

# **TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO**

**VIDA NUEVA**

**SEDE MATRIZ**



**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA**

**REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA LAKSO PARA EL PROCESO DE EMPACADO**

**DE PASTILLAS EN LA EMPRESA CONFITECA**

**PRESENTADO POR**

**TIPANTUÑA GUAÑA DIEGO ARMANDO**

**CAMPAÑA AYALA PEDRO DAVID**

**TUTOR**

**ING. TITUAÑA DIAZ DARWIN VINICIO MG.**

**FECHA**

**AGOSTO 2023**

**QUITO – ECUADOR**

---

**Tecnología Superior en Electromecánica**

---

**Certificación del Tutor**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Repotenciación de una máquina LAKSO para el proceso de empaclado de pastillas en la empresa Confiteca”, presentado por los ciudadanos Tipantuña Guaña Diego Armando, Campaña Ayala Pedro David, para optar por el título de Tecnólogo Superior en Electromecánica, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de agosto de 2023

---

Tutor: Ing. Tituaña Diaz Darwin Vinicio Mg.

C.I.: 1716233539

---

**Tecnología Superior en Electromecánica**

---

**Aprobación del Tribunal**

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: “Repotenciación de una máquina LAKSO para el proceso de empaçado de pastillas en la empresa Confiteca”, presentado por los ciudadanos Tipantuña Guaña Diego Armando, Campaña Ayala Pedro David, facultados en la carrera Tecnología Superior en Electromecánica.

Para constancia firman:

---

C.I.:

**DOCENTE TUVN**

---

C.I.:

**DOCENTE TUVN**

---

C.I.:

**DOCENTE TUVN**

---

**Tecnología Superior en Electromecánica**

---

**Cesión de Derechos de Autor**

Nosotros, Tipantuña Guaña Diego Armando portador de la cédula de ciudadanía 172609037-4 y Campaña Ayala Pedro David portador de la cédula de ciudadanía 180473093-3, facultados en la carrera Tecnología Superior en Electromecánica, autores de esta obra, certificamos y proveemos al Tecnológico Universitario Vida Nueva usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Repotenciación de una máquina LAKSO para el proceso de empaclado de pastillas en la empresa Confiteca”, con el objeto de aportar y promover la cultura investigativa, autorizando la publicación de nuestro proyecto en la colección digital del repositorio institucional, bajo la licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de agosto de 2023.

---

Tipantuña Guaña Diego Armando

C.I.: 1726090374

---

Campaña Ayala Pedro David

C.I.: 1804730933

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres Pedro y Natividad por su apoyo y enseñanzas que forjaron la persona que soy y me dieron la fuerza para superarme. Un inmenso agradecimiento a mi familia por la comprensión que me brindaron a lo largo de mi estudio con el fin de apoyar al sustento de nuestro hogar.

Diego Tipantuña

Gracias a todas las personas que he tenido la dicha de conocer y que me han brindado su apoyo abnegado, con sus consejos, ánimos y acciones que han contribuido en mi formación profesional y que se ve reflejado en este proyecto.

Pedro Campaña

## **Agradecimiento**

Agradeciendo a mi Dios por este proceso de formación para cumplir con mis estudios a pesar de los obstáculos que se presentaron, por brindarme el soporte de mi familia en el acompañamiento y comprensión brindada para lograr establecerme de forma laboral y estudiantil.

Todo el trabajo realizado fue posible gracias al apoyo incondicional de mi esposa Marlene, que estuvo a mi lado en los momentos difíciles, y a mis hijos Diego y Samara, cuyo cariño fue la motivación para alcanzar las metas.

Por último, a mis docentes que fueron el pilar en mi crecimiento académico, agradecer por los consejos y enseñanzas para alcanzar nuestros objetivos.

Diego Tipantuña

El más sincero agradecimiento a mis padres y hermanos que siempre me apoyaron para llegar a cumplir este sueño, también a mis compañeros que siempre estaban en los momentos difíciles de mi vida estudiantil. Además, agradezco a mis docentes que me brindaron sus conocimientos y sus consejos para ser un profesional de éxito.

Pedro Campaña

## Tabla de Contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Antecedentes	13
Justificación	15
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
Marco Teórico	17
Marco Histórico	17
Marco Conceptual	20
Automatización	20
Leyes de Newton	21
Maquinaria Industrial	23
Industria 4.0	24
Repotenciación de Maquinaria	25
Eficiencia en la Producción	26
Evaluación de Rendimiento	27
Presupuesto	27
Metodología y Desarrollo del Proyecto	29
Diseño Metodológico	29
Variables y Definición Operacional	30

	8
Técnicas e Instrumentos de Investigación	32
Diseño Muestral	32
Técnicas de Recolección de Datos	32
Desarrollo y Procedimiento	34
Levantamiento de la Información del Proceso de Empacado	34
Enlace de PLC y Comunicación Hacia Sensores	35
Ensamblaje de Elementos Eléctricos	36
Explicación de Resultados	37
Propuesta	43
Funcionamiento	43
Instalación de la Acometida de Fuerza y de Control del Tablero General	43
Instalación del Nuevo Programa PLC	43
Comprobación	44
Pruebas de Cada Variable en el Proceso de Empacado de Pastillas en la Máquina LAKSO44	44
Correcciones	46
Aplicaciones	47
Aplicaciones Comerciales	47
Aplicaciones Industriales	48
Conclusiones	49
Recomendaciones	50
Referencias	52
Anexos	56



## Resumen

En la investigación de los autores Barcenes y Guallan (2019), destaca la repotenciación de una máquina de ensayos de resistencia a la fatiga realizado en el laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, utilizando el software LabVIEW, que desarrolló una Interfaz Hombre-Máquina (HMI) permitiendo la supervisión continua del funcionamiento de la máquina y la visualización de datos importantes, como la gráfica de esfuerzo frente al número de ciclos S – N. El seguimiento de las pautas del manual de operación y del plan de mantenimiento garantiza el correcto funcionamiento de la máquina. Con la repotenciación de máquinas de empaçado, como la LAKSO en CONFITECA, se señala como la principal clave para mejorar la productividad y la calidad. Además, se introduce el concepto de repotenciación como una solución rentable para mejorar la eficiencia de producción en lugar de reemplazar las máquinas existentes. El presente proyecto de investigación se enfoca en la repotenciación de la máquina LAKSO en CONFITECA para abordar problemas de rendimiento, mejoramiento de la eficiencia y calidad del proceso de empaçado de pastillas. Una de las correcciones clave se destaca la creación de un nuevo sistema eléctrico para reemplazar circuitos deficientes, por lo cual, se menciona que la repotenciación no solo mejora la productividad, sino también reduce el desperdicio de producto y cartón, lo que se traduce en una mayor rentabilidad. Finalmente, se resalta que la repotenciación es una opción efectiva en aplicaciones comerciales e industriales, especialmente en la producción de alimentos y sectores textiles, manufactureros y mineros, con el objetivo principal de aumentar la productividad y la rentabilidad en los procesos industriales.

**Palabras Claves:** HMI, COMPONENTES ELÉCTRICOS, PLC, TABLERO DE CONTROL, VARIADORES DE FRECUENCIA.

### **Abstract**

In the research conducted by Barcenes and Guallan (2019), the reconditioning of a fatigue resistance testing machine stands out, carried out in the materials resistance laboratory of the Mechanical Faculty at the Polytechnic School of Chimborazo, using LabVIEW software. This software developed a Human-Machine Interface (HMI) enabling continuous monitoring of the machine's operation and visualization of important data, such as stress versus number of cycles S - N graph. Adhering to the operation manual guidelines and maintenance plan ensures the proper functioning of the machine. Reconditioning packaging machines, such as the LAKSO at CONFITECA, is identified as the primary key to enhancing productivity and quality. Additionally, the concept of reconditioning is introduced as a cost-effective solution to enhance production efficiency rather than replacing existing machines. The current research project focuses on reconditioning the LAKSO machine at CONFITECA to address performance issues and improve the efficiency and quality of the pill packaging process. One of the key corrections highlighted is the creation of a new electrical system to replace deficient circuits, thus, it is mentioned that reconditioning not only enhances productivity but also reduces product and cardboard waste, resulting in increased profitability. Finally, it is emphasized that reconditioning is an effective option in commercial and industrial applications, especially in food production, textile, manufacturing, and mining sectors, aiming primarily to increase productivity and profitability in industrial processes.

**Keywords:** HMI, ELECTRICAL COMPONENTS, PLC, CONTROL PANEL, FREQUENCY INVERTERS.

## Introducción

En las últimas décadas la industria de la confitería se ha enfrentado cada vez más a desafíos exigentes en términos de eficiencia y calidad en los procesos de producción. En el presente escenario, la empresa CONFITECA siendo líder en su sector, tiene la necesidad de optimizar su proceso de empaclado de pastillas de caramelo, para lo cual se ha decidido repotenciar una de las máquinas fundamentales en todo el proceso denominada la máquina LAKSO.

La problemática principal que se aborda en el presente proyecto es la insuficiente eficiencia durante el proceso de empaclado de las pastillas de caramelo, que se traduce en menor productividad, mayores costos y potenciales problemas de calidad. Este inconveniente se ha identificado concretamente en la etapa donde interviene la máquina LAKSO, que no ha sido capaz de mantener un rendimiento óptimo acorde a las necesidades actuales de la producción.

