



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**AUTOMATIZACIÓN PARA LA DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS
EN LAVADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO.**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor(a)

Cedeño Machuca Santiago Javier

Tutor(a)

Ing. Iza Llumigusin Christian Eduardo

QUITO– ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Cedeño Machuca Santiago Javier, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “**AUTOMATIZACIÓN PARA LA DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LAVADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO**”, como requisito para optar al grado de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 24 días del mes de noviembre de 2025, firmo conforme:

Autor: Cedeño Machuca Santiago Javier

Firma:

Número de Cédula: 1750149856

Dirección: Pichincha, Quito, La Libertad, La Colmena.

Correo Electrónico: Santiago.cedeno@ecolab.com

Teléfono: 593 98 821 8188

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “AUTOMATIZACIÓN PARA LA DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LAVADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO” presentado por Cedeño Machuca Santiago Javier, para optar por el Título **INGENIERÍA INDUSTRIAL**.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 24 de noviembre del 2025

.....

Ing. Iza Llumigusin Christian Eduardo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 24 de noviembre del 2025

.....

Cedeño Machuca Santiago Javier

1750149856

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “AUTOMATIZACIÓN PARA LA DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LAVADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO”, previo a la obtención del Título de INGENIERÍA INDUSTRIAL, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 24 de noviembre de 2025

.....

Pablo Elicio Ron Valenzuela

LECTOR

.....

Fabián Alberto Sarmiento Ortiz

LECTOR

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, principio y fin de toda obra, cuya guía, fortaleza y misericordia han iluminado cada paso de mi camino académico y personal. A Él elevo esta dedicatoria como testimonio de gratitud por la vida, la sabiduría y las oportunidades concedidas.

Dedico este trabajo a mi familia, fundamento sólido de mi formación y sostén inquebrantable en cada etapa de mi vida. A mis padres, por su esfuerzo, amor y sacrificio que me han enseñado a caminar con disciplina, responsabilidad y fe; y a mis seres queridos, cuyo acompañamiento constante ha fortalecido mis convicciones y carácter.

Este logro representa la suma de la fe en Dios, la unión familia y el compromiso con la excelencia profesional, pilares sobre los cuales se erige mi vida como Ing. Industrial.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, fuente de toda sabiduría, por haberme concedido la fortaleza, la salud y la claridad necesaria para culminar este proyecto académico. Reconozco en su voluntad perfecta la razón última de todo logro humano.

A mi familia, a quienes debo mi motivación más profunda. A mis padres, por haberme transmitido con su ejemplo el valor del trabajo, la honestidad y la perseverancia; a mi hermana y demás seres queridos, por sus palabras de aliento y apoyo incondicional que me impulsaron a seguir adelante en los momentos de mayor dificultad.

Agradezco también a mi tutor, Ing. Christian Eduardo Iza Llumigusin, por su orientación, paciencia y valiosos aportes técnicos que enriquecieron este trabajo. Extiendo mi reconocimiento a los docentes y a la Universidad Tecnológica Indoamérica, por ser la institución en la que adquirí las herramientas académicas y profesionales que hoy me permiten cumplir esta meta.

Finalmente, expreso mi gratitud a todas las personas que contribuyeron a la culminación de este proyecto. Este logro constituye no solo un mérito personal, sino también un tributo a Dios y a mi familia, a quienes dedico con solemnidad este peldaño alcanzando en mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

TEMA:.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	3
Justificación	4
Objetivos.....	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II.....	8
INGENIERÍA DEL PROYECTO	8
Área de estudio.....	16
Modelo operativo.....	16
Etapas del sistema de lavado automático	17

CAPÍTULO III.....	18
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS.....	18
Antecedentes.....	18
Objetivo principal de la propuesta.....	18
Justificación de la propuesta.....	18
Desarrollo de la propuesta.....	20
Recopilación de datos.....	20
Selección del ácido peracético como agente desinfectante.....	20
PLC Siemens S7-1200.....	31
Resultados esperados.....	36
Análisis de costos.....	39
CAPÍTULO IV.....	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
Conclusiones:.....	46
Recomendaciones:.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
Bibliografía.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU) de la empresa	8
Tabla 2. Fallas identificadas en el proceso de lavado de botellas de vidrio.	11
Tabla 3. Matriz FODA.....	14
Tabla 4. Comparación del ácido peracético frente a otros compuestos.....	21
Tabla 5 Materiales requeridos en el lavado de botellas de vidrio con plomo.....	26
Tabla 6. Componentes para la automatización del proceso de lavado de botellas.	27
Tabla 7. Materiales eléctricos para el funcionamiento del sistema de control del lavado de botellas.	28
Tabla 8. Funciones del Hidróxido de Sodio en el lavado de botellas.....	33
Tabla 9. Parámetros requeridos del NaOH en la limpieza de botellas con plomo	34
Tabla 10. Parámetros requeridos del $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$ en la limpieza de botellas con plomo	34
Tabla 11. Parámetros requeridos del EDTA en la limpieza de botellas con plomo	35
Tabla 12. Parámetros requeridos en tensioactivos no iónicos en la limpieza de botellas con plomo	36
Tabla 13. Comparación del escenario actual y el escenario propuesto	37
Tabla 14. Cronograma	39
Tabla 15. Análisis de costos	40
Tabla 16. Costos de los materiales químicos	41
Tabla 17. Componente eléctrico	41
Tabla 18. Costos adicionales	42
Tabla 19. Resumen de costos totales	42
Tabla 20. Estado de Resultados proyectos sin mejora	43
Tabla 21. Estado de Resultados Proyectado con la mejora de la nueva máquina de lavado.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso actual de lavado de botellas.	9
Figura 2. Diagrama de Pareto del proceso actual de lavado de botellas de vidrio.	12
Figura 3. Proceso actual de lavado de botellas de vidrio con pirograbado con plomo. .	25
Figura 4. Diagrama eléctrico del lavado de botellas de vidrio.	29
Figura 5. Diagrama eléctrico y la secuencia funcional del PLC (S7-1200).	30
Figura 6. Comparación de escenarios de producción.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Sistema ECOLAB	54
Anexo 2. Control gabinete PLC Top	55
Anexo 3. Control gabinete PLC Font	56
Anexo 4. Control gabinete PLC Isometric	57
Anexo 5. Control gabinete PLC Layout	58
Anexo 6. Control gabinete PLC Right.....	59
Anexo 7. Gabinete de conexiones panel de comando	60
Anexo 8. Gabinete de control botonera remota	61
Anexo 9. Gabinete de control caja abierta	62
Anexo 10. Gabinete de control caja abierta sin tapa de canaletas	62
Anexo 11. Gabinete de control caja cerrada sin tapa.....	63
Anexo 12. Gabinete de control de bombas	64
Anexo 13. Gabinete de control montaje caja abierta	65
Anexo 14. Gabinete de control montaje cada cerrada	66
Anexo 15. Aprobación abstract del departamento de idiomas	67

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “AUTOMATIZACIÓN PARA LA DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LAVADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO.”

AUTOR: Cedeño Machuca Santiago Javier

TUTOR: Iza Llumigusin Christian Eduardo

RESUMEN EJECUTIVO

En el desarrollo del presente proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de control eléctrico automatizado para la dosificación de productos químicos con la intencionalidad de fortalecer la eficiencia, seguridad y calidad del proceso de lavado de botellas de vidrio con pirograbado de plomo en una empresa de bebidas en Ecuador. Por lo cual, como metodología de estudio de estudio se ha establecido a la observación mediante la cual, se reconocen las etapas del proceso de lavado de botellas con pirograbada de plomo, para que, en base a ello, se ha elaborado un diagrama de Pareto con la intencionalidad de encontrar las fallas que debilitan el sistema de procesamiento.

Los resultados obtenidos demuestran que para la limpieza de las botellas de vidrio es recomendable el uso de componentes químicos específicos que eviten la corrosión del plomo, estos elementos están dados por el Hidróxido de Sodio (NaHO), Ácida Peracético (CH₃CO₃H), Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA), los mismos que al mezclarse permiten la creación de una sustancia favorable para el lavado de botellas de vidrio, el uso de materiales como boquillas de aspersión, bandas transportadoras, filtros de carbón y tanques de acero inoxidable son necesarios durante el proceso de lavado que se inicia desde la aspersión inicial de la eliminación de residuos hasta la separación de botellas defectuosas, tomando en cuenta que las etapas del proceso están dadas por Prelavado, Enjuague inicial, Lavado, Desinfección y Enjuague final, considerando que se pretende lavar alrededor de 111 mil botellas anuales dentro de un escenario propuesto, cuya inversión será de \$ 20.420,00 dólares para la implementación del nuevo sistema de lavado.

DESCRIPTORES: corrosión, eficiencia, pirograbado proceso, sistema de procesamiento.

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**AUTOMATION FOR THE DOSING OF CHEMICAL PRODUCTS IN
GLASS BOTTLES WASHER.**

AUTOR: Cedeño Machuca Santiago Javier

TUTOR: Iza Llumigusin Christian Eduardo

ABSTRACT

The objective of this research project is to design an automated electrical control system for the dosing of chemical products with the intention of strengthening the efficiency, safety and quality of the process of washing glass bottles with lead pyrography in a beverage company in Ecuador. Therefore, as a study methodology, observation has been established through which the stages of the process of washing bottles with lead pyrography are recognized, so that, based on this, a Pareto diagram has been developed with the intention of finding the failures that weaken the processing system. The results obtained show that specific chemical components that prevent lead corrosion are recommended for cleaning glass bottles. These elements are sodium hydroxide (NaHO), peracetic acid (CH₃CO₃H), and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA). When mixed together, these substances create a solution that is ideal for washing glass bottles. Materials such as spray nozzles, conveyor belts, carbon filters, and stainless steel tanks are necessary during the washing process, which begins with the initial spraying to remove debris and ends with the separation of defective bottles. Taking into account that the stages of the process are given by Pre-wash, Initial Rinse, Wash, Disinfection and Final Rinse, considering that it is intended to wash around 111 thousand bottles annually within a proposed scenario, whose investment will be \$20,420.00 dollars for the implementation of the new washing system.

KEYWORDS: corrosion, efficiency, pyrography process, processing system.

Anexo 15. Aprobación abstract del departamento de idiomas

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el contexto global, la industria de bebidas ha experimentado un crecimiento sostenido, impulsado por la automatización y la digitalización de los procesos productivos. En el año 2024, se proyecta que el valor agregado en el mercado mundial de bebidas alcance los 192.500 millones de euros, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 1,35 % entre 2024 y 2029 (Gusain, 2025), cuyas cifras buscan ser respaldadas por la adopción de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, la robótica y el Internet de las cosas (IoT), permitiendo mejorar la eficiencia y reducir los costos de producción; razón por la cual, la automatización en la industria de bebidas lograría contar con una producción más rápida y precisa, minimizando errores humanos y mejorando la calidad del producto final .

En el contexto de América Latina, la automatización en la industria de bebidas también ha ido ganado terreno, estimándose que la industria de consumidores de bebidas mantendrá una participación de mercado significativa en la adopción de soluciones robóticas y de automatización (Biagi, 2024). Estas tecnologías permiten a los fabricantes combinar una producción lenta por lotes con un llenado de alta velocidad y otras operaciones de envasado, mejorando la eficiencia y reduciendo los daños en los productos debido a errores humanos.

En el Ecuador, el sector de alimentos y bebidas representó el 45 % de la actividad manufacturera no petrolera en 2020, con ventas totales de alimentos y bebidas procesados que alcanzaron los 12.269 millones de dólares, mostrando un crecimiento significativo (Banco Central del Ecuador, 2024). En 2020, existían 44 empresas dedicadas a esta actividad, generando aproximadamente 4.581 plazas de empleo, representando la

participación de empresas a nivel provincial ubica la mayor cantidad de negocios en Pichincha y Guayas, con el 27 % cada una (Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, 2024), sin embargo, la mayoría de estas industrias aún operan con sistemas manuales o semiautomáticos, lo que eleva el consumo de insumos y aumenta la exposición del personal a productos químicos corrosivos utilizados para el lavado de botellas .

Actualmente, muchas empresas continúan utilizando botellas de vidrio retornables con pirograbado que contiene plomo, debido a su durabilidad y bajo costo por ciclo de reutilización (Fonseca, 2021), sin embargo, este tipo de envases representa un riesgo significativo para la seguridad del consumidor y la calidad del producto final si no se garantiza un proceso de limpieza riguroso y técnicamente controlado, sumando a ello, el hecho de que muchas plantas del sector carecen de sistemas automatizados capaces de realizar la dosificación precisa de productos químicos como secuestradores de metales, reguladores de acidez y elementos clave para un lavado eficiente (Rivera & Pernía, 2021), de igual forma, la falta de monitoreo en tiempo real del pH y de control sobre las concentraciones químicas conlleva a procesos manuales, más propensos a errores operativos, excesivo consumo de insumos, variabilidad en la calidad del lavado y mayor impacto ambiental .

Asimismo, la ausencia de integración tecnológica en los sistemas de lavado impide estandarizar procesos críticos, reduciendo la capacidad de las empresas para garantizar la inocuidad del producto embotellado y cumplir con normativas nacionales e internacionales de calidad (Hernández, Mendoza, & González, 2023); situación que no solo pone en riesgo la salud del consumidor, sino que también afecta la eficiencia operativa, los costos de producción y la sostenibilidad de la industria, haciendo imperante

la necesidad de desarrollar un sistema de control eléctrico automatizado que permita optimizar este proceso clave.

Antecedentes

Durante los últimos años, la empresa en estudio dedicada a la producción y embotellado de bebidas en envases de vidrio retornables, ha enfrentado diversos desafíos relacionados con el control de calidad en el proceso de lavado de botellas, particularmente en la dosificación de productos químicos utilizados para la limpieza de envases con pirograbado de plomo. En 2021, el Departamento de Mantenimiento Industrial de la empresa realizó un estudio técnico interno titulado Evaluación de la eficiencia en el uso de insumos químicos en el proceso de lavado de botellas de vidrio retornables, en el cual se identificó que las variaciones manuales en la dosificación generaban pérdidas de hasta el 18 % en productos químicos por lote de producción, así como una variabilidad significativa en la limpieza de los envases (Informe Técnico Interno, 2021).

Posteriormente, en 2022, la Gerencia de Producción, en colaboración con el Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional, elaboró un informe conjunto denominado Análisis de riesgos operacionales en las áreas de limpieza y embotellado, donde se advirtió un aumento del 20 % en incidentes menores (irritaciones dérmicas y exposición a vapores corrosivos) relacionados con el manejo de productos químicos en las lavadoras de botellas, en comparación con el año anterior. Este estudio recomendó la implementación de un sistema automatizado de dosificación para reducir los riesgos operacionales y mejorar el cumplimiento de los protocolos de seguridad establecidos por la normativa ecuatoriana en materia de salud laboral (Acuerdo Ministerial No. MDT - 0115, 2017).

En el año 2023, se intentó implementar un sistema semiautomático basado en válvulas temporizadas, como parte de un proyecto piloto desarrollado por pasantes de ingeniería electrónica, sin embargo, el sistema no integraba sensores de medición de flujo ni retroalimentación de parámetros químicos como pH o concentración, lo cual resultó en una dosificación inestable y poco confiable. Este antecedente refuerza la necesidad de desarrollar un sistema de control eléctrico automatizado, con tecnología de sensores y programación lógica, que permita una dosificación precisa, segura y eficiente, alineada con los estándares de calidad exigidos por la empresa y las regulaciones ambientales vigentes.

Justificación

El diseño de un sistema de control eléctrico automatizado para la dosificación de productos químicos en lavadoras de botellas de vidrio con pirograbado de plomo es **importante** porque responde a una necesidad crítica de la industria de bebidas en Ecuador: garantizar procesos de limpieza efectivos, seguros, estandarizados y sostenibles. Según Paneque et al (2023) señalan que las botellas de vidrio son ampliamente utilizadas por su resistencia y capacidad de ser reutilizadas, pero si no se realiza una neutralización química adecuada de los residuos de plomo, se incrementa el riesgo sanitario y ambiental.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024) ha advertido que incluso pequeñas cantidades de plomo pueden ser peligrosas para la salud humana, especialmente en productos de consumo masivo como las bebidas. Por ello, es esencial incorporar tecnologías de control automático que aseguren una correcta dosificación y neutralización, eliminando la dependencia de procesos manuales susceptibles a errores.

La propuesta tendrá un **impacto** significativo a nivel empresarial, industrial y ambiental. En lo empresarial, contribuirá a la modernización de los procesos de lavado

mediante el uso de sensores de pH, bombas dosificadoras automáticas y tableros de control, lo que permitirá ajustar los niveles químicos en tiempo real, mejorar la eficiencia operativa y reducir la variabilidad en los resultados (De la Cruz & Villamar, 2021). A nivel ambiental, el sistema permitirá reducir el uso excesivo de químicos y minimizar la generación de efluentes peligrosos, en cumplimiento con la normativa ambiental vigente del Ecuador según el Art. 39 de la Ley de Gestión Ambiental (2014). Además, al garantizar el cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad, como los propuestos en la norma ISO 22000, se fortalecerá la imagen y reputación de las empresas ante los consumidores y entes de control (ISO, 2018).

El sistema automatizado diseñado será **útil** para estandarizar los procesos de limpieza en lavadoras industriales, mejorando los indicadores de calidad y reduciendo costos operativos asociados al uso ineficiente de insumos, además, permitirá realizar un monitoreo en tiempo real del pH y otros parámetros críticos, facilitando la trazabilidad y el cumplimiento de normas de inocuidad alimentaria, además esta solución también podrá ser replicada en otros sectores industriales que requieran limpieza de envases o equipos con control químico preciso, como el farmacéutico o el alimentario.

Los principales **beneficiarios** serán las plantas embotelladoras de bebidas, que verán una mejora en sus procesos de limpieza en cuanto a eficiencia, seguridad y sostenibilidad. Los trabajadores se beneficiarán, al reducir su exposición directa a sustancias químicas peligrosas. Así como los consumidores, ya que al recibir productos con mayores garantías de higiene aumentan su confianza al adquirir ciertos productos. Adicionalmente, las autoridades ambientales y sanitarias se verán favorecidas por el cumplimiento de estándares legales y la reducción de impactos negativos al ambiente (Chuisaca, y otros, 2024).

