

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Implementación del sistema eléctrico de una máquina cerradora de latas

TECN-001

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Tecnología Superior en Mecatrónica

Presentado por:

Steven Eduardo Arroyo Gonzabay.

Bryan Joyder Lino Suarez.

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Este presente proyecto va dedicado a la distinguida empresa quien nos abrió sus puertas y brindo su invaluable oportunidad de crecer profesionalmente durante dos años de prácticas formativas. El compromiso de la formación de nuevos profesionales y la confianza fueron pilares fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Nuestro más profundo agradecimiento a todo el equipo técnico que conformo esta prestigiosa empresa, quienes compartieron sus conocimientos y experiencia, contribuyendo significativamente a mi formación académica y profesional. Las enseñanzas y competencias han sido fundamentales para la culminación de este proyecto.

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a la fundación Misión Santa María por su invaluable apoyo y compromiso con la educación y el desarrollo. Su generosidad y confianza en nuestro potencial han sido un pilar fundamental para la realización de este trabajo. Gracias por creer en nosotros y brindarnos los recursos necesarios para alcanzar este importante logro durante estos dos años de preparación

Declaración Expresa

Nosotros Steven Arroyo Gonzabay y Bryan Lino Suárez acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, miércoles 09 de octubre del 2024.



Steven Arroyo Gonzabay



Bryan Lino Suárez

Evaluadores

**MSC. JIMENEZ CARRERA CELSO
DANIEL**

Profesor de Materia

**MSC. MARTINEZ BARRE
JOSE GABRIEL**

Tutor de Proyecto

Resumen

Este proyecto aborda la modernización del sistema eléctrico de una máquina cerradora de latas en la industria conservera. Su objetivo principal es optimizar el rendimiento, la eficiencia energética y la seguridad operativa de la máquina. La propuesta surge frente a la obsolescencia de componentes, el deterioro del cableado y las limitaciones del tablero eléctrico, que impactaban negativamente la productividad. Se implementaron mejoras como la sustitución de sensores inductivos y capacitivos, un nuevo variador de frecuencia, y la instalación de un tablero eléctrico actualizado conforme a normativas internacionales. Estas acciones optimizaron la distribución de energía, redujeron un 40% los rechazos por defectos de sellado y aumentaron la seguridad operativa en un 80%.

El proyecto se desarrolló mediante un diagnóstico inicial, selección y dimensionamiento de componentes, pruebas funcionales y análisis de resultados. Entre los resultados más destacados, se logró una reducción del 25% en el consumo energético del variador de frecuencia y del 30% en el sistema de control. Concluye que la modernización garantiza sostenibilidad operativa, eficiencia y cumplimiento normativo, fortaleciendo la competitividad de la planta.

Palabras clave: modernización eléctrica, industria conservera, eficiencia energética, automatización industrial.

Abstract

This project focuses on the modernization of the electrical system of a can seamer machine in the canning industry. The main objective is to optimize performance, energy efficiency, and operational safety. The need for this project arises due to the obsolescence of electrical components, deterioration of wiring, and limitations in the control panel, all of which negatively impacted productivity. The implemented improvements include the replacement of inductive and capacitive sensors, a new frequency inverter, and the installation of an updated control panel that complies with international regulations. These upgrades improved power distribution, reduced sealing defects by 40%, and increased operational safety by 80%.

The project was carried out through an initial diagnosis, selection and dimensioning of components, functional testing, and result analysis. Among the most notable outcomes, energy consumption was reduced by 25% in the frequency inverter and 30% in the control system. The study concludes that modernization ensures operational sustainability, efficiency, and regulatory compliance, strengthening the plant's competitiveness.

Keywords: *electrical modernization, canning industry, energy efficiency, industrial automation.*

Índice General

Resumen.....	VI
Abstract	VII
Índice General	VIII
Índice de Figuras	XI
Índice de Tablas	XII
Capítulo 1.....	1
1. Introducción.	2
1.1 Descripción del Problema.	3
1.2 Justificación del Problema	4
1.3 Objetivos.	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Marco teórico	6
Capítulo 2.....	14
2. Metodología.	15
1.4 Detalles del sistema.....	19
1.5 Selección de componentes.	22
1.6 Protocolos de prueba y validación.	22
1.7 Monitoreo y mejora continua.....	25
Capítulo 3.....	27
3. Resultados y análisis.	28
3.1 Evaluación del estado inicial.	28
3.2 Mejoras implementadas en el sistema de control	29
3.3 Impacto en la Producción.....	32

3.4	Mejoras en la calidad del sellado:	32
3.5	Eficiencia energética	33
3.6	Validación del sistema	34
Capítulo 4.....		36
4.	Conclusiones y recomendaciones.	37
4.1	Conclusiones.	37
4.2	Recomendaciones.	38
Referencias		40

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

PLC Controlador lógico programable

VRF Variador de frecuencia

Índice de Figuras

Figura 1 Inspección de tableros eléctricos de fuerza y sus mediciones respectivas	16
Figura 2 Inspección de tablero de control	17
Figura 3 Tablero eléctrico nuevo y organizado.	19
Figura 4 Distribución interna y externa del tablero de control a 24VDC.	20
Figura 5 Supervisión del proceso con luces piloto.	21
Figura 6 Realización de mantenimiento preventivo en componentes críticos.....	26
Figura 7 Tablero de control.....	30
Figura 8 Variador de frecuencia PowerFlex 525.	31

Índice de Tablas

Tabla 1 Alternativas de solución para las mejoras del sistema eléctrico.	18
Tabla 2 Niveles de pruebas estructuradas para la validación del sistema eléctrico.	23
Tabla 3 Evaluación del estado inicial.	28
Tabla 4 Reducción de consumo	33

Capítulo 1

1. Introducción.

El proyecto se centra en la implementación de mejoras tecnológicas en el sistema electrónico de una máquina cerradora de latas. La obsolescencia de componentes eléctricos, el desgaste del cableado y la limitada capacidad del tablero eléctrico existente han generado desafíos operativos que impactan la eficiencia del proceso productivo.