La relevancia del estudio radica en su potencial para mejorar significativamente la productividad y calidad del proceso de empaclado, lo cual tendría un impacto directo en la competitividad de CONFITECA en el mercado. Además, se justifica en el simple hecho de que la repotenciación de la máquina LAKSO puede significar una inversión más eficiente en comparación con la adquisición de maquinaria nueva, lo que es coherente con los principios de sostenibilidad económica y ambiental de la empresa.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar e implementar un plan de repotenciación para la máquina LAKSO que permita mejorar su eficiencia y calidad en el proceso de empaclado de pastillas de caramelo. Los objetivos específicos incluyen identificar las áreas de mejora de la máquina, seleccionar y aplicar las tecnologías y técnicas de repotenciación más adecuadas, y medir y analizar los resultados para verificar la eficacia de la repotenciación.

No obstante, el estudio cuenta con ciertas limitaciones que pueden afectar el dominio de validez y el alcance de los resultados. De este modo, se incluyen restricciones presupuestarias que pueden limitar la gama de opciones de repotenciación disponibles y limitaciones a los datos y medidas de desempeño de la máquina que puede dificultar la evaluación precisa del efecto de la repotenciación. A pesar de estas limitaciones, el estudio busca proporcionar soluciones prácticas y viables para mejorar la eficiencia y calidad del proceso de empacado de pastillas de caramelo en CONFITECA.

### Antecedentes

En la investigación realizada por los autores Barcenes y Guallan (2019), denominado “Repotenciación de la máquina para ensayos de resistencia a la fatiga del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH”, manifiestan que:

La máquina de ensayos de resistencia a la fatiga ubicada en el laboratorio de resistencia de materiales de la facultad de mecánica, ha sido optimizada, a través del software LabVIEW, diseñado por una Interfaz Hombre-Máquina (HMI) que posibilita que el usuario supervise de manera continua el funcionamiento de la máquina, además de visualizar la gráfica de esfuerzo frente al número de ciclos S-N (p. 22).

La optimización de la máquina ha conseguido reducir la vibración y el desalineamiento en relación a la máquina original, y a la vez ha perfeccionado la recolección de datos, resultando en “hallazgos precisos durante las prácticas de laboratorio. Se aconseja usar muestras estandarizadas conforme a la norma ASTM E 606, y cumplir con las directrices del manual de operación y el plan de mantenimiento para asegurar el adecuado funcionamiento” (Barcenes y Guallan, 2019, p. 22).

Otra de las propuestas de investigación de Ramírez (2019), en su tesis de pregrado denominado “Repotenciación de la máquina a fatiga en ciclos altos en el acero AISI 1045 con la finalidad de adquirir datos en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica”, tuvo como objetivo general “el proceso de repotenciación de la máquina a partir de una investigación exhaustiva de máquinas similares que se encontraban estandarizadas” (Ramírez, 2019, p. 19). Además, se llevó a cabo un análisis detallado de todos los componentes que conforman la máquina con el objetivo de evaluar su capacidad de funcionamiento. Para mejorar el rendimiento y obtener datos relevantes, se incorporaron elementos adicionales en áreas como la mecánica,

electricidad y control. “La tarjeta de control ha sido programada para calcular el conteo de revoluciones utilizando un encoder, así como para medir la carga aplicada mediante un sensor de carga” (Ramírez, 2019, p. 14). Los cálculos fueron realizados en relación a una probeta estandarizada utilizada en el ensayo de fatiga. Además, se ha desarrollado un software que permite: “realizar los cálculos necesarios para obtener el límite estimado de resistencia a la fatiga. Una vez finalizados los ensayos establecidos, se pueden visualizar los datos recopilados en una tabla y representados en una gráfica S-N” (Ramírez, 2019, p. 14).

Finalmente, en la investigación realizada por Baque y Ballén (2019), denominado “Repotenciación del módulo para pruebas de máquinas eléctricas Feed back”, se determina como objetivo “la mejora del módulo de máquinas eléctricas Feed back 62-005 para convertirlo en un único módulo” (p. 31). Esta actualización permitirá realizar estudios de máquinas eléctricas tanto en corriente alterna como en corriente continua. Es importante mencionar que, con esta mejora, el módulo podrá ser trasladado a cualquier laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. “El módulo mejorado está equipado con fuentes de voltaje tanto en corriente continua como en corriente alterna, así como medidores de corriente y voltaje, interruptores, cargas resistivas y capacitivas” (p. 8). Por ende, se convierte en un equipo muy completo para llevar a cabo prácticas y fortalecer el conocimiento en el área.

## **Justificación**

El proyecto de investigación sobre la repotenciación de la máquina LAKSO en la empresa CONFITECA es de gran importancia y pertinencia por varias razones. En primer lugar, la eficiencia y la calidad en el proceso de empaquetado de pastillas son factores críticos para el éxito de la empresa en el mercado competitivo actual. La mejora en estas áreas puede traducirse en una mayor satisfacción del cliente, así como en un aumento de la rentabilidad de la empresa, gracias a la reducción de los costos de producción y la potencial expansión de la cuota de mercado.

En segundo lugar, la repotenciación de la máquina LAKSO es una opción estratégica alineada con la sostenibilidad económica y ambiental. En términos económicos, la repotenciación puede resultar en una inversión mucho más eficiente que la adquisición de nueva maquinaria. Sin embargo, en términos ambientales, la repotenciación promueve el principio de la economía circular, al prolongar la vida útil de los equipos existentes y reducir la demanda de recursos naturales y la generación de residuos asociados con la producción de nuevas máquinas.

Por tanto, el estudio y la implementación de un plan de repotenciación para la máquina LAKSO en CONFITECA se justifican plenamente, tanto por su potencial para mejorar la competitividad de la empresa, como por su alineación con principios de sostenibilidad y su relevancia para la industria en general.

Por último, este proyecto tiene un valor significativo como estudio de caso para otras empresas en situaciones similares. Las lecciones aprendidas y los métodos desarrollados en este proyecto pueden ser de gran utilidad para otras empresas que busquen mejorar la eficiencia y la calidad de sus procesos de producción a través de la repotenciación de sus equipos.

## Objetivos

### Objetivo General

Repotenciar una máquina LAKSO de Confiteca, mediante un sistema automático de control para mejorar la eficiencia y calidad del proceso de empaclado de pastillas.

### Objetivos Específicos

- Investigar los conceptos teóricos acerca del proceso de funcionamiento de una máquina LAKSO mediante bases bibliográficas.
- Diseñar un sistema eléctrico de control para tablero de la máquina LAKSO a través de la actualización del software Siemens.
- Implementar las actualizaciones del PLC para mejorar el sistema operativo.
- Verificar el funcionamiento a tiempo real por medio de conexiones computarizadas a la máquina LAKSO en base a un cuestionario y variables de producción.



## Marco Teórico

### Marco Histórico

La investigación presente inicia desde los conocimientos previos de la confitería con mayor oferta y demanda a nivel nacional llamada CONFITECA como pieza fundamental de la repotenciación de una máquina LAKSO para el proceso de empaçado, así pues:

El 12 de agosto de 1965 nace la empresa American Tun Product del Ecuador (ATPE), modernamente, Confites Ecuatorianos (Confiteca C.A.), incursionando por primera vez en el mercado nacional con sus productos: chicle pastilla y chicle bola, actualmente continúa posesionada fuertemente en diversos países del mundo (Tipán, 2012, p. 24).

En el país, las actividades económicas pertenecientes a las confiterías se encuentran clasificadas en el sector manufacturero de la siguiente manera:

**Tabla 1**

*Clasificación de la Actividad - CIU*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
<b>C</b>	Industrias manufactureras
<b>C107</b>	Elaboración de productos alimenticios.
<b>C1073</b>	Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería
<b>C107321</b>	Elaboración de productos de confitería: caramelos, turrón, grageas y pastillas de confitería, gomas de mascar, confites blandos, confitería a base de chocolate y chocolate blanco, etcétera

*Nota.* Clasificación de las actividades de las principales instituciones comerciales dedicadas a la producción de confites en Ecuador.

Según la Corporación Financiera Nacional (2017) las principales entidades dedicadas a la elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería, son las siguientes:

**Tabla 2**

*Principales empresas de confitería en Ecuador*

<b>Entidades Económicas</b>	<b>Productos de distribución</b>
<b>Universal Sweet Industries S.A.</b>	
<b>Confiteca C.A.</b>	
<b>Colombina</b>	Gomas de mascas en general
<b>Arcor</b>	Golosinas recubiertas de azúcar
<b>Icapeb</b>	Bombones, caramelos confites y pastillas
<b>Nestlé Ecuador S.A.</b>	
<b>Ferrero del Ecuador</b>	

*Nota.* Listado de las principales instituciones comerciales dedicadas a la producción de confites en Ecuador.

La industria de los confites depende esencialmente de la competitividad que se encuentra inmerso de las actividades económicas para mantenerse dentro del negocio, por ello, es de suma importancia “disminuir costos, optimizar recursos y ganar productividad ya sea interno o externo en los procesos que garanticen la excelencia de los productos y la eficiencia de su producción” (Del Pozo, 2017, p. 6).