El estudio es **técnica y científicamente viable**. Desde el punto de vista técnico, el proyecto es factible ya que se dispone de tecnologías como sensores de pH, bombas dosificadoras y automáticas, así como controladores lógicos programables (PLC), disponibles en el mercado ecuatoriano. Además, el personal técnico de las industrias cuenta con experiencia suficiente para operar e implementar este tipo de sistemas. Científicamente, la propuesta se fundamenta en principios de ingeniería eléctrica, automatización y control de procesos químicos, áreas con amplio desarrollo teórico y práctico a nivel nacional e internacional, esto garantiza que el diseño propuesto puede ser ejecutado y adaptado a las condiciones específicas de las empresas del sector de bebidas en el país (Cedeño & Lema, 2021).

Objetivos

Objetivo general

- Diseñar un sistema de control eléctrico automatizado para la dosificación de productos químicos, aplicando principios de ingeniería y control industrial, con el fin de mejorar la eficiencia operativa, incrementar la seguridad del manejo químico y optimizar la calidad del proceso de lavado de botellas de vidrio con pirograbado de plomo en una empresa de bebidas en Ecuador.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso actual de dosificación química en las lavadoras de botellas, utilizando observación directa y análisis técnico, para identificar las principales falencias operativas y de seguridad.
- Integrar sensores de pH y bombas dosificadoras para el control dinámico de secuestradores de metales sólidos y reguladores de acidez, asegurando condiciones químicas óptimas para una limpieza eficaz y la eliminación de residuos de plomo.

- Diseñar el sistema automatizado en un entorno controlado, utilizando herramientas de automatización industrial, para validar su funcionamiento y eficiencia frente al sistema manual.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

La empresa al dedicarse al lavado y limpieza de botellas de vidrio, se ha establecido el correspondiente CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) de la empresa

CÓDIGO	ACTIVIDAD
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo
N81	Actividades de Servicios y Paisajismo
N812	Actividades de limpieza
N8129	Otras actividades de limpieza
N8129.9	Otras actividades de limpieza
N8129.99	Otras actividades de limpieza: limpieza de botellas.

Nota. Adaptado del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2012) y de las Naciones Unidas – Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (2019).

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

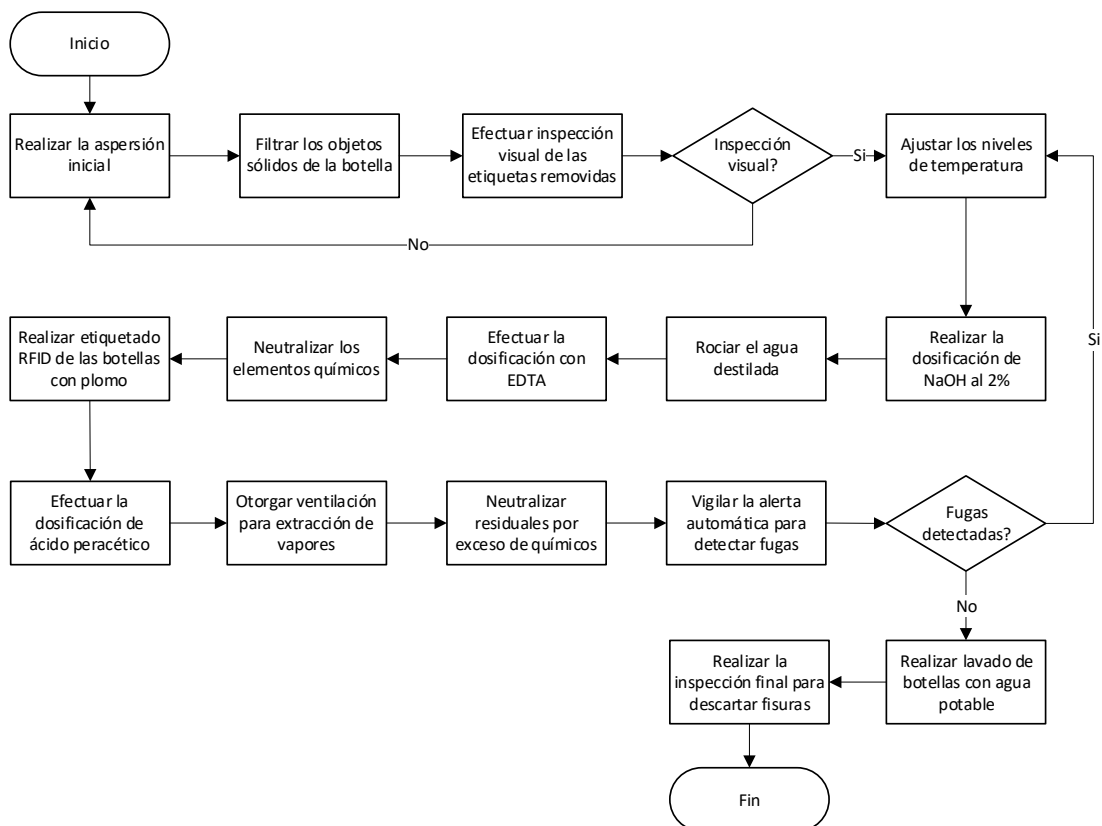
En el proceso actual de lavado de botella con pirograbado de plomo, no se ha agrupado por etapas distinguiendo la desinfección, el enjuague y la automatización de sus actividades consecutivas, las mismas que se enumeran y describen tal como se detalla a continuación:

1. Realizar la aspersion inicial para la eliminación de residuos
2. Filtrar los objetos sólidos que se encuentran en los envases
3. Efectuar una inspección visual para detectar botellas con etiquetas no removidas
4. Ajustar los niveles de temperatura con el intercambiador de calor
5. Realizar la dosificación de NaOH al 2% con bombas peristálticas
6. Rociar el agua destilada en flujo ascendente

7. Efectuar la dosificación de EDTA mediante bombas
8. Neutralizar los elementos químicos para evitar filtraciones
9. Efectuar la dosificación requerida de ácido peracético
10. Otorgar la ventilación suficiente para la extracción de vapores
11. Neutralizar residuales para eliminar el exceso de los químicos no solubles
12. Vigilar la alerta automática para la detección de fugas inesperadas
13. Efectuar el lavado de las botellas con agua potable
14. Realizar la inspección final para descartar fisuras o residuos no removidos

Por lo tanto, en base a las actividades anteriores se elabora el correspondiente flujograma del proceso actual de lavado de botellas con pirograbado de plomo, estableciendo una relación entre cada una de ellas, tal como se observa a continuación:

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso actual de lavado de botellas.



Nota. El proceso actual no clasifica las actividades por etapas.

De acuerdo a la figura anterior, se observa que el proceso de lavado de botellas se inicia al realizar la aspersion inicial y culmina con la inspección final del envase destacando las etiquetas removidas o fugas detectadas durante el cumplimiento del proceso, sin embargo, no se determina exactamente en qué actividad corresponde la automatización ni el enjuague de las botellas de vidrio, puesto que no se han agrupado estas actividades por etapas que forman parte del proceso de lavado.

De la misma manera, la empresa de la presente investigación se dedica al lavado industrial de botellas de vidrio, cuya actividad principal consiste en la recuperación higiénica y personal de envases retornables y reutilizables que se destinan a la industria de bebidas dentro del sector alimentario.

La organización como lavadora de botellas de vidrio ha enfrentado desafíos críticos durante el procesamiento de envases con pirograbado de plomo, por lo cual, la limpieza de este tipo de materiales requiere soluciones altamente especializadas para impedir la liberación de las partículas tóxicas que pueden corroer el vidrio. La presencia de plomo en los envases requiere el cumplimiento de protocolos de seguridad reforzados cumpliendo los requisitos establecidos tanto por la Agencia de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA, 2023) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024).

A más de ello, se reconoce que durante el proceso de lavado de botellas no se dispone de un sistema de control eléctrico automatizado, por lo que se genera consecuencias técnicas y operativas que afectan a la eliminación segura de partículas tóxicas en los envases, pues todo ello puede ocasionar corrosión acelerada del vidrio por descontrol en los parámetros del lavado, así como además una alta contaminación por plomo en las bebidas envasadas. Los resultados para la empresa ante esta problemática

corresponden al aumento de costos por botellas mal lavadas generando mayores reprocesos en el área operativa, multas por incumplimiento de estándares establecidos por las entidades sanitarias correspondientes y dificultad en la optimización de recursos que afectan en los niveles de rentabilidad de la empresa.

La liberación de las partículas de plomo en las botellas de vidrio ocasiona un mayor riesgo en los consumidores que utilizan estos envases, lo cual afecta sus condiciones de salud ocasionando afectaciones en el cerebro y en el desarrollo del sistema nervioso central, así como, en niveles más elevados de plomo ocasionan mayores daños en los riñones y en las vías urinarias tanto en los niños como en las personas adultas.

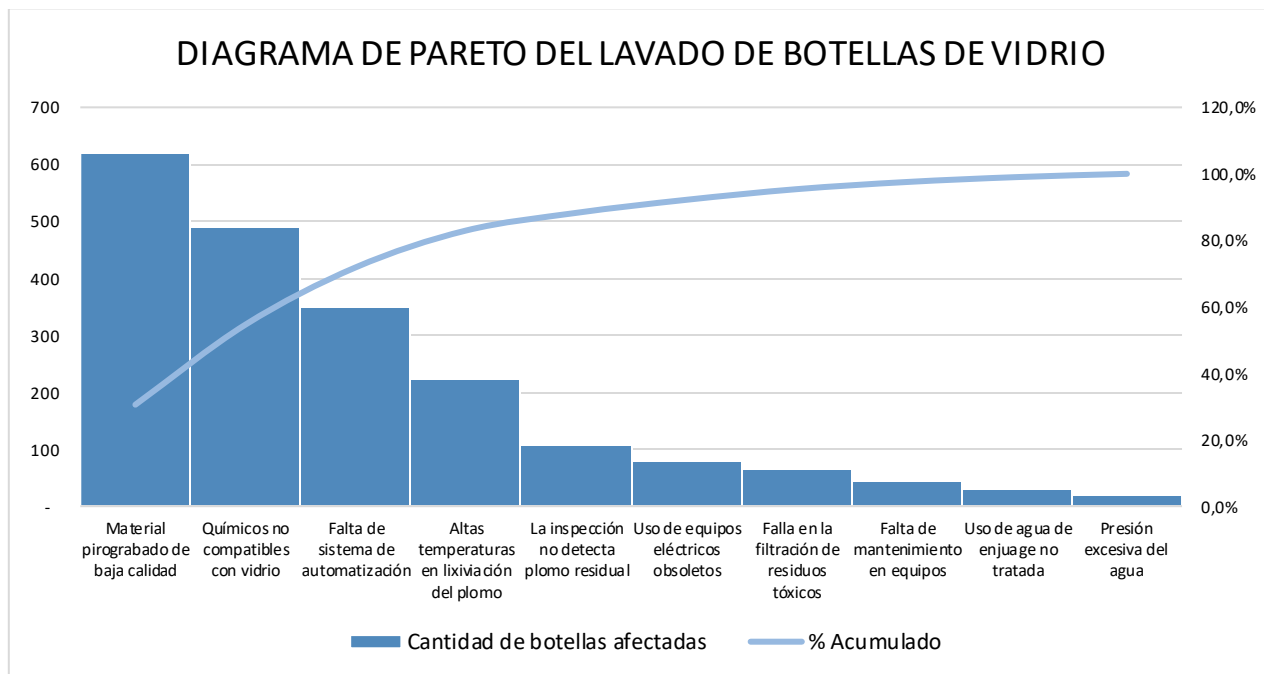
Por lo tanto, para identificar las principales fallas que se evidenciaron durante el lavado de botellas de vidrio con pirograbado con plomo se ha elaborado el correspondiente Diagrama de Pareto dentro de los 22 días laborables de producción, para lo cual se ha diseñado la siguiente tabla, la misma que se muestra a continuación:

Tabla 2. Fallas identificadas en el proceso de lavado de botellas de vidrio.

No.	Fallas	Cantidad de botellas afectadas	%	% Acumulado
1	Material pirograbado de baja calidad	621	30,5%	30,5%
2	Químicos no compatibles con vidrio	490	24,1%	54,6%
3	Falta de sistema de automatización	350	17,2%	71,9%
4	Altas temperaturas en lixiviación del plomo	225	11,1%	82,9%
5	La inspección no detecta plomo residual	108	5,3%	88,2%
6	Uso de equipos eléctricos obsoletos	80	3,9%	92,2%
7	Falla en la filtración de residuos tóxicos	65	3,2%	95,4%
8	Falta de mantenimiento en equipos	44	2,2%	97,5%
9	Uso de agua de enjuague no tratada	30	1,5%	99,0%
10	Presión excesiva del agua	20	1,0%	100,0%
Total		2.033	100,0%	

En base a la tabla anterior se ha evidenciado en total 2033 botellas afectadas, identificando a cuatro fallas que suman el 80% como causas principales de la problemática de estudio, los mismos que se muestran en la siguiente figura:

Figura 2. Diagrama de Pareto del proceso actual de lavado de botellas de vidrio.



Elaborado por: Autor

En la figura anterior se observa que se ha aplicado el Diagrama de Pareto para identificar las posibles fallas que han conllevado hacia el problema de liberación de partículas tóxicas con plomo durante el lavado de las botellas de vidrio, por lo cual, se han identificado las principales causas de esta problemática entre las cuales están el material pirograbado de baja calidad, el uso de químicos incompatibles con el vidrio, la falta de un sistema de automatización y las altas temperaturas que aceleran la lixiviación del plomo, han ocasionado que el 82,9% de las botellas de vidrio no cumplan con los protocolos de limpieza establecidos por los organismos correspondientes.

El material pirograbado que se encuentran en los envases contiene partículas de plomo, lo cual demuestra degradación durante los procesos del lavado industrial al utilizar de manera inadecuada soluciones alcalinas como el hidróxido de sodio (NaOH) a elevadas temperaturas (Quero, Zorrilla, Morales, & Rodríguez, 2020), esta condición

provoca que se desprendan partículas de plomo durante la limpieza de las botellas de vidrio, generando así, un mayor riesgo de intoxicación durante el consumo de bebidas en envases reutilizados.

El uso de químicos no compatibles con el vidrio es otra de las fallas principales que se han detectado en el proceso de operación durante el lavado industrial de las botellas, puesto que al iniciar la etapa de limpieza del envase se utilizan soluciones alcalinas demasiado concentradas que afectan de una forma agresiva a la superficie vítrea de la botella, la misma que al disponer de pirograbados con plomo ocasiona una alta corrosión del material decorativo y con ello, se liberan partículas tóxicas durante el lavado incrementando también la fragilidad de las botellas reutilizadas. Los químicos utilizados y las presiones de agua excesivas durante la limpieza de los envases ocasionan que los materiales decorativos se distorsionen, provocando fisuras en la superficie de vidrio y una mayor contaminación por plomo tanto en el medio ambiente de la empresa como en sus alrededores.

La falta de un sistema de control eléctrico automatizado encargado para la dosificación de químicos, es otra de las fallas detectadas durante el lavado de botellas, puesto que la alta concentración de hidróxido de sodio (NaOH) y la poca regulación de las altas temperaturas afecta directamente a los envases que contengan pirograbados con plomo, es decir, que las consecuencias dadas por la ausencia de un sistema eléctrico automático han ocasionado una dosificación excesiva de químicos que genera la liberación del plomo, por lo cual, es preponderante desarrollar una mejora en el proceso actual de la limpieza en las botellas de vidrio, de tal manera que las acciones ejecutadas en el lavado no ocasionen una mayor contaminación y limitando la intoxicación con materiales tóxicos como el plomo.

Adicional a ello, luego de que se han identificado las fallas en los procesos operativos de limpieza, es necesario y hasta preponderante que se identifiquen los factores positivos y negativos de la empresa como objeto de estudio, así como también los elementos internos y externos que son claves al efectuar el diagnóstico situacional, de tal manera que se ha elaborado la Matriz FODA, la misma que se visualiza en la siguiente tabla:

Tabla 3. Matriz FODA.

	POSITIVAS	NEGATIVAS
	Fortalezas	Debilidades
INTERNAS	<ul style="list-style-type: none"> • La empresa está ubicada en una zona estratégica de Santo Domingo • La entidad se encuentra legalizada en la Superintendencia de Compañías • Compromiso por parte de los trabajadores • La empresa dispone de un favorable posicionamiento de mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • Material pirograbado de baja calidad • Uso de químicos poco compatibles con el vidrio • Ausencia de un sistema eléctrico de automatización • Altas temperaturas durante la lixiviación de plomo • Maquinarias y equipos se encuentran obsoletos
	Oportunidades	Amenazas
EXTERNAS	<ul style="list-style-type: none"> • Tendencia favorable hacia empresas que fortalezcan la economía circular • Incremento de consumidores de bebidas en envases reutilizables • Apoyo del Estado hacia empresas biodegradables • Aumento de la inversión en proyectos de reciclaje por parte de las empresas 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulaciones estrictas por parte del ARCSA en envases reutilizables • Incremento de los costos en los químicos utilizados para limpieza • Aumento de la competencia por parte de otras empresas de lavado • Bajo crecimiento del PIB en la industria de servicios de lavado de botellas

En la tabla anterior se observan tanto las Fortalezas y Debilidades como factores internos de la empresa, así como también Oportunidades y Amenazas como factores externos de la industria que se dedica al servicio de lavado industrial de envases reutilizables, cuyos elementos son necesarios al evaluar el diagnóstico situacional.