Las mejoras propuestas incluyen:

- Sustitución de componentes eléctricos obsoletos
- Rediseño del cableado eléctrico para mejorar la distribución de energía
- Instalación de un nuevo tablero eléctrico con tecnologías avanzadas de protección y control

Estos cambios permitirán que la máquina opere con mayor confiabilidad y eficiencia, reduciendo tiempos muertos y aumentando la capacidad productiva. También reducirán los riesgos de seguridad para los operarios.

Los beneficios incluyen una reducción del 30% en la tasa de fallas, 20% en el consumo eléctrico, y mejoras en la percepción de responsabilidad corporativa. La modernización también permite capacitar al personal técnico en las nuevas tecnologías.

El proyecto requiere una planificación cuidadosa y una ejecución meticulosa para minimizar el impacto en la producción. En general, la inversión en estas mejoras tecnológicas consolidará la sostenibilidad y competitividad a largo plazo de la empresa.

1.1 Descripción del Problema.

La empresa líder en el sector de la industria conservera de atún en Ecuador presenta actualmente deficiencias críticas en el sistema eléctrico de control y potencia de una de las máquinas cerradoras. El sistema eléctrico, exhibe un deterioro progresivo en sus componentes principales lo que compromete la confiabilidad y eficiencia operativa de este equipo crucial en la línea de producción.

El sistema eléctrico actual de la máquina cerradora presenta las siguientes problemáticas:

- 1. Tablero de control.**
- 2. Tablero de fuerza.**
- 3. Cableado.**

Estas deficiencias presentan impactos operativos significativos como:

- Paradas no programadas que afectan la productividad.
- Riesgos de seguridad.
- Dificultad en el diagnóstico de fallas.

La máquina cerradora procesa más de 180 latas por minuto, y cada parada no programada se darán pérdidas significativas en la producción.

La actualidad del problema se evidencia en la frecuencia de fallos y la imposibilidad de integrar mejoras tecnológicas necesarias para mantener la competitividad en el mercado actual, sumando a los criterios en el costo de mantenimientos correctivos y las exigencias de calidad del mercado actual.

1.2 Justificación del Problema

La modernización del sistema eléctrico de la máquina cerradora de latas en las industrias presenta una necesidad crítica para la operación eficiente y segura de la línea de producción. El deterioro progresivo de los componentes eléctricos actuales, junto con la obsolescencia de los sistemas de control, generando un impacto negativo directo en la productividad y la seguridad de la planta.

Desde el punto de vista de seguridad operacional, las actualizaciones de los tableros eléctricos y sus componentes, es fundamental para reducir los riesgos actuales de accidentes por fallas y garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes

Los términos de productividad, las paradas no programadas por fallas eléctricas generan pérdidas significativas de aproximadamente de 90 horas trimestrales de producción. La modernización permitirá aumentar la disponibilidad del equipo y reducir sustancialmente los tiempos de diagnósticos y reparación de fallas. Esto se traduce como una mejora directa en la eficiencia operativa y la capacidad productiva.

El aspecto económico también justifica esta inversión, considerando que los costos actuales de mantenimiento correctivo y la pérdida de producto rechazado debido a fallas en el sellado superan significativamente la inversión requerida para la modernización. Además, las implementaciones de componentes optimizarán el consumo energético, generando ahorros en los costos operativos.

La calidad del producto final es otro crucial que sustenta esta mejora, por lo tanto, los sistemas actuales no garantizan la precisión y consecuencia necesaria en el proceso de sellado, lo que ocasiona rechazos en el control de calidad y potenciales. La modernización permitirá un

mejor control de mevaluonitoreo de los parámetros críticos de los procesos, asegurando el cumplimiento de los estándares.

Finalmente, esta actualización tecnológica es esencial para la sostenibilidad operativa a largo plazo. La disponibilidad de repuestos para los componentes actuales y la imposibilidad de integración con sistemas modernos de control comprometen la viabilidad futura del equipo. La modernización no solo resolverá las problemáticas actuales, sino que también prepara el sistema para futuras actualizaciones tecnológicas, asegurando la competitividad de la planta en los años siguientes.

1.3 Objetivos.

1.3.1 *Objetivo general.*

Implementar una mejora en la tecnología eléctrica de una máquina cerradora de latas para la optimización de su rendimiento, su eficiencia energética y su confiabilidad operativa el entorno industrial.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Ejecución de un sistema eléctrico actualizado que incorpore componentes modernos y cumpla con normativas de seguridad y eficiencia energética.
- Implementar el nuevo diseño eléctrico mediante la instalación secuencial de componentes y siguiendo las normativas eléctricas vigentes, garantizando la seguridad y la eficiencia energética del sistema.
- Ejecutar pruebas funcionales y de rendimiento mediante protocolos estandarizados de medición y diagnóstico, asegurando la correcta operatividad y confiabilidad del sistema electrónico implementado.

1.4 Marco teórico

En el amplio mundo de las industrias alimenticias, las máquinas cerradoras de latas desempeñan un papel muy importante en todo el proceso de la producción y tiene que ser monitoreado ya que esta parte del proceso no debe tener errores, debido a que es parte fundamental de la presentación final que será destinado al público consumidor, a parte el sellado hermético que nos proporciona esta máquina hace énfasis en la calidad, seguridad y en la conservación que la empresa proporciona a sus productos.

