

Diseño y simulación de un sistema automatizado para el proceso de sellado de manga tubular  
para la fabricación de esponjas en la planta esponjas lavamix

Stiven Saith Camacho Herreño y Luis Antonio Suárez González

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Electricistas

Director

Diego Fernando Motta Nieto

Ingeniero Electricista y Químico, Magister en Gestión de la Tecnología Educativa

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor en Tecnología y Magíster en Informática Industrial y Automática

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

*A Dios, quien ha sido mi guía, mi fuerza y mi inspiración a lo largo de este viaje. Su luz ha iluminado mi camino en los momentos más oscuros, y Su amor ha sido el fundamento sobre el cual todo esto se ha construido.*

*A mi madre, Dennis, mi roca y ejemplo de dedicación. Gracias por tu apoyo incondicional, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por enseñarme con tu vida lo que significa el verdadero sacrificio y el amor sin límites. Este logro es tan tuyo como mío.*

*A mis queridas hermanas, Laura, Alejandra y Valentina, gracias por ser mi soporte, mi alegría y mi inspiración diaria. Cada una de ustedes ha dejado una huella en este proceso, ya sea con sus palabras de aliento, sus abrazos reconfortantes o simplemente por estar siempre ahí.*

*Compartir este camino con ustedes lo ha hecho más especial.*

**Stiven Saith Camacho Herreño**

*Agradezco a Dios por su guía y fortaleza, que me permitieron alcanzar este logro. A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y los valores que me formaron como persona. A mis hermanos, Viviana y Víctor Andrés, por su motivación y aliento, y a ti, Karoll, por tu amor y compañía.*

*Este título es el fruto de esfuerzos, sacrificios y, sobre todo, del apoyo de todos ustedes. Les estaré eternamente agradecido. Dedico este logro a quienes han sido parte de mi camino.*

**Luis Antonio Suárez González**

### **Agradecimientos**

La vida está compuesta de una serie de momentos, algunos de los cuales pueden ser desafiantes, mientras que otros nos brindan grandes aprendizajes y satisfacciones. Este proyecto no fue la excepción; a lo largo de su desarrollo, encontré obstáculos, pero también conocí a personas maravillosas que, con su apoyo y compañía, me ayudaron a perseverar y no rendirme. A todos ellos, les expreso mi más sincero agradecimiento.

A mi director, Magister Diego Fernando Motta Nieto, gracias por aceptar guiarme en este proyecto. Su dedicación, paciencia y valiosa orientación fueron fundamentales en cada etapa de este trabajo. Agradezco profundamente su compromiso y disposición para brindarme respuestas y apoyo en todo momento.

Al codirector, el Doctor Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, por su valiosa colaboración y guía a lo largo del desarrollo de este proyecto. Su conocimiento y aportes enriquecieron profundamente este trabajo, y su generosidad siempre fue un faro que iluminó el camino.

A los docentes de la Universidad, quienes con su sabiduría y paciencia han sido pilares fundamentales en mi formación. En especial, agradezco al Doctor José Alejandro Amaya Palacios, Coordinador de Escuela, por su apoyo invaluable y por gestionar los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto.

A todos ustedes, quienes me brindaron su tiempo, su experiencia y su amistad, les ofrezco mi más sincero agradecimiento. Este logro no sería posible sin su ayuda.

**Luis Antonio Suárez González**

En primer lugar, quiero expresar mi más profunda gratitud a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada momento de este proceso. Sin Su amor y bendiciones, no habría sido posible llegar hasta aquí. Agradezco por las oportunidades que me ha brindado para aprender, crecer y ser mejor persona cada día.

A mi querida familia, especialmente a mi madre, Dennis, y a mis hermanas, Laura, Alejandra y Valentina, por su apoyo incondicional y su amor inagotable. Ustedes han sido mi mayor fuente de motivación, brindándome siempre el ánimo necesario para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Su fe en mí me ha impulsado a dar lo mejor de mí mismo y alcanzar esta meta.

Quiero hacer un reconocimiento especial a Diego Fernando Motta Nieto, Ingeniero Electricista y Químico, Magister en Gestión de la Tecnología Educativa, y director de este trabajo, por su paciencia, dedicación y sabios consejos a lo largo de este proceso. Su orientación no solo fue clave para el éxito de este proyecto, sino que también me enseñó valiosas lecciones que llevaré conmigo a lo largo de mi carrera.

Asimismo, mi más sincero agradecimiento al Doctor Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, Codirector de este trabajo, cuya experiencia y generosidad han sido fundamentales en mi formación. Gracias por su tiempo, su visión crítica y su compromiso con mi desarrollo profesional.

A mis amigos y compañeros de este viaje académico, les agradezco profundamente por cada momento compartido. Gracias por estar siempre presente.

Finalmente, agradezco a la Universidad Industrial de Santander, institución que me brindó la oportunidad de formarme como profesional. Gracias a cada directivo, profesor y trabajador de esta universidad por su esfuerzo y dedicación. Este logro no solo es mío, sino también el fruto de su labor incansable para formar a los profesionales del mañana.

**Stiven Saith Camacho Herreño**

**Tabla de contenido**

Introducción .....	11
1       Objetivos .....	12
1.1   Objetivo General.....	12
1.2   Objetivos Específicos.....	12
2       Marco normativo .....	13
3       Esponjas Lavamix .....	14
3.1   Funcionamiento y Capacidades Actuales .....	15
3.2   Tecnología y Maquinaria.....	15
3.3   Plan de Mejora y Automatización .....	15
3.4   Recursos Humanos y Operativos.....	16
3.5   Compromiso con la Sostenibilidad.....	16
3.6   Visión y Valores Corporativos .....	16
3.6.1   Visión: .....	16
3.6.2   Valores Corporativos:.....	17
3.7   Estado Legal y Proyección .....	17
4       Planta y equipos .....	17
4.1   Análisis y Caracterización de los Equipos .....	19
4.2   Mejora y Automatización .....	20
4.3   Desempeño e Impacto en la Capacidad Productiva.....	20
4.4   Eficiencia y Productividad: Un Enfoque en la Tecnología y Automatización.....	20
4.5   Diagnóstico Técnico y Propuesta de Mejora en los Equipos .....	21
4.6   Innovación Tecnológica y Automatización .....	22
4.7   Tecnología Rudimentaria y Desafíos Operativos .....	22

4.8	Propuesta de mejoramiento de la Maquinaria .....	24
5	Solución Automatizada .....	24
5.1	Descripción General del Sistema Actual .....	25
5.2	Análisis de los Materiales y Componentes de la Máquina .....	26
5.2.1	Materiales de Construcción de la Máquina .....	26
5.3	Propuesta de Automatización .....	28
5.4	Componentes Principales del Sistema .....	30
5.5	Ventajas del Diseño Propuesto .....	31
6	Diseño y simulación .....	32
6.1	Proceso actual .....	32
6.2	Proceso Planteado, Diseñado y Automatizado .....	34
6.3	Diseño y simulación en CADeSIMU .....	36
6.4	Función de cada elemento del diseño .....	37
6.5	Rediseño Estructural de la Máquina .....	40
6.6	Análisis del diseño final de la maquina .....	41
7	Cotización.....	42
8	Conclusiones .....	44
9	Recomendaciones.....	45
	Referencias .....	46

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> Esponjas de la empresa Lavamix.....	14
<b>Figura 2.</b> Distribución espacial de la planta. ....	18
<b>Figura 3.</b> Maquina cacera en operación .....	19
<b>Figura 4.</b> Proceso manual de colocación e inyección de espuma .....	21
<b>Figura 5.</b> Diseño de la maquina cacera .....	23
<b>Figura 6.</b> Sistema de sellado y circuito eléctrico de la maquina casera .....	25
<b>Figura 7.</b> Diseño Preliminar del Sistema Automatizado .....	36
<b>Figura 8.</b> Rediseño estructural de la maquina con los gatos neumáticos .....	40

## **Lista de Apéndices**

**Ver apéndices adjuntos en carpeta comprimida**

**Apéndices A.** Ubicación exacta de la planta Lavamix.

**Apéndices B.** Distribución espaciales de la planta.

**Apéndices C.** Plano y dimensiones de la maquina casera.

**Apéndices D.** Diseño y Simulación de la Automatización.

**Apéndices E.** Rediseño de la maquina casera.

**Apéndices F.** Video de la automatización en proceso.

## Resumen

**Título:** Diseño y simulación de un sistema automatizado para el proceso de sellado de manga tubular, para la fabricación de esponjas en la planta esponjas lavamix.<sup>1</sup>

**Autor:** Stiven Saith Camacho Herreño y Luis Antonio Suárez González.<sup>2</sup>

**Palabras Clave:** Manga tubular, proceso de sellado, sistema de automatización.

**Descripción:** En la planta Esponjas Lavamix, la producción de esponjas se enfrenta a un desafío significativo debido al proceso de sellado de manga tubular que realiza una máquina casera. Esta máquina, aunque funcional, es incapaz de mantener un ritmo de producción eficiente, lo que resulta en tiempos de producción prolongados y una frecuencia mayor de paradas técnicas. Estas limitaciones afectan directamente la capacidad de la planta para cumplir con sus pedidos actuales de manera oportuna y eficaz.

El desafío principal radica en cómo mejorar y optimizar el proceso de sellado de la máquina casera sin recurrir a soluciones costosas, que excedan los recursos de la empresa. La necesidad es diseñar un sistema de automatización que sea compatible con el equipo existente y que optimice su funcionamiento para aumentar la velocidad de producción y reducir las paradas técnicas.