Entre las principales **fortalezas** de la organización corresponden a la ubicación estratégica del negocio, legalización de la entidad en la Superintendencia de Compañías, compromiso laboral y alto posicionamiento de la empresa en el mercado, tomando en cuenta que todas ellas se han calificado como factores positivos al desarrollar un modelo de control electrónico para el lavado industrial de botellas de vidrio. Por su parte, entre las principales **debilidades** se enfoca en la baja calidad del material pirograbado en los envases, uso de elementos químicos incompatibles con el vidrio, altas temperaturas en la lixiviación de plomo y obsolescencia de los equipos y maquinarias utilizadas, tomando en cuenta que no existe un control automático con los que se permita verificar los parámetros de dosificación química y la generación de altas temperaturas durante el proceso de lavado de envases reutilizables.

Las **oportunidades** de la industria se direccionan hacia un conjunto de elementos claves que impulsan hacia el desarrollo de nuevos proyectos, entre las cuales está la tendencia de crecimiento de las empresas hacia el reciclaje y la economía circular, aumento de consumidores para botellas reutilizables, incremento de la inversión en proyectos biodegradables, así como también, el apoyo de eventos por parte del Estado para impulsar el consumo de productos que no contaminen y protejan al medio ambiente. Por otro lado, se distinguen también las **Amenazas** que inciden en el desarrollo de la industria, entre las cuales están las estrictas regulaciones del ARCSA (Agencia de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria) en envases reutilizables, aumento de los costos en materiales químicos para la limpieza, constante aumento de las entidades

competidoras y bajo crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto) de la industria, por lo cual, todos estos factores limitan la capacidad de innovación hacia el desarrollo de nuevos procesos con los que se impulse una mayor participación de mercado.

Área de estudio

El presente estudio se desarrolla dentro del dominio de la Ingeniería Industrial, específicamente en la línea de investigación de Seguridad Industrial y la sub-línea de Industria y Ambiente. El campo de aplicación corresponde a la limpieza industrial de envases, con énfasis en el mantenimiento, los procesos, la seguridad, la calidad, el ambiente y la automatización.

El área de estudio comprende el área operativa de la empresa, la cual se analizan los riesgos de lixiviación por plomo, el manejo de afluentes mediante filtros de carbón, así como la limpieza de boquillas y la revisión de sellos en bombas de dosificación.

El objeto de estudio corresponde a las instalaciones operativas de una empresa ubicada en Santo Domingo, donde se llevará a cabo la investigación. El período de análisis es desde noviembre de 2024 hasta junio de 2025.

Modelo operativo

En el desarrollo actual de la presente investigación, se ha considerado aplicar un modelo de reingeniería de procesos para la implementación de un nuevo sistema para el lavado automático de botellas de vidrio con pirograbado de plomo, para lo cual se han considerado las siguientes etapas:

Etapas del sistema de lavado automático

1. Diagnóstico

Se realiza un análisis de la situación actual del proceso de lavado, con el fin de identificar las problemáticas que afectan el desempeño de las actividades establecidas.

2. Diseño de los Nuevos Procesos

Al establecer el proceso automático de lavado, es fundamental determinar la dosificación exacta de los materiales químicos necesarios para el lavado de botellas de vidrio, sin que esto afecte la superficie pirograbada de las botellas.

3. Desarrollo del Modelo Operativo

Esta etapa se centra en el desarrollo del modelo operativo para la instalación del nuevo sistema de lavado, incluyendo las especificaciones técnicas necesarias. Además, se imparten capacitaciones a los trabajadores para garantizar un correcto manejo del sistema.

4. Evaluación

Se lleva a cabo una comparación entre la propuesta de implementación y el sistema de lavado existente. El objetivo es establecer una proyección de los ingresos, costos, gastos y utilidades derivados de la implementación del nuevo proceso.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Antecedentes

La limpieza de las botellas de vidrio requiere de componentes químicos especializados para evitar la corrosión del plomo que contiene en la superficie del envase, estos elementos químicos corresponden al Hidróxido de Sodio (NaHO), Ácido Peracético (CH₃CO₃H), Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA), que al mezclarse entre sí con el agua se permite la creación de una sustancia válida para el lavado de objetos de vidrio que contengan plomo en el exterior de su superficie.

Dentro del proceso de lavado, se requiere también la instalación de una máquina automática eléctrica que se dedica a la limpieza de las botellas de vidrio, por lo que el proceso se divide en diversas etapas conformadas que requieren la ejecución de actividades consecutivas.

Objetivo principal de la propuesta

- Diseñar un sistema de control eléctrico automático para la dosificación de productos químicos en lavadoras de botellas de vidrio con pirograbado de plomo para aumentar su calidad y eficiencia frente a un sistema manual.

Justificación de la propuesta

El lavado alcalino (NaOH — caústico): 0.5–2.0 % p/v (1.0 % es típico de mantenimiento; 1–3 % para suciedad media/alta); temperatura 50–80 °C; recirculación/contacto: 15–30 min en CIP/bath; en máquinas de paso con múltiples zonas se reduce el tiempo por zona, pero la estancia total efectiva debe dar exposición equivalente (Hydrite Chemical Co, 2025).

Mecanismo y práctica: NaOH es el agente alcalino que saponifica grasas, hidroliza proteínas y emulsiona suelos orgánicos; su eficacia depende de **concentración, temperatura, tiempo y acción mecánica** (spray/recirculación). Guías de CIP y manuales de fábricas de bebidas citan rangos de **0.5–2.0 %** para limpieza regular y **2–4 %** para suciedad intensa; tiempos típicos de **15–30 min** recirculando en equipos cerrados (o mayor si la suciedad es severa (BSI, 2025).

Quelación (EDTA y sales: tetrasodium/disodium EDTA): dosificación típica en solución de limpieza 0.5–1.5 % (v/v) para control/remojo de incrustaciones; en sistemas continuos de lavado se usan niveles de libre quelante en el rango de ppm (p. ej. 2.5–5 ppm) como umbral y se controlan por analizador de quelante. Tiempo de contacto para desincrustado: ≥ 10 minutos para tratamiento localizado (Hydrite Chemical Co, 2025) (Centers for Disease Control and Prevention, s.f.).

Operación continua y monitorizada: en procesos continuos o con reciclado, es común mantener un **nivel de quelante en ppm** (p.ej. 2.5–5 ppm libre) y suplementar según mediciones (patentes/estudios de procesos de lavado industrial). Esto evita sobredosificación y problemas regulatorios. EDTA y sus sales están listadas en regulaciones alimentarias para ciertos usos (FDA/EPA) — usar formulaciones aprobadas y observar límites de residuos

Desinfección con ácido peracético (PAA): para eliminación microbiana en superficies de contacto alimentario se recomiendan ~50–200 ppm de ácido peracético en solución de trabajo dependiendo carga orgánica; contacto mínimo 1–5 minutos para bacterias (si hay materia orgánica, subir a 200–500 ppm y/o tiempo mayor). Para procesos de inmersión/rociado rápido existen formulaciones eficaces con 90 s–5 min según producto (Ecolab , 2019).

Desarrollo de la propuesta

Recopilación de datos

Para la elaboración del diagrama de Pareto el cual se encuentra en la Figura 2., se utilizaron datos de un inspector de botellas el cual permite la inspección de los elementos fundamentales de la botella para garantizar la conformidad y calidad antes del llenado, dichos datos son correspondientes al tal proceso en el cual se consideró los acontecimientos más frecuentes que han sido evidenciadas por el personal operativo.

Así como el uso inadecuado de productos químicos, mala manipulación del material y fallas eléctricas dentro del sistema automatizado por lo cual este permitió visualizar de manera más clara los factores más importantes para tomar decisiones orientadas a la optimización del sistema de lavado.

Selección del ácido peracético como agente desinfectante

El ácido peracético se selecciona como agente desinfectante por su balance óptimo entre eficacia microbiológica, compatibilidad con materiales, seguridad alimentaria y bajo impacto ambiental. En la industria de bebidas y lavado de botellas, donde se requiere alta eficiencia microbicida sin residuos ni enjuagues adicionales, el PAA supera a los desinfectantes tradicionales (cloro, QACs) en rendimiento operativo y sostenibilidad.

Tabla 4. Comparación del ácido peracético frente a otros compuestos

Criterio	Ácido peracético (PAA)	Hipoclorito de sodio (Cloro)	Amonios cuaternarios (QACs)
Mecanismo de acción	Oxidante fuerte: destruye proteínas, lípidos y ácidos nucleicos	Oxidación vía radicales de cloro activo (HOCl)	Desnaturalización de membranas y proteínas
Eficacia microbicida	Alta, incluso frente a esporas y biofilms	Alta pero reducida en presencia de materia orgánica	Buena frente a bacterias y hongos, menor frente a virus y esporas
Tiempo de acción típico	1–5 min (a 100–200 ppm)	5–10 min (a 100–500 ppm)	1 0–15 min (0.1–0.5 %)
Compatibilidad con materiales	Compatible con acero inoxidable y plásticos; puede corroer metales blandos (Cu, latón)	Corrosivo para acero inoxidable y algunos plásticos	Compatible con la mayoría de materiales plásticos
Residuos / impacto ambiental	Se degrada a agua, oxígeno y ácido acético → sin residuos tóxicos	Forma cloruros, organoclorados → riesgo ambiental	Persistentes, pueden dejar película catiónica
Requerimiento de enjuague	No obligatorio ≤ 200 ppm	Obligatorio	Obligatorio
Costo operativo	Moderado	Bajo	Moderado
Seguridad / manejo	Irritante; requiere ventilación y EPP	Irritante y genera cloro gaseoso	Irritante dérmico

Fuente: (CDC, 2017)

Elaborado: Autor

- **Eficacia superior y rápida:** el PAA destruye esporas bacterianas, virus y levaduras en tiempos cortos (1–5 min a 100–200 ppm), donde el cloro o QACs requieren mayores concentraciones y tiempo.

- Estabilidad **en materia orgánica**: a diferencia del hipoclorito, el PAA mantiene su poder oxidante en presencia de residuos orgánicos, ideal para botellas con suciedad residual.
- Compatibilidad **alimentaria**: está aprobado por **FDA (21 CFR 173.315)** y **EPA (40 CFR 180.1196)** para contacto indirecto con alimentos y enjuague de envases, sin requerir enjuague adicional si se usa dentro de límites.
- Sustentabilidad: al degradarse en compuestos inocuos, reduce la carga ambiental y los requerimientos de tratamiento de efluentes.
- Menor **riesgo de subproductos**: no forma organoclorados (como el cloro), los cuales pueden ser mutagénicos y problemáticos para descargas.
- Amplio **rango de temperatura**: mantiene eficacia desde 4 °C hasta 60 °C, útil para procesos con control térmico variable.
- **Versatilidad**: compatible con CIP, inmersión o aspersion; puede combinarse con detergentes o usarse en solución estabilizada.

Sistema de lavado

Al realizar el proceso de limpieza de las botellas de vidrio, se ha considerado utilizar una máquina industrial para el lavado automático con túnel continuo de aspersion multicámara, la misma que posee una estructura de acero inoxidable AISI 316 resistente a químicos y humedad, bandas transportadoras polipropileno reforzado y boquillas utilizadas para la aspersion y rociado.

El proceso automático de lavado para botellas de vidrio con pirograbado de plomo, se conforman por diversas etapas y actividades entre las cuales, a considerar, las mismas que se describen en la siguiente tabla:

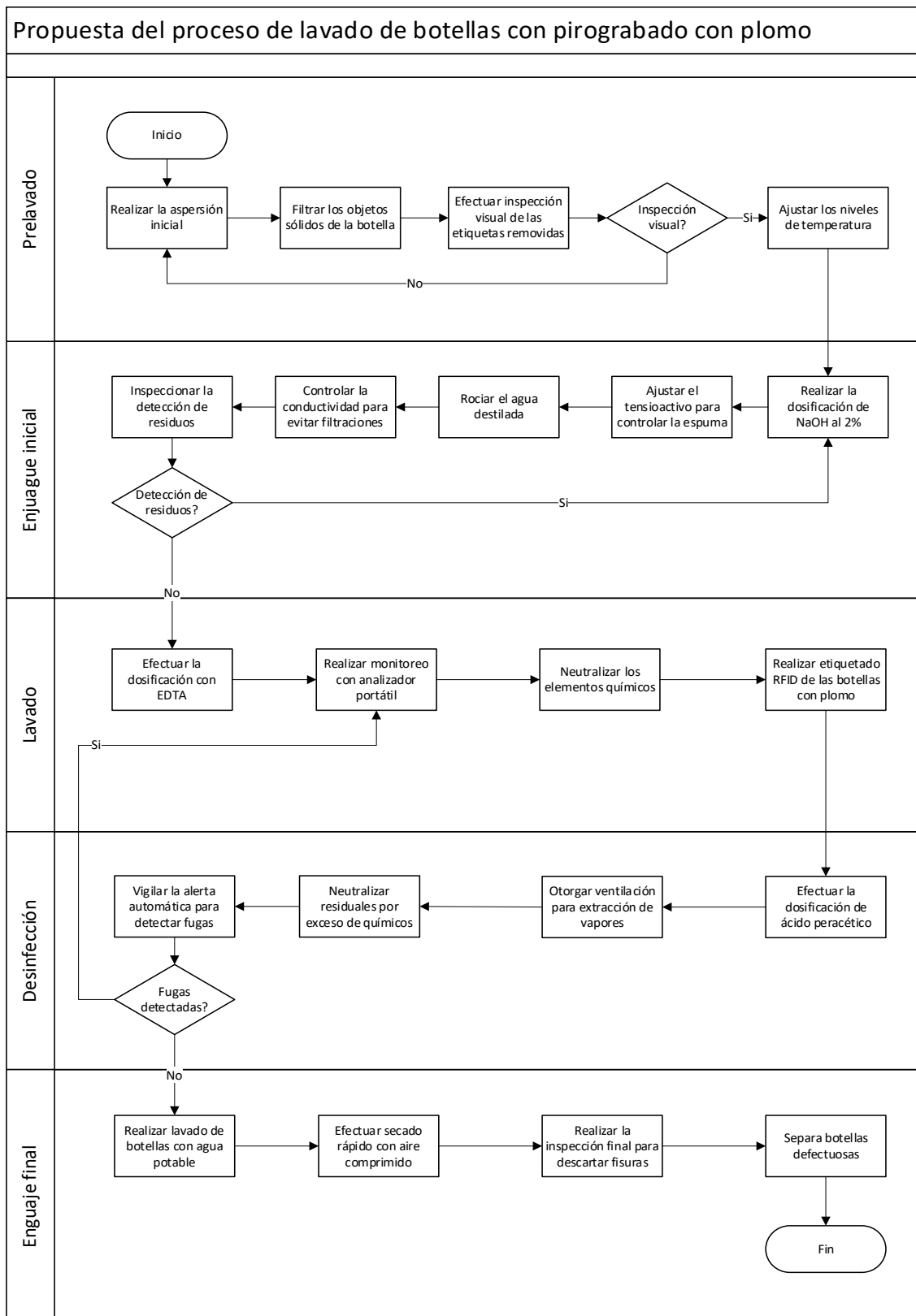
Tabla 4. Etapas del sistema

Etapa No.	Actividad	Materiales químicos	Tiempo (segundos)
Prelavado	1 Realizar la aspersion inicial para la eliminaci3n de residuos		
	2 Filtrar los objetos s3lidos que se encuentran en los envases	Agua reciclada a	10
	3 Efectuar una inspecci3n visual para detectar botellas con etiquetas no removidas	50° C	
	4 Ajustar los niveles de temperatura con el intercambiador de calor		
5 Realizar la dosificaci3n de NaOH al 2% con bombas perist3lticas			
Enjuague inicial	6 Ajustar el tensioactivo para el control de la espuma	NaOH2% y	20
	7 Rociar el agua destilada en flujo ascendente	Tensioactivo	
	8 Controlar la conductividad para evitar filtraciones contaminantes	0.3%	
	9 Inspeccionar la detecci3n de residuos mediante c3maras UV		
Lavado	10 Efectuar la dosificaci3n de EDTA mediante bombas		15
	11 Realizar el monitoreo mediante analizador port3til	Agua desionizada	
	12 Neutralizar los elementos qu3micos para evitar filtraciones	a 40°C	
	13 Realizar el etiquetado RFID de las botellas con los resultados de plomo		

Desinfección	14	Efectuar la dosificación requerida de ácido peracético		
	15	Otorgar la ventilación suficiente para la extracción de vapores	EDTA 0.1% y Ácido	10
	16	Neutralización de residuales para eliminar el exceso de los químicos no solubles	peracético 0.5%	
	17	Vigilar la alerta automática para la detección de fugas inesperadas		
Enjuague final	18	Realizar el lavado de las botellas con agua potable		
	19	Efectuar el secado rápido con aire comprimido	Agua	
	20	Realizar la inspección final para descartar fisuras o residuos no removidos	potable fría (20-25°C)	10
	21	Separar las botellas defectuosas que presenten dificultades durante el lavado		

Elaborado: Autor

Figura 3. Proceso actual de lavado de botellas de vidrio con pirograbado con plomo.



Elaborado: Autor

La capacidad de la máquina es hasta de 2.000 botellas por hora, de tal modo que al efectuar el cálculo por diario se tiene $2.000 \times 8 = 16.000$ botellas diarias, por lo que para obtener la cantidad mensual se calcula los $16.000 \times 22 = 352.000$ botellas diarias que podrían lavarse eliminando los residuos localizados en la superficie de la botella sin que ello pueda afectar al pirograbado con plomo.

Automatización de enjuague

Durante el lavado de botellas de vidrio, es preponderante el uso de diversos tipos de materiales que se utilizan dentro de este proceso, los mismos que cumplen funciones específicas y se detallan a continuación:

Tabla 5 Materiales requeridos en el lavado de botellas de vidrio con plomo

Nombre del material	Función	Características del material
Boquillas de aspersión	Unificación de las elementos químicos encima de las botellas	Acero inoxidable 316, resistente a corrosión con ángulo de rociado a 90° grados
Bandas transportadoras	Transporte seguro de botellas en lavado y enjuague	Material de acero inoxidable con resistencia a temperaturas entre -10°C a 90°C .
Filtros de carbón	Remoción de partículas de plomo y residuos químicos	Filtro entre 10 a 50 micras, con una capacidad de retención del Pb $> 95\%$
Tanques de acero inoxidable	Almacenaje de agua para lavado	Capacidad entre 500 a 2000 litros y resistencia a ácidos diluidos.