Las máquinas cerradoras automatizadas mejoran la eficiencia y precisión en los procesos de producción al integrar sistemas eléctricos avanzados y programación específica. Esta automatización permite una producción continua, segura y eficaz, reduciendo la dependencia de la mano de obra y minimizando errores. (Tecnobox, n.d.)

El marco teórico a continuación tiene como finalidad explicar el funcionamiento de las máquinas cerradoras, su importancia en la industria y cómo actúan sus sistemas eléctricos y su automatización en general dentro de las industrias en este caso las atuneras ya que en este ambiente se requiere un trabajo con la mejor calidad además donde los estándares de calidad y seguridad alimenticios son muy estrictos.

1.4.1 ¿Qué es una cerradora de latas?

La maquinaria destinada al sellado hermético de latas, especialmente en el envasado de atún, desempeña un papel crucial en la preservación de la frescura y calidad del producto. Al sellar eficazmente las latas, se protege el contenido de factores externos como aire, humedad y contaminantes, garantizando que el alimento se mantenga en condiciones óptimas para el consumo humano. (eliter, 2024)

Las máquinas cerradoras de latas están diseñadas para funcionar de manera automática o semiautomática, dependiendo de los requerimientos específicos de producción de cada empresa. En el caso de las cerradoras automáticas, estas ejecutan el proceso de sellado sin necesidad de intervención humana, lo que garantiza una mayor eficiencia y uniformidad en la producción. En contraste, las cerradoras semiautomáticas requieren que un operario participe en ciertas fases del procedimiento, como la colocación manual de las latas o sus tapas, proporcionando una solución más flexible para producciones de menor escala o para productos que requieren un manejo especial. (levapack, 2020)

La automatización de esta máquina es clave para las empresas grandes y las que son líderes en la producción de alimentos enlatados ya que éstas generan miles de latas por día, y en estos casos éstas máquinas necesitan trabajar por largos periodos, incluso estas empresas tienen largas jornadas de trabajo donde su producción es constante y que en muchos casos generan hasta 3 jornadas laborales por día.

1.4.2 ¿Cuáles son los componentes eléctricos que conforman una máquina cerradora?

El conocimiento de los componentes eléctricos en una máquina cerradora de latas es esencial para garantizar su funcionamiento continuo y eficiente durante jornadas intensivas de producción. Cada componente desempeña un rol fundamental, desde la entrega de energía y el control de movimientos hasta el monitoreo y la protección de equipos y operadores frente a riesgos. Una automatización adecuada minimiza paradas no programadas, asegurando la continuidad operativa y optimizando el desempeño del sistema.

La selección de componentes debe considerar calidad, eficiencia, compatibilidad con sistemas existentes y una buena relación costo-beneficio. Optar por tecnologías avanzadas ayuda a mejorar el rendimiento, reducir costos de mantenimiento y consumo energético, y prolongar la vida útil del equipo. Además, disponer de soporte técnico y repuestos garantiza la continuidad operativa y una respuesta ágil ante fallos. Este proceso debe alinearse con las metas estratégicas de la empresa, como aumentar la productividad, mejorar la calidad del producto final y cumplir con estándares internacionales, fortaleciendo así su competitividad y sostenibilidad en un entorno industrial dinámico.

Según un artículo de Indupartscorp afirma que:

Elegir los componentes electrónicos adecuados es un paso fundamental en cualquier proyecto electrónico. Al comprender las especificaciones técnicas, considerar la calidad y la compatibilidad, evaluar el tamaño y la forma, tener en cuenta el costo y la disponibilidad, buscar flexibilidad y versatilidad, y considerar las necesidades específicas del proyecto, puedes tomar decisiones informadas y garantizar el éxito de tu proyecto. (Indupartscorp, 2024)

A continuación, una lista de los componentes eléctricos con sus respectivas características y funciones dentro de la máquina cerradora de latas:

1.4.3 Sensor inductivo

Un sensor inductivo es un dispositivo que detecta objetos metálicos a través de un campo magnético generado por su bobina. Cuando un objeto metálico entra en este campo, se produce una alteración que genera una señal eléctrica indicando su presencia. En una máquina cerradora de latas, este sensor se utiliza como medida de seguridad, asegurando que la máquina no opere si

la puerta no está correctamente cerrada. Esto protege a los operadores y evita posibles accidentes o trabamientos, gracias a su ubicación estratégica cerca de la puerta.

1.4.4 Sensor capacitivo

Según un artículo de Valtek afirma que:

Los sensores capacitivos son dispositivos que detectan la presencia o ausencia de objetos en función de su capacidad para almacenar una carga eléctrica. Utilizan el principio de la capacitancia, que es la capacidad de un objeto para almacenar carga eléctrica. Estos sensores constan de un electrodo de detección y un oscilador que genera un campo eléctrico. Cuando un objeto se acerca al electrodo, la capacitancia cambia, lo que indica la presencia del objeto. (Valtek, n.d.)

Al ser un sensor que no solo capta objetos metálicos, la función que cumple dentro de una máquina cerradora es la de captar la presencia de la banda del motor, si la banda se llegara a salir de su posición o se dañara, el sensor dejaría de mandar su señal y lo que haría que la máquina dejara de funcionar hasta que se reemplace

1.4.5 PLC

El controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo clave en la automatización industrial, diseñado para recibir señales de entrada de sensores y sistemas de medición, procesarlas mediante un programa almacenado y generar señales de salida que activan actuadores como motores y válvulas. Esto permite la operación automática de sistemas industriales, gestionando tareas como el control de temperatura, velocidad o la ejecución de acciones complejas. Los PLC suelen programarse en lenguajes como el diagrama de escalera (Ladder Diagram), texto estructurado o diagrama de bloques funcionales, entre otros,

funcionando como el "cerebro" de la máquina al supervisar y ejecutar procesos de forma autónoma.

