

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN LEAN MANUFACTURING Y TPM PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN UNA PYME MANUFACTURERA**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Artículo Científico

**Dany Alexander Ramos Quispe**

**Código 20191650**

**Asesor**

Ana Maria Almandoz Nuñez

Lima – Perú

Junio de 2025

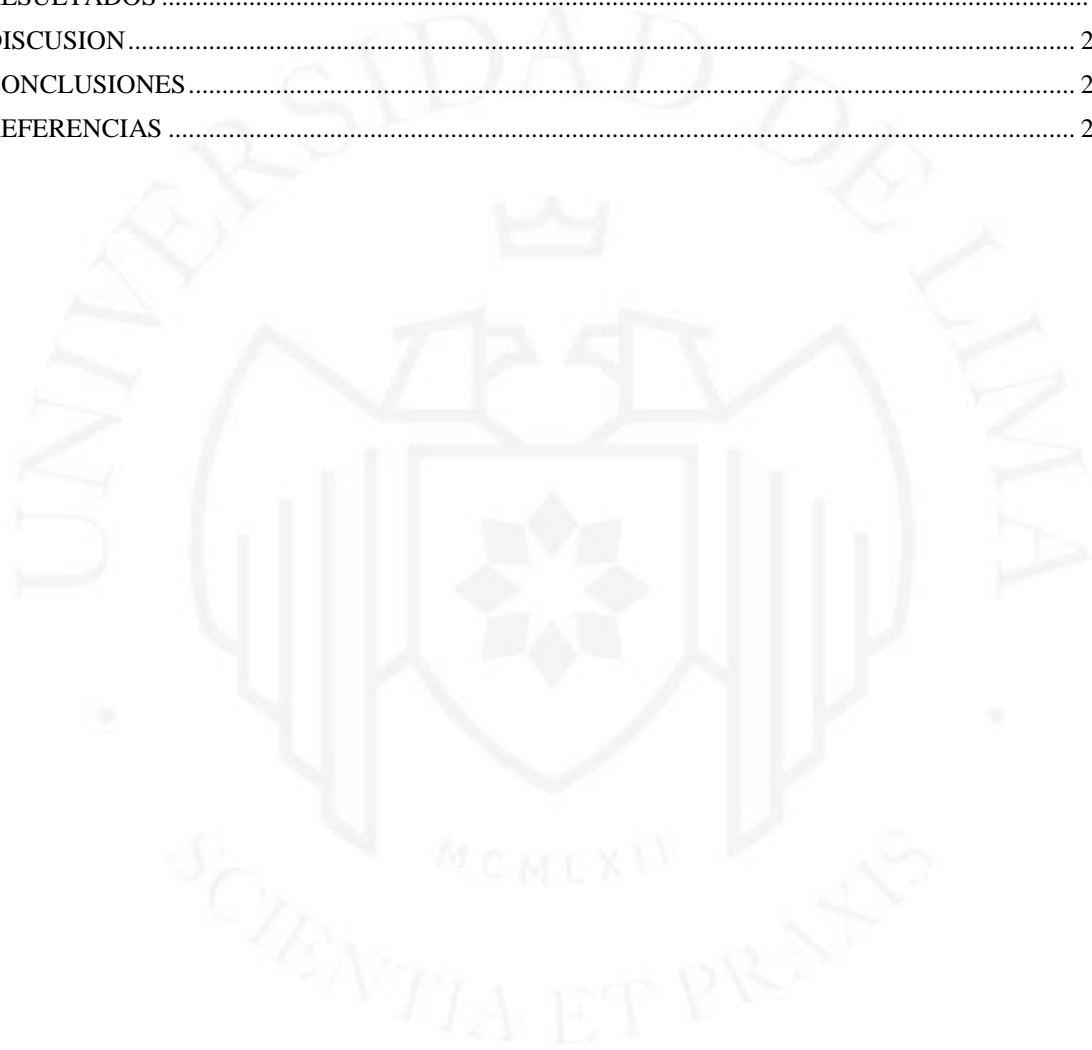




**MAINTENANCE MODEL BASED ON LEAN  
MANUFACTURING AND TPM TO IMPROVE  
EFFICIENCY IN A MANUFACTURING SME**

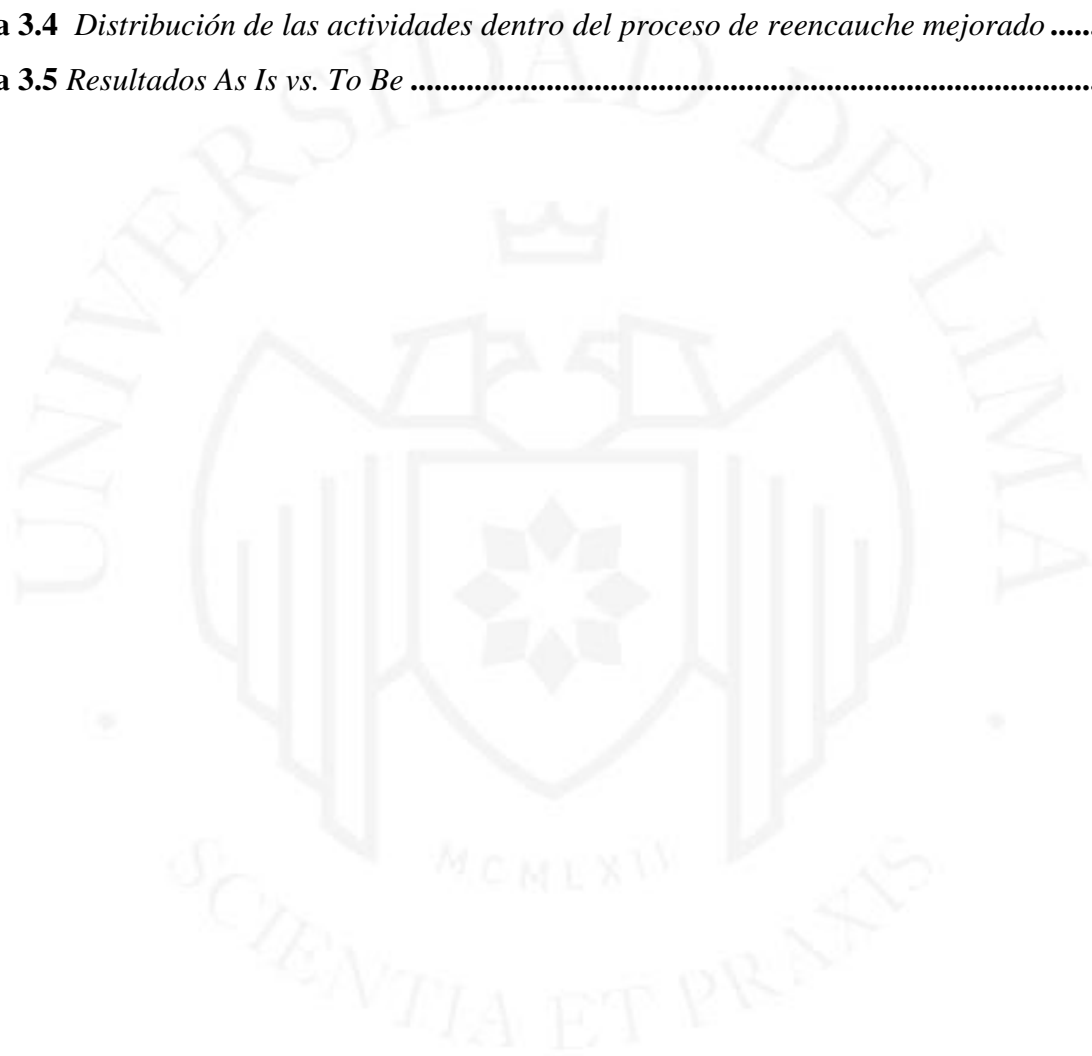
# TABLA DE CONTENIDO

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1  |
| 2. METODOLOGÍA.....  | 5  |
| 3. RESULTADOS .....  | 5  |
| 4. DISCUSION .....   | 21 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 22 |
| 6. REFERENCIAS ..... | 24 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabla 3.1</b> <i>Distribución de tiempos aplicando SMED</i> .....                                    | <b>13</b> |
| <b>Tabla 3.2</b> <i>Fase de etapas de implementación de trabajo estandarizado</i> .....                 | <b>14</b> |
| <b>Tabla 3.3</b> <i>Distribución de las actividades dentro del proceso de reencauche actual</i> .....   | <b>16</b> |
| <b>Tabla 3.4</b> <i>Distribución de las actividades dentro del proceso de reencauche mejorado</i> ..... | <b>17</b> |
| <b>Tabla 3.5</b> <i>Resultados As Is vs. To Be</i> .....  | <b>21</b> |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 3.1</b> <i>Flujograma del proceso de reencauche</i> .....                                    | 6  |
| <b>Figura 3.2</b> <i>Diagrama de Pareto</i> .....  | 6  |