Elaborado: Autor

De acuerdo al a tabla anterior, se observa que, durante el proceso de lavado, se quieren diversos materiales necesarios para la automatización en la etapa de enjuague entre las cuales están las boquillas de aspersión, bandas transportadoras, filtros de carbón y tanques de acero inoxidables reconociendo que cada uno de ellos disponen de

características y funciones específicas necesarias durante el enjuague de las botellas de vidrio.

Automatización del lazo cerrado

Dentro de los procesos, el lazo cerrado corresponde al uso de un sistema de control automático que compara la salida actual como la salida deseada, para que en base a ello, se pueda efectuar los ajustes que se requieran de manera automática garantizando la precisión del sistema implementado (Alama, 2022).

Por su parte, durante el lavado de botellas se requieren de diversos componentes con los que se permita automatizar el control de los insumos químicos utilizados, para lo cual, se requieren de ciertos elementos, entre los cuales es posible describirlos en la tabla que se observa a continuación:

Tabla 6. Componentes para la automatización del proceso de lavado de botellas.

Componente	Función	Características
Sensor de pH	Realizar la medición del agua en tiempo real	Sensor Ecuaplus RS 485
PLC	Ajustar las cantidades exactas de insumos químicos requeridos	PLC S7 1200 12414c Dc
Bomba dosificadora	Inyectar la cantidad exacta de químicos (NaOH, EDTA)	Bomba Black Stone 1.5 Iph 115 volts
Pantalla (HMI)	Reflejar los resultados obtenidos	Pantalla HMI Delta 4.3 pulgadas Dop – 103wq

Elabora: Autor

En la tabla anterior se observa que para efectuar la automatización del lavado de botellas, es indispensable disponer de diversos componentes a considerar como el sensor de pH, PLC (Controlador Lógico Programable por sus siglas en inglés), bomba dosificadora y pantalla (HMI), por lo que todos ellos se los programa entre sí para que

otorgan las dosificaciones exactas de Hidróxido de Sodio (NaOH), Ácido peracético (CH₃CO₃H) y Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA), para que con ello, sea posible detectar errores por sí mismo dentro del sistema y garantizar la dosificación exacta en el proceso de lavado.

Componentes eléctricos

En el buen funcionamiento del sistema de control, se requiere la aplicación de diversos materiales eléctricos que faciliten el proceso de limpieza de las botellas de vidrio, reconociendo que cada uno de ellos cumplen con funciones y características específicas, los mismos que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Materiales eléctricos para el funcionamiento del sistema de control del lavado de botellas.

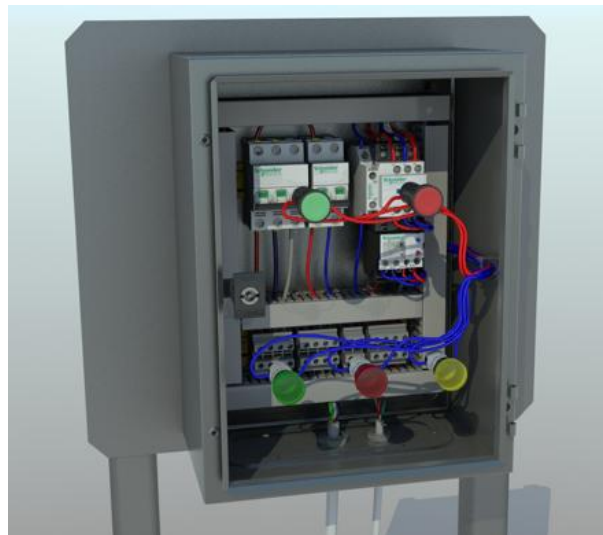
Nombre del material	Función	Características del material
PLC (Controlador Lógico)	Gestiona la dosificación de los químicos que se requieren	Entradas/Salidas 16 DI, 12 DO, 8 AI.
Pantalla táctil (interfaz HDMI)	Visualización y control operacional del proceso	Tamaño de 10" resistente a ambientes húmedos, protocolos TCP/IP
Sensores de nivel	Monitorean la cantidad de soluciones químicas en tanques	Tipo Ultrasonico o capacitivo y con rango de 0 – 2 m.
Sensores de pH	Miden los niveles de acides del agua para el lavado	Material de vidrio resistente a NaOH y con precisión ±0.1 pH
Variadores de frecuencia	Controlan la velocidad de las bombas para una dosificación precisa	Potencia 1-5 HP y con protección IP 65
Bombas dosificadoras	inyectan los elementos químicos con alta precisión	Tipo peristáltica y caudal de 0.5-50 L/h

Nombre del material	Función	Características del material
Fuentes de alimentación	Energía estable para el funcionamiento de la máquina	Voltaje: 24 VDC y corriente de 10 ^a
Relés de emergencia	Paro de emergencia y protección contra fallas	Tiempo de respuesta siendo < 50 ms
Tablero de control	Protege a los elementos eléctricos	Material inoxidable 304 con ventilación reforzada

Elaborado: Autor

Al realizar el montaje e instalación de la máquina industrial para el lavado de las botellas de vidrio, es preponderante iniciar con el ensamble mecánico considerando una estructura base de acero inoxidable de Tipo AISI 316, seguido la instalación de las bandas transportadoras y las correspondientes boquillas de aspersion, las mismas que deberán estar conectadas a bombas dosificadoras.

Figura 4. Diagrama eléctrico del lavado de botellas de vidrio.



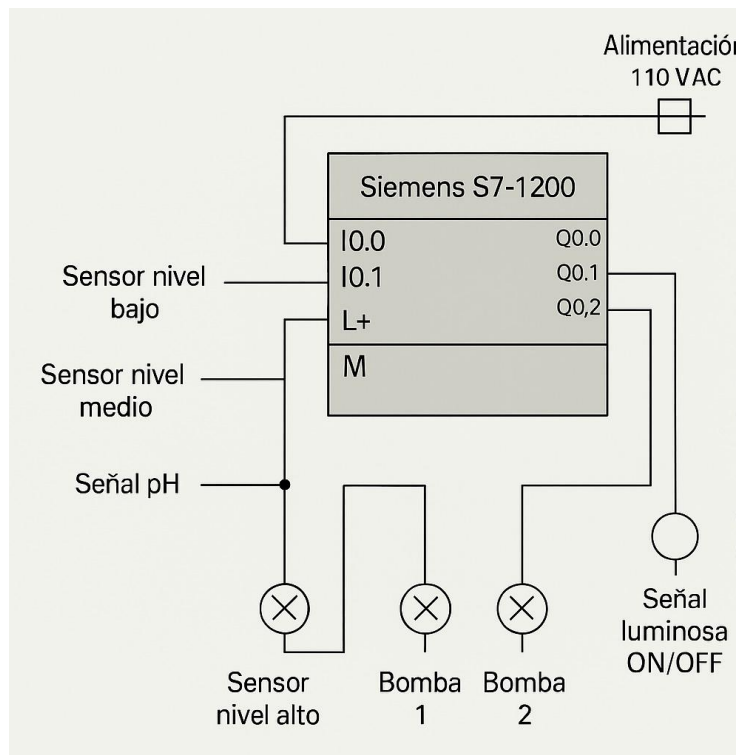
La máquina instalada requiere una alimentación de energía entre 220V a 380V, por lo que se requiere de un cableado blindado para sensores pH, y variadores de frecuencia. La puesta en marcha de la máquina requiere de pruebas para la calibración de sensores facilitando el trabajo de los colaboradores operativos y el mantenimiento

preventivo que se lo deberá realizar al menos una vez al mes para la calibración de instrumentos, revisión de bombas y cableado eléctrico.

El sistema automatizado del proceso de lavado de botellas de vidrio está controlado por un **PLC Siemens S7-1200** el cual es el encargado de gestionar las señales de entrada y salida asociadas a los distintos tipos de actuadores, así como los sensores del equipo.

Este diseño eléctrico se compone de módulos de control digital el cual potencia su funcionamiento para que el mismo sea seguro y continuo. El PLC habilita el ciclo de lavado, la apertura de válvulas, así como la activación de las bombas según los tiempos y concentraciones se establezcan en el programa. Cuando el ciclo termina el sistema manda una señal de salida la cual permite la transferencia de las botellas limpias para continuar con el proceso.

Figura 5. Diagrama eléctrico y la secuencia funcional del PLC (S7-1200).



Elaborado: Autor

PLC Siemens S7-1200

- Entradas digitales (I0.0, I0.1, etc.): **reciben señales de los sensores de nivel (bajo, medio, alto) y posiblemente de un sensor de pH.**
- Salidas digitales (Q0.0, Q0.1, Q0.2): **activan actuadores como las bombas 1 y 2, y una señal luminosa ON/OFF.**

L+ y M son los terminales de alimentación de control (positivo y masa).

Sensores conectados (lado izquierdo)

- **Sensor de nivel bajo** → conectado a **entrada I0.0.**

Detecta cuando el tanque está vacío o bajo nivel; evita que las bombas funcionen en seco.

- **Sensor de nivel medio** → conectado a **entrada I0.1.**

Marca el nivel de operación normal.

- **Sensor de nivel alto** → actúa como protección de sobrellenado.

Puede activar una alarma o detener las bombas.

- **Señal de pH** → entrada analógica o digital adicional (no numerada aquí).

Permite que el sistema active o detenga bombas según la condición química del líquido.

3. Actuadores (lado derecho)

- **Bomba 1 (Q0.0)** → primera bomba de impulsión o recirculación.
- **Bomba 2 (Q0.1)** → bomba auxiliar o de respaldo.
- **Señal luminosa ON/OFF (Q0.2)** → indicador visual del estado del sistema.

4. Alimentación

- El circuito general está alimentado por **110 VAC** (corriente alterna).
- El PLC y los sensores trabajan con su fuente interna de control (24 VDC típica para el S7-1200).

5. Secuencia funcional (interpretada y corregida)

- El texto de la imagen tiene errores de lectura (parece un OCR defectuoso), pero la **lógica funcional probable** del sistema sería así:
- **Condición inicial:** si no hay señal de nivel bajo → bombas OFF, sistema en espera.
- **Si el nivel sube al sensor medio:** se activa **Bomba 1 (Q0.0)**.
- **Si la demanda continúa (nivel alto):** se activa **Bomba 2 (Q0.1)** para apoyo.
- **Si el nivel alto se mantiene mucho tiempo:** detener bombas para evitar rebose (o encender alarma).
- **Si el sensor de pH indica fuera de rango:** activar ambas bombas para recirculación y homogeneización.
- **Si el nivel desciende nuevamente al sensor medio o bajo:** se apagan bombas secuencialmente (B2 luego B1).
- **La señal luminosa (Q0.2)** se enciende cuando hay bombas operando o cuando el sistema está en modo activo.
- El ciclo se repite automáticamente según las variaciones de nivel y pH.

Componentes químicos

En el proceso de lavado de botellas con pirograbado de plomo, es muy importante identificar tanto los componentes químicos que se requieren en la limpieza de la superficie

del envase, así como también equipos y materiales eléctricos que se necesitan durante el lavado, siendo necesario realizar una mayor explicación a detalle de cada uno de ellos.

Para realizar un excelente lavado de las botellas de vidrio, es necesario y hasta indispensable disponer un conjunto de productos químicos que al utilizarse adecuadamente garantizan la limpieza del envase que pueda afectar al pirograbado adherido a la botella. Estos componentes químicos están dados por el Hidróxido de Sodio (NaOH), Ácido Peracético (CH₃CO₃H), Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y los Tensioactivos no iónicos, por lo cual, cada uno de estos elementos se utilizarán en la limpieza de botellas y requieren una mayor explicación en los párrafos siguientes.

Hidróxido de Sodio (NaOH)

También se lo conoce como sosa caustica y se lo ha catalogado como un químico necesario en el lavado de botellas de vidrio, no obstante, es importante efectuar un uso adecuado en envases con pirograbado de plomo con la finalidad de evitar daños en el vidrio, por lo tanto, es importante reconocer su función principal en el proceso de lavado tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 8. Funciones del Hidróxido de Sodio en el lavado de botellas

Función	Descripción
Eliminación de materia orgánica	Disuelve residuos de botellas y adhesivos
Saponificación de grasas	Convierte lípidos en jabones solubles en agua
Ataque químico	Remueve impurezas adheridas en el vidrio

Elaborado: Autor

De acuerdo a la tabla anterior, el hidróxido de sodio (NaOH) cumple con la eliminación de residuos orgánicos que se han adherido a los envases, facilitando la limpieza de la botella de vidrio, no obstante, es indispensable que su concentración sea

del 1.5% al 2.5% (entre 15gr a 25gr por cada litro), puesto que una concentración mayor al 3% puede ocasionar una corrosión acelerada del pirograbado de la botella, por lo tanto, es preponderante establecer los límites del NaOH, tal como se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 9. Parámetros requeridos del NaOH en la limpieza de botellas con plomo

Parámetro	Rango óptimo	Límite peligro	Efectos negativos al excederse
Concentración	1.5% – 2.5%	> 3%	Corrosión del pirograbado
Temperatura	50°C 65°C	> 70°C	Liberación del plomo
Tiempo de contacto	5 – 9 minutos	> 10 minutos	Aumento de residuos tóxicos

Elaborado: Autor

Ácido peracético (CH₃CO₃H)

El ácido peracético se utiliza como desinfectante durante la etapa final del lavado de las botellas de vidrio, puesto que no afecta a la corrosión del pirograbado de plomo si se utiliza de una manera adecuada en el proceso de lavado,

La composición química del ácido peracético es CH₃CO₃H que significa que es una mezcla entre el ácido acético y el peróxido de hidrógeno permitiendo limpiar el vidrio de residuos orgánicos sin daños el plomo, no obstante, es indispensable tomar en cuenta los parámetros de uso antes de su aplicación tal como se enuncia en la siguiente tabla:

Tabla 10. Parámetros requeridos del CH₃CO₃H en la limpieza de botellas con plomo

Parámetro	Rango óptimo	Límite peligro	Efectos negativos al excederse
Concentración	0.5% – 1.0%	> 1.5%	Corrosión de sellos no resistentes
Temperatura	20°C 40°C	> 50°C	Descomposición acelerada del envase
Tiempo de contacto	5 – 9 minutos	> 10 minutos	Opacidad en vidrios sensibles

Elaborado: Autor

De acuerdo a la tabla anterior, el ácido peracético (CH₃CO₃H) favorece a la limpieza del pirograbado en las botellas de vidrio, sin embargo, esto deberá aplicarse dentro de los rangos óptimos tanto en concentración, temperatura y tiempo, pues el excederse del rango permitido puede ocasionar corrosión, descomposición y opacidad en los envases.

Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)

El ácido etilendiaminotetraacético que también se lo conoce como EDTA se caracteriza por ser un agente quelante crítico durante el proceso de lavado en las botellas de vidrio.

La fórmula química del EDTA es C₁₀H₁₆N₂O₄, cuya composición está dada por iones de plomo que se liberan durante el lavado evitando la contaminación del agua, facilitando la neutralización del agua permitiendo una mayor fijación y precipitación cumpliendo los límites sanitarios previamente establecidos por las autoridades de sanidad. Siendo necesario efectuar la concentración, temperatura y tiempo, tal como se observa en la siguiente:

Tabla 11. Parámetros requeridos del EDTA en la limpieza de botellas con plomo

Parámetro	Rango óptimo	Límite peligro	Efectos negativos al excederse
Concentración	0.1% - 0.5%	> 0.2%	Precipitación en aguas duras
Temperatura	30°C - 50°C	> 60°C	Mayor consumo energético
Tiempo de contacto	2 a 5 minutos	> 10 minutos	Deterioro del pirograbado

Elaborado: Autor

En la tabla anterior se observa que la aplicación del EDTA en concentración, temperatura y tiempos dentro de los rangos permitidos favorecen al lavado de las botellas de vidrio, sin embargo, su uso en cantidades excedentes puede ocasionar deterioro del

pirograbado de plomo en el envase, ocasionando el riesgo de intoxicación en quienes la manipulan.

Tensioactivos no iónicos

Los tensioactivos no iónicos se caracterizan como agentes de limpieza que reducen la tensión en la superficialidad del agua, lo cual facilita la solución del lavado sin que afecten a las etiquetas con pirograbado de plomo en los envases de vidrio.