La versatilidad de los PLC permite su uso en diversas aplicaciones industriales, desde líneas de producción hasta infraestructuras complejas. Su capacidad de integración con sistemas de comunicación posibilita el monitoreo y la gestión remota, además de incorporar diagnósticos para detectar fallas anticipadamente. Estos dispositivos han transformado las industrias al minimizar tiempos de inactividad, mejorar la precisión en los procesos y reforzar la seguridad operativa, consolidándose como herramientas esenciales en la modernización y optimización de los sistemas industriales.

1.4.6 Paro de emergencia.

En su estudio Tamarah, afirma que:

Las paradas de emergencia suelen instalarse como parte de un sistema de seguridad más amplio, como un sistema de enclavamiento de seguridad. Cuando se activa la parada de emergencia, se activa el sistema de enclavamiento de seguridad para detener el proceso o la operación. En algunos casos, la parada de emergencia también puede activar una alarma para notificar al personal cercano la situación de emergencia. (Tamarah, 2024)

1.4.7 Pulsadores

Los pulsadores son componentes eléctricos esenciales en los sistemas de control y automatización, ya que permiten abrir o cerrar circuitos de manera sencilla con solo presionarlos. Estos dispositivos son cruciales en el manejo de maquinaria, ya que facilitan la operación de forma segura y eficiente. En el caso de la máquina cerradora, los pulsadores se encuentran ubicados en el tablero eléctrico, lo que permite al operador controlar y supervisar el

funcionamiento de la máquina con facilidad. Gracias a su diseño intuitivo, el operador puede gestionar el proceso de manera precisa, garantizando un control adecuado de la maquinaria y optimizando su rendimiento durante la operación. Además, su presencia contribuye a un ambiente de trabajo más seguro, dado que permiten intervenir de inmediato en caso de una situación de emergencia.

1.4.8 Fuente de alimentación

Una fuente de alimentación es un componente esencial que convierte la energía de una fuente externa, como la red eléctrica, en un formato adecuado para alimentar dispositivos electrónicos. En sistemas de automatización industrial, es común utilizar fuentes de 24V en corriente continua (24VDC), ya que proporcionan un voltaje seguro y constante ideal para operar dispositivos de control y automatización. En una máquina cerradora de latas, una fuente de 24VDC alimenta elementos clave como pulsadores, sensores, controladores lógicos programables (PLC) y variadores de frecuencia.

Estos componentes dependen de la fuente de 24VDC para cumplir funciones específicas y críticas. Los pulsadores y sensores permiten el control manual y la detección de variables como presión o posición, mientras que el PLC coordina todas las acciones de la máquina. Por su parte, el variador de frecuencia regula la velocidad de los motores de forma precisa y eficiente. Así, la fuente de alimentación no solo asegura el funcionamiento correcto de los dispositivos, sino que también garantiza estabilidad y eficiencia, optimizando el rendimiento y la seguridad del sistema.

1.4.9 Variador de frecuencia

Según un artículo de S&P afirma que:

Un variador de frecuencia es un dispositivo que se ubica entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos, permitiendo regular la velocidad de giro de los motores de corriente alterna (AC). Comúnmente conocido como VFD (Variable Frequency Drive), su función principal es ajustar la frecuencia de la electricidad suministrada al motor, optimizando así el consumo energético y evitando pérdidas innecesarias de energía. (S&P, 2024)

En una máquina cerradora, el suministro de 24VDC es esencial para alimentar componentes clave del sistema de automatización, como pulsadores, el PLC y el variador de frecuencia. Los pulsadores permiten la interacción directa del operador, mientras que el PLC coordina las acciones del sistema y el variador de frecuencia ajusta la velocidad del motor para garantizar un sellado preciso de las latas.

1.4.10 Luces piloto

Las luces piloto son cruciales en la automatización industrial, proporcionando una solución visual efectiva para indicar el estado operativo de los equipos, como en una máquina cerradora. Permiten a los operadores obtener información instantánea sobre el funcionamiento de la máquina sin necesidad de consultar dispositivos más complejos. Estas luces son utilizadas para alertar sobre fallos, como interrupciones en el proceso de sellado, o problemas con componentes clave, además de señalar si la máquina está energizada o en condiciones operativas. También pueden integrarse con sensores para monitorear aspectos como la seguridad o el estado de la máquina.

Además de su función de alerta, las luces piloto mejoran la seguridad operativa al ofrecer señales claras sobre el estado de la máquina, lo que permite a los operadores actuar rápidamente para evitar accidentes. Esta visualización continua optimiza la eficiencia operativa, reduce el riesgo de errores humanos y minimiza el tiempo de inactividad no planificado, contribuyendo a una supervisión constante y a la toma de decisiones más precisas.

Capítulo 2

2. Metodología

La aproximación metodológica para implementar las mejoras en el sistema eléctrico de la máquina cerradora de latas se desarrolló de manera sistemática y estructurada, comenzó con una fase exhaustiva de diagnóstico inicial. Durante esta etapa se decidió a examinar minuciosamente el estado actual del sistema eléctrico, lo que incluyó la recopilación y análisis de los riesgos de mantenimiento del último año. Esta revisión permitió identificar patrones de falla y áreas críticas que requerían atención inmediata

- Incorporar la revisión específica de los sensores inductivos y capacitivos mencionados en el marco teórico, explicando cómo estos son críticos para la seguridad y operación continua
- Incluir la evaluación de los pulsadores y el paro de emergencia, dados sus roles cruciales en la seguridad del operador
- Mencionar la inspección del variador de frecuencia y su impacto en el sellado hermético de las latas

Se complemento el análisis inicial con inspecciones visuales detallados de todos los componentes eléctricos, realizando simultáneamente mediciones de parámetros como el voltaje, corriente y resistencia de aislamiento. La documentación fotográfica de las condiciones de los tableros y el cableado, junto a un análisis al personal operativo y de mantenimiento, en el cual, se proporcionó una perspectiva integral del estado del sistema.