| <b>Figura 3.3</b> <i>Ishikawa del proceso de reencauche</i> .....                                      | 8  |
| <b>Figura 3.4</b> <i>Árbol de problema</i> .....   | 8  |
| <b>Figura 3.5</b> <i>Modelo para mejorar el indicador OEE</i> .....                                    | 11 |
| <b>Figura 3.6</b> <i>Calculo para hallar el tiempo de ciclo</i> .....                                  | 15 |
| <b>Figura 3.7</b> <i>Distribución de las actividades dentro del proceso de reencauche actual</i> ..... | 16 |
| <b>Figura 3.8</b> <i>Distribución de las actividades dentro del proceso de reencauche</i> .....        | 17 |
| <b>Figura 3.9</b> <i>Manuales de auditoria en Planeamiento del Mantenimiento</i> .....                 | 19 |
| <b>Figura 3.10</b> <i>Manuales de auditoria en Ejecución del Mantenimiento</i> .....                   | 19 |
| <b>Figura 3.11</b> <i>Manuales de auditoria en Habilidad del Personal de Mantenimiento</i> .....       | 20 |
| <b>Figura 3.12</b> <i>Auditoria de mantenimiento</i> .....   | 20 |

## INDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Anexo 1</b> <i>Flujograma del proceso de rencauche</i> .....                  | 26 |
| <b>Anexo 2</b> <i>Vista del modelo de diseño de mejor</i> .....                  | 26 |
| <b>Anexo 3</b> <i>Manual de auditoría Organización del Mantenimiento</i> .....   | 27 |
| <b>Anexo 4</b> <i>Manual de auditoría Abastecimiento del Mantenimiento</i> ..... | 27 |



# **Aplicación de modelo de mantenimiento basado en Lean Manufacturing y TPM para incrementar el OEE en una pyme del sector manufactura no primaria**

**Dany Alexander Ramos Quispe**

20191650@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

**Resumen:** The implementation of an improvement model based on SMED, Standardized Work, and TPM at the tire retreading SME has proven to be an effective strategy for optimizing OEE. The results obtained demonstrate a substantial improvement in machinery availability, process efficiency, and the quality of the units produced, which has significantly contributed to increased productivity and reduced downtime. Specifically, OEE increased from 55.56% in the initial As-Is scenario to 75.55% in the optimized To-Be scenario. This notable improvement, while representing considerable progress, still falls below the industry standard, suggesting the need to continue improving other crucial factors such as predictive maintenance and ongoing staff training to achieve higher performance levels. The impact on Availability was significant, reaching 92.60%, thanks to the combined action of SMED, Standardized Work, and TPM, which reduced downtime, optimized operational efficiency, and increased equipment reliability. Throughput also experienced a notable increase of 9%, as a result of workflow optimization and improved production capacity. Furthermore, Quality rose to 99.5% due to the standardization of tasks and the preventive maintenance implemented in the process. These findings demonstrate the inherent potential of the applied tools to boost operational efficiency in the sector, paving the way for replication across various industries and contributing to the advancement of engineering in the field of continuous process improvement.