El uso de tensioactivos durante la etapa de limpieza se lo deberá utilizar dentro de los rangos óptimos de aceptación para una posible degradación de la botella, siendo preponderante cumplir con los parámetros que se determinan dentro de la siguiente tabla:

Tabla 12. Parámetros requeridos en tensioactivos no iónicos en la limpieza de botellas con plomo

Parámetro	Rango óptimo	Límite peligro	Efectos negativos al excederse
Concentración	0.1% a 0.5%	> 0.7%	Demasiada espuma que interfiere con el enjuague
Temperatura	40°C – 60°C	70°C	Degradación del pirograbado
Tiempo de contacto	3 – 7 minutos	10 minutos	Posible redistribución de residuos

Elaborado por: Autor

En la tabla anterior se observa que los tensioactivos no iónicos se utilizan en la limpieza o lavado de vidrio, no obstante, si se excede en su cantidad puede ocasionar degradación del pirograbado y desgaste propio del envase. 3

Resultados esperados

Al efectuar una mejora mediante la implementación de un sistema automático de control para el lavado de botellas de vidrio con pirograbado de plomo, es preponderante

estimar la capacidad del lavado de envases efectuando una comparación entre el escenario actual y el escenario propuesto, tal como se observa a continuación:

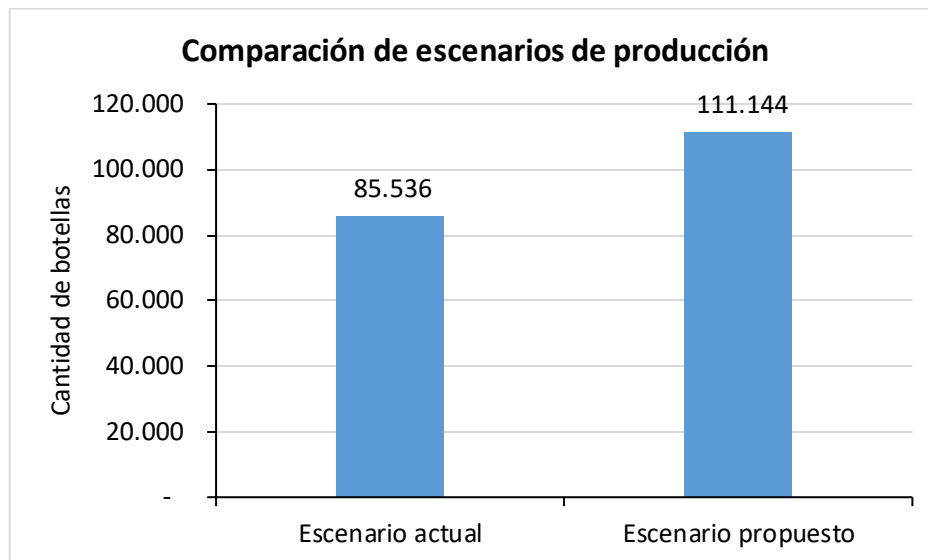
Tabla 13. Comparación del escenario actual y el escenario propuesto

Descripción	Unidad de medida	Escenario actual	Escenario propuesto*
Cantidad de horas diarias de trabajo	horas	8	8
Número de minutos diarios	minutos	480	480
Cantidad de segundos diarios	segundos	28.800	28.800
Tiempo de lavado automático por unidad	segundos	80	65
Eficiencia de la planta al 95%	por ciento	90%	95%
Cantidad de botellas lavadas diarias	botellas	324	421
Cantidad de botellas lavadas mes	botellas	7.128	9.262
Cantidad de botellas lavadas anual	botellas	85.536	111.144

***Escenario propuesto con el sistema automático de control de lavado de botellas**

Por lo tanto, si se cuantifican el número de botellas de vidrio lavadas de forma anual, es posible elaborar la figura que se observa a continuación:

Figura 6. Comparación de escenarios de producción.



Elaborado: Autor

De acuerdo a la figura anterior, se observa que en el escenario actual la empresa realiza el lavado de 85.536 botellas anuales, sin embargo, con el escenario propuesto se pretende alcanzar las 111.444 botellas anuales, es decir, que existe un incremento del 29,9% de envases adicionales en los que se ha realizado la limpieza, lo cual, favorece al incremento de la tasa de rentabilidad y de los márgenes de ventas de la compañía.

Por otra parte, la instalación del sistema automático de lavado requiere el cumplimiento de un conjunto de actividades consecutivas, las mismas que se detallan en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 14. Cronograma

No.	Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Determinar la capacidad de la máquina de lavado	■											
2	Elaborar los planos para la instalación	■											
3	Adquirir los componentes químicos		■	■	■								
4	Adquirir los materiales y equipos eléctricos		■	■	■								
5	Realizar el montaje mecánico de la máquina					■							
6	Efectuar las conexiones e instalación eléctrica						■						
7	Elaborar los manuales técnicos de funcionamiento						■	■					
8	Capacitar al personal operativo para el uso de la máquina								■	■	■		
9	Aplicar la prueba piloto del funcionamiento de la máquina											■	
10	Aprobar el uso o utilización de la máquina											■	■

Elaborado: Autor

Análisis de costos

En este análisis realizaremos el cálculo de las botellas que se debe producir en un día de producción, utilizaremos una regla de tres para calcularlo:

Datos:

Horas por turno: 7h

Horas limpieza con equipos de contacto directo (desinfección): 2h

Nº de botellas estimadas a realizarse: 48000 botellas

Eficiencia: 97%

Cantidad de botellas producidas por cada día:

$$Cantidad\ de\ botellas = n^{\circ}botellas \times eficiencia$$

$$Cantidad\ de\ botellas = 48000\ b / h \times 0.97$$

$$Cantidad\ de\ botellas = \mathbf{46,560\ b / h}$$

Datos:

3 jornadas de 7h = 21h/ día

$$\text{Cantidad de botellas} = 46,560b/h \times 21h/\text{dia}$$

$$\text{Cantidad de botellas} = \mathbf{977,760 \text{ botellas / dia}}$$

$$\text{Capacidad Producción Diaria} = \mathbf{977,760 \text{ botellas/dia}}$$

Los costos que se requieren para la implementación del sistema de lavado de botellas están dados por el sueldo o salario de los trabajadores, el costo de los materiales químicos, eléctricos y costos adicionales a considerar, por lo cual, todos estos rubros y valores deben calcularse a detalle para estimar los Estados Financieros Proyectados de la empresa.

En el cálculo de los costos de los sueldos y salarios se incluyen los beneficios sociales, para lo cual se ha elaborado la siguiente tabla:

Tabla 15. Análisis de costos

RUBRO EMPLEADO	Jefe de Control	Operarios	Auxiliar Operativo	Total
Salario Mínimo Vital (2025)	470,00	470,00	470,00	1.410,00
Sueldo nominal	1.575,00	900,00	470,00	2.945,00
IESS Patronal (11,35%)	178,76	102,15	53,35	334,26
Décimo tercer sueldo (13)	131,25	75,00	39,17	245,42
Décimo cuarto sueldo (14)	39,17	39,17	39,17	117,50
Fondos de reserva	131,25	75,00	39,17	245,42
Vacaciones (provisión)	65,63	37,50	19,58	122,71
Total Mensual	2.121,05	1.228,82	660,43	5.420,30
Incremento	0,35	0,37	0,41	0,37
Personal	1	1	2	4
Total	2.121,05	1.228,82	1.320,86	4.670,73

Elaborado: Autor

Los costos de los materiales químicos que son necesarios para el lavado de botellas con pirograbado de plomo también es indispensable cuantificarlos, por lo cual, sus rubros y valores se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Costos de los materiales químicos

Material Químico	Cantidad Mensual	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Hidróxido de sodio (NaOH)	bidones	4	\$ 45	\$ 180
Ácido peracético (PAA)	bidones	2	\$ 80	\$ 160
EDTA (Ácido etilendiaminotetraacético)	saco	1	\$ 350	\$ 350
Tensioactivo no iónico	bidón	1	\$ 120	\$ 120
Total mensual materiales químicos				\$ 810
Total anual				\$ 9.720

Elaborado: Autor

Los materiales o componentes eléctricos necesarios que se necesitan para el buen funcionamiento de la máquina de lavado de botellas, es preponderante estimar sus costos y valores tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 17. Componente eléctrico

Componente Eléctrico	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
PLC (Siemens S7-1200)	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Pantalla HMI (Weintek)	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Sensores de pH/ORP	2	\$ 800	\$ 1.600,00
Bombas dosificadoras	3	\$ 1.000,00	\$ 3.000,00
Variadores de frecuencia (VFD)	2	\$ 900	\$ 1.800,00
Total Inversión Eléctrica			\$ 9.100,00

Elaborado: Autor

A más de ello, es indispensable que se determine los costos adicionales que se devengan dentro de la instalación y capacidad de la nueva máquina de lavado, permitiendo así, obtener los siguientes valores:

Tabla 18. Costos adicionales

Concepto	Costo (USD)
Instalación y montaje	\$ 900,00
Capacitación operativa	\$ 700,00
Total costos adicionales	\$ 1.600,00

Elaborado: Autor

En la tabla anterior se reflejan los costos totales de la inversión para la instalación y uso de la maquinaria de lavado, considerando que todos estos valores se resumen y detallan en la siguiente tabla:

Tabla 19. Resumen de costos totales

Resumen de costos totales	Valor
Materiales químicos	\$ 9.720
Materiales eléctricos	\$ 9.100,00
Costos adicionales	\$ 1.600,00
Total	\$ 20.420

Elaborado: Autor

Es decir, la inversión es de 20.420 dólares para la implementación de la nueva máquina de lavado, sin embargo, antes de establecer su impacto futuro en la rentabilidad de la empresa, es preponderante realizar las respectivas proyecciones bajo un escenario sin que se haya establecido este tipo de mejoras, por lo cual, se elabora el Estado de Resultados sin la mejora correspondiente:

Tabla 20. Estado de Resultados proyectos sin mejora

CUENTA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ventas	21.384,00	22.028,28	22.691,92	23.375,53	24.079,68
Costo	16.580,73	16.996,25	17.422,16	17.858,72	18.306,19
UTILIDAD BRUTA	37.964,73	39.024,53	40.114,09	41.234,25	42.385,87
Gastos	24.231,00	24.836,78	25.457,69	26.094,14	26.746,49
Gastos de Ventas	3.231,00	3.311,78	3.394,57	3.479,43	3.566,42
Gastos Administrativos	21.000,00	21.525,00	22.063,13	22.614,70	23.180,07
UTILIDAD OPERATIVA	13.733,73	14.187,75	14.656,39	15.140,11	15.639,38
Gastos Financieros	-	-	-	-	-
UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN E IMPUESTOS	13.733,73	14.187,75	14.656,39	15.140,11	15.639,38
15% Participación de Trabajadores	2.060,06	2.128,16	2.198,46	2.271,02	2.345,91
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	11.673,67	12.059,59	12.457,93	12.869,09	13.293,47
25% Impuesto a la Renta	2.918,42	3.014,90	3.114,48	3.217,27	3.323,37
UTILIDAD NETA	8.755,25	9.044,69	9.343,45	9.651,82	9.970,11

Elaborado: Autor

En la tabla anterior se observa que se tiene una utilidad neta de 8755,25 dólares en el primer año, pero sus beneficios se incrementan a los 9.970.11 dólares sin que se implemente el sistema automático de lavado, es decir un incremento de 13.9% en cinco años consecutivos, no obstante, es preponderante elaborar también los Estados Financieros proyectados con la instalación de la nueva máquina de lavado de botellas, cuyos rubros y cifras se detallan a continuación:

Tabla 21. Estado de Resultados Proyectado con la mejora de la nueva máquina de lavado

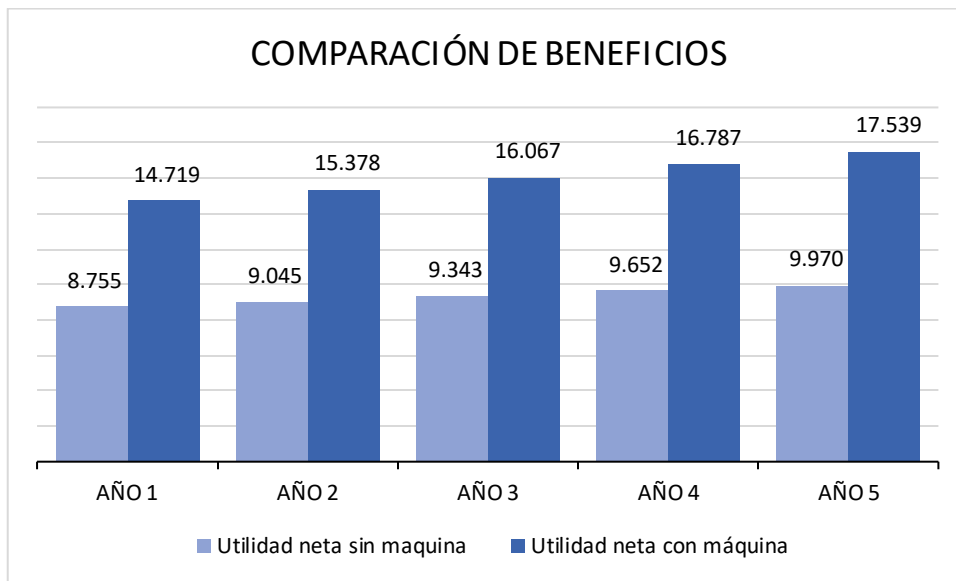
PROYECTO CON LA MEJORA					
CUENTA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ventas	22.228,80	23.240,24	24.297,59	25.403,20	26.559,06
Costo	25.090,73	25.719,00	26.362,98	27.023,06	27.699,64
UTILIDAD BRUTA	47.319,53	48.959,24	50.660,57	52.426,26	54.258,70
Gastos	24.231,00	24.836,78	25.457,69	26.094,14	26.746,49
Gastos de Ventas	3.231,00	3.311,78	3.394,57	3.479,43	3.566,42
Gastos Administrativos	21.000,00	21.525,00	22.063,13	22.614,70	23.180,07
UTILIDAD OPERATIVA	23.088,53	24.122,46	25.202,88	26.332,13	27.512,21
Gastos Financieros	-	-	-	-	-
UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN E IMPUESTOS	23.088,53	24.122,46	25.202,88	26.332,13	27.512,21
15% Participación de Trabajadores	3.463,28	3.618,37	3.780,43	3.949,82	4.126,83
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	19.625,25	20.504,09	21.422,45	22.382,31	23.385,38
25% Impuesto a la Renta	4.906,31	5.126,02	5.355,61	5.595,58	5.846,35
UTILIDAD NETA	14.718,94	15.378,07	16.066,84	16.786,73	17.539,04

Elaborado: Autor

De acuerdo a la tabla anterior, durante el año 1 la utilidad neta fue de 14.718.94 dólares, pero se incrementa a 17.539.04 al finalizar el quinto año, lo cual se refleja una tasa de rentabilidad superior al 19% en cinco años, considerando además que luego de implementarse la nueva maquinaria de lavado, la tasa de crecimiento de las botellas lavadas es del 2.0% anual,

Al comparar los beneficios netos que se proponen obtener con y sin la máquina de lavado, ha sido posible elaborar la figura que se visualiza a continuación:

Figura 6. Comparación de beneficios



Elaborado: Autor

De acuerdo como se observa en la figura anterior, se destaca que el año 1, se ha alcanzado una diferencia de beneficios adicionales superior a los 5 mil dólares en el año 1 si se instala el nuevo sistema de lavado de botellas, lo cual representa una diferencia del 68% adicional, mientras que en el año 5 esta diferencia sube a los 7.568 dólares adicionales, lo que representa una tasa de crecimiento del 76% de beneficios adicionales si se implementa la nueva maquinaria hace cinco años antes.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

Se pudo concluir que al implementarse un nuevo sistema automático de lavado el número de botellas se busca que ascienda reconociendo el uso de sensores de pH, controlador lógico programable (PLC), bomba dosificadora de químicos, y pantalla HMI, siendo todos ellos necesarios durante la automatización, considerando un incremento del 29.9% en los niveles de producción. Por lo tanto, al realizar las proyecciones financieras se tiene que los beneficios netos de la compañía podrían superar los 17 mil dólares en el quinto año luego de haberse implementado el nuevo sistema de lavado, cantidad que es superior en un 19% en comparación con el primer año de que se haya instalado el nuevo sistema de lavado de botellas.

Al realizar el diagnóstico de la situación actual en la empresa que forma parte de la presente investigación, se pudo concluir que no dispone de bombas dosificadoras adecuadas ni sensores de pH que se encuentren calibrados adecuadamente, por lo cual, afecta el lavado de botellas de vidrio y con pirograbado de plomo en su superficie, ocasionando así deficiencias críticas en la calidad de la limpieza que se realiza por parte de la compañía., puesto las constantes fallas de los sensores de pH ha ocasionado el deterioro del grabado que se encuentra en las superficies de las botellas, por lo todo ello, ocasiona riesgos de intoxicación tanto para los trabajadores de la compañía e inconformidad con sus clientes.

Dada la problemática que tiene la compañía en el lavado de botellas de vidrio, es necesario y hasta indispensable integrar bombas dosificadoras mediante las cuales se inyectan los elementos químicos requeridos con alta precisión, así como, además, sensores de pH que se encarguen de medir los niveles de acidez de los líquidos previo al

lavado de los envases, reconociendo que estas actividades son indispensables para evitar una posible corrosión del plomo

Recomendaciones:

Es recomendable que se realicen al menos una vez al año, el diagnóstico sobre la logística de todo el sistema de lavado, con la finalidad de que se puedan encontrar nuevas oportunidades para mejorar el proceso operativo, de tal modo que no existan inconvenientes tanto en las bombas de dosificación, sensores de pH y demás herramientas que se utilicen durante el desarrollo de las actividades operativas de la entidad.

Al adquirir las bombas dosificadoras es recomendable que sean de un material de polivinilideno o de un acero inoxidable 316, con la finalidad puedan resistir a químicos corrosivos afectados por el exceso de NaOH o ácido peracético, pues es preponderante identificar las cantidades exactas de todos estos químicos previo al lavado de las botellas, sin que todo ello pueda afectar al pirograbado de plomo localizada en la superficie de los envases.

Es importante que al adquirir los materiales químicos previo al lavado de los envases, es recomendable y hasta indispensable identificar a proveedores altamente confiables que puedan proveer de todos estos componentes, pues es necesario que las empresas o compañías que deseen formar parte de la organización se encuentren totalmente legalizados tanto en la Superintendencia de Compañías y municipio que corresponda dentro del territorio nacional, añadiendo además que de ser necesario, se deberá solicitar el certificado del ARCSA (Agencia de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria) actualizado, considerando las respectivas advertencias que se hayan otorgado para todos los proveedores de materiales químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuerdo Ministerial No. MDT - 0115. (19 de agosto de 2017). *Acuerdo 0115-2017 Refórmese El Acuerdo Ministerial No. 00001704 De 24 De Agosto De 2012*. Obtenido de Ministerio de Trabajo: <https://vlex.ec/vid/0115-2017-reformese-acuerdo-693406873>

Alama, W. (2022). *Control automático de procesos: Innovando los procesos productivos*. Piura - Perú: Universidad de Piura.

Bibliografía

Acuerdo Ministerial No. MDT - 0115. (19 de agosto de 2017). *Acuerdo 0115-2017 Refórmese El Acuerdo Ministerial No. 00001704 De 24 De Agosto De 2012*. Obtenido de Ministerio de Trabajo: <https://vlex.ec/vid/0115-2017-reformese-acuerdo-693406873>

Alama, W. (2022). *Control automático de procesos: Innovando los procesos productivos*. Piura - Perú: Universidad de Piura.