Este trabajo propone desarrollar una solución práctica y accesible que permita a la planta Esponjas Lavamix aumentar la eficiencia y la calidad de la producción de esponjas. A través de mejoras técnicas y una optimización del proceso existente, se busca no solo aumentar la capacidad de producción para satisfacer la demanda, sino también mejorar la robustez del sistema para asegurar una operación más estable y menos dependiente de intervenciones manuales.

---

<sup>1</sup> Trabajo de Grado.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Diego Fernando Motta Nieto, Ingeniero Electricista y Químico, Magister en Gestión de la Tecnología Educativa. Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, Doctor en Tecnología y Magister en Informática Industrial y Automática

### Abstract

**Title:** Design and simulation of an automated system for the tubular sleeve sealing process, for the manufacturing of sponges at the Esponjas Lavamix plant.<sup>3</sup>

**Author:** Stiven Saith Camacho Herreño and Luis Antonio Suárez González.<sup>4</sup>

**Keywords:** Tubular sleeve, sealing process, automation system.

**Description:** At the Esponjas Lavamix plant, sponge production faces a significant challenge due to the tubular sleeve sealing process carried out by a homemade machine. Although functional, this machine is unable to maintain an efficient production rate, resulting in prolonged production times and more frequent technical stops. These limitations directly affect the plant's ability to meet its current orders in a timely and effective manner.

The main challenge lies in improving and optimizing the sealing process of the homemade machine without resorting to costly solutions that exceed the company's resources. The need is to design an automation system that is compatible with the existing equipment and optimizes its performance to increase production speed and reduce technical stops.

This work proposes to develop a practical and accessible solution that allows the Esponjas Lavamix plant to enhance both the efficiency and quality of sponge production. Through technical improvements and the optimization of the existing process, the aim is not only to increase production capacity to meet demand, but also to improve the robustness of the system to ensure a more stable operation, less dependent on manual interventions.

---

<sup>3</sup> Degree Work

<sup>4</sup> Faculty of Engineering Physicochemical, School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Electric Engineering. Director: Diego Fernando Motta Nieto, Electrical and Chemical Engineer, Master in Educational Technology Management. Co-director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, Doctor in Technology and Master in Industrial Informatics and Automation.

## **Introducción**

En el contexto actual, donde la eficiencia y el mejoramiento de los procesos industriales son pilares esenciales para el crecimiento y la competitividad de las empresas, la automatización se presenta como una herramienta clave para enfrentar los desafíos del mercado. Las compañías que logran implementar soluciones automatizadas no solo incrementan su productividad, sino que también reducen costos, mejoran la calidad de sus productos y aseguran su posición en un entorno cada vez más competitivo. En este sentido, el presente trabajo de grado, titulado "Diseño y simulación de un sistema automatizado para el proceso de sellado de manga tubular en la fabricación de esponjas en la planta Esponjas Lavamix", responde a la necesidad de mejorar un proceso crucial en dicha planta.

Actualmente, la planta Esponjas Lavamix opera con una máquina artesanal para el sellado de esponjas, lo que limita su capacidad productiva debido a la baja velocidad del proceso. Este cuello de botella afecta de manera directa la eficiencia general de la planta y su capacidad para responder a la demanda creciente del mercado. Ante esta situación, surge la necesidad de diseñar una solución de automatización que incremente la velocidad de producción, mejore la utilización de los recursos y aumente el rendimiento operativo de la planta.

El objetivo central de este proyecto es desarrollar una propuesta de ingeniería que automatice el proceso de sellado de manga tubular, elevando la capacidad productiva de la planta. Para ello, se llevará a cabo una caracterización del estado actual del proceso, seguida por el diseño de una solución técnica que sea no solo factible desde el punto de vista operativo, sino también eficiente en términos de costos y recursos. Además, se evaluará la efectividad del sistema automatizado mediante simulaciones que permitan prever los resultados de su implementación.

Este proyecto no se limita a el mejoramiento de un solo proceso. Su relevancia radica en su

potencial replicabilidad en otras áreas de la producción industrial, donde se enfrenten desafíos similares de eficiencia y velocidad. De este modo, el trabajo no solo presenta una solución técnica innovadora para la planta Esponjas Lavamix, sino que también ofrece un modelo de mejora continua aplicable a otros contextos productivos. A través de esta propuesta, se destaca la importancia de la ingeniería como motor de innovación y transformación en la industria, con el objetivo de lograr procesos más eficientes y competitivos a nivel global.

La automatización permitirá a Lavamix aumentar la producción, mejorar la calidad y reducir la intervención manual, facilitando así su crecimiento y consolidación en el sector de esponjas, en línea con su visión para 2028. Además, este proyecto servirá como referencia para la implementación de mejoras tecnológicas en otras industrias.[1]

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Diseñar una solución de ingeniería para automatizar y optimizar el proceso de sellado de manga tubular en la elaboración de esponjas.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Ubicar y Caracterizar la planta existente, sus elementos y maquinas que la componen.
- Diseñar una solución de ingeniería que automatice el proceso de sellado de manga tubular para la elaboración de esponjas.
- Simular el funcionamiento del diseño propuesto para identificar posibles fallos y áreas de mejora en un entorno controlado.

## 2 Marco normativo

Este capítulo menciona las normas y estándares utilizados para la ejecución de este trabajo de grado, las cuales garantizan la eficiencia, confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico diseñado como son:

- ✓ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE 2024, Es la norma principal que regula las instalaciones eléctricas en Colombia. Establece los requisitos mínimos para asegurar la seguridad de las instalaciones eléctricas en edificaciones. Es fundamental cumplir con esta norma para garantizar que las instalaciones sean seguras y eficientes. [2]
- ✓ Norma Técnica Colombiana - NTC 2050 de 2020, de esta se usó la Tabla 310-69 la cual establece la capacidad de corriente del conductor para ser usado en el análisis de la distorsión de demanda total (TDD).[3]
- ✓ La norma IEC 62382:2024, titulada "Sistemas de control en la industria de procesos - Verificación de lazo eléctrico e instrumentación", establece directrices y procedimientos para realizar la verificación de los lazos de control eléctrico y de instrumentación en la industria de procesos.[4]
- ✓ La norma IEC 60204-1 establece los requisitos de seguridad para el diseño y construcción de maquinaria eléctrica en la industria. Es fundamental para asegurar la seguridad en el uso de equipos automatizados, regulando los sistemas de protección, control y distribución, y garantizando que cumplan con los estándares internacionales de calidad.[5]
- ✓ La norma NTC 2767 fue seleccionada para establecer criterios de seguridad en los tableros eléctricos de control de la planta [4]. Esto garantiza que tanto el diseño como la instalación de dichos tableros cumplan con los requisitos necesarios para operar de manera segura, reduciendo riesgos de fallos eléctricos y mejorando la confiabilidad del sistema en general.

### 3 Esponjas Lavamix

Esponjas Lavamix es una microempresa colombiana, fundada en el año 2021, que se ha consolidado en el sector productivo de esponjillas para uso doméstico e industrial. La planta de producción, ubicada en Duitama – Colombia (ver ubicación exacta el Apéndice A), ha centrado su operación en la fabricación de cuatro tipos de esponjas, que se detallan en la Figura 1 y se describen a continuación:[6]

- ❖ **Esponja Oro Plata:** ideal para limpieza con un acabado de suave.
- ❖ **Esponja Acerada:** diseñada para trabajos más resistentes y de alta fricción.
- ❖ **Esponja Arcoíris:** un producto atractivo para el uso doméstico, con diversas capas de color.
- ❖ **Esponja Teflón:** especializada para la limpieza sin dañar superficies antiadherentes.

#### *Figura 1.*

*Esponjas de la empresa Lavamix*



### **3.1 Funcionamiento y Capacidades Actuales**

La planta cuenta con una capacidad de producción diaria de 3,500 unidades, operando en jornadas de 8 horas. Esta capacidad está directamente ligada a los procesos productivos actuales, los cuales se ejecutan con maquinaria de fabricación casera. Si bien estas máquinas han permitido operar y distribuir los productos a nivel nacional, su eficiencia y productividad son limitadas.[7]

### **3.2 Tecnología y Maquinaria**

La tecnología de la planta es rudimentaria, ya que las tres máquinas con las que cuentan fueron diseñadas y fabricadas de manera casera. Esto significa que si bien han sido funcionales para el inicio y expansión inicial de la empresa, no son óptimas para alcanzar los niveles de eficiencia y productividad necesarios para satisfacer la creciente demanda.

El desafío principal es que estas máquinas requieren intervención manual constante, lo que genera tiempos de producción prolongados y frecuentes paradas técnicas que ralentizan el flujo de trabajo.

### **3.3 Plan de Mejora y Automatización**

Lavamix ha identificado la necesidad de automatizar sus procesos como un paso clave para incrementar su capacidad de producción y mejorar la calidad de los productos fabricados.

El proyecto de automatización está orientado a:

- ❖ Mejorar las máquinas actuales a través de soluciones de automatización accesibles y adaptadas a la tecnología existente.
- ❖ Reducir la intervención manual, incrementando la velocidad de producción y reduciendo los tiempos de inactividad causados por las paradas técnicas.
- ❖ Mejorar la calidad del producto final y reducir la dependencia en intervenciones

manuales.