La eficiencia en el proceso de empaclado es un factor crítico en las industrias de confitería, ya que tiene un impacto significativo tanto en los costos de producción como en la calidad del producto final para los consumidores, así pues, la repotenciación “debe considerarse la modificación y adaptación del diseño existente teniendo como objetivo la satisfacción de los

nuevos requerimientos, minimizando los cambios en el diseño original y maximizando la utilización de los equipos y dispositivos existentes” (Caguango, 2015).

El concepto de repotenciación surge como una opción viable para abordar estos desafíos. Según la investigación de Caguango (2015), menciona que, “la repotenciación de maquinaria existente puede proporcionar una solución coste-eficiente para mejorar la eficiencia de producción en comparación con la adquisición de maquinaria nueva” (p. 29). Además, es una alternativa útil que determina el empleo de una nueva máquina o que se requiere fabricar ya que, “tiene su espacio propio en los sectores en los que no hay una exigencia de adaptación de las últimas tecnologías en temas de producción o transformación” (Caguango, 2015, p. 29).

Posteriormente, la tecnología de repotenciación mejoró aún más con la “introducción de nuevos avances tecnológicos. Esto permitió a los fabricantes mejorar la eficiencia del equipo, la calidad de la energía producida y la confiabilidad del equipo” (Asqui y Zapata, 2023, p. 18).

En general, estudios previos han subrayado la importancia de la eficiencia del empaclado durante el desenvolvimiento de estas industrias. Según la autora Cuyo (2021) cita de los autores Juran y De Feo (2010) el argumento sobre:

Las ineficiencias en el proceso de empaclado pueden llevar a problemas de calidad del producto y aumentos en los costos de producción, de otra manera, “es un sistema de elementos entrelazados que le generan valor agregado al producto, atendiendo a las necesidades y características del mismo, a los requerimientos del mercado al cual va dirigido, reforzando la identidad de la unidad productiva (marca) (p. 30).

Las máquinas de empaclado, como la LAKSO en CONFITECA, juegan un papel esencial en estos procesos. Stamm et al. (2010) indica que, “la optimización del rendimiento de estas máquinas puede resultar mejoras significativas en términos de productividad y calidad. Sin

embargo, a medida que estas máquinas envejecen y las demandas de producción aumentan, pueden surgir problemas de rendimiento que requieran acciones correctivas” (p. 37). Los primeros sistemas de empaque aparecen alrededor de los años 1700 con la llegada de Estados Unidos y su tecnología de fabricación del papel. Según Jiménez y López (2021), manifiestan que: “La eficiencia de una máquina empacadora se mide por el número de unidades empacadas por minuto (velocidad de diseño), porcentaje de desperdicio de material de empaque, subproducto generado por un mal empaque y fallas por mantenimientos correctivos” (p. 13).

En el caso de la empresa CONFITECA, la necesidad de repotenciar la máquina LAKSO se basa en observaciones y registros previos de desempeño insatisfactorio durante el proceso de empackado de pastillas. Sin embargo, hasta el momento, no se ha realizado un estudio exhaustivo para diseñar e implementar un plan de repotenciación para esta máquina. Por ende, el presente proyecto de investigación busca llenar este vacío y proporcionar una solución efectiva y viable para mejorar la eficiencia y calidad del proceso de empackado de pastillas en CONFITECA.

## **Marco Conceptual**

### ***Automatización***

En la industria, el término automatización se considera como: “la toma de la informática y el control automatizado para la ejecución sin intervención del hombre. La producción adquiere así el aspecto de un ciclo automático que puede reestructurarse con rapidez y eficiencia” (Córdoba, 2006, p. 120). Este ciclo se encuentra organizado por tres tecnologías las mecánica, electrónica e informática que son los ejes para la formación de la mecatrónica para el debido monitoreo y control de la tecnología modernista de las maquinas que actualmente ayudan a reducir costos generando un aumento de producción sin la intervención masiva del ser humano.

Las líneas de producción automatizada pueden generar procesos repetidos y constantes sin presentar errores y precisa mayormente la uniformidad del producto. En una escala más alta, la automatización industrial aporta en gran ventaja al análisis estadístico. “La fabricación digitalizada de alimentos con una adquisición de datos mejorada es una vía para aprovechar al máximo las nuevas tecnologías innovadoras, las redes de sensores y las conexiones de red” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2021, p. 92). Estos factores, pueden contribuir al análisis de datos ayudando a optimizar y mejorar en gran medida los procesos esenciales a través de sensores, transmisores de campo, sistemas de control, software y recolección de datos cualitativos y cuantitativos (p. 92).

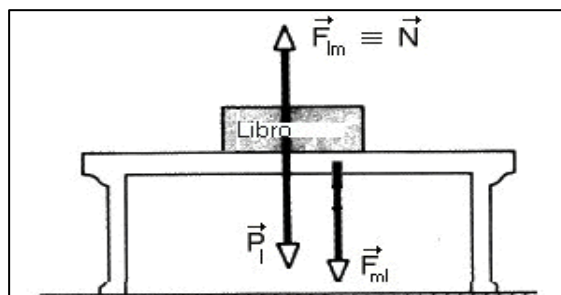
### ***Leyes de Newton***

A lo largo de la historia, las leyes de Newton son las más importantes dentro del campo de la mecánica clásica como: inercia, relación entre fuerza y aceleración y ley de acción y reacción, por consecuente:

La primera la ley de Newton es conocida como inercia, definida en el enunciado como: “todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme a lo largo de una línea recta, a menos que una fuerza impresa lo obligue a cambiar su estado” (Nain, 2018). Se determina que el objetivo por su resistencia al cambio se moverá a través de un movimiento rectilíneo y uniforme.

## Figura 1

### Primera Ley de Newton

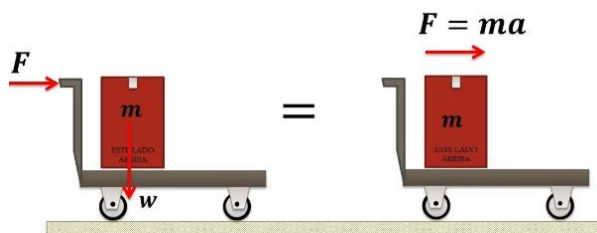


*Nota.* Ejemplo de la primera ley de Newton de un cuerpo en reposo. Adaptado de *Blogger*, por Soler, Robles y Quintero, 2013 ([https://fisicayleyesnewton.blogspot.com/2013/05/la-primeraley-de-newton\\_21.html](https://fisicayleyesnewton.blogspot.com/2013/05/la-primeraley-de-newton_21.html)).

La segunda ley es fundamental porque plantea la dinámica sobre: “el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se realiza en la dirección en la que actúa la fuerza impresa” (Coluccio, 2021). Es fundamental establecer la relación existente entre la fuerza y el movimiento del objeto, ya que, permite verificar como el objeto reacciona ante la actuación de varias fuerzas sobre este.

## Figura 2

### Segunda Ley de Newton



*Nota.* Ejemplo de la segunda Ley de Newton que al aplicar una fuerza ocurre un movimiento en línea recta. Adaptado de cómo funciona, por José R., s.f. (<https://como-funciona.co/segunda-ley-de-newton-dinamica/>).

### ***Maquinaria Industrial***

La maquinaria industrial se refiere a “las máquinas y equipos utilizados en plantas de fabricación. Además, se define como cualquier dispositivo mecánico, eléctrico o electrónico diseñado y utilizado para llevar a cabo una función específica y producir un determinado producto” (Performancelube, 2022). Actualmente, se considera parte de la maquinaria cualquier componente o accesorio necesario para que la unidad principal cumpla su función prevista partiendo de sectores ganaderos, floricultores, agrícolas, entre otros.; por las cadenas de montaje que la automatización se ha avanzado ya sea para el envasado o etiquetado u otros usos que logren reducir los procesos industriales tardíos.

Por una parte, las herramientas industriales como: tornos y fresadoras, se utilizan para dar forma y fabricar componentes metálicos precisos. Por otra parte, los equipos de construcción, como excavadoras y grúas, se emplean en proyectos de construcción y obras públicas. La maquinaria agrícola, como tractores y cosechadoras, ayuda en la producción agrícola. Mientras que, los equipos médicos, como escáneres y dispositivos de imagen médica, se utilizan en hospitales y clínicas para diagnóstico y tratamiento. En cuanto a los sistemas de transporte, como automóviles y aviones permiten el movimiento de personas y mercancías. De igual importancia, los sistemas de producción automatizados, como robots industriales, mejoran la eficiencia y la productividad en la fabricación.

### Figura 3

#### *Maquinaria industrial*



*Nota.* Uso de maquinaria industrial en la producción alimentaria. Adaptado de la maquinaria para el proceso de producción de productos alimentarios, por diario El Tiempo, 2016 (<https://www.eltiempo.com/contenido/colombia/cali/IMAGEN/IMAGEN-16509871-2.jpg>).

#### **Industria 4.0**

Según Mora & Guerrero (2020), manifiestan que:

A lo largo de la historia, los procesos industriales han experimentado tres importantes transformaciones tecnológicas. Las primeras revoluciones industriales, que incluyeron la invención de la máquina de vapor, la electricidad y la automatización, tuvieron un impacto significativo en la sociedad una vez que se implementaron (p. 4).