**Palabras Clave:** Lean Manufacturing, TPM, SMED, OEE, Trabajo Estandarizado

**Abstract:** The implementation of an improvement model based on SMED, Standardized Work, and TPM at the tire retreading SME has proven to be an effective strategy for optimizing OEE. The results obtained demonstrate a substantial improvement in machinery availability, process

efficiency, and the quality of the units produced, which has significantly contributed to increased productivity and reduced downtime. Specifically, OEE increased by 19.99%, evolving from 55.56% in the initial As-Is scenario to 75.55% in the optimized To-Be scenario. This notable improvement, while representing considerable progress, still falls below the industry standard, suggesting the need to continue perfecting other crucial factors such as predictive maintenance and ongoing staff training to achieve higher performance levels. Throughput also experienced a significant increase of 9% as a result of workflow optimization and improved production capacity. Furthermore, quality improved by 1.27% due to the standardization of tasks and the preventive maintenance implemented in the process. These findings demonstrate the inherent potential of the tools applied to boost operational efficiency in the sector, paving the way for replication across various industries and contributing to the advancement of engineering in the field of continuous process improvement.

**Keywords:** Lean Manufacturing, TPM, SMED, OEE, Standardized Labor

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Problemática observada**

En la actualidad, el proceso ineficiente del reencauche de neumáticos es la principal problemática. Uno de los principales inconvenientes identificados es el mal aprovechamiento de la autoclave.

## **1.2 Alcance de la investigación**

El alcance de la investigación se limita a la implementación de un modelo de mantenimiento basado en Lean Manufacturing y TPM para mejorar la eficiencia del proceso productivo en una empresa de reencauche de llantas del sector manufacturero no primario. El estudio abarca un estudio de la situación presente de la empresa, la detección de las causas fundamentales que inciden en el OEE, la creación de soluciones fundamentadas en instrumentos como SMED, TPM y trabajo estandarizado, así como la valoración de su influencia en el incremento de la eficiencia en las operaciones, disminución de tiempos improductivos y mejora de la calidad del producto.

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

El objetivo general es incrementar la eficiencia del proceso de reencauche de neumáticos aplicando un modelo de mantenimiento basado en Lean Manufacturing y TPM en una PYME del sector manufacturero no primario.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Asegurar el manejo correcto y estandarizado de la autoclave, instrumento principal para el proceso del vulcanizado, para reducir fallas del equipo.
- Desarrollar los procedimientos detallados que expliquen el proceso.
- Implementar controles y auditorías periódicas, para mejorar la eficiencia de la inspección de los neumáticos.

### **1.3.3 Hipótesis de la investigación**

La implementación de un modelo de mantenimiento basado en Lean Manufacturing y Mantenimiento Productivo Total (TPM) mejorará significativamente la eficiencia del proceso productivo en la empresa de reencauche de llantas, a través de un mayor aprovechamiento de la autoclave, la reducción de tiempos improductivos y la estandarización de los procedimientos operativos.

### **1.4 Marco referencial**

“En los últimos años, Perú ha experimentado un aumento considerable en la cantidad de llantas introducidas al mercado. En 2014, se registraron 55,673 toneladas de llantas, cifra que ascendió a 92,659 toneladas en 2018. Este incremento representa un crecimiento aproximado del 66.5% en el volumen de llantas ingresadas al mercado durante ese periodo.” (Ministerio del Ambiente, 2025, párr. 2). El reencauche juega un rol fundamental en la gestión sostenible de los neumáticos, ya que permite extender su vida útil y minimizar el impacto ambiental asociado a la generación de residuos. Al reutilizar la estructura básica de la llanta y renovar solo su banda de rodadura, el reencauche contribuye a disminuir la demanda de materias primas disminuyendo así en NFU (neumáticos fuera de uso) y la energía necesaria para fabricar neumáticos nuevos.

“Es importante destacar que los neumáticos fuera de uso (NFU) poseen un elevado potencial de valorización, por lo que su gestión debe enfocarse prioritariamente en procesos como el reciclaje, picado, reencauche y reparación entre otras opciones disponibles, en lugar de optar por su eliminación definitiva”. (Ministerio del Ambiente, 2025, párr. 4). El reencauche se posiciona como una estrategia clave dentro de las alternativas de valorización de los NFU, al ofrecer una solución eficiente y sostenible para prolongar la vida útil de las llantas. Esta práctica no solo contribuye a la reducción del consumo de recursos naturales y energía necesarios para fabricar neumáticos nuevos, sino que también disminuye la generación de residuos sólidos y la contaminación ambiental.