La automatización de estas tres máquinas permitirá a la planta no solo aumentar la producción diaria, sino también posicionar a Esponjas Lavamix como un líder competitivo en el mercado colombiano, en línea con su visión para el año 2028.[8]

### **3.4 Recursos Humanos y Operativos**

La planta cuenta con tres colaboradores que desempeñan roles operativos clave en el proceso productivo. Estos trabajadores, además de supervisar la operación de las máquinas, realizan intervenciones manuales necesarias para mantener el funcionamiento de la maquinaria existente.

La empresa también se apoya en proveedores directos de materia prima de alta calidad, lo que le permite ser competitiva en términos de costo y asegurar la fabricación de productos confiables.[7]

### **3.5 Compromiso con la Sostenibilidad**

Lavamix está comprometida con la sostenibilidad en su cadena productiva. Su objetivo es fortalecer continuamente su cadena de valor, no solo en términos de eficiencia y capacidad productiva, sino también alineándose con prácticas sostenibles. Este enfoque busca no solo atender a la demanda de los clientes, sino también ser un socio estratégico para ellos en cuanto a abastecimiento y distribución.[6]

### **3.6 Visión y Valores Corporativos**

#### **3.6.1 Visión:**

Para el año 2028, Esponjas Lavamix será una de las empresas líderes en el sector de esponjillas en el mercado colombiano, con una sólida participación y una infraestructura productiva capaz de responder a la demanda nacional.[6]

### 3.6.2 *Valores Corporativos:*

- ✓ **Respeto:** fomentar un ambiente de trabajo basado en el respeto mutuo y la consideración hacia los demás.
- ✓ **Responsabilidad:** asegurarse de que cada decisión y acción se tome con un sentido de responsabilidad hacia los clientes, empleados y el entorno.
- ✓ **Trabajo en Equipo:** reconocer el valor del trabajo colaborativo para lograr resultados exitosos.
- ✓ **Empatía:** comprender y atender las necesidades de los clientes y empleados, promoviendo un ambiente laboral armonioso y productivo.[6]

### 3.7 Estado Legal y Proyección

Lavamix tiene su Cámara de Comercio vigente, lo que le permite operar de manera formal en el mercado colombiano. Su representante legal es Luis Antonio Suárez González, quien ha liderado la empresa desde su creación en 2021.[6]

En cuanto a planes de expansión, aunque la empresa está enfocada en aumentar su capacidad de producción, no tiene planes de exportación a corto plazo. La prioridad actual es mejorar los procesos internos para poder escalar de manera sostenible y eficiente, asegurando que Lavamix pueda cumplir con la creciente demanda dentro de Colombia.[8]

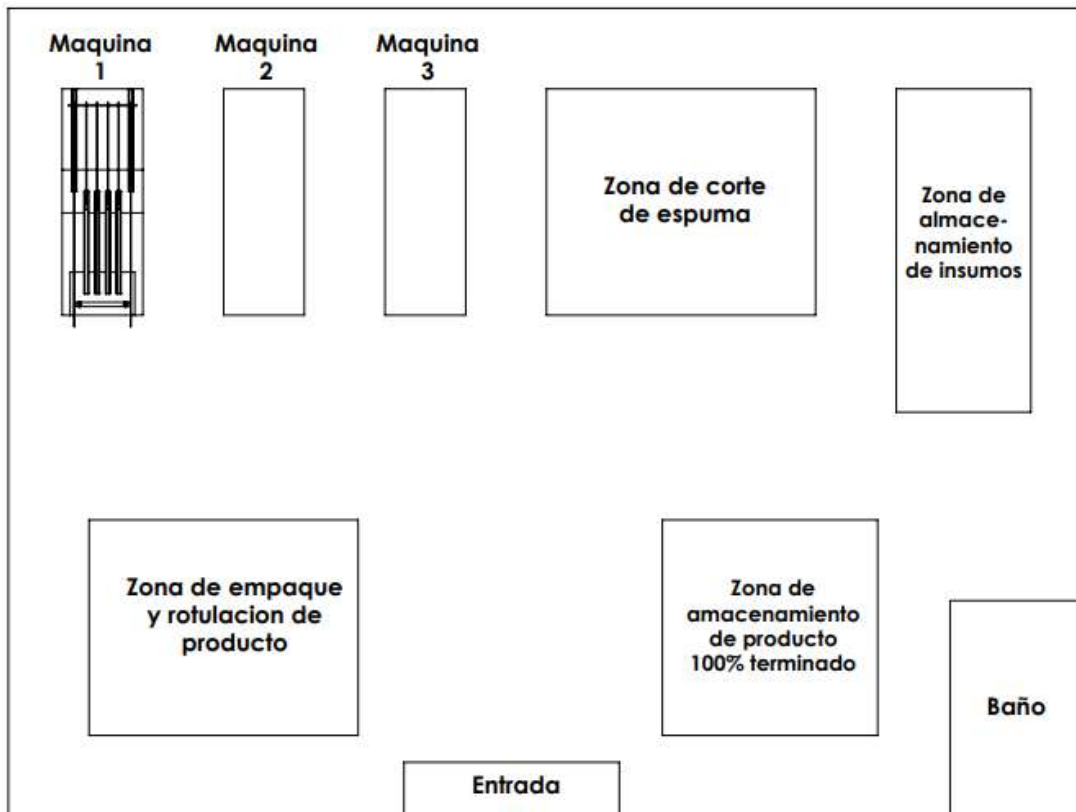
## 4 Planta y equipos

La infraestructura tecnológica actual de Esponjas Lavamix se basa en maquinaria de fabricación casera, cuyo diseño operativo, si bien ha sido funcional, presenta limitaciones en términos de eficiencia y capacidad productiva. Este análisis examina en detalle los aspectos

técnicos de los equipos, evaluando su desempeño actual y destacando las oportunidades de mejora a través de la automatización. Se propone una serie de cambios para aumentar la capacidad de producción, reducir la intervención manual y mejorar la competitividad de la empresa en el mercado colombiano, todo en línea con sus objetivos de crecimiento y sostenibilidad a largo plazo [8]. En la figura 2, se presenta una descripción gráfica de la distribución de las máquinas y las distintas áreas de producción dentro de la planta, mostrando de manera detallada cómo están organizados los equipos y los flujos de trabajo. Revisar Apéndice B.

**Figura 2.**

*Distribución espacial de la planta.*



#### 4.1 Análisis y Caracterización de los Equipos

La planta cuenta con tres máquinas de fabricación casera, como se muestra en la Figura 3, construidas con materiales como acero al carbón, acero inoxidable, aluminio, resortes y madera. Cada máquina mide 0.9 metros de ancho, 3 metros de largo y 0.95 metros de altura, con cuatro carriles que permiten la producción simultánea de esponjas, fabricando cuatro unidades por ciclo en una sola operación.

El circuito eléctrico incluye un transformador de 0.5 kVA (120V-32V), un temporizador para regular la temperatura de la resistencia de ferroníquel, un contactor de 120V a 40 amperios y un temporizador para controlar el interruptor de pedal. Esto permite ajustar el pulso de corriente para adaptarse a diferentes tejidos. Actualmente, cada máquina produce 1,200 unidades diarias, sumando un total de 3,500 unidades por día en la planta, capacidad que podría mejorarse significativamente con la automatización.[8]

#### Figura 3.

*Maquina casera en operación*



## **4.2 Mejora y Automatización**

El principal desafío para Lavamix es mejorar sus máquinas de fabricación casera mediante la automatización. Las máquinas, aunque funcionales, presentan baja eficiencia debido a su construcción artesanal, lo que limita la producción y aumenta la dependencia en la intervención manual. En su estado actual, el tiempo de producción por unidad es de 25 segundos.[7]

La automatización permitiría una mejora en varios aspectos, incluyendo la reducción de tiempos de inactividad por fallos técnicos y el incremento en la capacidad productiva. Con la implementación de sistemas automáticos que regulen los ciclos de sellado, la planta podría alcanzar una mayor eficiencia y cumplir con la creciente demanda del mercado nacional.

## **4.3 Desempeño e Impacto en la Capacidad Productiva**

El desempeño actual de los equipos de Lavamix tiene un impacto directo en la capacidad productiva. La planta opera con tecnología rudimentaria, lo que resulta en una capacidad limitada a 3,500 unidades diarias. Cada máquina tiene un tiempo de producción de 25 segundos por unidad, lo que ralentiza el proceso de sellado.[7]

Además, las máquinas caseras requieren intervenciones manuales constantes, lo que aumenta los tiempos de inactividad y reduce la eficiencia operativa. En esta sección se discutirá cómo el estado actual de los equipos limita el cumplimiento de los objetivos de producción, y se propondrán mejoras para aumentar la velocidad de producción sin comprometer la calidad del producto final.