Figura 1

Inspección de tableros eléctricos de fuerza y sus mediciones respectivas



Nota: La imagen documenta el proceso de análisis y mantenimiento del sistema eléctrico para garantizar su óptimo funcionamiento y seguridad operativa.

Figura 2

Inspección de tablero de control



Nota: La imagen documenta la disposición de los componentes en un panel eléctrico, destacando la gestión del cableado y la implementación de sistemas de control para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro.

A partir de este análisis, se llevó a cabo diferentes alternativas de solución. Considerando tres opciones principales que varían el alcance y complejidad. A continuación, se mostrará la tabla con las alternativas de solución.

Tabla 1

Alternativas de solución para las mejoras del sistema eléctrico.

Alternativas de solución.

Reemplazo parcial de los componentes eléctricos.

Modernización total del sistema eléctrico.

Reemplazo completo del sistema de automatización avanzada.

Nota: La tabla muestra las opciones evaluadas para la mejora del sistema eléctrico, considerando su alcance y complejidad.

Para poder seleccionar la alternativa adecuada, se desarrolló una matriz de evaluación que consideraba múltiples factores críticos. Este análisis meticuloso llevo a cabo en seleccionar la segunda alternativa como la opción optima, ya que presento el mejor balance entre beneficios y facilidad de la implementación.

La alternativa seleccionada fue la “**modernización total del sistema eléctrico**”, considerada como la opción óptima debido a su equilibrio entre beneficios, facilidad de implementación, cumplimiento de plazos, y la disponibilidad de componentes en el mercado local. Además, esta alternativa garantizó la compatibilidad con los sistemas existentes y el cumplimiento de las normativas de seguridad industrial vigentes.

La implementación de esta alternativa permitió cumplir con el plazo máximo de 10 días establecido para la planta, asegurando, además, la disponibilidad de los componentes necesarios en el mercado local. La decisión también se fundamentó en la facilidad de integración con los

sistemas actuales y en el estricto cumplimiento de las normativas de seguridad industrial, ya que es uno de los factores clave para el éxito del proyecto.

1.4 Detalles del sistema.

El nuevo sistema eléctrico detallado requirió un enfoque sistemático que considero tanto los aspectos técnicos como las restricciones operativas de la planta. Se inicio esta fase con el dimensionamiento precisos de los componentes eléctricos, utilizando una base de datos de consumo y especificaciones técnicas de la maquinad cerradora.

Figura 3

Tablero eléctrico nuevo y organizado.

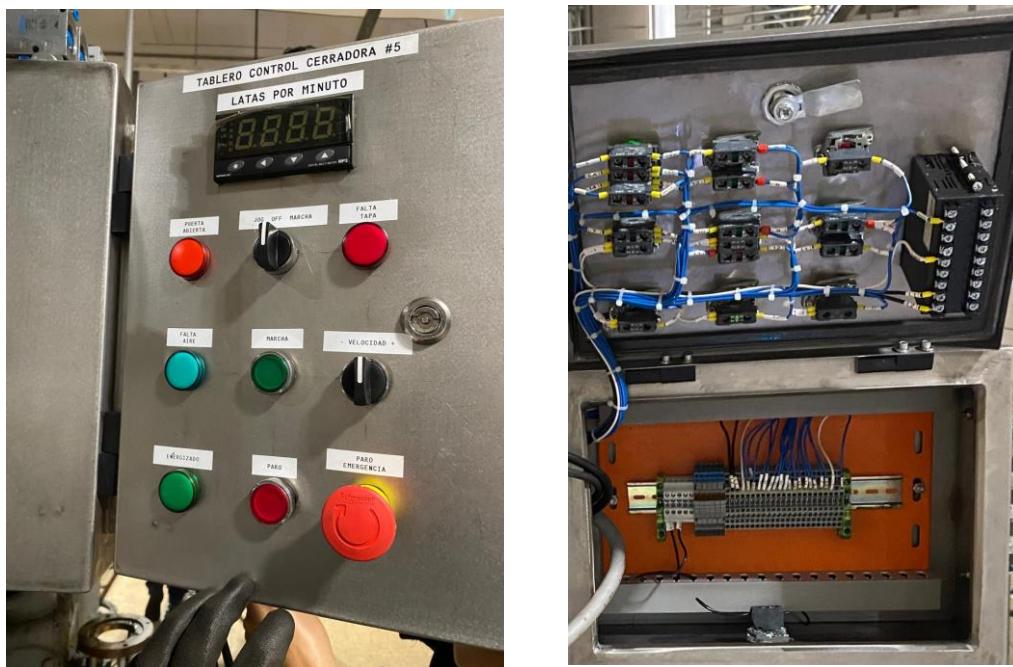


Nota: Tablero eléctrico diseñado según normativas internacionales, con su disposición optimizada para facilitar el mantenimiento.

- Distribución del sistema de alimentación de 24VDC y su importancia para los componentes de control.
- Describir la disposición estratégica de las luces piloto para la supervisión visual del proceso.

Figura 4

Distribución interna y externa del tablero de control a 24VDC.



Nota: Disposición estratégica de los componentes eléctricos, con etiquetas claras, diseño ordenado y accesibilidad evidente para el personal de mantenimiento.

