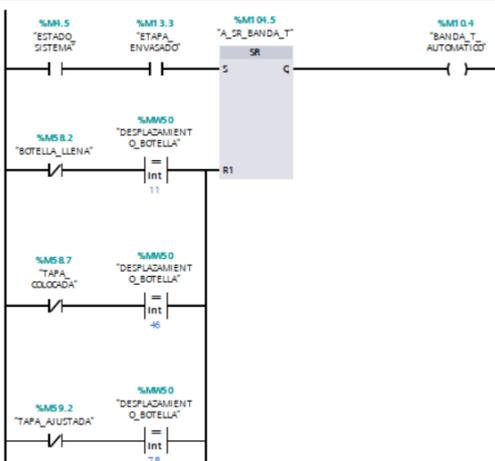
Segmento 10: CONTEO DE LOTES PRODUCIDOS (ET1)

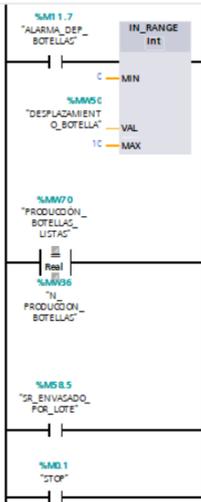
Comentario



Segmento 12: ET2: ACTIVACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA

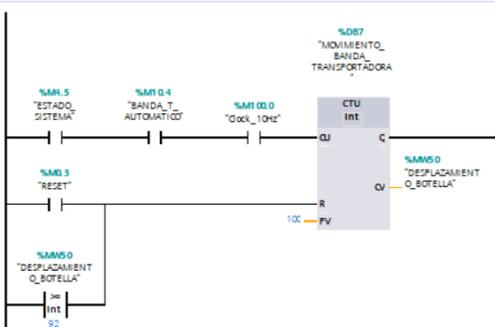
Comentario





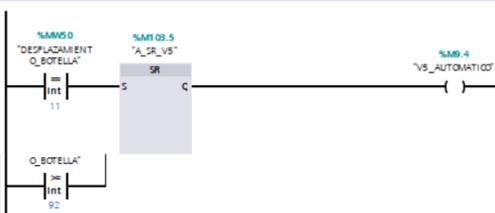
Segmento 13: SIMULACIÓN DEL MOVIMIENTO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Comentario



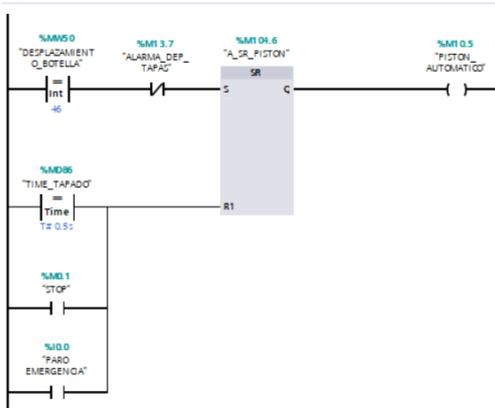
Segmento 14: ET2: LLENADO DE BOTELLA [VÁVULA DOSIFICADORA]

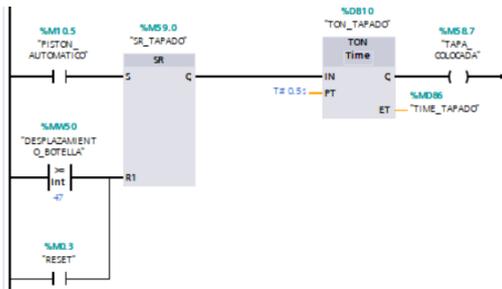
Comentario



Segmento 16: ET2: COLOCACIÓN DE TAPA (PISTON)