En los últimos años, se ha presenciado la llegada de la cuarta revolución industrial, impulsada por la tecnología y el uso excesivo de redes inalámbricas gracias a la globalización siendo referencia a sistemas como SoS (supersistemas) dieron la primicia a sistemas hiperconectados en implementaciones de automatización industrial sostenibles, siendo, “muy útiles para monitorear productos y equipos proporcionando variables físicas como temperatura, humedad, ubicación, cantidad, etc” (Wang, 2016).



La adopción vigente de tecnología a pesar de parecer un gasto inicial, podría aumentar considerablemente la productividad y competitividad de una organización, haciendo más eficientes los procesos, generando nuevos negocios para las empresas y favoreciendo la creación de nuevos puestos de trabajo. “Cada día más, los gobiernos diseñan e implementan instrumentos e incentivos para potenciar la economía del conocimiento y acompañar a las empresas en la adopción de nuevas tecnologías” (Malo, 2023, p. 16).

Tradicionalmente, la industria manufacturera se ha centrado en el uso de petróleo y acero para fabricar piezas metálicas, en lugar de utilizar tecnologías en la nube o sistemas cibernéticos. Por consiguiente:

La transición de una organización manufacturera hacia la Industria 4.0 puede requerir un cambio de paradigma completo, tanto por parte de los trabajadores de la fábrica como de los responsables de la toma de decisiones, a fin de fomentar el cambio organizacional y replantear los procesos existentes en toda la empresa (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2021, p. 20).

Aunque la conectividad máquina a máquina y persona a máquina son aspectos clave de la Industria 4.0,” el verdadero beneficio fundamental de la transformación radica en la conectividad entre las máquinas y la empresa misma, lo que se conoce como "máquina como servicio"” (Ynunza, 2017). Implicando que las máquinas no solo están interconectadas entre sí, sino también conectadas a la empresa para compartir datos y permitir una toma de decisiones más eficiente en base a la información de la organización.

### ***Repotenciación de Maquinaria***

La repotenciación de maquinaria se refiere a la práctica de mejorar la capacidad y/o el rendimiento de una máquina existente en lugar de reemplazarla con una nueva. Según Beltrán &

Consuegra (2009), “la repotenciación puede ser una opción rentable para las empresas que buscan mejorar su productividad, especialmente en industrias donde el equipo es costoso” (p. 143). La repotenciación puede implicar una variedad de técnicas, desde simples ajustes y reparaciones hasta la incorporación de nuevas tecnologías. El objetivo es mejorar el rendimiento de la máquina y prolongar su vida útil, lo que puede tener beneficios tanto económicos como ambientales con el planteamiento del direccionamiento estratégico y objetivos corporativos de la entidad que oriente a la competitividad del mercado nacional.

### ***Eficiencia en la Producción***

La eficiencia en la producción se refiere a la capacidad de una empresa para producir bienes o servicios de la manera más eficaz con los recursos disponibles. Según López et. al, (2015), declara que:

La eficiencia en la producción se puede dividir en eficiencia técnica, que se refiere a la capacidad para obtener la máxima producción con una cantidad dada de insumos, y eficiencia asignativa, que se refiere a la capacidad para utilizar los insumos en proporciones que reflejen sus precios relativos (p.17).

La eficiencia en la producción es particularmente relevante en la industria de confitería, donde los márgenes son a menudo estrechos y la capacidad para producir de manera eficiente puede tener un impacto directo en la competitividad de una empresa. “eficiencia técnica (o eficiencia económica). O bien, se encuentran por debajo (encima) de la frontera de producción (costes) si no son eficientes” (p. 18). La producción y los costos no son directamente proporcionables aún más si en la práctica analizada se muestra la construcción de las medidas de cambio entre la eficiencia y la producción.

### ***Evaluación de Rendimiento***

La evaluación del rendimiento es un proceso que implica medir y analizar el rendimiento de una máquina o sistema para determinar su eficiencia y efectividad. Según Teijeiro y Biedma (2013), “la evaluación del rendimiento puede ser un instrumento vital para la toma de decisiones en una organización, ya que puede proporcionar información sobre áreas de mejora y ayudar a identificar estrategias para mejorar la productividad” (p. 16), así como, también la motivación, productividad e imagen social del empleado público. En el contexto del proyecto de investigación, la evaluación del rendimiento implicará medir y analizar el rendimiento de la máquina LAKSO antes y después de la repotenciación; esto ayudará a determinar el impacto de las medidas de repotenciación y a identificar cualquier ajuste o mejora adicional que pueda ser necesario.

### ***Presupuesto***

**Tabla 3**

#### *Presupuesto del Proyecto*

<b>Ítem</b>	<b>Rubor</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor total</b>
<b>1</b>	PLC siemens s7 - 1200	1	\$886	\$886
<b>2</b>	Gabinete metálico	1	\$125	\$125
<b>3</b>	Relés de 24vcc	10	\$10,96	\$109,60
<b>4</b>	Sensores fotoeléctricos	3	\$123,79	\$371,37
<b>5</b>	Breker trifásico	2	\$9,57	\$19,14
<b>6</b>	Fuente de voltaje de 24v	1	\$55	\$55
<b>7</b>	Luces Piloto	3	\$2	\$6
<b>8</b>	Pulsadores	5	\$6	\$30

---

<b>Inversión total</b>	\$1602,12
------------------------	-----------

---

*Nota.* La siguiente tabla presenta un desglose de los costos correspondientes a los materiales y equipos que se emplearán durante la ejecución del proyecto.

## **Metodología y Desarrollo del Proyecto**

### **Diseño Metodológico**

Para abordar de manera efectiva la problemática planteada del trabajo de titulación, se empleará un enfoque predominantemente cuantitativo que abarcará gran parte de la investigación y la ejecución del presente. Este tipo de enfoque posibilitará la evaluación de diversas variables eléctricas, mecánicas y neumáticas que, en conjunto, favorecen el correcto funcionamiento del proceso.

La investigación realizada adoptará un enfoque cuantitativo, por tanto, Robson (2011), menciona que, “se utiliza para probar teorías y hacer predicciones cuantificables basadas en datos numéricos” (p. 297). En este caso, es experimental, ya que se implementará las soluciones de repotenciación identificadas durante la fase cualitativa y se medirá su impacto en la eficiencia y la calidad del proceso de empaclado. De este modo, se recogerá y se analizará los datos sobre una serie de indicadores clave, incluyendo la productividad de la máquina, el tiempo de inactividad, la calidad del producto, entre otros. Este enfoque permite evaluar objetivamente el éxito de las soluciones implementadas. Entonces, se comparará los datos recopilados antes y después de la repotenciación para determinar si nuestras intervenciones han logrado las mejoras esperadas. En última instancia, el enfoque cuantitativo proporcionará una evidencia sólida y medible de la eficacia de la repotenciación.

La fase inicial de la investigación se basará en un enfoque cualitativo, siendo una medida de investigación exploratoria y descriptiva. Creswell (2014), fundamenta que, “cuando se busca entender a fondo un fenómeno particular en su contexto natural” (p. 89). En la investigación se recurrirá a métodos de recolección de datos cualitativos, tales como entrevistas y observaciones en el lugar de trabajo, con el fin de obtener una comprensión detallada del funcionamiento actual

de la máquina LAKSO y del proceso de empaçado en CONFITECA. A través de las diversas actividades, se buscará identificar cualquier ineficiencia, limitación o problema existente que pueda ser mejorado. Las percepciones y experiencias de los trabajadores serán invaluable para desarrollar una imagen detallada y matizada de las operaciones actuales. El enfoque cualitativo permitirá identificar áreas de mejora y desarrollar hipótesis iniciales sobre las posibles soluciones de repotenciación que podríamos implementar.

### **Variables y Definición Operacional**

En este apartado se definirá las variables con las cuales se puede medir la funcionalidad del proyecto, además de los elementos que se utilizarán para la repotenciación de la máquina de empaçado de pastillas.

**Tabla 4**

*Sistema de variables*

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Ítem</b>	<b>Escala</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Tiempo</b>	Se refiere al tiempo			
	que tarda la pastilla en el proceso de empaçado.	Tiempo de proceso.	1-15 segundos	Cronómetro
<b>Consumo de corriente</b>	Es el porcentaje de			
	electricidad que el equipo necesita para el correcto funcionamiento	Cantidad de amperios que consume el sistema	Amperios	Amperímetro

		Cantidad de flujo		
		de aire que		
<b>Presión</b>	Se refiere a la fuerza por unidad de área	consume los elementos neumáticos del sistema	PSI	Manómetro
	La temperatura es una magnitud que indica la energía interna del objeto o del medio ambiente en general, que permitirá medir la temperatura de los motores eléctricos.	Temperatura emanada por los motores	Grados Celsius	Cámara termográfica
<b>Velocidad</b>	Es la cantidad de acciones realizadas en un determinado tiempo	Número de veces donde se repite la acción a lo largo del proceso.	RPM	Tacómetro
<b>Funcionalidad</b>	Función que tiene la máquina para ser operada fácilmente.	Nivel de utilidad del sistema	Malo- Bueno- Regular-	Cuestionario

*Nota.* Tabla de variables de los elementos que facilitar la verificación del funcionamiento del equipo electromecánico.