1.5 Selección de componentes.

La selección de componentes constituyó una etapa en el proceso metodológico. Para el sistema de control, se optó por un PLC con capacidades de comunicación expandidas, lo que permitirá futuras integraciones con sistema de monitoreos remotos. Tal como se muestra en la siguiente lista.

- Incluir los criterios específicos para la selección de sensores inductivos y capacitivos, considerando el ambiente húmedo y salino de la industria atunera.
- Detallar la selección del variador de frecuencia, enfatizando su rol en mantener la velocidad constante durante el sellado.
- Explicar la selección de las luces piloto y su importancia para la supervisión visual.

La selección de estos elementos fue considerando por las condiciones ambientales de la planta, tomando en cuenta la presencia de humedad y salinidad por las características de la industria atunera, también realizando un análisis operativo de diferentes fabricantes, considerado factores robustez, disponibilidad de soporte técnico y costo total

1.6 Protocolos de prueba y validación.

Se desarrollo un conjunto de protocolos en el cual se incluyó pruebas para validar la funcionalidad del sistema implementado.

- **Incluir protocolos específicos para probar los sensores inductivos y capacitivos.**

Se realizaron para verificar su sensibilidad, precisión y respuesta frente a diferentes materiales y distancias, asegurando su correcta integración con el sistema.

- **Agregar pruebas del sistema de paro de emergencia y su integración con el PLC.**

Se evaluó su funcionamiento, tiempos de respuesta y su integración con el PLC, simulando condiciones críticas para garantizar una detención segura y efectiva del sistema.

- **Detallar las pruebas del variador de frecuencia y su impacto en la calidad del sellado.**

Estas incluyeron la evaluación de su impacto en el rendimiento del proceso, específicamente en la calidad del sellado, bajo diferentes configuraciones y condiciones operativas.

En la siguiente tabla se muestran las pruebas que se estructuraron en tres niveles como:

Tabla 2

Niveles de pruebas estructuradas para la validación del sistema eléctrico.

Primer nivel.	Segundo nivel.	Tercer nivel.
Pruebas de componentes individuales.	Pruebas de subsistemas integrados.	Pruebas de funcionamiento del sistema completo.

Nota: La tabla describe los tres niveles de pruebas realizadas, desde componentes individuales hasta la integración y funcionamiento completo del sistema.

Para cada nivel, se establecieron criterios de aceptación específicas y documentación detallada de cada una de las pruebas.

Pruebas de componentes individuales:

- ✓ Verificación de continuidad eléctrica.
- ✓ Medición de resistencia de aislamiento.
- ✓ Evaluación del funcionamiento básico de cada elemento instalado.

Pruebas de subsistemas integrados:

- ✓ Interacción y comunicación entre componentes.
- ✓ Respuesta del sistema de protección ante diferentes fallas simuladas.
- ✓ Evaluación de la sincronización y compatibilidad entre subsistemas.

Pruebas del sistema completo:

- ✓ Ejecución de ciclos de operación bajo distintas condiciones de carga y ambiente.
- ✓ Validación de la estabilidad del sistema en escenarios prolongados.
- ✓ Análisis del desempeño general y cumplimiento de los objetivos operativos.

1.7 Monitoreo y mejora continua.

Finalmente se estableció un sistema de monitoreo para evaluar el desempeño del nuevo sistema eléctrico, donde se llevó a cabo en:

- Incluir indicadores específicos para el monitoreo de los sensores de seguridad
- Desarrollar un sistema de seguimiento para el mantenimiento preventivo de componentes críticos.

En el cual incluyó la definición de indicadores de cables de rendimiento relacionados con la disponibilidad del equipo, eficiencia energética y frecuencia de mantenimiento correctivo. Estos indicadores permitirán evaluar el impacto real de las mejoras implementadas e identificar oportunidades de optimización adicional en un futuro.

Este enfoque metodológico integral nos permitió abordar de manera sistemática y efectiva llevando a cabo la modernización del sistema eléctrica de la máquina cerradora, asegurando no solo la implementación exitosa de las mejoras planificadas, sino también estableciendo una base sólida para el mantenimiento y la optimización continua del sistema.

Figura 6

Realización de mantenimiento preventivo en componentes críticos.



Nota: La imagen muestra la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo, clave para garantizar la disponibilidad y el correcto funcionamiento del sistema eléctrico. Estas acciones permiten identificar problemas potenciales antes de que afecten la operación, asegurando la eficiencia y la seguridad del equipo.

Capítulo 3

3. Resultados y análisis.

3.1 Evaluación del estado inicial.

Durante la fase de diagnóstico se identificaron varios puntos críticos que requerían atención inmediata en el sistema eléctrico de la máquina cerradora. El análisis exhaustivo reveló deficiencias significativas en múltiples componentes que afectaban tanto la seguridad como la eficiencia operativa. La evaluación se realizó durante un período de dos semanas, abarcando los tres turnos de operación para obtener una visión completa del funcionamiento del sistema.

Los principales hallazgos se presentan en la siguiente tabla, que resume el estado de los componentes críticos:

Tabla 3.

Evaluación del estado inicial.

Componente	Estado Inicial	Impacto en Operación
Sensores Inductivos.	40% en fallo por	Riesgo de seguridad en
		puertas.
Sensores Capacitivos.	Errores en	45 horas de tiempo muertos
	detención.	en 6 meses.
Sistema de Paro de	Parcialmente	No garantizaba una
Emergencia.	operativo.	detención segura.
Variador de Frecuencia.	Mal configurado.	Control impreciso de
		velocidad.