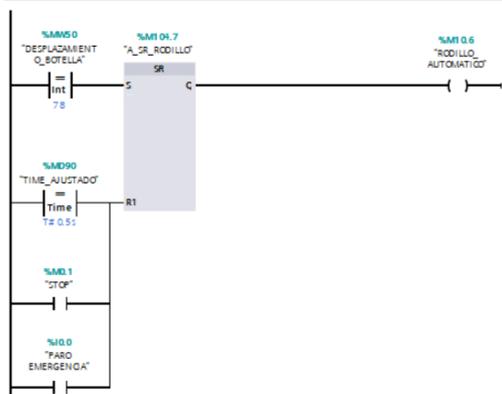
Comentario





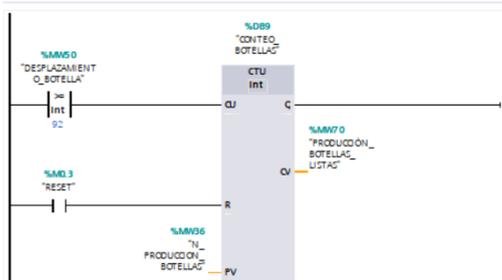
Segmento 17: ET2: AJUSTE DE TAPAS (RODILLOS)

Comentario



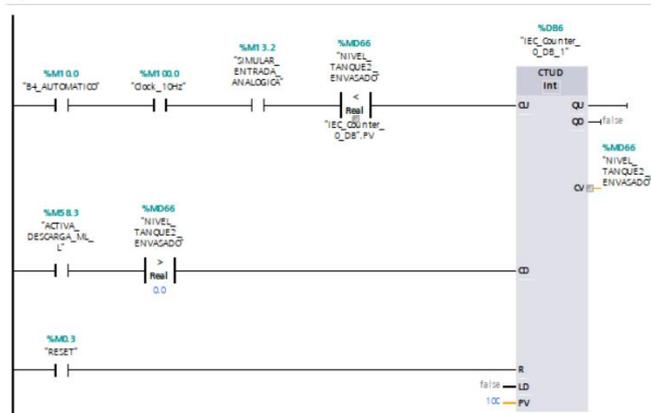
Segmento 18: CONTEO DE ENVASADO DE BOTELLAS

Comentario



Segmento 21: SIMULACION LLENADO Y VACIADO DE TANQUE 2 (ENVASADO)

Comentario



Anexo 14: Bloque de Sensores

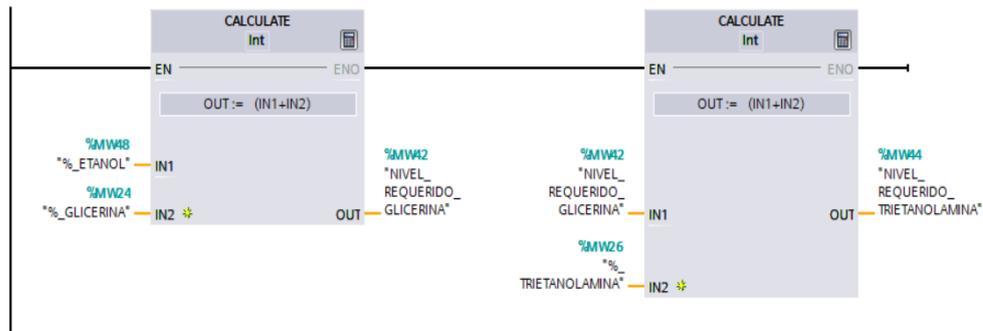
Segmento 1: SENSOR DE NIVEL (ANALÓGICO)

Comentario



Segmento 3: CÁLCULO NIVEL REQUERIDO INSUMOS

Comentario



Segmento 4: SENSORES DE PRESENCIA (DIGITALES)

Comentario



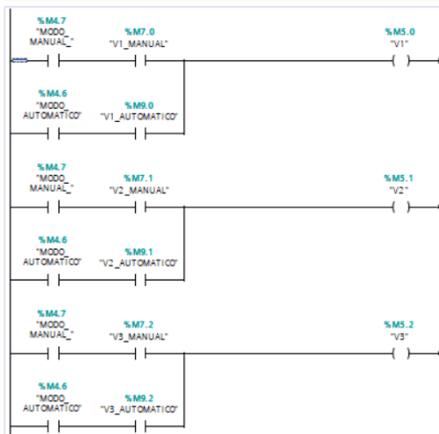
Anexo 15: Bloque de Actuadores

▼ Título del bloque: ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN DE ACTUADORES