## **Técnicas e Instrumentos de Investigación**

### ***Diseño Muestral***

En el marco del presente proyecto de Repotenciación de una máquina LAKSO, se busca ampliar tanto la productividad como la eficacia de la máquina, enfocándose en la optimización de variables temporales y la reducción de consumo de recursos, especialmente de materia prima. Con el propósito de llevar a cabo un enfoque exploratorio, se ha decidido utilizar una única máquina. Esta elección se deriva de la intención de abordar las necesidades específicas de los operadores, con el objetivo final de mejorar el proceso de empaqueo de pastillas. La estrategia principal para lograr esto implica la actualización del controlador lógico programable (PLC), lo que permitirá mantener operativo y funcional el proceso de empaqueo con mejoras significativas.

### ***Técnicas de Recolección de Datos***

Durante la ejecución del proyecto se llevará a cabo una serie de procesos los cuales se determinarán en el estudio de la operatividad al momento de la ejecución. Para establecer los valores se realizará las siguientes actividades:

En primera instancia se efectuará la medición del tiempo al desarrollarse el empaqueo de pastillas haciendo uso del cronómetro cuyo instrumento es utilizado para medir el tiempo de una actividad. Estableciendo tiempos antes, durante y después del proceso, con un intervalo de 15 segundos en cada uno de ellos.

Durante el proceso se llevará a cabo la medición precisa del consumo de corriente mediante la utilización de un amperímetro. El amperímetro desempeña un papel fundamental al permitir la evaluación exacta de la corriente eléctrica en un circuito dado, contribuyendo así a una comprensión más completa del funcionamiento del sistema.



Seguidamente con el manómetro, dispositivo que proporcionará información clave sobre la presión interna de la máquina, permitiendo a los operadores monitorear y ajustar los parámetros de funcionamiento de manera óptima. Al mantener la presión dentro de los rangos recomendados, lo que a su vez contribuye a la prolongación de su vida útil y preservar su mantenimiento.

Para la evaluación de la temperatura que garantizará su funcionamiento óptimo, se recurre al uso de cámaras termográficas, dispositivos especializados capaces de medir y visualizar las variaciones térmicas en la superficie de la máquina. Estas cámaras termográficas permiten una evaluación precisa de los puntos calientes y fríos, identificando posibles sobrecalentamientos o deficiencias en el sistema. Al proporcionar información detallada sobre la distribución térmica, la utilización de la cámara termográfica se convierte en una herramienta esencial para el mantenimiento predictivo y la prevención de fallos en la maquina LAKSO.

En este contexto, el tacómetro se rige como una herramienta invaluable, ya que posibilita la medición precisa de la velocidad de rotación de la máquina. Al proporcionar datos cuantitativos en tiempo real, el tacómetro capacita a los operadores y técnicos para monitorear y ajustar la velocidad óptima de la máquina LAKSO, garantizando así una producción fluida y de alta calidad.

El cuestionario emerge como una herramienta crucial en la evaluación de una máquina, ya que, su funcionalidad abarca la recopilación sistemática de datos y la obtención de información precisa sobre el rendimiento de la máquina. Al emplear el cuestionario, se puede obtener una visión holística de diversos aspectos, como la eficiencia operativa, la calidad de la producción y posibles áreas de mejora. Al combinar preguntas específicas con análisis

detallados, el cuestionario permite una evaluación exhaustiva que guía la toma de decisiones informadas para optimizar el funcionamiento y la productividad de la máquina LAKSO.

### **Desarrollo y Procedimiento**

A continuación, se describirán las actividades que se llevaron a cabo en el desarrollo del proyecto de investigación para la mejora del sistema de empaquetado de pastillas en la máquina LAKSO. Es importante señalar que dicha máquina es propiedad exclusiva de la empresa Confiteca C.A., por lo que toda la información es considerada confidencial.

#### ***Levantamiento de la Información del Proceso de Empacado***

En primer lugar, se llevará a cabo un estudio para evaluar el funcionamiento del sistema de empaquetado de pastillas. En general, el análisis implicará la observación y el detalle de las variables y condiciones de trabajo y se utilizará el conocimiento previo sobre el proceso ejecutado por la máquina como base para esta evaluación.

### **Figura 4**

#### ***Funcionamiento del sistema***



*Nota.* Después de la observación se detallan las variables de las condiciones del funcionamiento de la máquina.

### ***Enlace de PLC y Comunicación Hacia Sensores***

A continuación, se procederá a establecer la conexión con el PLC de la marca Siemens S7-200 mediante el software Micro Win versión 2012, el cual está ubicado en el panel de control de la máquina. Durante este proceso, se llevará a cabo la descarga del programa y se procederá a la identificación de las entradas y salidas correspondientes a los actuadores neumáticos, eléctricos y mecánicos.

### **Figura 5**

*Conexión a PLC antiguo*



*Nota.* Descarga del programa para identificar entradas y salidas.

Por consiguiente, se llevará a cabo una evaluación de los componentes requeridos para ser empleados en el sistema eléctrico del tablero de control, manteniendo simultáneamente los accesorios mecánicos y neumáticos que desempeñan un rol crucial en el proceso de empaclado.

**Figura 6***Piezas de Maquina LAKSO*

*Nota.* Componentes mecánicos y neumáticos que se mantienen en la máquina.

***Ensamblaje de Elementos Eléctricos***

Como parte del proceso de repotenciación, se llevarán a cabo modificaciones al gabinete. Se instalará un gabinete de dimensiones ampliadas, destinado a albergar diversos componentes eléctricos indispensables, como variadores de frecuencia, microcontroladores, relés de accionamiento, disyuntores, bornes, entre otros, tal y como se puede apreciar en la Figura 9.

**Figura 7***Montaje del gabinete*

*Nota.* Se realiza las diferentes conexiones para cada uno de los elementos.

## Explicación de Resultados

### Sistema Antiguo (9 Pastillas).

**Tabla 5**

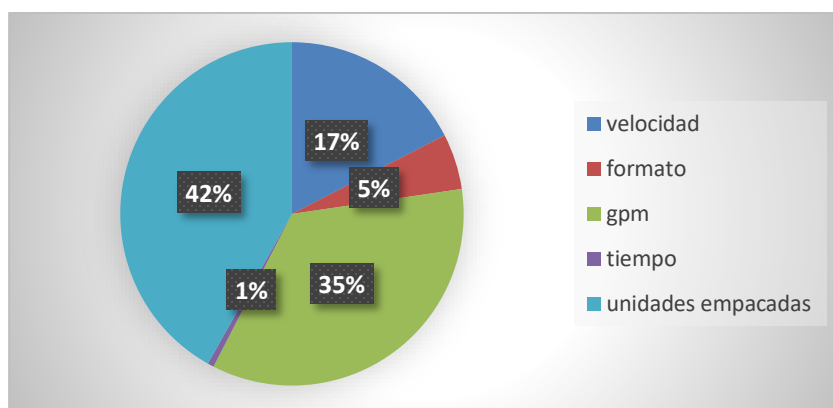
*Sistema antiguo de 9 pastillas*

Maquinas	Velocidad	Formato	Golpes por minuto	Tiempo	Unidades Empacadas
<b>Trabajo Con</b>					
<b>Sistema Antiguo</b>	35	9	60	1	56
	Hz	Unidades	Revoluciones por minuto	Min	Cajitas

*Nota.* Tabla de variables seleccionadas con el sistema antiguo de nueve pastillas para la máquina LAKSO.

**Figura 8**

*Formato de 9 pastillas con el sistema antiguo*



*Nota.* Porcentajes de las variables seleccionadas con el sistema antiguo de nueve pastillas para la máquina LAKSO.

En el sistema antiguo de nueve pastillas se observa que, con un total de 56 unidades empacadas se obtiene una velocidad de 35 Hz (42%), el formato de 9 unidades (5%), Golpes por minuto de 60 Revoluciones por minuto (35%) durante 1 minuto (1%). Es decir que, con el uso de nueve pastillas y las variables verificadas en todo el proceso apenas se realizan 56 cajitas de unidades empacadas.

**Sistema Antiguo (12 Pastillas).**

**Tabla 6**

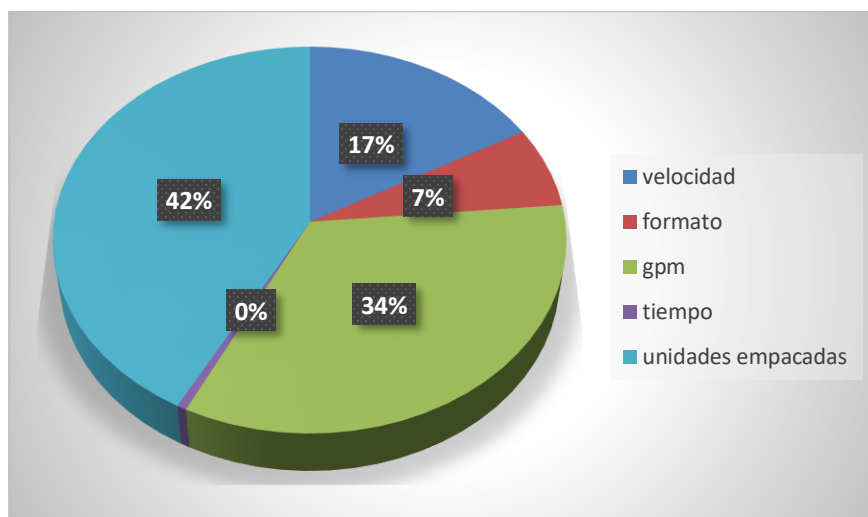
*Sistema antiguo de 12 pastillas*

<b>Maquina</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Formato</b>	<b>Golpes por minuto</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Unidades Empacadas</b>
<b>Trabajo Con</b>					
<b>Sistema</b>	35	12	60	1	61
<b>Antiguo</b>	Hz	Unidades	Revoluciones por minute	Min	Cajitas

*Nota.* Tabla de variables seleccionadas con el sistema antiguo de doce pastillas para la máquina LAKSO.