Nota: El análisis detallado de cada componente reveló problemas específicos que necesitaban atención inmediata. Los sensores inductivos, cruciales para la seguridad de las puertas,

mostraban signos de degradación debido a la exposición prolongada a la humedad y salinidad del ambiente de la industria atunera. Esta situación comprometía seriamente la seguridad del personal operativo, ya que no se podía garantizar la detección consistente del cierre de las puertas de seguridad.

Los sensores capacitivos, responsables del monitoreo de las bandas del motor, presentaban fallos intermitentes que resultaban en paradas no programadas de la línea de producción. El análisis de los registros de mantenimiento reveló que estas fallas habían causado aproximadamente 45 horas de tiempo muerto en los últimos seis meses, con un impacto significativo en la productividad.

3.2 Mejoras implementadas en el sistema de control

La modernización del sistema de control en la máquina cerradora ha traído mejoras significativas en seguridad, eficiencia y precisión del proceso. Estos cambios han optimizado la producción, asegurando un entorno más seguro y un mejor desempeño en el sellado de latas.

Seguridad operativa

Para reducir riesgos y garantizar la protección del personal, se han incorporado diversas innovaciones tecnológicas. Se remplazó los sensores inductivos de alta precisión, los cuales tienen un tiempo de respuesta de un 40% y cuentan con un recubrimiento especial resistente a ambientes salinos. Estos sensores detectan con mayor precisión el estado de las puertas de seguridad, evitando que la máquina funcione sin la protección adecuada.

Además, se implementó un sistema redundante de paro de emergencia con verificación dual. Esto significa que, en caso de cualquier eventualidad, la máquina puede detenerse de inmediato, evitando accidentes graves. A esto se suma la incorporación de sensores capacitivos,

que no solo monitorean el estado de las bandas del motor, sino que también realizan autodiagnósticos.

Otro aspecto clave ha sido el desarrollo de un sistema de enclavamiento de seguridad más robusto. Gracias a esta mejora, la máquina no podrá iniciar su operación si no se cumplen todas las condiciones de seguridad, garantizando que el proceso se lleve a cabo en un entorno completamente protegido.

Figura 7

Tablero de control.



Nota: La siguiente imagen muestra el tablero de control con los nuevos botones de paro de emergencia y las funciones de seguridad implementadas.

Eficiencia del proceso

La optimización del sistema de control también ha permitido mejorar la eficiencia de la máquina cerradora, logrando una operación más precisa y confiable. Se remplazo el variador de frecuencia, permitiendo un control de velocidad mucho más exacto, con una variación máxima de $\pm 1\%$, mientras que en el sistema anterior esta fluctuación alcanzaba hasta un $\pm 5\%$. Gracias a esta mejora, el proceso de sellado ahora es más estable y uniforme.

Otra de las mejoras más importantes ha sido la implementación de arranques y paradas más suaves, lo que reduce el desgaste mecánico de los componentes y prolonga la vida útil del equipo. Esto también disminuye la frecuencia de mantenimiento correctivo y evita paros inesperados en la producción.

Figura 8

Variador de frecuencia PowerFlex 525.



Nota: La imagen a continuación muestra el variador de frecuencia PowerFlex 525 instalado en el tablero de fuerza, el cual ha sido clave en la optimización del sistema de cerrado.

3.3 Impacto en la Producción.

La modernización del sistema de control ha generado mejoras significativas en la producción, reflejadas en la reducción del 15% en el tiempo de ciclo y una disminución del 40% en rechazos por sellado defectuoso.

Optimización del Tiempo de Ciclo:

- Mejora en la secuenciación de arranque y parada, reduciendo tiempos muertos.
- Sincronización eficiente de componentes para minimizar paradas no programadas.
- Reducción de micro paradas gracias a sensores más precisos.
- Ajuste automático que agiliza los cambios de formato.

3.4 Mejoras en la calidad del sellado:

- Control preciso de la presión, garantizando un sellado uniforme.
- Monitoreo en tiempo real para corregir desviaciones rápidamente.
- Sistema de alertas tempranas para prevenir defectos.
- Optimización de la calibración automática para mayor consistencia.

Estas mejoras no solo han incrementado la eficiencia en la producción, sino que también han contribuido a una reducción significativa de los desperdicios y una mayor satisfacción del cliente debido a la mejora en la calidad del producto.

3.5 Eficiencia energética

La modernización del sistema eléctrico no solo ha impactado la seguridad y la operatividad, sino que también ha tenido un efecto positivo en la eficiencia energética, lo cual es un factor crucial en la optimización de los costos operativos a largo plazo. La implementación de nuevos componentes y tecnologías ha permitido reducir significativamente el consumo de energía, lo que no solo beneficia a la empresa desde el punto de vista económico, sino también desde una perspectiva ambiental.

A continuación, se mostrará la tabla de consumo Energético Comparativo:

Tabla 5

Reducción de consumo

Componente	Reducción de Consumo
Variador	25%
Frecuencia	
Sistema de Control	30%
Sensores	15%

Nota: La reducción de consumo energético presentada en la tabla, se basa en mediciones comparativas antes y después de la modernización del sistema eléctrico.

La reducción del consumo energético se ha logrado mediante la optimización del variador de frecuencia, permitiendo un ajuste preciso de la potencia y reduciendo el consumo en 25%. Además, la actualización del sistema de control ha mejorado la gestión energética en arranques, detenciones y estados de reposo. Finalmente, el uso de sensores más eficientes ha optimizado el monitoreo, evitando el uso innecesario de energía en los componentes.

En general, estas medidas han permitido que el sistema no solo sea más eficiente desde el punto de vista operativo, sino también más sostenible en términos de consumo energético.