## **4.4 Eficiencia y Productividad: Un Enfoque en la Tecnología y Automatización**

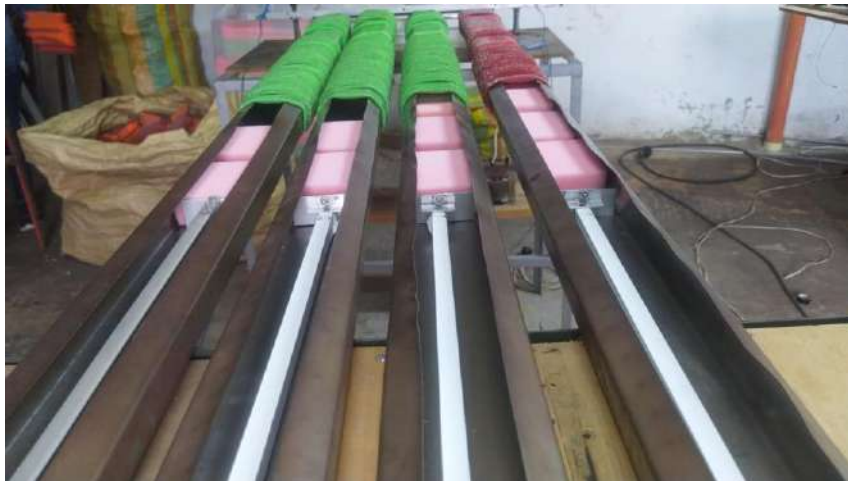
La eficiencia de una planta productiva está intrínsecamente ligada a la tecnología utilizada. En Lavamix, la tecnología rudimentaria de las máquinas ha sido suficiente para

sostener la operación en los primeros años, pero actualmente limita su crecimiento. La productividad de la planta está marcada por los procesos manuales que son necesarios para mantener las máquinas en funcionamiento, afectando la velocidad y calidad de la producción.[8]

Con la automatización, no solo se incrementará la eficiencia en los tiempos de sellado, sino también la calidad del sellado en los distintos tipos de esponjas fabricadas. La automatización permitirá a Lavamix mejorar los recursos y su competitividad en el mercado colombiano.[9]

En la siguiente Figura 4 se muestra el trabajo del operario, que incluye colocar la manga de tela y acomodar la espuma manualmente en los cuatro carriles. Posteriormente, el operario debe inyectar la espuma en las mangas utilizando un sistema de arrastre, lo que complica el proceso, ralentiza la producción y reduce considerablemente el rendimiento.

**Figura 4.** *Proceso manual de colocación e inyección de espuma*



#### **4.5 Diagnóstico Técnico y Propuesta de Mejora en los Equipos**

El diagnóstico técnico de los equipos de Lavamix revela varias áreas clave para la mejora. Actualmente, las máquinas de fabricación casera presentan desgaste en los componentes, lo que contribuye a las paradas técnicas frecuentes. Los resortes y tornillería utilizados para el sellado requieren ajustes continuos, lo que ralentiza el proceso productivo.

La propuesta de mejora incluye la implementación de un sistema automatizado que controle de manera más precisa el temporizador y la resistencia de ferróníquel, permitiendo un sellado más eficiente y una mayor uniformidad en la calidad del producto. Además, se evalúa como una mejor planificación del mantenimiento preventivo podría reducir el impacto de los tiempos de inactividad.

#### **4.6 Innovación Tecnológica y Automatización**

La innovación tecnológica es clave para el crecimiento de Lavamix, especialmente en un mercado en evolución con una creciente demanda de productos de alta calidad. Aunque actualmente opera con equipos rudimentarios, la automatización tiene un alto potencial para mejorar su capacidad productiva y hacer un uso más eficiente de los recursos, reduciendo tiempos de inactividad y mejorando la consistencia del producto final.

La automatización de los procesos críticos como el sellado y corte incrementará tanto la eficiencia como la calidad. Con tecnologías modernas, se podrán hacer ajustes precisos en tiempo real, mejorando las variables clave como la temperatura y el tiempo de ciclo, lo que reducirá la intervención manual y garantizará una mayor uniformidad en los productos, disminuyendo defectos y desperdicios.[1]

Además, se plantea la implementación de tecnologías accesibles y escalables, que se integren a la infraestructura actual sin requerir grandes inversiones. Esto permitirá a Lavamix incrementar su nivel de automatización de manera gradual, reduciendo costos operativos y aumentando la flexibilidad para ajustar la producción según la demanda del mercado, contribuyendo a su objetivo estratégico de convertirse en líder del sector para 2028.

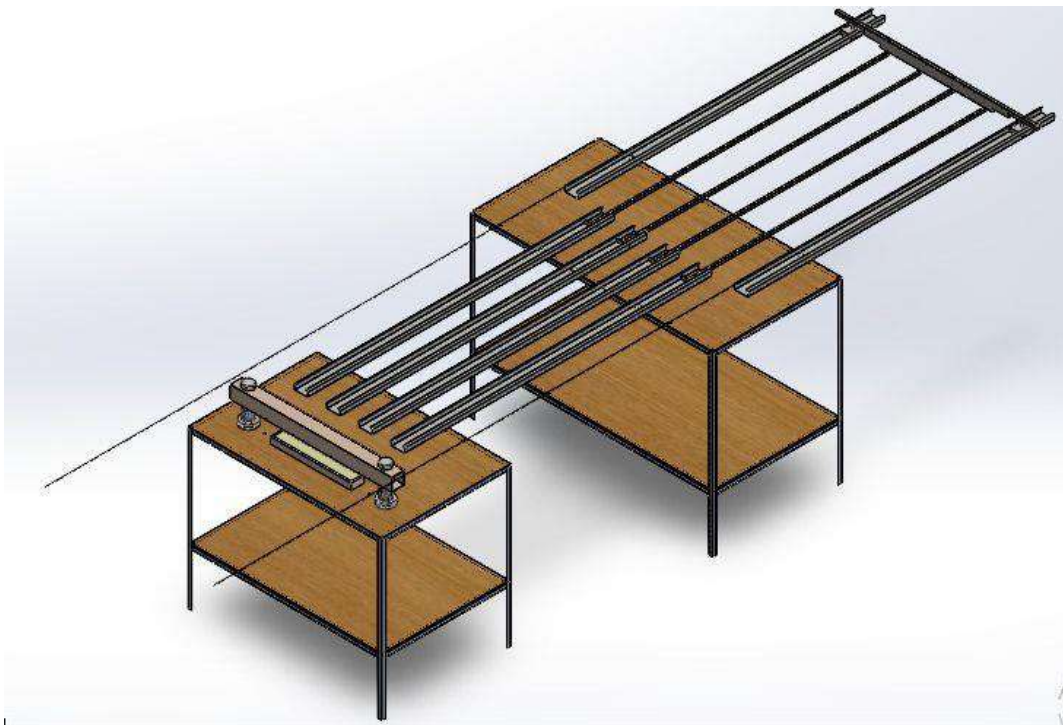
#### **4.7 Tecnología Rudimentaria y Desafíos Operativos**

El uso de tecnología rudimentaria en la planta de Lavamix genera desafíos operativos,

principalmente en términos de mantenimiento y productividad. Las máquinas caseras, por su construcción artesanal (ver Figura 5), están más propensas a fallos técnicos, lo que resulta en paradas no planificadas que interrumpen la producción y aumentan los costos operativos. Además, la falta de sistemas automáticos de monitoreo impide la detección temprana de problemas, prolongando los tiempos de inactividad.

**Figura 5.**

*Diseño de la maquina casera*



Otro gran desafío es la velocidad limitada de producción, ya que las máquinas dependen de la intervención manual para los ajustes, lo que reduce la capacidad de la planta para mantener un ritmo constante y eficiente. La supervisión constante de procesos críticos, como el sellado de la manga tubular, dificulta el mejoramiento de los tiempos de ciclo y la eliminación de cuellos de botella en la producción, lo que restringe el crecimiento de la capacidad operativa.[7]

El control de calidad se ve comprometido debido a que los operarios deben ajustar manualmente la resistencia de ferróníquel, lo que provoca variabilidad en los resultados. La

falta de automatización en la regulación de la temperatura y los tiempos de sellado aumenta el riesgo de defectos y productos fuera de especificación. Esta inconsistencia no solo afecta la satisfacción del cliente, sino que también incrementa los costos asociados a retrabajos y desperdicios, resaltando la urgente necesidad de modernizar la planta para mejorar su competitividad y eficiencia. Los planos y dimensiones de la máquina casera se encuentran en el **Apéndice C**.

#### **4.8 Propuesta de mejoramiento de la Maquinaria**

La propuesta de mejoramiento de la maquinaria en Lavamix está centrada en la automatización del proceso de sellado y corte. Actualmente, las máquinas producen 1,200 unidades por día cada una, pero con la automatización se espera aumentar esta capacidad.

Con la implementación de un sistema automatizado, se espera lograr una producción más eficiente, que permita a Lavamix satisfacer la demanda creciente en el mercado nacional, alineándose con su visión de expansión y liderazgo en el sector para el año 2028.[6]

### **5 Solución Automatizada**

El diseño propuesto para automatizar el proceso de sellado de manga tubular en Lavamix incluye un sistema de cuatro carriles que permite aumentar la producción al sellar varias esponjas simultáneamente. Utiliza una resistencia de ferroníquel controlada por un temporizador y un sistema automatizados para gestionar la temperatura y el tiempo de sellado, optimizando la eficiencia y reduciendo la intervención manual. Con actuadores y sensores para sincronizar el proceso, esta solución incrementa la capacidad productiva, mejora la calidad y reduce los tiempos de inactividad.[12]

### 5.1 Descripción General del Sistema Actual

La planta de Lavamix utiliza actualmente equipos de fabricación artesanal para el proceso de sellado de esponjas como se evidencia en la Figura 6, lo que representa una oportunidad para mejorar el control eléctrico y la automatización. El proceso de sellado depende de la regulación manual de la resistencia de ferroníquel, lo que requiere ajustes constantes para mantener la temperatura adecuada, afectando tanto la eficiencia operativa como la calidad del producto final. Esta situación subraya la necesidad de un sistema automatizado que mejore parámetros críticos como la temperatura y los tiempos de ciclo, eliminando la variabilidad causada por la intervención manual. [8]

#### Figura 6.

*Sistema de sellado y circuito eléctrico de la maquina casera*



El proceso actual de inyección de espuma también es manual, lo que incrementa la intervención humana en cada ciclo, afectando la precisión y velocidad del proceso. La inyección manual, junto con el posicionamiento de las esponjas para el sellado, limita la capacidad de la

planta para aumentar la producción y mejorar la eficiencia. Esta dependencia de ajustes manuales no solo reduce la velocidad de operación, sino que también compromete la consistencia y calidad del producto.