**Figura 9**

*Formato de 12 pastillas con el sistema antiguo*



*Nota.* Porcentajes de las variables seleccionadas con el sistema antiguo de doce pastillas para la máquina LAKSO.

En el sistema antiguo de doce pastillas se observa que, con un total de 61 unidades empacadas se obtiene una velocidad de 35 Hz (42%), el formato de 12 unidades (7%), Golpes por minuto de 60 (Revoluciones por minuto (34%) durante 1 minuto (0%). Es decir que, con el aumento de las doce pastillas las unidades aumentan durante el mismo tiempo y se realizan más unidades empacadas, cabe señalar que, por problemas eléctricos fue necesario mejorar el sistema de empacado de la maquina LAKSO con el fin de aumentar productividad en la empresa CONFITECA.

### Sistema Mejorado (9 Pastillas).

**Tabla 7**

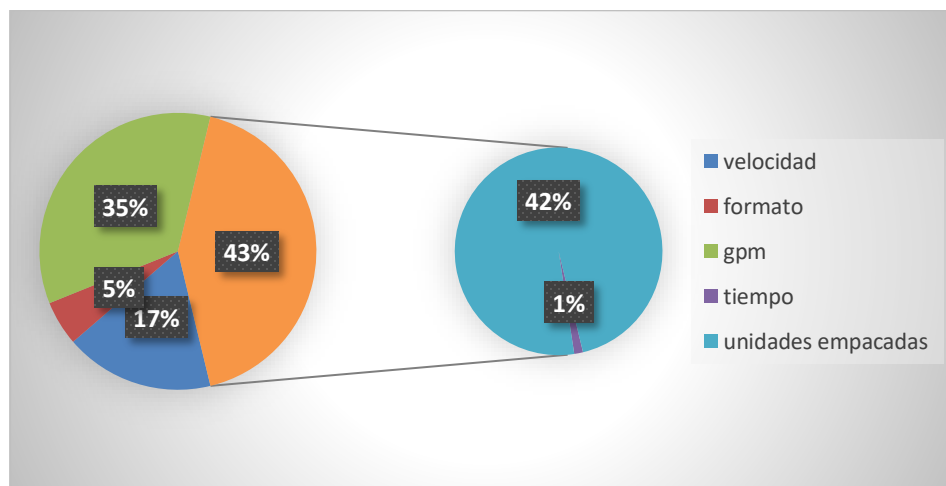
*Sistema mejorado de 9 pastillas*

Maquina	Velocidad	Formato	Golpes por minuto	Tiempo	Unidades Empacadas
<b>Trabajo Con</b>					
<b>Sistema mejorado</b>	30	9	60	1	72
	Hz	Unidades	Revoluciones por minute	Min	Cajitas

*Nota.* Tabla de variables seleccionadas con el sistema mejorado de nueve pastillas para la máquina LAKSO.

**Figura 10**

*Formato de 9 pastillas con el sistema mejorado*



*Nota.* Porcentajes de las variables seleccionadas con el sistema mejorado de nueve pastillas para la máquina LAKSO.



En el sistema mejorado de nueve pastillas se observa que, con un total de 72 unidades empacadas se obtiene una velocidad de 30 Hz (17%), el formato de 9 unidades (5%), Golpes por minuto de 60 Revoluciones por minuto (35%) durante 1 minuto (1%). Es decir que, a pesar de contar con el sistema mejorado no es suficiente disminuir por completo el tiempo con las nueve pastillas, sin embargo, las demás variables señaladas continúan con un proceso continuo y la productividad se incrementa de 56 cajitas empacadas del sistema mejorado a 61 cajitas, no logra alcanzar un cierto porcentaje aceptable para la repotenciación de la maquina LAKSO para el proceso de empacado en la empresa CONFITECA.

### **Sistema Mejorado (12 Pastillas).**

**Tabla 8**

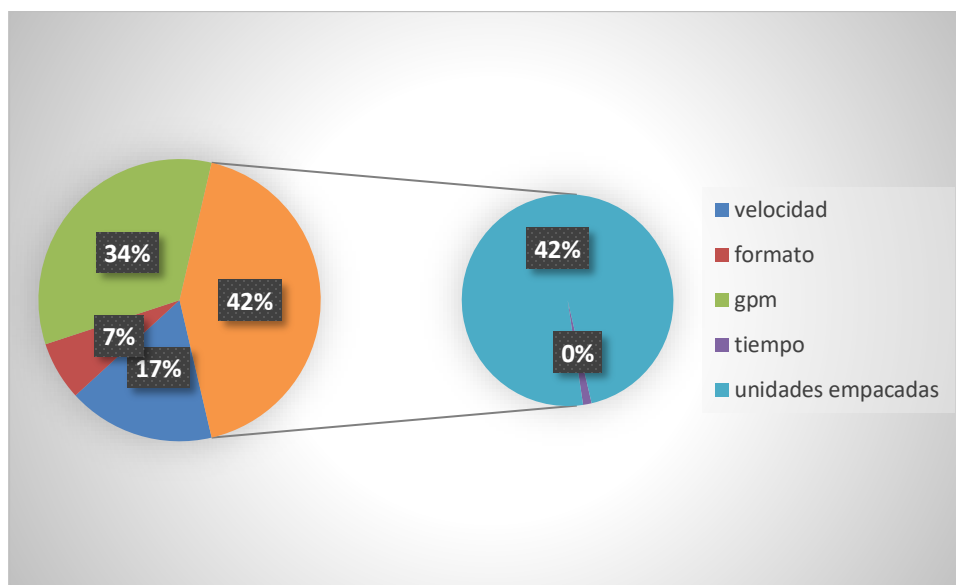
*Sistema mejorado de 12 pastillas*

<b>Maquina</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Formato</b>	<b>Golpes por minuto</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Unidades Empacadas</b>
<b>Trabajo Con</b>					
<b>Sistema mejorado</b>	30	12	60	1	75
	Hz	Unidades	Revoluciones por minute	Min	Cajitas

*Nota.* Tabla de variables seleccionadas con el sistema mejorado de doce pastillas para la máquina LAKSO.

**Figura 11**

*Formato de 12 pastillas con el sistema mejorado*



*Nota.* Porcentajes de las variables seleccionadas con el sistema mejorado de doce pastillas para la máquina LAKSO.

En el sistema mejorado de doce pastillas se observa que, con un total de 75 unidades empacadas se obtiene una velocidad de 30 Hz (17%), el formato de 12 unidades (7%), Golpes por minuto de 60 Revoluciones por minuto (34%) durante 1 minuto (0%). Es decir, se reduce significativamente el tiempo con el uso del sistema mejorado de las doce pastillas, por ende, la productividad incrementa de 61 cajitas empacadas del sistema antiguo a 75 cajitas alcanzando alrededor del 10% de aumento y se verifica la necesidad de repotenciación de la máquina LAKSO para el proceso de empacado en la empresa CONFITECA.

## Propuesta

### Funcionamiento

#### *Instalación de la Acometida de Fuerza y de Control del Tablero General*

Para instalar la acometida de fuerza y de control del tablero general, se procede con los siguientes pasos: primero, se conecta la línea de alimentación desde el tablero de distribución principal hasta los diferentes tableros secundarios. Luego, se enlaza el cable de las diferentes salidas del PLC hacia el tablero de borneras, asegurándose de que los cables estén conectados correctamente. Finalmente, se realiza la puesta en marcha de la máquina LAKSO, verificando que todos los enlaces estén correctamente instalados.

### Figura 12

#### *Instalación de la acometida*



*Nota.* Cableado y colocación de ductos para paso de cableado.

#### *Instalación del Nuevo Programa PLC*

El siguiente paso se migrará el programa al nuevo controlador PLC de la marca Siemens s7 1200, tomando en cuenta ciertas verificaciones y adecuaciones a la programación, ya que, se evidencia en el nuevo software nuevas variables de programación reduciendo bloques innecesarios del proyecto antiguo.

Una vez que el gabinete ha sido instalado, se procede a iniciar el proceso de cableado eléctrico para el circuito de alimentación trifásico de 220 V y el circuito de control de 24 V. En este paso, se lleva a cabo el acondicionamiento de la tubería bx a través de la cual se enrutarán los cables hacia los distintos actuadores. Continuando con el proceso de instalación, se procede a cargar el nuevo programa en el PLC mediante la utilización del software TIA PORTAL en su versión 2018. Además, se llevará a cabo la configuración del variador de frecuencia y se realizará una minuciosa revisión y conexión de las señales correspondientes a las entradas y salidas de cada uno de los componentes, como accionamientos y actuadores.