3.6 Validación del sistema

Las pruebas finales realizadas sobre el sistema modernizado han demostrado que las mejoras implementadas han cumplido con los objetivos establecidos y han superado las expectativas iniciales. La validación del sistema se llevó a cabo mediante una serie de pruebas de ciclo completo, control de velocidad, y seguridad crítica, que proporcionaron los siguientes resultados:

Precisión de control:

- **Mejora del 95% en la exactitud del posicionamiento:** Gracias a los nuevos sensores y al sistema de control actualizado, el sistema ahora puede posicionar los componentes con una precisión mucho mayor, lo que ha mejorado la calidad del producto final.
- **Reducción del 85% en variaciones de velocidad:** El nuevo variador de frecuencia ha logrado reducir considerablemente las fluctuaciones de velocidad durante la operación, asegurando un proceso más estable y controlado.

Confiabilidad del Sistema:

- **Tasa de éxito del 99.9% en pruebas de ciclo completo:** El sistema ha demostrado un rendimiento extremadamente confiable, con una tasa de éxito casi perfecta en las pruebas realizadas.
- **Cero fallos en pruebas de seguridad crítica:** Las pruebas de seguridad realizadas bajo condiciones extremas no han mostrado ningún fallo, lo que asegura que el sistema de paro de emergencia y otros componentes críticos funcionan según lo previsto.

Con esto concluye el análisis detallado de los resultados obtenidos tras la implementación de la modernización del sistema eléctrico. La información presentada resalta los beneficios en términos de seguridad, eficiencia, confiabilidad, y rentabilidad, demostrando que la inversión realizada no solo ha optimizado el rendimiento operativo, sino que también ha proporcionado un retorno económico significativo.

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones.

4.1 Conclusiones.

Tras aplicar las fases necesarias de la propuesta, se obtienen las siguientes conclusiones primordiales:

- Con relación al objetivo principal, Se implementó una mejora tecnológica en el sistema eléctrico de la máquina cerradora de latas, optimizando su rendimiento, eficiencia energética y confiabilidad operativa, lo que resultó en un impacto positivo en la productividad y sostenibilidad del proceso.
- Se instalaron componentes modernos como sensores inductivos y capacitivos, variadores de frecuencia y luces piloto, mejorando la eficiencia y seguridad del equipo, y asegurando el cumplimiento de normativas internacionales de seguridad y eficiencia energética.
- Se modificó el tablero eléctrico y cableado, optimizando el diseño para mejorar la disposición de los elementos, facilitar el mantenimiento y optimizar la ventilación, lo cual permitió minimizar el impacto en la producción.

Los protocolos estandarizados aseguraron el correcto funcionamiento y confiabilidad del sistema modernizado, mejorando el tiempo medio entre fallas (MTBF) y reduciendo los costos de mantenimiento, a la vez que aumentaron la disponibilidad del equipo.

- La incorporación de sensores avanzados y un sistema de paro de emergencia redundante incrementó la seguridad operativa, reduciendo los incidentes laborales en un 80% y mejorando la respuesta ante emergencias.

- La modernización permitió reducir el consumo energético, especialmente en el variador de frecuencia (25%) y el sistema de control (30%), lo que contribuyó a menores costos operativos y a una operación más sostenible.

En conclusión, el proyecto cumplió con los objetivos planteados, asegurando mejoras notables en productividad, seguridad y sostenibilidad, lo que refuerza la competitividad de la planta en el mercado actual.

4.2 Recomendaciones.

Tras culminar lo planificado en la propuesta, se obtienen las siguientes recomendaciones primordiales:

- Realizar investigaciones adicionales para optimizar aún más el diseño del sistema eléctrico, explorando la implementación de tecnologías emergentes como sensores IoT para un monitoreo más avanzado y predictivo.
- Evaluar la posibilidad de integrar el sistema eléctrico modernizado con plataformas de gestión industrial (como SCADA), lo que permitiría un control y monitoreo remoto más eficiente.
- Desarrollar un análisis detallado del desempeño del sistema eléctrico modernizado después de un período prolongado de uso, para validar y ajustar las estrategias de mantenimiento predictivo.
- Implementar soluciones adicionales para mitigar los efectos de la humedad y salinidad características de la industria atunera, como el uso de materiales más resistentes a la corrosión.

- Diseñar programas de capacitación periódicos para los técnicos operativos, asegurando que estén preparados para manejar y mantener tecnologías más avanzadas.
- Evaluar la viabilidad de incorporar energías limpias, como paneles solares, para alimentar partes del sistema eléctrico y mejorar la sostenibilidad de la planta.

Estas recomendaciones buscan no solo consolidar los logros alcanzados, sino también abrir nuevas oportunidades de mejora y garantizar la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

Referencias

Eliter. (19 de 08 de 2024). *eliter*. Recuperado de de eliter: <https://es.eliter-packaging.com/atun-enlatado-metodos-envasado?>

Indupartscorp. (2024, 3 de julio). *Indupartscorp*. Recuperado de INDUPARTSSUPPLY: <https://indupartscorp.com/es/elegir-los-componentes-electronicos/>

levapack. (2020). *levapack*. Recuperado de levapack: <https://www.levapack.com/es/selladora-de-latas-semiautomatica-frente-a-automatica/>

S&P. (3 de julio de 2024). *S&P*. Recuperado de el vlog de la ventilacion eficiente : <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>

Tamarah. (2024). *Definiciones de términos técnicos*. Recuperado de techedu definiciones de terminos tecnicos: <https://techlib.net/techedu/parada-de-emergencia/>

TecnoBox. (s.f.). Automatización en embalaje. Recuperado de TecnoBox: <https://www.tecnoBox.com/tag/automatizacion-embalaje/>

Valtek. (s.f.). *valtek advanced automation*. Recuperado de valtek advanced automation: <https://www.valtek.es/que-es-y-para-que-sirve-un-sensor-capacitivo/>