Además, la configuración eléctrica de la máquina es rudimentaria, con componentes como el transformador y los temporizadores mal organizados, sin protección adecuada ni tablero de control centralizado. Esta disposición incrementa los riesgos de fallos eléctricos y compromete la seguridad operativa. La implementación de un tablero de control eléctrico centralizado es crucial para mejorar la seguridad, el monitoreo y la automatización del sistema, incrementando la productividad y asegurando una operación más segura y eficiente en la planta.

## 5.2 Análisis de los Materiales y Componentes de la Máquina

A continuación, se presenta la identificación detallada de los elementos y materiales con los que está construida la máquina de sellado de esponjas en la planta de Lavamix. Esta descripción abarca tanto los componentes estructurales como los del sistema eléctrico, considerando su relevancia en el funcionamiento general del equipo.[13]

### 5.2.1 *Materiales de Construcción de la Máquina*

- **Estructura:** la base y la estructura principal de la máquina están fabricadas en acero al carbono y acero inoxidable, garantizando la robustez y durabilidad necesarias para soportar el proceso de producción.
- **Plataformas:** las plataformas superiores e inferiores de la máquina están construidas con acero inoxidable para resistir la corrosión, y madera, que se utiliza como soporte complementario en algunas secciones.
- **Carriles:** los carriles, que guían la esponja a lo largo del proceso de sellado, están hechos de acero inoxidable, lo que asegura una superficie lisa y resistente, ideal para reducir el

desgaste y permitir un movimiento preciso.

- **Ejes:** los ejes que movilizan los elementos mecánicos están fabricados en acero inoxidable, seleccionado por su resistencia a la corrosión y alta durabilidad en condiciones de trabajo exigentes.
- **Resortes:** los resortes de la máquina están fabricados con **acero galvanizado**, lo que proporciona mayor resistencia a la corrosión y un comportamiento mecánico estable durante el proceso de sellado.
- **Soportes:** los soportes que fijan y estabilizan los componentes están hechos de aluminio, debido a su ligereza y resistencia a la deformación, lo que contribuye a la optimización del diseño estructural.
- **Cuerdas:** el sistema de arrastre manual utiliza cuerdas de nylon, un material resistente y flexible, adecuado para soportar la tracción sin degradarse rápidamente.
- **Barras de Sellado:** las barras donde se realiza el proceso de sellado están recubiertas de caucho y cinta de alta temperatura, materiales seleccionados para soportar el calor generado por la resistencia de ferroníquel y asegurar un sellado hermético y uniforme de las mangas.[8]

### ***5.2.2. Componentes del Circuito Eléctrico***

- **Transformador:** la máquina está equipada con un transformador de 120/36V y 550 VA, que se encarga de ajustar los niveles de tensión necesarios para alimentar la resistencia de ferroníquel y los demás componentes eléctricos.
- **Temporizador:** el temporizador Autonics ATE8 regula el tiempo de funcionamiento de la resistencia de sellado, permitiendo un control preciso de los ciclos de trabajo y

optimizando la eficiencia del proceso.

- **Contactador Trifásico:** se utiliza un contactador trifásico de 40 amperios con bobina a 120V, que controla el encendido y apagado de los circuitos de potencia, permitiendo una operación segura y eficiente del sistema eléctrico.
- **Interruptor Tipo Pedal:** el control manual del ciclo de sellado se realiza mediante un interruptor tipo pedal de 15 amperios, que permite al operario iniciar o detener el proceso de manera rápida y segura.
- **Resistencia de Ferroníquel:** este elemento es el encargado de generar el calor necesario para el proceso de sellado. Su alta capacidad de conducción térmica garantiza un calentamiento rápido y eficiente, fundamental para el sellado de las mangas tubulares.
- **Cables:** el sistema eléctrico está cableado con conductores tipo 16 AWG y 12 AWG, seleccionados por su capacidad de manejar las corrientes necesarias sin sobrecalentarse, asegurando la protección del sistema y un funcionamiento estable. Además, el cable que alimenta el transformador es un cable encauchado 2X16 AWG, diseñado para garantizar una conexión segura y confiable.[8]

### 5.3 Propuesta de Automatización

La propuesta de automatización de la máquina de sellado en la planta de Lavamix surge a partir de un análisis exhaustivo de la planta, sus equipos, la mano de obra involucrada, y los elementos que componen el proceso productivo. Inicialmente, se consideró automatizar únicamente el sistema de presión de la barra de sellado. Sin embargo, después de un riguroso estudio y múltiples conversaciones con el propietario de la fábrica, se decidió reestructurar integralmente el equipo, haciéndolo más compacto y funcional.

El diseño automatizado se basa en la necesidad de:

- Un control preciso de la temperatura en la resistencia de ferroníquel, esencial para el proceso de sellado eficiente.
- La automatización del tiempo de sellado, eliminando la necesidad de ajustes manuales frecuentes y asegurando la consistencia en la calidad del producto final.
- Reducción de la intervención manual, disminuyendo el margen de error humano y aumentando la confiabilidad del sistema.
- Incremento de la producción por ciclo, permitiendo a la máquina procesar simultáneamente múltiples unidades y, por fin, aumentar la capacidad productiva general.

El diseño propuesto implementa un sistema de cuatro carriles paralelos que permite realizar el proceso de sellado en varias esponjas simultáneamente, incrementando la productividad. Estos carriles guían y alinean las esponjas con precisión, minimizando errores y asegurando un sellado uniforme. Este diseño automatiza tanto el sistema de presión de la barra de sellado como la inyección de espumas en las mangas tubulares, mediante ejes impulsados por unidades neumáticas que sincronizan el proceso en todos los carriles.

El uso de actuadores neumáticos, controlados mediante lógica cableada con elementos electrónicos como contactores, relés y temporizadores, garantiza la operación eficiente y sincronizada de todo el sistema. Esta configuración permite controlar con precisión el tiempo de inyección, la temperatura de las resistencias de ferroníquel y el movimiento de los carriles, asegurando un proceso de sellado automatizado sin necesidad de intervención constante del operario.[12]

La automatización integral convierte la máquina en un equipo altamente eficiente, capaz de operar de manera autónoma, lo que reduce los tiempos de inactividad y mejora la calidad del producto final. Con esta reestructuración, se aumenta la capacidad productiva de la planta y se

asegura un control preciso en cada etapa del proceso, disminuyendo la dependencia de la intervención manual.[13]

#### 5.4 Componentes Principales del Sistema

A continuación, se describen los principales componentes técnicos que integran la solución automatizada:

- **Resistencia de Ferróníquel:** este elemento es el encargado de generar el calor necesario para realizar el sellado de la manga tubular. En el diseño propuesto, la resistencia estará controlada por un sistema de temporización que permitirá ajustar la temperatura en función del tipo de material a sellar. El uso de un controlador PID (Proporcional-Integral-Derivativo) asegurará un control preciso de la temperatura, evitando sobrecalentamientos o enfriamientos que puedan comprometer el proceso.
- **Transformador de 0.5 kVA (120V-32V):** proporcionará la alimentación eléctrica adecuada al sistema, ajustando los niveles de voltaje necesarios para el funcionamiento óptimo de la resistencia y los demás componentes eléctricos.
- **Transformador de 220V a 120V:** este transformador reduce la tensión de 220V a 120V, permitiendo alimentar de manera segura y eficiente los elementos de control del sistema que operan a 120V.
- **Controlador de Tiempo (Temporizador):** este elemento automatizará el tiempo de sellado, permitiendo que el operario pueda programar ciclos de sellado exactos, según el tipo de esponja que se esté fabricando. La automatización del temporizador elimina la necesidad de intervención manual para detener el proceso de sellado, reduciendo el riesgo de error humano y mejorando la repetitividad del proceso.
- **Sensores:** sensores de proximidad o de presión se utilizarán para detectar la presencia

de las esponjas y activar el proceso de sellado en el momento adecuado, garantizando una operación sincronizada y sin necesidad de intervención manual.