### **Figura 13**

*Sistemas del PLC*



*Nota.* Verificación del PLC en el nuevo gabinete.

### **Comprobación**

#### ***Pruebas de Cada Variable en el Proceso de Empacado de Pastillas en la Máquina LAKSO***

Se realizan pruebas en el proceso de empacado con el funcionamiento de la máquina LAKSO. Las pruebas consisten en verificar los parámetros durante el proceso de la máquina, comprobando que las variables temporales funcionen correctamente, a la vez, se evaluarán

aspectos como la detección de la caída de las pastillas, el proceso de dosificación, la absorción y la creación de las cajas, la entrada de productos, la identificación de lotes y el envasado.

**Tabla 9**

*Resultado de indicadores de variables del proceso*

<b>Variable</b>	<b>Ítem</b>	<b>Escala</b>	<b>Resultados</b>
<b>Tiempo</b>	Tiempo de proceso.	1-15 segundos	70 cajitas en 1 min.
<b>Consumo de corriente</b>	Cantidad de amperios que consume el sistema	Amperios	8.50 amp.
<b>Presión</b>	Cantidad de flujo de aire que consume los elementos neumáticos del sistema	PSI	110 psi
<b>Temperatura</b>	Temperatura emanada por los motores	Grados Celsius	32 °C
<b>Velocidad</b>	Número de veces donde se repite la acción a lo largo del proceso.	RPM	70-81.5 rpm
<b>Funcionalidad</b>	Nivel de utilidad del sistema	Malo Bueno Regular	Bueno

*Nota.* Tabla de variables de los elementos que facilitar la verificación del funcionamiento del equipo electromecánico.

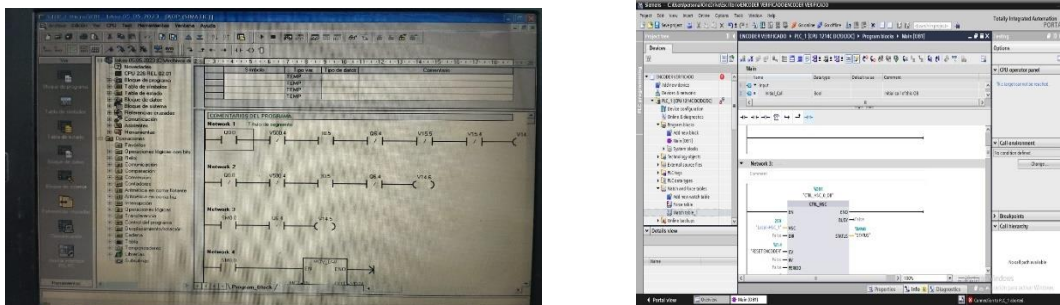
**Tabla 14***Control de Procesos*

*Nota.* Tiempo de empaqueo de pastillas.

Después, de que se encuentre con toda la seguridad posible, el sistema implementado se encuentra operando correctamente bajo las condiciones establecidas, las cuales se derivaron del estudio y la evaluación del personal operativo, se procede a entregar la maquinaria al departamento de producción. En esta etapa, las entidades responsables se encargarán de llevar a cabo una evaluación más detallada del desempeño del sistema, abordando aspectos como las cifras de producción y los indicadores de tiempo.

***Correcciones***

Es fundamental destacar que una de las correcciones más significativas que se llevaron a cabo fue la creación, montaje y desarrollo de un nuevo sistema eléctrico. El sistema reemplazó circuitos previamente ambiguos cuyas conexiones estaban en un estado funcional deficiente y no cumplían con las normativas eléctricas en términos de su aspecto físico.

**Figura 5***Programa Micro win*

*Nota.* Actualización de programa de Micro win a Tia portal.

En el proceso de armado del sistema existió inconvenientes con la programación y comunicación con el nuevo PLC, ya que, el antiguo sistema contaba con una versión inferior, para ello, se optó transcribir el programa e implementar nuevas herramientas que ofrece el software Tia Portal. Es importante señalar que, para asegurar un funcionamiento óptimo durante todas las operaciones, se han instalado cables tanto para el control como para la alimentación, lo que contribuye significativamente al rendimiento efectivo de la máquina.

## **Aplicaciones**

### *Aplicaciones Comerciales*

A través de la ejecución del proyecto de investigación, que ofrece una amplia gama de aplicaciones comerciales, se destacan beneficios notables, como el aumento de la eficiencia en la producción, lo que se traduce en la reducción de costos operativos, la mejora del rendimiento y la disminución de los tiempos de producción. La optimización del sistema eléctrico no solo contribuye a la mejora de la productividad en negocios y empresas, sino que también reduce el desperdicio de cartón y producto (pastillas), lo que a su vez se traduce en una mayor rentabilidad.

En definitiva, la repotenciación de una máquina puede ser una excelente opción para mejorar la productividad de una empresa que ejecutó actividades económicas a nivel nacional.

### *Aplicaciones Industriales*

En el contexto de aplicaciones industriales, la repotenciación de una máquina o sistema emerge como una opción eficaz. Su efectividad, que varía según el proceso, puede conducir a un aumento en la producción en diversas áreas industriales. Esta solución, además de incrementar el rendimiento, reduce significativamente los tiempos de inactividad de las máquinas debido a fallas eléctricas, y lo hace sin necesidad de adquirir una nueva maquinaria, no obstante, implica una reducción en los costos de inversión. La repotenciación de maquinaria se aplica en diversas áreas, siendo más común en la producción de alimentos y en distintos sectores como la industria textil, manufacturera, minera, entre otros. Su principal objetivo es elevar la productividad, lo que se traduce en una mayor rentabilidad en los procesos industriales.



## Conclusiones

En conclusión, la investigación bibliográfica sobre el proceso de funcionamiento de una máquina LAKSO revela la importancia de la automatización en la industria y cómo se encuentran en la transformación de los procesos industriales. En contexto, la repotenciación de maquinaria emerge como una estrategia rentable para mejorar el rendimiento de las máquinas existentes, lo que puede tener beneficios económicos y ambientales. Para el diseño del sistema eléctrico de control que conforma el tablero de la máquina LAKSO representa un proceso meticuloso que implica la conexión de alimentación eléctrica. Este proceso integral asegura un funcionamiento eficiente y confiable de la máquina, lo que es esencial para optimizar el proceso de empaqueo y garantizar la productividad en la industria.

Después de todo, los valores de los indicadores que abarcan aspectos críticos como el tiempo de proceso con 70 cajitas procesadas en 1 minuto, el consumo de corriente de 8.50 amperios, la presión con 110 PSI, la temperatura 32 °C, la velocidad de 70 a 81.5 RPM y la funcionalidad del sistema. Finalmente, la funcionalidad se califica como "Bueno", lo que sugiere que el sistema está desempeñando adecuadamente su función. En resumen, los resultados de estos indicadores reflejan un proceso en su mayoría eficiente y funcional, aunque podrían requerir una mayor estandarización en la velocidad para mejorar la consistencia del proceso.

De la misma forma, el proceso de implementación en las actualizaciones del controlador PLC, especialmente al migrar a un nuevo controlador de la marca Siemens, implica una serie de pasos críticos que van desde la verificación y adaptación del programa hasta la configuración del hardware y la realización de pruebas exhaustivas en la maquinaria. Las pruebas deben centrarse en la supervisión de variables temporales críticas, abarcando la detección de la caída de pastillas, el proceso de dosificación, la absorción y formación de cajas.

## Recomendaciones

Es imprescindible la realización de una investigación bibliográfica exhaustiva sobre el proceso de funcionamiento de la máquina LAKSO, con un enfoque en la automatización industrial. Además, es de suma importancia considerar la posibilidad de repotenciar la maquinaria existente en lugar de invertir en nuevas, el proyecto de investigación puede proporcionar una base sólida para evaluar la viabilidad y los beneficios de dicha repotenciación en términos de eficiencia en la producción y evaluación del rendimiento de las máquinas que se encuentran en la empresa.

Se recomienda que, durante el proceso de diseño del sistema eléctrico de control para el tablero de la máquina LAKSO, se preste especial atención a la conexión con el PLC, ubicado en el panel de control de la máquina. Es esencial llevar a cabo una descarga del programa y una minuciosa identificación de las entradas y salidas correspondientes a los actuadores neumáticos, eléctricos y mecánicos. Se sugiere realizar una evaluación exhaustiva de los componentes necesarios para el sistema eléctrico del tablero de control, asegurando la integridad de los accesorios mecánicos y neumáticos que desempeñan un papel fundamental en el proceso de empaquetado en conjunto con una escala cualitativa que verifique la función de los sistemas con el fin de mejorar la calificación.

Con base en la información proporcionada, se recomienda enfocarse en la implementación de las actualizaciones del PLC para mejorar el sistema operativo. Este proceso incluirá la migración del programa al nuevo controlador PLC Siemens S7 1200, con ajustes y adaptaciones necesarios para aprovechar las nuevas variables de programación y eliminar bloques obsoletos. Este enfoque no solo beneficia a las aplicaciones industriales, como la producción de alimentos, sino también a las comerciales al mejorar la eficiencia y reducir costos.

operativos de las diversas empresas industriales ya sea dentro o fuera del país. Es imprescindible asegurar un rendimiento óptimo para medir y registrar datos como el tiempo de proceso, el consumo de corriente, la presión, la temperatura, la velocidad y la funcionalidad del sistema.