Comentario

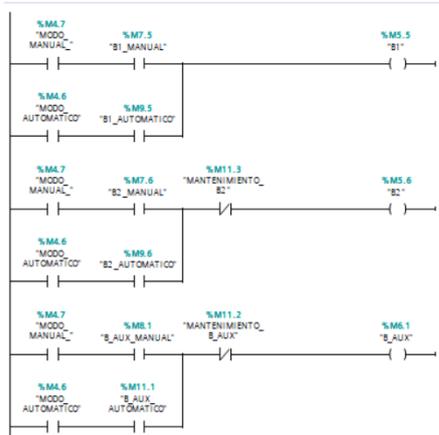
▼ Segmento 1: VÁLVULAS

Comentario



▼ Segmento 2: BOMBAS CENTRIFUGAS

Comentario



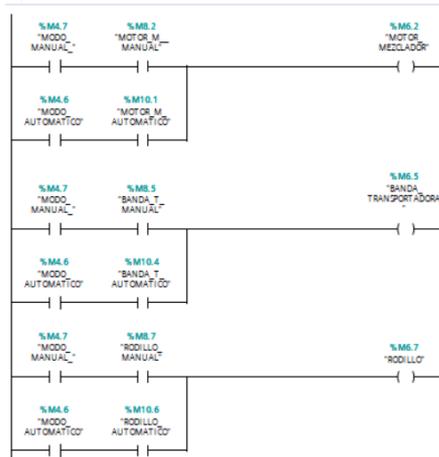
▼ Segmento 3: MANTENIMIENTO B_AUX / B2

Comentario



▼ Segmento 4: MOTORES

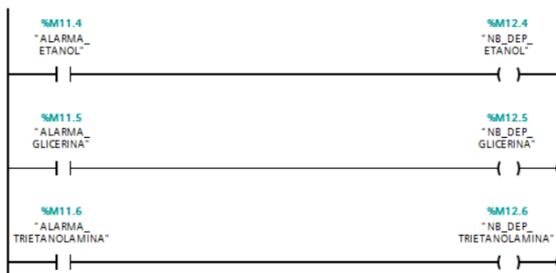
Comentario



Anexo 16: Bloque de Alarmas

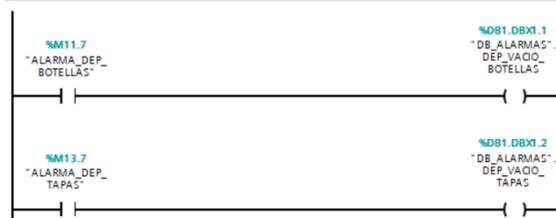
Segmento 1: CONFIGURACIÓN DE NIVELES BAJO - DEPÓSITO DE INSUMOS

Comentario



Segmento 2: CONFIGURACIÓN ALMACEN BOTELLAS / TAPAS VACÍO

Comentario



Segmento 4: ALARMA PARO DE EMERGENCIA PULSADO

Comentario



Segmento 5: ALARMAS DEL ESTADO DEL SISTEMA

Comentario



Segmento 6: MODO DE OPERACIÓN (MANUAL / AUTOMATICO)