ARCSA. (06 de noviembre de 2023). *Alerta sobre productos contaminados por altos niveles de plomo* . Obtenido de Agencia Nacional de Control y Vigilancia Sanitaria: <https://www.controlsanitario.gob.ec/arcsa-alerta-sobre-productos-contaminados-por-altos-niveles-de-plomo-actualizacion-de-alerta-emitada-el-06-11-2023/>

Banco Central del Ecuador. (30 de diciembre de 2024). *Resultados al IV Trimestre* . Obtenido de Informe de Resultados de Cuentas Nacionales Trimestrales: La industria de refrescos en América Latina - Datos estadísticos

Biagi, L. (10 de septiembre de 2024). *La industria de refrescos en América Latina - Datos estadísticos*. Obtenido de Bienes de consumo: América Central y del Sur: <https://es.statista.com/temas/9133/el-sector-de-los-refrescos-en-america-latina/>

BSI. (2025). *BSI*. Obtenido de *cleaning-and-sanitizing-in-the-brewery*: <https://brewingscience.com/cleaning-and-sanitizing-in-the-brewery/>

CDC. (27 de noviembre de 2017). *Centers for Disease Control and Prevention*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/disinfection-sterilization/peracetic-acid-sterilization.html>

Centers for Disease Control and Prevention. (s.f.). *Peracetic acid sterilization*. Obtenido de https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/disinfection-sterilization/peracetic-acid-sterilization.html?utm_source=chatgpt.com

Chuisaca, E., Ayerve, N., Izquierdo, I., Guerrero, S., Villavicencio, J., Subía, S., & Pilaquinga, F. (06 de junio de 2024). Niveles de Contaminación de los Metales Pb, Hg, Ai, Cd y As en Alimentos en Ecuador. *Dialnet: Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. Quito, Ecuador: Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Ambientales.

Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) - Revisión 4. (20 de noviembre de 2019). Obtenido de Naciones Unidas: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales - División de Estadística: https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_4rev4s.pdf

De la Cruz, L., & Villamar, E. (19 de diciembre de 2021). *Parametrización del controlador de flujo para disminuir el consumo de desinfectante en el lavado de garrafrones*. Obtenido de Scielo: Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU): http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-76972019000200034

Ecolab . (18 de Octubre de 2019). *Ecolab*. Obtenido de Ecolab Inc.: https://assets.pim.ecolab.com/media/Original/10000/984484-12_Tsunami%20100_Catalog%20Sheet%20%28US-EPA%29.pdf?utm_source=chatgpt.com

Fonseca, A. i. (19 de noviembre de 2021). *Enfermedades por exposición ocupacional a plomo: revisión sistemática exploratoria de la evidencia cualitativa y cuantitativa*. Obtenido de Scielo: Revista San Gregorio: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2528-79072021000400195

Gusain, P. (10 de marzo de 2025). *Mercado mundial de bebidas alcohólicas: tendencias de la industria y pronóstico hasta 2031*. Obtenido de Data Bridge Market Research: <https://www.databridgemarketresearch.com/es/reports/global-alcoholic-beverages->

market?srsId=AfmBOorT0Ht04SMjIx1yqopuznRnROTj4X1AkdW4YY-
1gzmzca9p9f7O

Hernández, J. M., Mendoza, J. L., & González, O. F. (04 de agosto de 2023). *Viabilidad del uso de vidrio recuperado en la producción de cerámica. Una propuesta orientada por la ecoeficiencia, la economía circular y la sustentabilidad*.

Obtenido de Scielo: Revista de ciencias tecnológicas:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-19252022000200102

Hydrite Chemical Co. (2025). *Hydrite*. Obtenido de https://www.hydrite.com/Hydrite-Blog/Required-Caustic-Concentrations.htm?dataid=5849&utm_source=chatgpt.com

INEC. (16 de junio de 2012). *Clasificación Nacional de Actividades Económicas CIIU 4.0*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf>

Ley de Gestión Ambiental. (10 de septiembre de 2014). Obtenido de Codificación 19 Registro Oficial Suplemento 418: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

OMS. (27 de septiembre de 2024). *Intoxicación por plomo*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

OMS. (27 de septiembre de 2024). *Seguridad química: intoxicación por plomo*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: Acceso - Centro de Prensa: <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/chemical-safety-lead-poisoning>

Paneque, A., Díaz, M., & López, N. (17 de abril de 2023). *Naturaleza química del vidrio y su impacto en la sociedad*. Obtenido de Scielo: Revista Cubana de Química: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212023000100105

Quero, P. C., Zorrilla, M., Morales, S., & Rodríguez, M. (09 de enero de 2020). *Determinación de la contaminación por metales pesados en suelos aledaños a la empresa electroquímica de Sagua*. Obtenido de Scielo: Centro Azúcar:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612017000300006

Rivera, K., & Pernía, B. (17 de noviembre de 2021). *Determinación de los niveles de plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías ubicadas en Guayaquil-Ecuador*. Obtenido de Redalyc: Revista UTE: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572266265001/html/>

Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (18 de junio de 2024). *Portal de Información*. Obtenido de Consulta de Compañías: <https://appscvsgen.supercias.gob.ec/consultaCompanias/societario/busquedaCompanias.jsf>

ARCOSA. (06 de noviembre de 2023). *Alerta sobre productos contaminados por altos niveles de plomo*. Obtenido de Agencia Nacional de Control y Vigilancia Sanitaria: <https://www.controlsanitario.gob.ec/arcsa-alerta-sobre-productos-contaminados-por-altos-niveles-de-plomo-actualizacion-de-alerta-emitida-el-06-11-2023/>

Banco Central del Ecuador. (30 de diciembre de 2024). *Resultados al IV Trimestre*. Obtenido de Informe de Resultados de Cuentas Nacionales Trimestrales: La industria de refrescos en América Latina - Datos estadísticos

Biagi, L. (10 de septiembre de 2024). *La industria de refrescos en América Latina - Datos estadísticos*. Obtenido de Bienes de consumo: América Central y del Sur: <https://es.statista.com/temas/9133/el-sector-de-los-refrescos-en-america-latina/>

Chuisaca, E., Ayerve, N., Izquierdo, I., Guerrero, S., Villavicencio, J., Subía, S., & Pilaquina, F. (06 de junio de 2024). Niveles de Contaminación de los Metales Pb, Hg, Ai, Cd y As en Alimentos en Ecuador. *Dialnet: Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. Quito, Ecuador: Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Ambientales.

Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) - Revisión 4. (20 de noviembre de 2019). Obtenido de Naciones Unidas:

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales - División de Estadística:
https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_4rev4s.pdf

De la Cruz, L., & Villamar, E. (19 de diciembre de 2021). *Parametrización del controlador de flujo para disminuir el consumo de desinfectante en el lavado de garrafrones*. Obtenido de Scielo: Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU): http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-76972019000200034

Fonseca, A. i. (19 de noviembre de 2021). *Enfermedades por exposición ocupacional a plomo: revisión sistemática exploratoria de la evidencia cualitativa y cuantitativa*. Obtenido de Scielo: Revista San Gregorio:
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2528-79072021000400195

Gusain, P. (10 de marzo de 2025). *Mercado mundial de bebidas alcohólicas: tendencias de la industria y pronóstico hasta 2031*. Obtenido de Data Bridge Market Research: <https://www.databridgemarketresearch.com/es/reports/global-alcoholic-beverages-market?srsId=AfmBOorT0Ht04SMjIx1yqopuznRnROTj4X1AkdW4YY-1gzmzca9p9f7O>

Hernández, J. M., Mendoza, j. L., & González, O. F. (04 de agosto de 2023). *Viabilidad del uso de vidrio recuperado en la producción de cerámica. Una propuesta orientada por la ecoeficiencia, la economía circular y la sustentabilidad*. Obtenido de Scielo: Revista de ciencias tecnológicas:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-19252022000200102

INEC. (16 de junio de 2012). *Clasificación Nacional de Actividades Económicas CIIU 4.0*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos:
<https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf>

Ley de Gestión Ambiental. (10 de septiembre de 2014). Obtenido de Codificación 19 Registro Oficial Suplemento 418: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

- OMS. (27 de septiembre de 2024). *Intoxicación por plomo*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- OMS. (27 de septiembre de 2024). *Seguridad química: intoxicación por plomo*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: Acceso - Centro de Prensa: <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/chemical-safety-lead-poisoning>
- Paneque, A., Díaz, M., & López, N. (17 de abril de 2023). *Naturaleza química del vidrio y su impacto en la sociedad*. Obtenido de Scielo: Revista Cubana de Química: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212023000100105
- Quero, P. C., Zorrilla, M., Morales, S., & Rodríguez, M. (09 de enero de 2020). *Determinación de la contaminación por metales pesados en suelos aledaños a la empresa electroquímica de Sagua*. Obtenido de Scielo: Centro Azúcar: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612017000300006
- Rivera, K., & Pernía, B. (17 de noviembre de 2021). *Determinación de los niveles de plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías ubicadas en Guayaquil-Ecuador*. Obtenido de Redalyc: Revista UTE: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572266265001/html/>
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (18 de junio de 2024). *Portal de Información*. Obtenido de Consulta de Compañías: <https://appscvsgen.supercias.gob.ec/consultaCompanias/societario/busquedaCompanias.jsf>

Anexos:

Anexo 1. Sistema ECOLAB

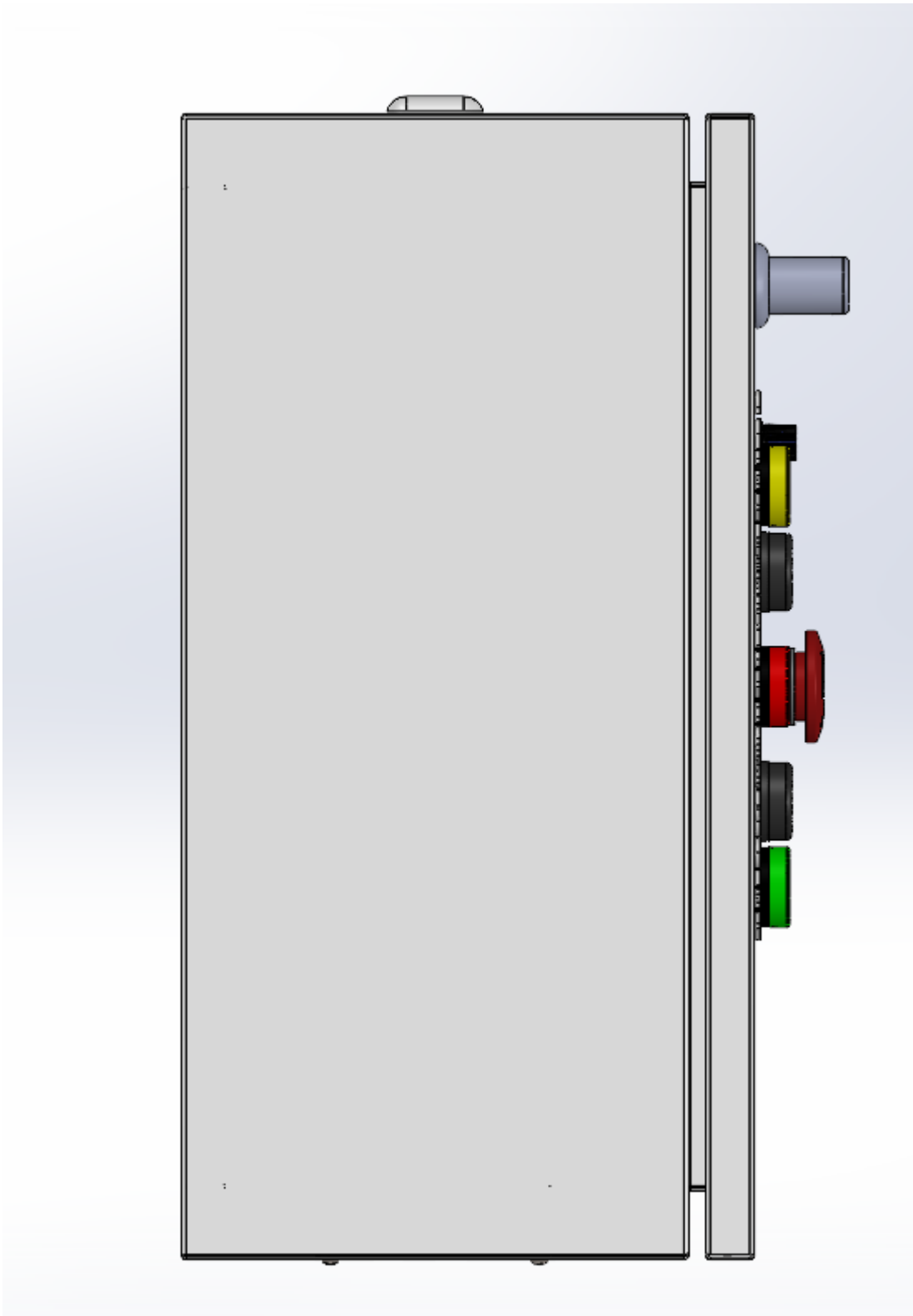
ECOLAB®

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	GABINETE ECOLAB PRINCIPAL		1
2	GABINETE DE CONEXIONES		1
3	base de gabinete		1
4	BASTIDOR DE SOPORTE ACERO INOX		2

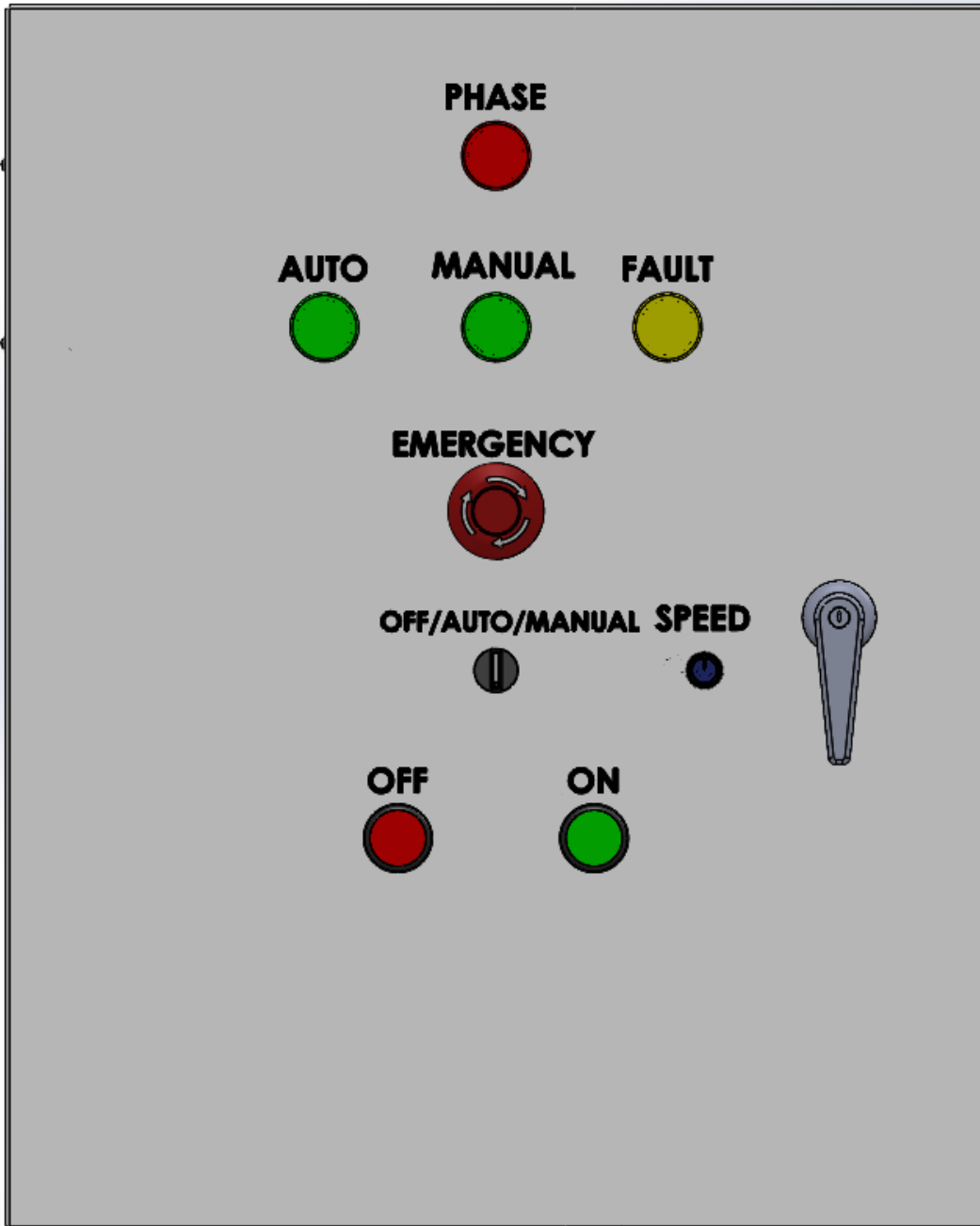
nombre: dirección: ciudad: provincia: código postal:		fecha: institución: curso:	grupo: ECOLAB® nº de control: sistema de dosificación automática con gabinete de control
nombre: dirección: ciudad: provincia: código postal:		fecha: institución: curso:	grupo: A3