- **Pistones o Actuadores Neumáticos:** son fundamentales para automatizar el movimiento de los ejes que inyectan la espuma y manipulan las esponjas, posicionándolas correctamente para el proceso de sellado, que es ejecutado por otros pistones. Además, estos actuadores proporcionan la fuerza necesaria para realizar los movimientos mecánicos de manera repetitiva y sin intervención humana, mejorando así el proceso de sellado en las mangas tubulares.[8]

### 5.5 Ventajas del Diseño Propuesto

- **Aumento de la capacidad productiva:** gracias a la disposición de los cuatro carriles, se pueden procesar múltiples esponjas de forma simultánea, lo que aumentará la capacidad productiva de la planta sin incrementar el espacio físico necesario.
- **Reducción de errores humanos:** la automatización del control de temperatura y del tiempo de sellado disminuye las variaciones causadas por la intervención manual, garantizando una mayor uniformidad en la calidad del producto final.
- **Reducción del tiempo de ciclo:** la sincronización de los actuadores y el temporizador reducirá los tiempos de inactividad entre ciclos, lo que permitirá una mayor continuidad en la producción y disminuirá los tiempos muertos en el proceso.
- **Monitoreo y control en tiempo real:** el uso de los sensores permitirá un monitoreo continuo del proceso, lo que facilitará ajustes sobre la marcha y reducirá las interrupciones debidas a fallos técnicos inesperados. [12]

## **6 Diseño y simulación**

El diseño y simulación son esenciales en el desarrollo de sistemas automatizados, ya que permiten anticipar el comportamiento del sistema y su funcionamiento antes de su implementación. En la planta Lavamix, estos procesos son fundamentales para mejorar la eficiencia en el sellado de esponjas, automatizando operaciones clave como la regulación de temperatura y tiempo de sellado. El diseño define la estructura técnica del sistema, mientras que la simulación valida su desempeño bajo distintas condiciones, asegurando mayor precisión, menos errores y un aumento de la capacidad productiva.[14]

Para desarrollar el diseño, se realizaron visitas a la planta de Lavamix, donde se evaluó el rendimiento de la máquina a través de mediciones operativas y evaluaciones estructurales y eléctricas. Se entrevistó a los operarios para obtener información relevante, y se llevaron a cabo reuniones con el representante legal de la empresa para analizar alternativas y materiales para la actualización de la maquinaria. Tras un análisis exhaustivo, se consensuaron los cambios estructurales y el proceso de automatización necesarios para mejorar los tiempos de producción y mejorar la eficiencia operativa.

A continuación, se describen los dos procesos: el funcionamiento actual de la máquina y el proceso automatizado que se propone, el cual busca maximizar la productividad y reducir la intervención manual.

### **6.1 Proceso actual**

El proceso actual de la máquina es sencillo, pero requiere una considerable intervención manual. Se desarrolla en las siguientes etapas:

- I. **Alimentación eléctrica:** el proceso comienza con la conexión del transformador, que se alimenta con una tensión de 220V para suministrar energía a los distintos componentes del sistema.
- II. **Ajuste de la temperatura:** se ajusta el temporizador que controla la resistencia de ferroníquel, permitiendo que este alcance la temperatura adecuada para el sellado del material. Este ajuste es crítico, ya que una temperatura inadecuada puede comprometer la calidad del sellado.
- III. **Colocación del material:** el material a sellar se coloca manualmente sobre la barra de sellado donde está montada la resistencia de ferroníquel. En esta etapa, es esencial una correcta alineación para garantizar que el proceso de sellado sea uniforme.
- IV. **Activación del sistema:** el operario acciona el interruptor de pedal, lo que activa el paso de corriente por la resistencia, permitiendo alcanzar la temperatura correcta. Durante esta fase, se requiere una sincronización precisa para asegurar un sellado eficiente.
- V. **Aplicación de presión:** simultáneamente, se aplica presión sobre la barra que sostiene la resistencia y el material. Este paso es clave para garantizar un sellado hermético, ya que la presión asegura el contacto uniforme entre las superficies a unir.
- VI. **Liberación de presión y retorno:** una vez que el sellado está completo, la presión se libera y los resortes de la máquina permiten que la barra regrese automáticamente a su posición original, lista para un nuevo ciclo.
- VII. **Retiro del producto:** finalmente, el operario retira el producto ya sellado y repite el ciclo, colocando nuevo material sobre la barra.[8]

Este proceso, aunque funcional, es ineficiente debido a su dependencia en la

intervención manual, lo que genera variaciones en la calidad y tiempos de inactividad. La automatización optimizaría el sellado, mejorando la productividad y reduciendo la intervención humana.

## 6.2 Proceso Planteado, Diseñado y Automatizado

A diferencia del proceso anterior, el sistema automatizado propuesto incluye más elementos y etapas, lo que lo hace considerablemente más eficiente. Aunque el proceso es más complejo, permite reducir significativamente el tiempo de ciclo, incrementando la producción, mejorando el rendimiento y minimizando la intervención manual. El proceso automatizado es el siguiente:

- I. **Energización del sistema:** se alimenta la máquina con una tensión de 220V, lo que activa un piloto indicador que advierte que la máquina está energizada y en condiciones de operación.
- II. **Selección de modo:** en esta etapa se selecciona el modo de operación de la máquina, con dos opciones: automático y semiautomático. En modo automático, la máquina ejecuta ciclos continuamente hasta ser detenida manualmente. En modo semiautomático, realiza un ciclo por cada presión del botón de inicio, brindando mayor control. Esta flexibilidad permite adaptar el funcionamiento según las necesidades productivas o las preferencias del operador.
- III. **Inicio del ciclo:** el operario acciona el botón de inicio (START), activando un piloto intermitente que indica que la máquina ha comenzado su ciclo de trabajo.
- IV. **Inyección de la espuma:** una vez iniciada la máquina, se energiza una electroválvula que activa el pistón de inyección. Este pistón impulsa la espuma a través de los carriles y la posiciona entre las barras de sellado de manera automática.

- V. **Detección de final de carrera:** al llegar al final de su recorrido, el pistón de inyección activa un final de carrera, el cual corta la energía al pistón, haciendo que este vuelva a su posición inicial.
- VI. **Presión sobre las esponjas:** simultáneamente, el final de carrera activa el pistón de presión, cuya función es inmovilizar las esponjas en la posición correcta para garantizar un sellado más preciso.
- VII. **Activación de la resistencia:** al mismo tiempo, el final de carrera energiza la resistencia de ferróniquel, cuya duración está controlada por un temporizador. Durante este paso, se enciende un piloto indicador para señalar que la resistencia está activa.
- VIII. **Accionamiento del pistón de sellado:** el final de carrera también alimenta otro final de carrera, cuya función es accionar el pistón de sellado cuando el pistón de inyección regresa completamente a su posición inicial.
- IX. **Backup por temporizador:** en caso de que el pistón de inyección no accione el final de carrera, un temporizador secundario también puede activar el pistón de sellado, asegurando que el ciclo de sellado no dependa exclusivamente del final de carrera.
- X. **Finalización del ciclo:** el pistón de sellado activa un temporizador que marca el final del ciclo, dejando la máquina lista para iniciar un nuevo proceso sin intervención adicional.
- XI. **Retiro del producto:** finalmente, el producto sellado se retira del sistema, y los carriles se alimentan nuevamente con más espuma, lo que permite reiniciar el ciclo de forma continua y eficiente.

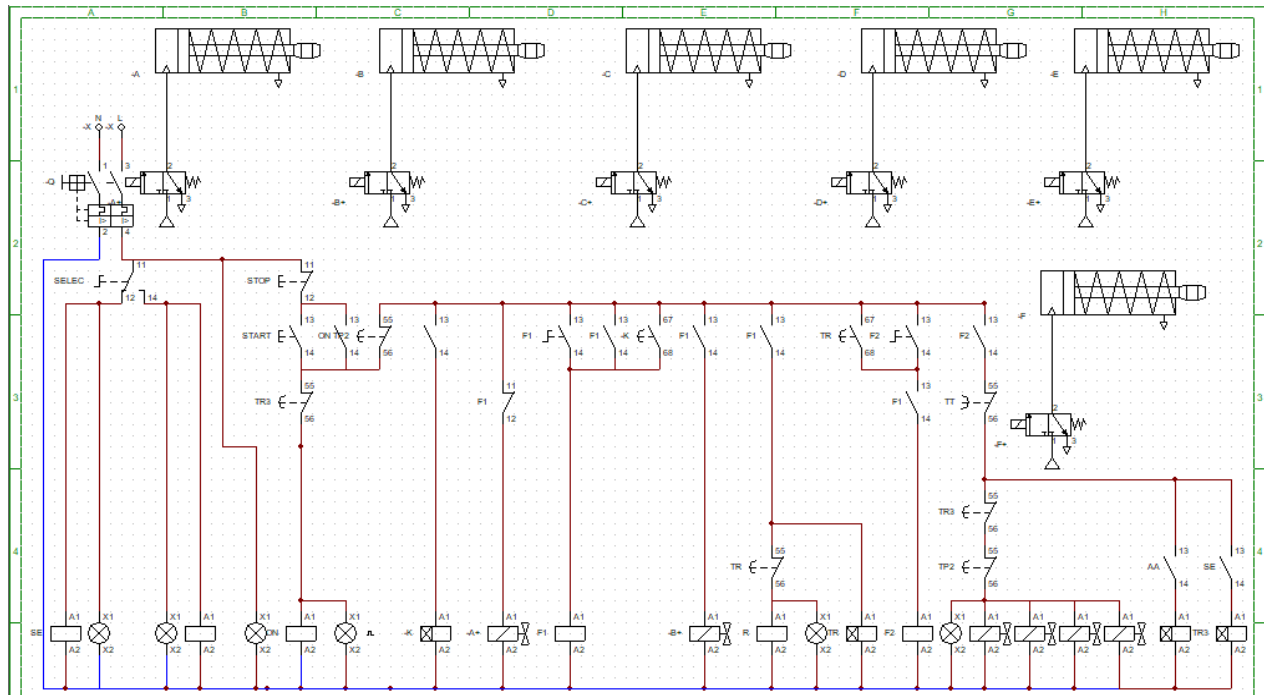
Este proceso automatizado mejora la precisión y la velocidad del sistema, disminuyendo la intervención humana y optimizando la eficiencia de producción.