Comentario



Segmento 8: MANTENIMIENTO

Comentario



Anexo 17: Tabla de Variables

MÓDULO E/S		VARIABLE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
ENTRADAS DIGITALES	M1	PE	I0.0	PARO DE EMERGENCIA
		START	I0.1	MARCHA DE PROCESO
		STOP	I0.2	PARADA DE PROCESO
		PB1	I0.3	PULSADOR BOMBA 1
		PB2	I0.4	PULSADOR BOMBA 2
		PB3	I0.5	PULSADOR BOMBA 3
		PMM	I0.6	PULSADOR MOTOR MEZCLA
	PB4	I0.7	PULSADOR BOMBA 4	
	M2	PBT	I1.0	PULSADOR BANDA TRANSPORTADORA
PROD		I1.1	PULSADOR RODILLO	
ENTRADAS ANALÓGICAS	M1	S_N_E	IW30	SENSOR DE NIVEL DEL TANQUE DE ETANOL
		S_N_G	IW32	SENSOR DE NIVEL DEL TANQUE DE GLICERINA
		S_N_T	IW34	SENSOR DE NIVEL DEL TANQUE DE TRIETANOLAMINA
		S_N_T_MEZCLA	IW36	SENSOR DE NIVEL DEL TANQUE DE MEZCLADO
		S_N_T_ENVASADO	IW38	SENSOR DE NIVEL DEL TANQUE DE ENVASADO
SALIDAS DIGITALES	M1	INICIO_SIST	Q0.0	LED INICIALIZACIÓN DEL SISTEMA
		M_MANUAL	Q0.1	LED MODO MANUAL
		M_AUTO	Q0.2	LED MODO AUTOMATICO
		B1	Q0.3	LED BOMBA 1 ETANOL
		B2	Q0.4	LED BOMBA 2 GLICERINA
		B3	Q0.5	LED BOMBA 3 TRIETANOLAMINA
		M_M	Q0.6	LED MOTOR MEZCLADOR
	B_T	Q0.7	LED BANDA TRANSPORTADORA	
	M2	D_B	Q1.0	LED DOSIFICADORA BOTELLA
		P_T	Q1.1	LED PISTÓN DE TAPADO
		ROD	Q1.2	LED RODILLOS
		B4	Q0.7	LED BOMBA 4 VACIADO DEL PRODUCTO
	SALIDAS ANALÓGICAS	M1	V_L_E	QW30
V_D_E			QW32	VÁLVULA DE DESCARGA ETANOL
V_L_G			QW34	VÁLVULA DE LLENADO GLICERINA
V_D_G			QW36	VÁLVULA DE DESCARGA GLICERINA
V_L_T			QW38	VÁLVULA DE LLENADO TRIETANOLAMINA

	V_D_T	QW40	VÁLVULA DE DESCARGA TRIETANOLAMINA
	V_L_T_M	QW42	VÁLVULA DE LLENADO TANQUE DE MEZCLA
	V_D_T_M	QW44	VÁLVULA DE DESCARGA TANQUE DE MEZCLA
	V_L_T_E	QW46	VÁLVULA DE LLENADO TANQUE DE ENVASADO
	V_L_D_E	QW48	VÁLVULA DE DESCARGA TANQUE ENVASADO

Tesina Daira Merchán Laje

3%
Textos sospechosos



3% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Tesina Daira Merchán Laje.pdf
ID del documento: 2daef5cf490d4cbdecf0b40f2e09c0c2d6000a9
Tamaño del documento original: 4,24 MB

Depositante: CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA
Fecha de depósito: 18/6/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 18/6/2024

Número de palabras: 13.137
Número de caracteres: 94.677

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TESINA ERICK ORRALA.pdf TESINA ERICK ORRALA #cb499b El documento proviene de mi biblioteca de referencias 5 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (183 palabras)
2	Tesina Mendez Molina Carlos Daniel FINAL.pdf Tesina Mendez Molina C... #8290d1 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 5 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (127 palabras)
3	TESINA JAIRALA STEEVEN.pdf TESINA JAIRALA STEEVEN #71c15b El documento proviene de mi biblioteca de referencias 5 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (116 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10628/4/UPSE-TEA-2024-0003.pdf 2 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (87 palabras)
5	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3962/7/UPSE-TET-2017-0001.pdf 3 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (44 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10624/1/UPSE-TEA-2024-0001.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
2	repositorio.ug.edu.ec http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/52282/3/B-CINT-PTG-N.635 Muquinche León Jordán Jac...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22386/5/T-ESPE-043738.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10629/1/UPSE-TEA-2024-0005.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
5	repositorio.espe.edu.ec Tesis - Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatizac... https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/22	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

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

1	https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186
2	https://elecproy.com/es/blog/que-es-un-proceso-industrial/
3	https://www.rentokil.com/mx/blog/la
4	https://www.atida.com/es-es/blog/diccionario-farmacia/que-es-la-glicerina-para-que
5	https://www.conjuntolar.com/index.php/blog/post/que-es-la