## Referencias

- Asqui, D., & Zapata, A. (2023, julio). *Repotenciación de un grupo eléctrico Fuan Zongchi motor para el encendido auxiliar de luminarias en un parqueadero.*
- Baque, J., & Ballén, E. (2019). *Repotenciación del módulo para pruebas de máquinas eléctricas feedback* . Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17283/1/UPS-GT002592.pdf>
- Barcenas, R., & Guallan, L. (2019). *Repotenciación de la máquina para ensayos de resistencia a la fatiga del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.* <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11527>
- Beltrán, D., & Consuegra, K. (2009). *Análisis estratégico de la empresa Gemtech Ltda. como unidad de negocios resultante del proceso SPIN-OFF de IMETALES Ltda.*
- Caguango, O. (2015). *Estudio de UN sistema de repotenciación en el sellado de botellas para mejorar los tiempos de producción en el Laboratorio de control Y Automatización industrial de la Facultad de Ingeniería civil Y Mecánica.* Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/13428>
- Coluccio, E. (2021, 15 de julio). *Segunda ley de Newton - Concepto, fórmula, experimentos y ejemplos.* Concepto. <https://concepto.de/segunda-ley-de-newton/#:~:text=%E2%80%9CEl%20cambio%20de%20movimiento%20es,puede%20o%20no%20ser%20constante>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2021). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro.* <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/879779be-c0a0-4e11-8e08-cf80b41a4fd9/content>

- Cuyo, D. (2021, marzo). *Diseño de procesos para la elaboración de caramelos duros en la empresa alimentos "Ducromz"*. Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8322/1/PI-001841.pdf>
- Córdoba, E. (2006, diciembre). Fabricación y automatización. *Ingeniería e Investigación*, págs. 120-128. <https://www.redalyc.org/pdf/643/64326315.pdf>
- Del Pozo, S. (2017, junio). *Mejoramiento de los procesos de empaque manual en una empresa de confites. Caso de estudio: Confiteca*. Repositorio Digital - EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17336/1/CD-1612.pdf>
- Jiménez, M., & López, K. (2021). *Propuesta de un sistema automatizado para la dosificación, sellado y empaque de sobres de agua purificada con monitoreo controlado mediante un PLC conectado a la red*. Bienvenido al Repositorio Institucional de la UNAN-Managua - Repositorio Institucional UNAN-Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/17295/1/17295.pdf>
- López, A., Zúñiga, C., Ramón, M., Quirós, O., & Colón, A. (2015). Estado del arte de la medición de la productividad y la eficiencia técnica en América Latina: Caso Nicaragua. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y cambio climático*, 1 (2). <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3941749001/html/>
- Malo, N. (2023, febrero). *Trayectoria socio-técnica de las iniciativas legislativas en Ecuador para la promoción de la innovación empresarial en el periodo 2016-2021: controversias, éxitos y fracasos*. Repositorio Digital FLACSO Ecuador. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/19028/2/TFLACSO-2023NMC.pdf>

- Manufactura y cambio estructural: Aportes para pensar la política industrial en la Argentina.* (2017). Naciones Unidas.
- Mora, D., & Guerrero, L. (2020, 30 de noviembre). Industria 4.0: el reto en la ruta hacia las organizaciones digitales. *Revista internacional de administración*. <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2435/3052>
- Muñoz, M., Alfonso, G., & Alfonso, A. (2023, julio). *Diseño de un Plan Estratégico de Gestión de Mantenimiento para el taller 147 de soldadura del Centro de Materiales y Ensayos – SENA complejo sur*. <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/3574/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&>
- Nain, E. (18 de abril de 2018). *Leyes de Newton*. Comparte y descubre presentaciones | Compartir diapositivas. <https://es.slideshare.net/irlygt/leyes-de-newton-94231916>
- Perfomancelube. (2022, 21 de septiembre). *Que es la Maquinaria industrial*. Lubricante de alto rendimiento. <https://pldistribucion.com.ar/web/maquinaria-industrial/#:~:text=La%20Maquinaria%20industrial%20se%20define,y%20producir%20un%20determinado%20producto>
- Ramírez, C. (2019). *Repotenciación de la máquina a fatiga en ciclos altos en el Acero AISI 1045 con la finalidad de adquirir datos en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica*. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29640>
- Robson, C. (2011). Investigación del mundo real: un recurso para usuarios de métodos de investigación social en entornos aplicados. *Wiley*. Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas. <https://www.redalyc.org/pdf/643/64326315.pdf>

- Teijeiro, P., & Biedma, j. (2013, julio/agosto). La evaluación del rendimiento individual. Un instrumento válido para lograr la eficiencia en la gestión de Recursos Humanos en las Administraciones Públicas. *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, 1-18. <https://www.redalyc.org/pdf/2815/281530486001.pdf>
- Tipán, A. (2012, enero). *Desarrollo de un plan de administración de imagen corporativa para la empresa productora y comercializadora de confites CONFITECA CA*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4047/1/UPS-QT03036.pdf>
- Wang, s. (2016). Hacia una fábrica inteligente para la Industria 4.0: un sistema multiagente autoorganizado con retroalimentación y coordinación basada en Big Data. [https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2435/3052#content/citation\\_reference\\_28](https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2435/3052#content/citation_reference_28)
- Ynzunza, C. B., Izar, J. M., Bocarando, J. Q., Aguilar, F. y Larios, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, 54. <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/html/>

## Anexos

### Anexo 1

#### *Guía de preguntas para la entrevista*

##### **Guía de preguntas para la entrevista**

**Tema:** “Repotenciación de una máquina LAKSO para el proceso de empaclado de pastillas en la empresa Confiteca”.

**Objetivo:** Medir la captación que tiene la repotenciación de una máquina LAKSO para el proceso de empaclado de pastillas en la empresa Confiteca.

Las preguntas están dirigidas para los trabajadores que manejan la maquina LAKSO

1. ¿Cuánto tiempo llevas operando la máquina LAKSO y cuál es tu nivel de familiaridad con sus operaciones y funciones?
2. En una escala del 1 al 10, ¿cómo calificarías la eficiencia actual del proceso de empaclado utilizando la máquina LAKSO? Por favor, proporciona detalles que respalden tu calificación.
3. En términos de calidad, ¿has notado algún problema recurrente en el producto final cuando se utiliza la máquina LAKSO para el empaclado? Si es así, ¿podrías describir estos problemas?
4. ¿Cuáles son los desafíos o problemas más significativos que has encontrado al operar la máquina LAKSO durante el proceso de empaclado?
5. Si tuvieras la oportunidad de mejorar algo en el proceso de empaclado utilizando la máquina LAKSO, ¿qué sería? ¿Tienes alguna recomendación específica para mejorar la eficiencia o la calidad del empaclado?

*Nota.* Preguntas formuladas a los participantes de la investigación.



**Anexo 2***Encuesta***TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO****VIDA NUEVA****Instrucciones:**

- Lea con atención cada una de las preguntas.
- Seleccione la respuesta que usted considere conveniente.

1. ¿Cuánto tiempo llevas operando la máquina LAKSO?

- Menos de 1 año
- 1-2 años
- 3-5 años
- más de 5 años.

2. ¿Cuánto te sientes cómodo/a operando la máquina LAKSO?

- Muy cómodo/a
- Cómodo/a
- Neutro/a
- Incomodo/a
- Muy Incómodo/a.

3. En una escala del 1 al 5, ¿cómo calificarías la eficiencia actual del proceso de empaclado utilizando la máquina LAKSO?
- 1 (Muy baja)
  - 2 (Baja)
  - 3 (Neutral)
  - 4 (Alta)
  - 5 (Muy alta).
4. ¿Ha notado algún problema recurrente en el producto final cuando se utiliza la máquina LAKSO para el empaclado?
- Siempre
  - Frecuentemente
  - Ocasionalmente
  - Rara vez
  - Nunca.
5. ¿Cuáles son los desafíos más significativos que has encontrado al operar la máquina LAKSO durante el proceso de empaclado? (Esta pregunta puede tener varias respuestas)
- Fallos técnicos
  - Retrasos en el proceso
  - Problemas de calidad en el empaclado
  - Otros (por favor específica).
- .....
- .....
6. ¿Crees que la máquina LAKSO necesita mejoras para optimizar el proceso de empaclado?

- Sí, definitivamente
  - Probablemente sí
  - No estoy seguro/a
  - Probablemente no
  - Definitivamente no.
7. ¿Has recibido suficiente capacitación para operar la máquina LAKSO de manera eficiente?
- Sí, adecuadamente
  - Sí, pero necesito más
  - No estoy seguro/a
  - No, necesito más capacitación
  - Definitivamente no.
8. ¿Crees que las condiciones de trabajo alrededor de la máquina LAKSO son seguras?
- Siempre
  - Frecuentemente
  - Ocasionalmente
  - Rara vez
  - Nunca.
9. En tu opinión, ¿cómo calificarías la calidad del producto final empacado por la máquina LAKSO?
- Excelente
  - Bueno
  - Regular

- Malo
- Muy malo.

10. ¿Crees que la repotenciación de la máquina LAKSO podría mejorar el proceso de empacado?

- Sí, definitivamente
- Probablemente sí
- No estoy seguro/a
- Probablemente no
- Definitivamente no.