### 6.3 Diseño y simulación en CADeSIMU

En respuesta al análisis detallado realizado para la automatización de la máquina, se desarrolló un diseño preliminar que cumple con todas las especificaciones técnicas y los requerimientos planteados por el propietario de la empresa. Este diseño garantiza la automatización del proceso productivo, incorporando los elementos necesarios para mejorar la eficiencia y reducir la intervención manual [14]. Como resultado, se obtiene un sistema que cumple plenamente con los objetivos establecidos, alineándose con el proceso previamente descrito. Para más detalles sobre el diseño y su simulación, se puede consultar el Apéndice D.

**Figura 7.**

*Diseño Preliminar del Sistema Automatizado*



El diseño y simulación de la automatización se llevó a cabo utilizando el software CADeSIMU, como se muestra en la Figura 7. En este circuito se presentan todos los elementos

necesarios para garantizar el cumplimiento completo del proceso planteado. La simulación permite visualizar la interconexión y funcionamiento de cada componente, asegurando que el diseño funcione de manera eficiente y sin errores. [15]

Se implementó un temporizador como respaldo para los finales de carrera del sistema, asegurando que, en caso de fallos o activaciones incorrectas, el proceso continúe sin interrupciones. Esta medida mejora la confiabilidad y la continuidad operativa, evitando paradas inesperadas. Además, el temporizador permite ajustar los tiempos de operación con precisión, asegurando que el sistema funcione de manera eficiente incluso ante fallos menores en los componentes.

#### **6.4 Función de cada elemento del diseño**

El circuito de automatización diseñado para la máquina integra una serie de componentes eléctricos y neumáticos dispuestos estratégicamente para optimizar el proceso productivo, mejorar la precisión y reducir la intervención manual (ver Apéndice E). A continuación, se detallan los principales elementos y sus respectivas funciones dentro del sistema:

- Interruptor termomagnético (Breaker): brinda protección al sistema, permitiendo energizar o desconectar la máquina por completo en caso de sobrecarga o cortocircuito.
- Selector de modo: facilita la selección entre modos de operación automático o semiautomático, ajustándose al material procesado y las necesidades del operario.
- Piloto indicador verde: muestra que la máquina está energizada y lista para operar, proporcionando una señal visual clara.
- Relé de control semiautomático: gestiona el encendido y apagado de la máquina en modo semiautomático, ejecutando un ciclo por cada activación.

- Piloto indicador azul: señala que la máquina está en modo semiautomático, ofreciendo una referencia visual directa.
- Relé de control automático: coordina los ciclos en modo automático, manteniendo la máquina en funcionamiento continuo hasta su detención manual.
- Botón de parada de emergencia (STOP): permite detener el sistema en cualquier momento para evitar accidentes o fallos críticos.
- Pulsador de arranque (START): inicia el ciclo de la máquina, activando todos los componentes según el modo seleccionado.
- Relé de anclaje: mantiene la máquina energizada tras presionar el botón de arranque, energizando la electroválvula de inyección de espuma, lo que acciona de inmediato el pistón correspondiente.
- Piloto indicador verde intermitente: indica que la máquina está en funcionamiento, proporcionando una señal de estado activa.
- Electroválvula de inyección de espuma: acciona el pistón que inyecta la espuma en las mangas tubulares, asegurando la correcta distribución del material.
- Temporizador 1: controla la activación de la resistencia de ferroníquel y el pistón neumático de presión, ajustando el tiempo de operación para garantizar un sellado preciso y eficiente.
- Final de carrera 1: activa la resistencia y los pistones de presión, sincronizándolos con el ciclo de producción. En caso de falla, un temporizador sirve como respaldo para continuar el proceso.
- Relé de presión: energiza la electroválvula que acciona el pistón de presión, asegurando

la correcta inmovilización del material durante el sellado, y desenergiza la electroválvula de inyección de espuma, permitiendo el retroceso del pistón.

- Electroválvula de presión: controla el pistón que aplica presión sobre el material para garantizar su inmovilización y un sellado adecuado.
- Relé de la resistencia: se encarga de energizar la resistencia de ferróníquel, activando el proceso de calentamiento del material.
- Piloto indicador amarillo: indica que la resistencia está en funcionamiento.
- Temporizador 2: controla el sistema de sellado, incluyendo temporizadores, electroválvulas y pilotos, para garantizar un ciclo eficiente.
- Final de carrera 2: activa el sistema de sellado en caso de fallo del temporizador, garantizando la continuidad del proceso.
- Relé de sellado: energiza las electroválvulas responsables de los pistones de sellado, mientras enciende un piloto que indica la ejecución del proceso.
- Electroválvulas de sellado: controlan los pistones encargados de realizar el proceso de sellado final del material.
- Piloto indicador amarillo: señala que los pistones están ejecutando el sellado del material.
- Gatos neumáticos: seis actuadores que realizan funciones críticas: uno para inyectar la espuma, otro para presionar las esponjas, y cuatro más que realizan el sellado.
- Temporizador 3: controla el tiempo de sellado y desenergiza el sistema al finalizar el ciclo en modo semiautomático.
- Temporizador 4: controla el tiempo de sellado y reinicia el ciclo en modo automático, manteniendo el sistema energizado para una operación continua.

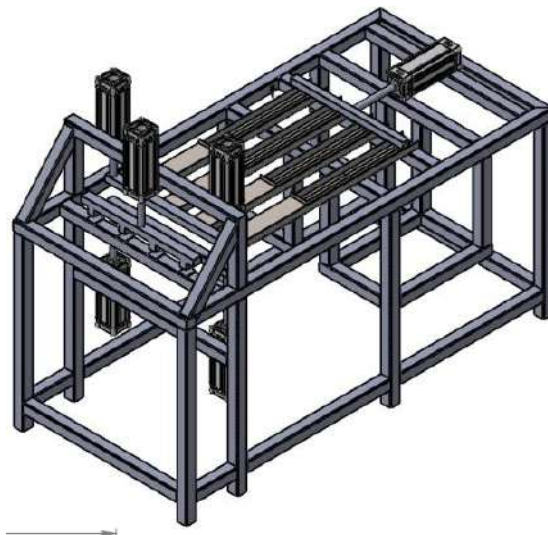
Este sistema automatizado proporciona una sincronización precisa entre los componentes, mejorando los tiempos de ciclo y aumentando significativamente la eficiencia operativa del proceso de sellado. La lógica cableada asegura que todos los elementos funcionen en armonía, reduciendo el margen de error y aumentando la productividad del sistema.

## 6.5 Rediseño Estructural de la Máquina

Con la implementación de la automatización propuesta, y para garantizar una mejor adaptabilidad de los elementos involucrados en su funcionamiento y control, se realizó un rediseño de la máquina, obteniendo un sistema más compacto y con una estructura mejorada para la actividad que desempeña. Durante este proceso, se aplicaron conceptos mecánicos que permitieron mejorar su rendimiento, logrando un resultado más eficiente y acorde a las necesidades productivas [10]. Este diseño mejorado puede observarse en la Figura 8, donde se aprecia la mejora en la estructura y disposición de los componentes, ello se puede evidenciar con claridad en el ANEXO 5.

### *Figura 8.*

*Rediseño estructural de la maquina con los gatos neumáticos*



En la Figura 8 se muestra una estructura reforzada, mejorada para la integración de componentes neumáticos que mejoran su rendimiento. El diseño incluye dos compartimentos para las cajas de control, tanto eléctricas como neumáticas, lo que facilita la automatización. Las dimensiones actualizadas y la mayor practicidad dan como resultado una operación más eficiente en comparación con la versión anterior. A pesar de mantener su función principal, la máquina se actualiza con seis actuadores neumáticos y compartimentos de control, lo que aumenta su productividad general. El sistema, después de un diseño y simulación exitosos, demostró un rendimiento que superó las expectativas.

## **6.6 Análisis del diseño final de la maquina**

Como se puede observar en el Apéndice E, la máquina, completamente finalizada y lista para la implementación del sistema automatizado, presenta características viables para su operación. La simulación muestra un avance, con un incremento de más del 600 % en la producción por máquina, alcanzando más de 7,200 unidades por jornada de 8 horas. Esto indica que, al actualizar y automatizar las tres máquinas, la producción diaria pasaría de 3,500 unidades a 21,600 unidades, superando las expectativas iniciales.

El tiempo de producción se reduciría a aproximadamente 8 segundos por unidad, lo que refleja una mejora sustancial en la eficiencia. Además, esta cifra sugiere que, con la inversión requerida para la actualización, el retorno de inversión se lograría en un plazo muy corto, debido al notable aumento en la capacidad productiva y la consecuente mejora en la rentabilidad del sistema.

El diseño final mejora la estructura mecánica de la máquina, haciéndola más robusta para ciclos de producción intensivos. Los actuadores neumáticos aseguran un sellado preciso y eficiente, reduciendo los tiempos de ajuste y eliminando la necesidad de un control constante.[10]

## 7 Cotización

La empresa Esponjas Lavamix tiene la visión de implementar el sistema de automatización planteado en esta tesis. Para ello, se ha elaborado la siguiente cotización, en la cual se detallan todos los componentes de la estructura mecánica, neumática y eléctrica, proporcionando además un valor estimado para la máquina terminada. Cabe destacar que esta cotización no incluye el costo de la mano de obra y puede estar sujeta a posibles variaciones en los precios de los componentes, dependiendo de la TRM vigente al momento de la compra.