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

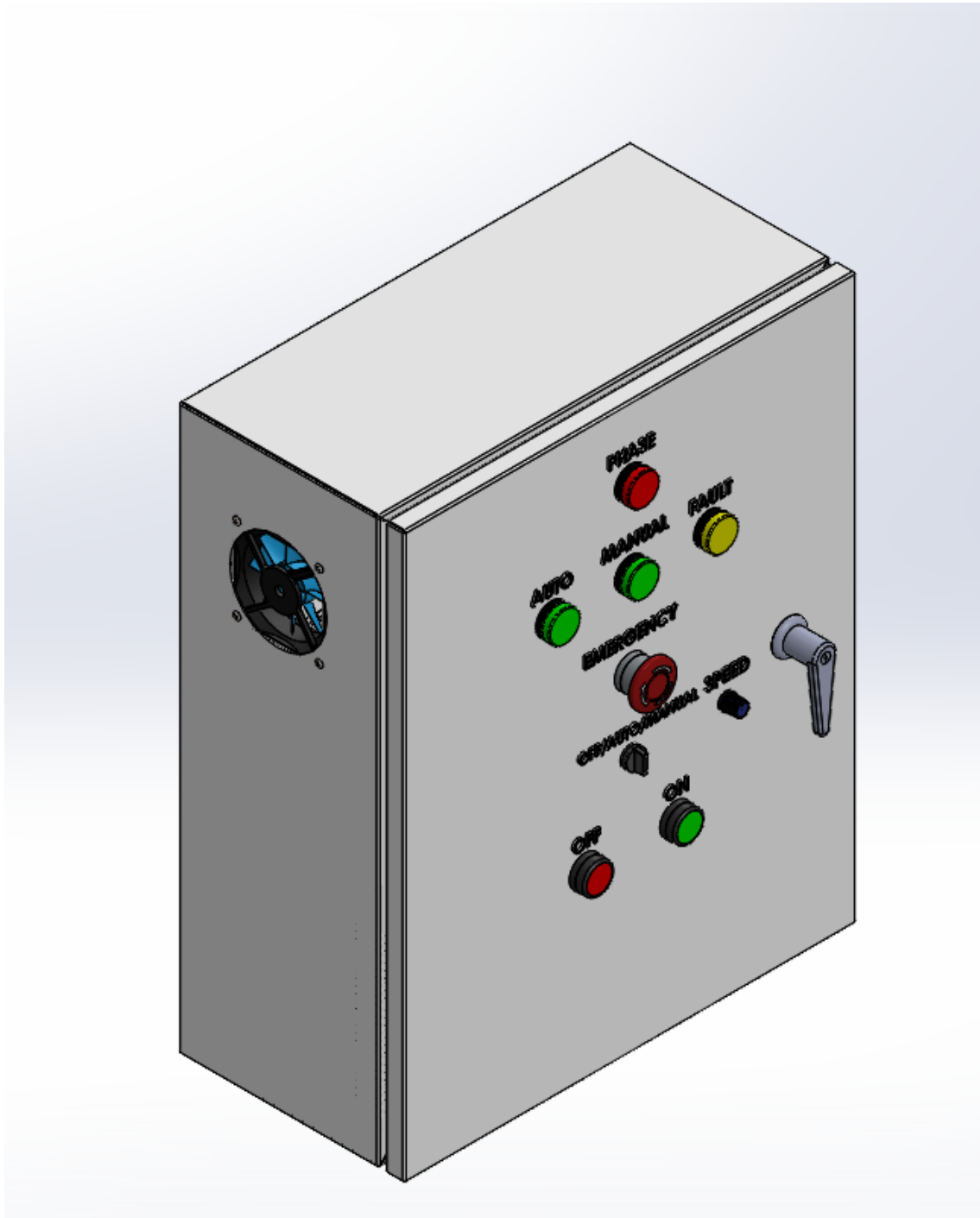
Anexo 2. Control gabinete PLC Top



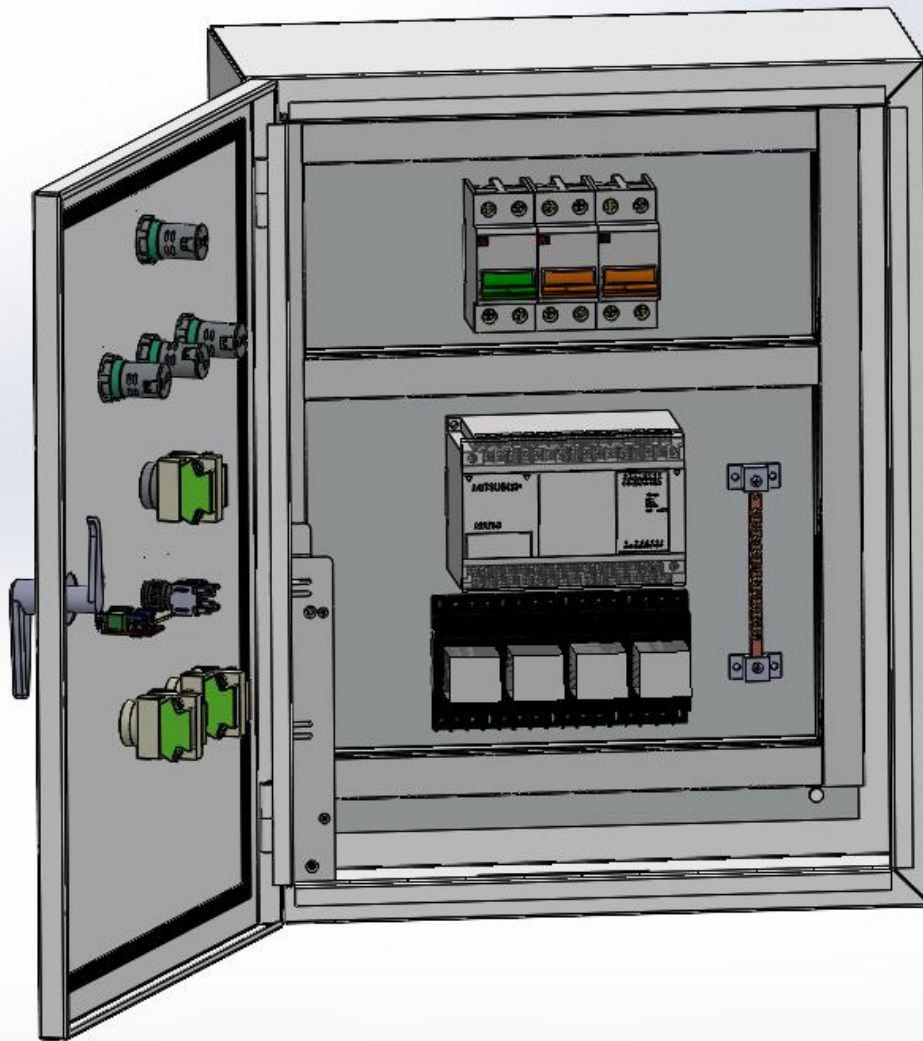
Anexo 3. Control gabinete PLC Font



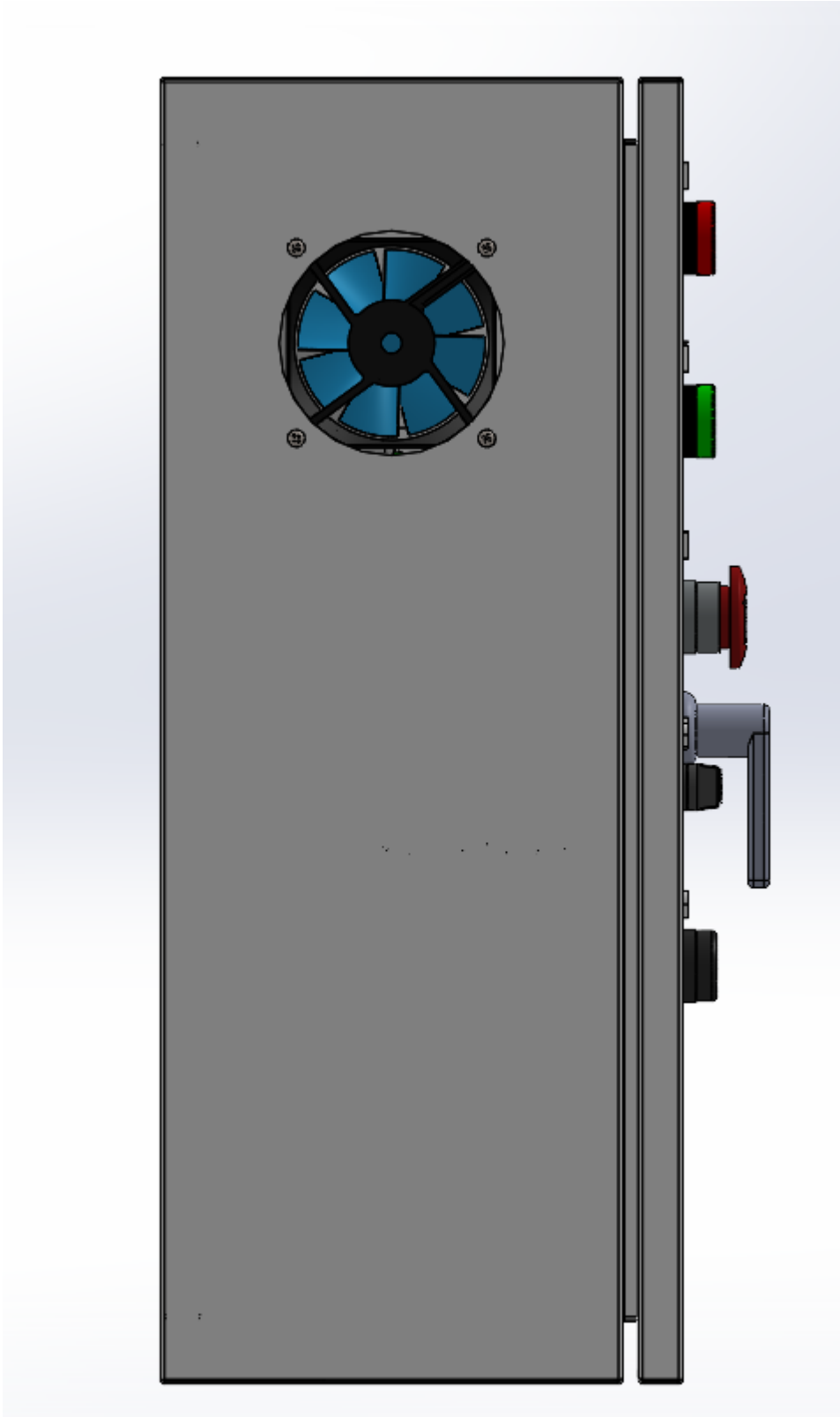
Anexo 4. Control gabinete PLC Isometric



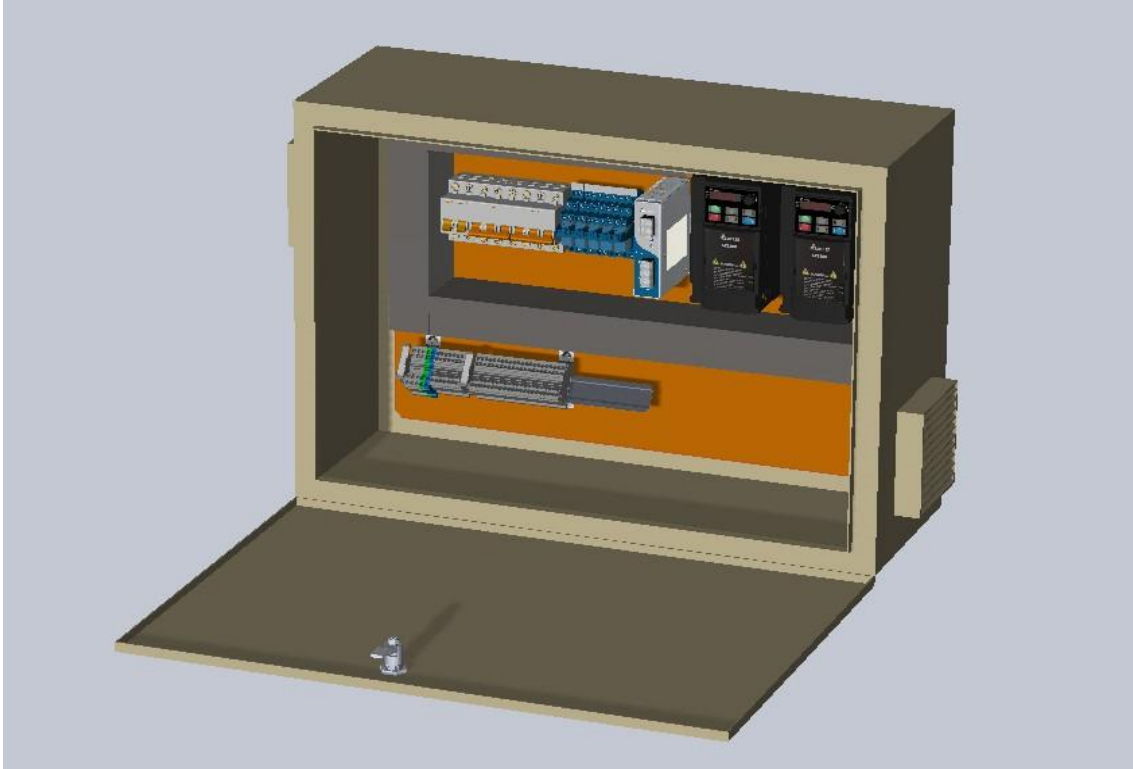
Anexo 5. Control gabinete PLC Layout



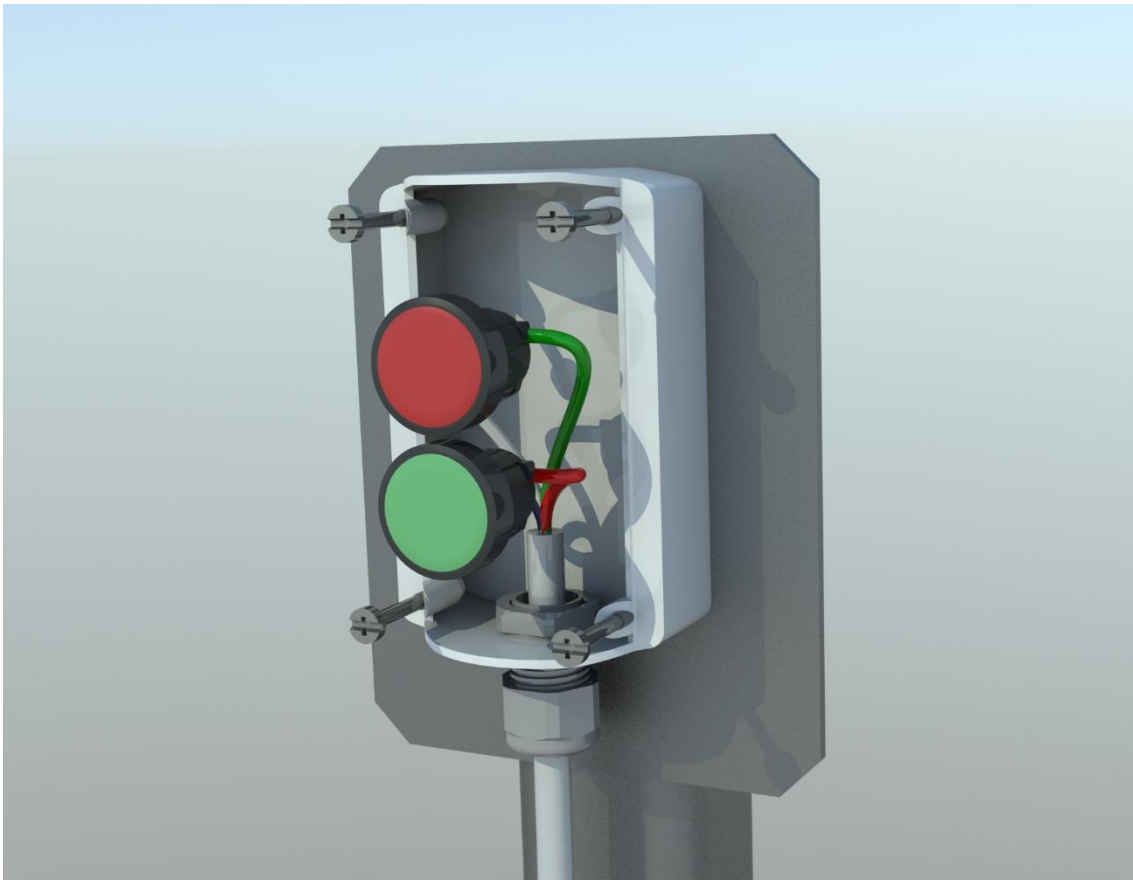
Anexo 6. Control gabinete PLC Right



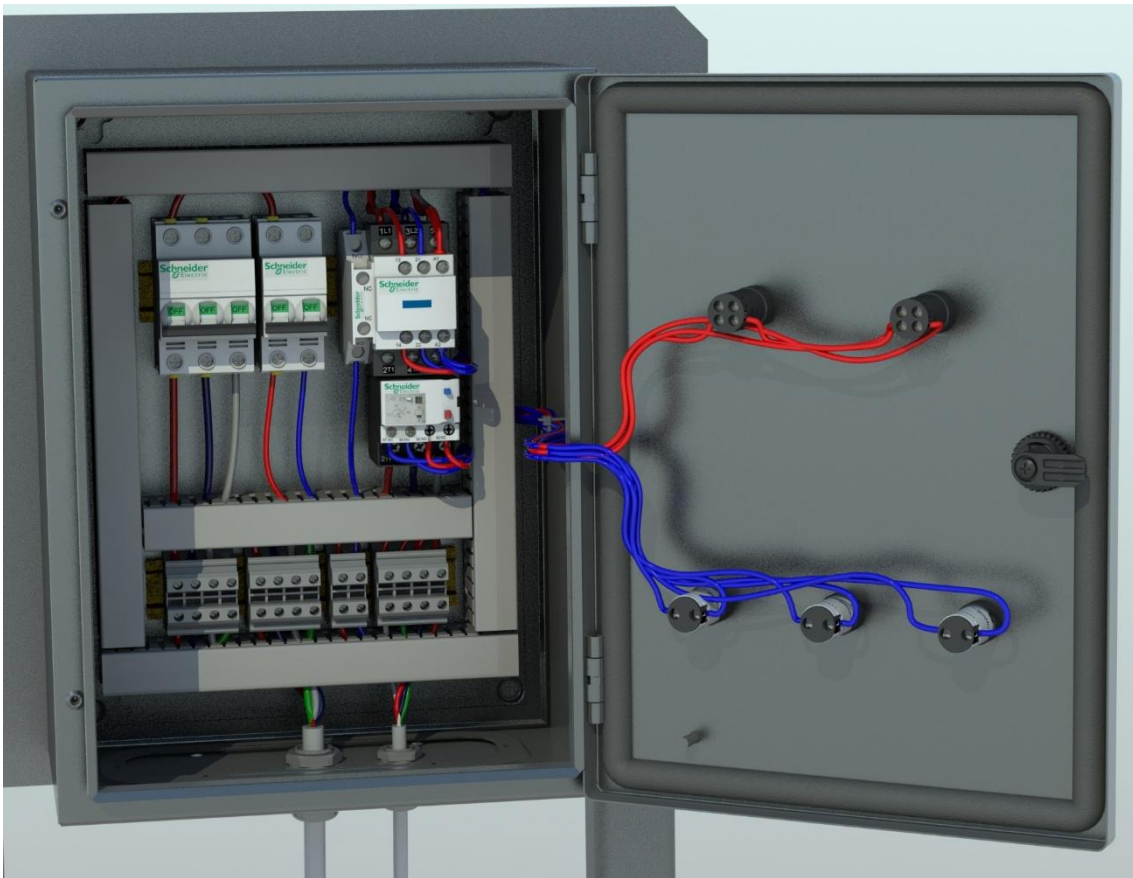
Anexo 7. Gabinete de conexiones panel de comando