<b>Ítem</b>	<b>Referencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Precio Total</b>
			\$	\$
1	Tubo Cuadrado 1-1/2 x 1-1/2pg	1	37,400	37,400
			\$	\$
2	Angulo 6m x 1-1/4 x 1/8 pulg	2	39,900	79,800
			\$	\$
3	Caja Metálica de Paso 40cm x 40cm	2	84,850	169,700
			\$	\$
4	Tapa de acero inoxidable 304 para alimentos	1	230,000	230,000
			\$	\$
5	Tornillería y herrajes	100	1,000	100,000
			\$	\$
6	Cilindro estándar 40 x 160 con magneto	1	164,000	164,000
			\$	\$
7	Cilindro estándar 40 x 50 con magneto	5	134,000	670,000
			\$	\$
8	Controlador de flujo 1/4 x 8 o.d	12	9,300	111,600
			\$	\$
9	Unión en t 8 mm	8	3,400	27,200
			\$	\$
10	Válvula solenoide 5/2-1/4	2	30,600	61,200
			\$	\$
11	Bobina ac 220 v	6	15,300	91,800
			\$	\$
12	Racor recto 1/4 x 8 o.d	12	2,700	32,400
			\$	\$
13	Silenciador cónico 1/8"	6	3,200	19,200
			\$	\$
14	Electroválvula 5/2-1/4	6	88,400	530,400

15	Fr-l manual miniatura 1/4"	1	\$ 85,000	\$ 85,000
16	Manguera poliuret. azul ext. 8 mm	20	\$ 2,900	\$ 58,000
17	Piloto led	6	\$ 7,533	\$ 45,198
18	Interruptor termomagnético 220v	1	\$ 112,900	\$ 112,900
19	Selector ABB Línea Compacta 2 posiciones	1	\$ 50,700	\$ 50,700
20	Temporizador electrónico digital 220V	4	\$ 110,000	\$ 440,000
21	Final de carrera multidireccional	2	\$ 23,271	\$ 46,542
22	Botón pulsador verde	1	\$ 15,800	\$ 15,800
23	Pulsador parada de emergencia	1	\$ 22,100	\$ 22,100
24	Riel omega 1 mt	1	\$ 14,900	\$ 14,900
25	Cable 14 AWG 50 m	1	\$ 82,500	\$ 82,500
26	Bornera de conexión	1	\$ 35,200	\$ 35,200
27	Cable 10 AWG 20 m	1	\$ 49,300	\$ 49,300
28	Transformador de 0.5 kVA 120V-32V	1	\$ 450,000	\$ 450,000
29	Transformador de 220V a 120V	1	\$ 149,400	\$ 149,400
30	Compresor 3HP 50Lt 116PSI	1	\$ 999,900	\$ 999,900
31	Resistencia ferroníquel	1	\$ 35,200	\$ 35,200
32	Manguera de aire 3/8	1	\$ 109,900	\$ 109,900
33	Cinta térmica	1	\$ 37,765	\$ 37,765
34	Otros	1	\$ 300,000	\$ 300,000

**TOTAL, CON IVA 19%** \$ **5,465,005**

## 8 Conclusiones

Se realizó un análisis detallado de la planta existente, identificando las características estructurales y operativas de las máquinas de fabricación casera. Este análisis reveló la necesidad urgente de mejorar la eficiencia y reducir la intervención manual debido a las limitaciones de los equipos actuales. La planta, aunque funcional, depende excesivamente de los operarios, lo que genera tiempos de inactividad y fluctuaciones en la calidad del producto. La automatización, por lo tanto, surge como la solución ideal para mejorar el proceso y aumentar la productividad.

El diseño propuesto para la automatización de la maquinaria en Lavamix incluye la implementación de sistemas automáticos que regulan el tiempo de sellado, la temperatura de la resistencia de ferróníquel y la presión aplicada en el proceso. Este diseño no solo responde a las necesidades inmediatas de la planta, sino que también permite mejorar la calidad del producto y aumentar la capacidad productiva al reducir las intervenciones manuales. Las simulaciones preliminares sugieren un incremento en la eficiencia operativa, lo que facilitará a Lavamix atender la creciente demanda del mercado.

La simulación del diseño automatizado confirmó la viabilidad de la solución planteada. Mediante herramientas de simulación, se identificaron posibles fallos y áreas de mejora antes de la implementación real. El sistema automatizado permite una mayor precisión en los tiempos de sellado y la temperatura, lo que garantiza una reducción en la variabilidad de la producción. Los resultados sugieren que la implementación de este sistema aumentará significativamente la productividad, reduciendo tiempos de ciclo a solo 8 segundos por unidad y permitiendo que la planta alcance una capacidad de producción de 21,600 unidades por día.

## 9 Recomendaciones

- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para los componentes eléctricos y neumáticos, como actuadores, temporizadores y sensores, a fin de reducir tiempos de inactividad y fallos inesperados.
- Monitorear constantemente los resultados de la automatización para identificar posibles ajustes y mejoras en el sistema, asegurando una optimización continua del proceso productivo.
- Capacitar periódicamente a los operarios en el manejo de los sistemas automatizados, garantizando un uso adecuado de la nueva tecnología y minimizando errores operativos.
- Actualizar el sistema de control de calidad para adaptarlo al aumento de la capacidad productiva y asegurar que los productos finales cumplan con los estándares de calidad establecidos.
- Explorar la posibilidad de automatizar otros procesos dentro de la planta, como el embalaje o el almacenamiento, para maximizar la eficiencia general de la planta.
- Realizar estudios de ampliación de la planta para adaptarse al aumento de la producción y evaluar la posibilidad de expandir la infraestructura en el futuro.
- Optimizar la logística de distribución para asegurar que el incremento en la producción sea acompañado por un sistema eficiente de distribución a nivel nacional.
- Evaluar la viabilidad de diversificar los productos fabricados, incorporando nuevas líneas de esponjas o productos relacionados que aprovechen las mejoras tecnológicas de la planta.
- Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real que permitan realizar ajustes en el proceso productivo de manera inmediata y detectar posibles problemas antes de que afecten la producción.

## Referencias

- [1] Automatización Industrial: Qué es y cómo funciona. (2019, noviembre 7). aula21 | Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>
- [2] Reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE. (s/f). Gov.Co. Recuperado el 1 de octubre de 2024, de <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>
- [3] ICONTEC. (s/f). CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050. ICONTEC, de [https://drive.google.com/file/d/0B0uO\\_Mh36Fv-VVVObDMtanZYeXM/view?resourcekey=0-UKxOFb8PpRs8vX-Vg9YEWQ](https://drive.google.com/file/d/0B0uO_Mh36Fv-VVVObDMtanZYeXM/view?resourcekey=0-UKxOFb8PpRs8vX-Vg9YEWQ)
- [4] ICONTEC e-Collection. (s/f). Icontec.org. Sistemas de control en la industria de procesos, Recuperado el 2 de octubre de 2024, de <https://ecollection.icontec.org/normagrid.aspx>
- [5] UNE-EN 60204-1:2019. (s/f). Une.org. Seguridad de las máquinas, Equipo eléctrico de las máquinas, de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0061674>
- [6] ESPONJAS LAVAMIX. (2021). *Identidad Corporativa Esponjas Lavamix*. Documento interno, ESPONJAS LAVAMIX.
- [7] ESPONJAS LAVAMIX. (2023). *Informe de producción anual*. Documento interno, ESPONJAS LAVAMIX.
- [8] ESPONJAS LAVAMIX. (2024). *Otros documentos*. Documento interno, LAVAMIX.
- [9] Manga tubular - Esponjilla multiusos - Paños absorbentes. (2018, marzo 26). INDUSTRIAS POWER MAX. [https://industriaspowermax.com/?\\_im-bVfkgFFH=7228121165521549959](https://industriaspowermax.com/?_im-bVfkgFFH=7228121165521549959)
- [10] ALIANZA RICAURTE SAS. (s/f). INICIO. Alianzaricaurte.com. Recuperado el 2 de octubre de 2024, de <https://alianzaricaurte.com/>
- [11] home. (2023, octubre 25). Esponjas Power. <https://esponjillaspower.com/>

- [12] Tecnomaquinas Ecuador. (s/f). Youtube. Recuperado el 2 de octubre de 2024, de <https://www.youtube.com/channel/UCGtP932FI1QWI00KvPwIIYw>
- [13] León Becerra, J. S., & Murcia Peña, J. D. (2013). *Diseño y construcción de una máquina empacadora y selladora al vacío manual para pollo* (Tesis de pregrado), Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica.
- [14] Martínez, E. (2024, marzo 30). Simulación de Sistemas Automatizados. ATRIA Innovation. <https://atriainnovation.com/blog/simulacion-de-sistemas-automatizados/>
- [15] Rojas Rico, J. F., & Gutiérrez Molina, R. L. (2020). *Uso pedagógico del simulador CADE SIMU en el área de electricidad por los aprendices del programa de mantenimiento electromecánico industrial del SENA regional Tolima* (Tesis de maestría). Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias de la Educación, Maestría en Educación.
- [16] Henry, J. (2012). *Packaging Machinery Handbook: The complete guide to automated packaging machinery including packaging line design*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- [17] Irmak, N., Cimen, O., & Saklakoglu, E. (2019). *Design and analysis of a novel sealing unit for packing machines*. STUME Journals, 3(3), 93-96. <https://stumejournals.com/journals/mm/2019/3/93>