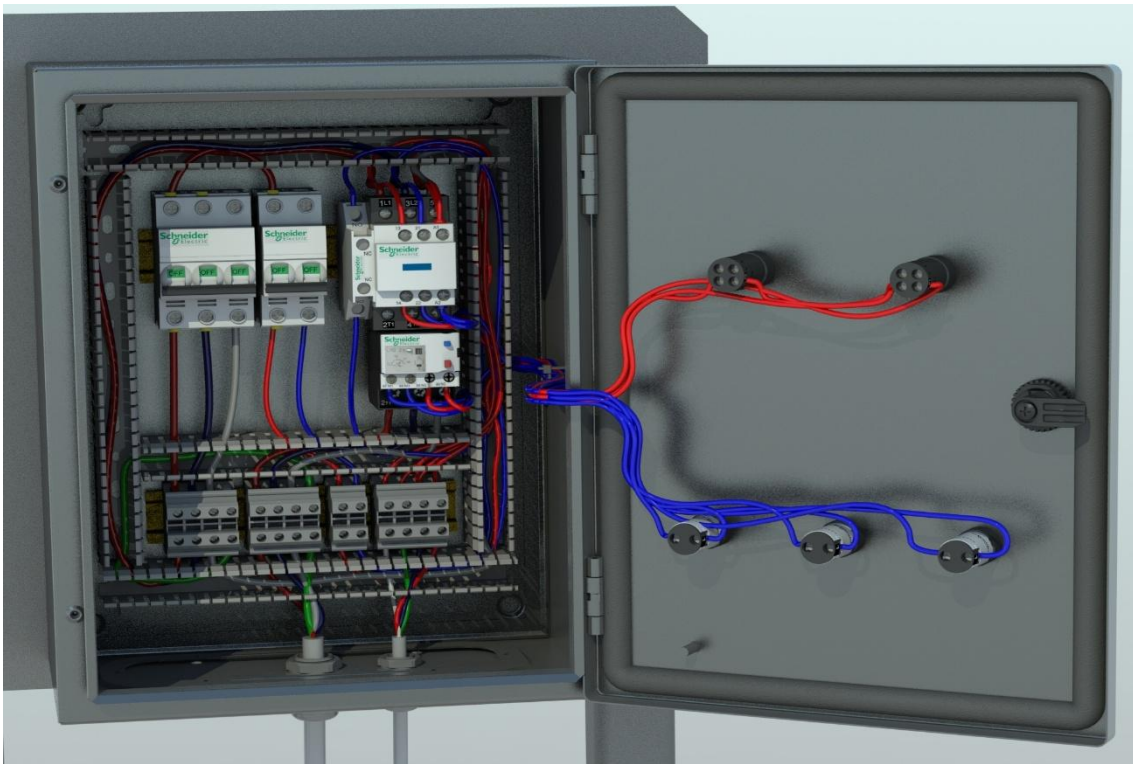
Anexo 8. Gabinete de control botonera remota



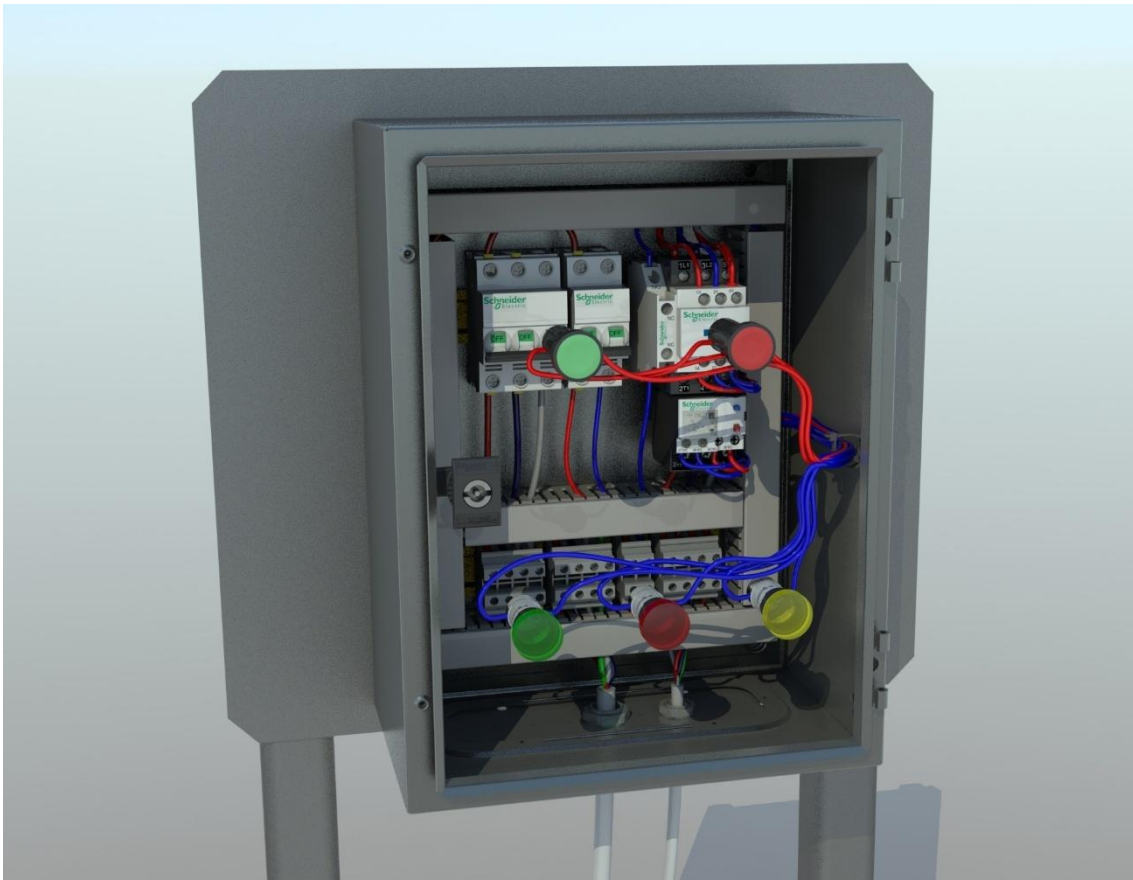
Anexo 9. Gabinete de control caja abierta



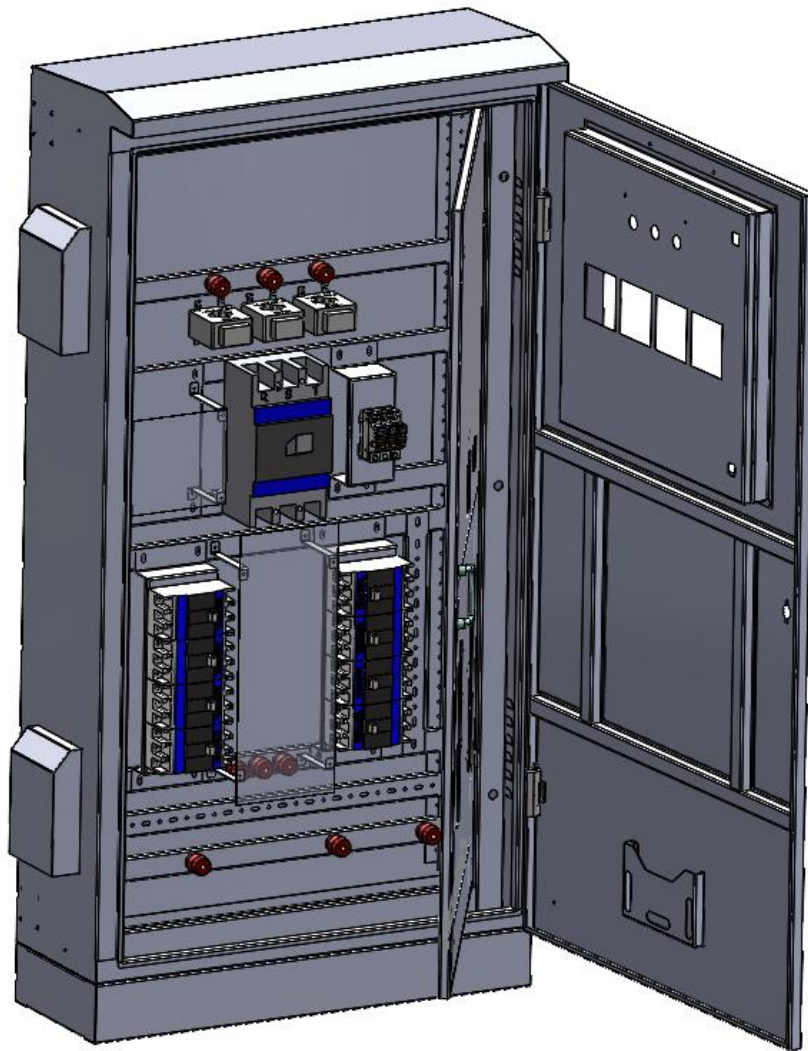
Anexo 10. Gabinete de control caja abierta sin tapa de canaletas



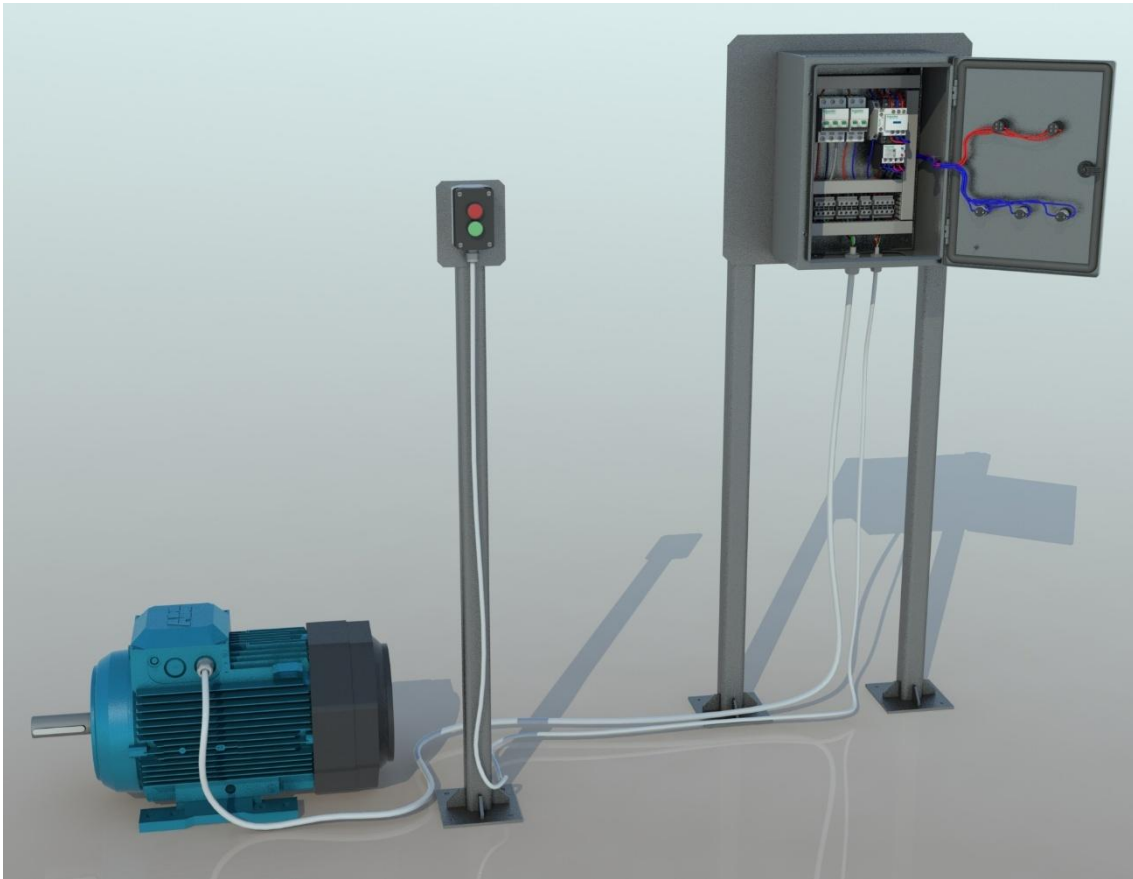
Anexo 11. Gabinete de control caja cerrada sin tapa



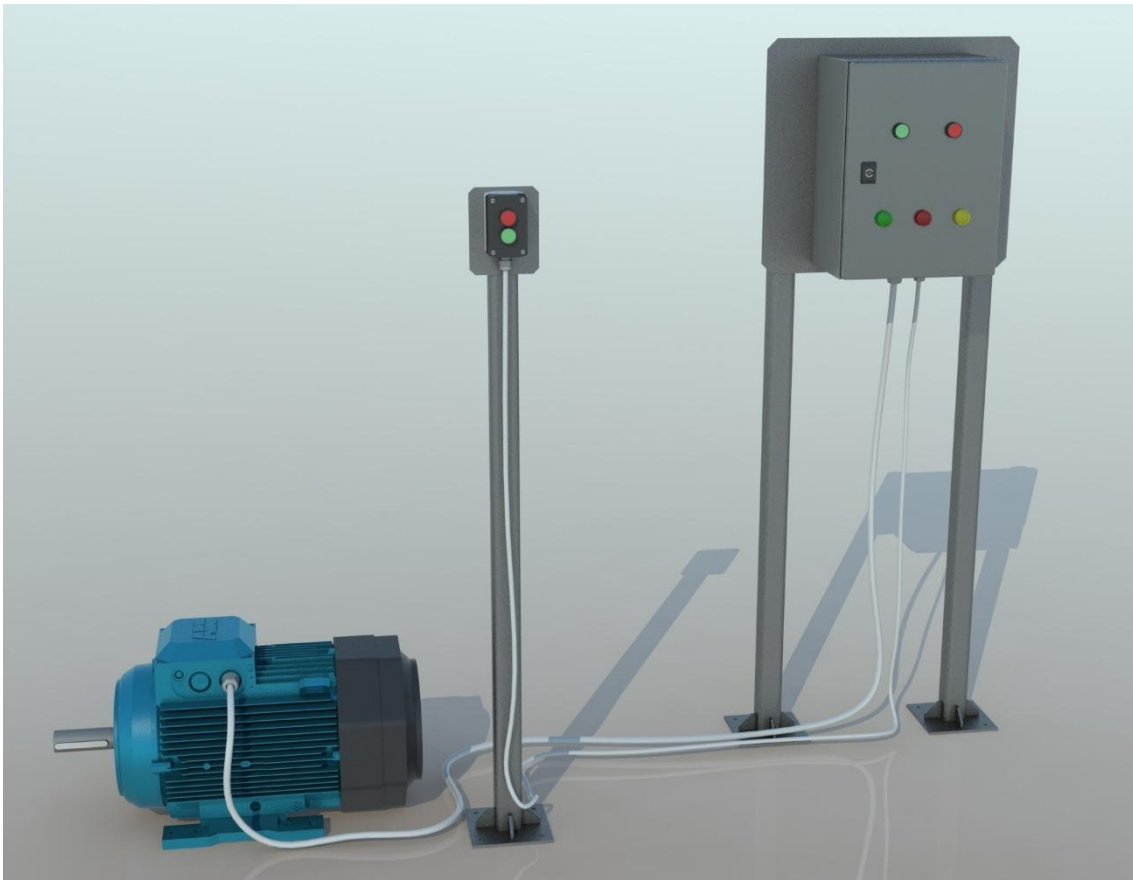
Anexo 12. Gabinete de control de bombas



Anexo 13. Gabinete de control montaje caja abierta



Anexo 14. Gabinete de control montaje cada cerrada



Anexo 15. Aprobación abstract del departamento de idiomas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR: CEDEÑO MACHUCA SANTIAGO JAVIER

TUTOR: MSc. IZA LLUMIGUSIN CHRISTIAN

ABSTRACT

AUTOMATION FOR THE DOSING OF CHEMICAL PRODUCTS IN GLASS BOTTLES WASHER.

The objective of this research project is to design an automated electrical control system for the dosing of chemical products with the intention of strengthening the efficiency, safety and quality of the process of washing glass bottles with lead pyrography in a beverage company in Ecuador. Therefore, as a study methodology, observation has been established through which the stages of the process of washing bottles with lead pyrography are recognized, so that, based on this, a Pareto diagram has been developed with the intention of finding the failures that weaken the processing system. The results obtained show that specific chemical components that prevent lead corrosion are recommended for cleaning glass bottles. These elements are sodium hydroxide (NaHO), peracetic acid (CH₃CO₃H), and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA). When mixed together, these substances create a solution that is ideal for washing glass bottles. Materials such as spray nozzles, conveyor belts, carbon filters, and stainless steel tanks are necessary during the washing process, which begins with the initial spraying to remove debris and ends with the separation of defective bottles. Taking into account that the stages of the process are given by Pre-wash, Initial Rinse, Wash, Disinfection and Final Rinse, considering that it is intended to wash around 111 thousand bottles annually within a proposed scenario, whose investment will be \$20,420.00 dollars for the implementation of the new washing system.

KEYWORDS:

corrosion, efficiency, pyrography process, processing system.