Dentro del sector del reencauche se enfocará en mejorar los procedimientos, la eficiencia del proceso. Por eso la importancia de la eficiencia operativa y la optimización de

recursos son pilares fundamentales para asegurar la competitividad sostenible de las PYMEs en el sector manufacturero. En este sentido, el incremento del indicador OEE juega un papel crucial al permitir una mayor producción con la infraestructura existente, lo que impacta positivamente en la rentabilidad y reduce los costos operativos (García et al., 2022).

Las investigaciones de Ahsan et al. (2023) y Kharub et al. (2022) destacan las dificultades comunes que enfrentan las PYMEs del sector manufacturero, especialmente en aspectos como calidad, tiempos de producción y administración de costos. Este panorama resalta la necesidad de estrategias efectivas que permitan optimizar recursos y fortalecer la competitividad. En este contexto, la integración de herramientas como Lean Manufacturing y TPM se presenta como una estrategia sólida para mejorar el OEE y, en consecuencia, la eficiencia operativa de las PYMEs en este sector. Según García et al. (2022), Lean Manufacturing tiene el potencial de eliminar desperdicios e incrementar la eficiencia, lo que se traduce directamente en un aumento del OEE.

## **1.5 Marco conceptual**

Para las PYMEs del sector manufacturero no primario, la optimización de procesos representa un factor crucial para alcanzar y mantener la competitividad en el mercado. La implementación de metodologías de mejora, principalmente Lean Manufacturing y TPM, se erige como una estrategia eficaz para incrementar la OEE. Este incremento en el OEE se refleja directamente en un incremento de la producción, una administración más eficaz de los recursos existentes, la disminución de los gastos operacionales y una mejora en la capacidad de respuesta ante las variaciones de la demanda del mercado (Condo-Palomino et al., 2022). El OEE, como indicador clave, evalúa la efectividad de los equipos de producción considerando tres dimensiones esenciales: disponibilidad, rendimiento y calidad.

Dentro del conjunto de herramientas que contribuyen a la mejora del OEE, el SMED se distingue como un componente fundamental de la filosofía Lean. Esta herramienta se enfoca particularmente en la reducción de los tiempos necesarios para la modificación y adaptación de los equipos, lo que implica un incremento significativo en la eficiencia productiva y la disminución de los periodos de parada. Investigaciones realizadas en diversos sectores industriales, incluyendo la panificación (Cardenas Peña & Veliz Veliz, 2024) y el

sector plástico de PYMEs en Perú (Sangiacomo-Espinosa et al., 2024), se ha evidenciado que la implementación de SMED produce aumentos notables en la productividad, al reducir los periodos de preparación y propiciar una mejor adaptación a las demandas del sector. Adicionalmente, la integración de SMED con la estandarización del trabajo, tal como lo implementaron Condo-Palomino et al. (2022), ha evidenciado resultados positivos en el desempeño de la maquinaria, resaltando su efectividad para optimizar los procesos productivos.

El Trabajo Estandarizado se presenta como otra herramienta esencial para la mejora de la eficiencia operativa. Según Halili y Noroña (2021), la estandarización del trabajo perfecciona los procesos de mantenimiento y calidad, permitiendo a las empresas aumentar su productividad mediante la eliminación de actividades que no añaden valor al producto final. La implementación conjunta de herramientas como las 5S, el Trabajo Estandarizado y el TPM en un estudio realizado por Arica-Hernandez et al. (2022) demostró mejoras significativas en la eficiencia de la fabricación, contribuyendo al incremento de la productividad y a la reducción de los tiempos de inactividad de los equipos.

El Mantenimiento Productivo Total se define como una filosofía de mantenimiento integral que se enfoca en la prevención de fallas y la mejora continua del rendimiento de los equipos. La aplicación de TPM en las pequeñas y medianas empresas del sector de la manufactura ha probado ser efectiva en la reducción de las acciones de mantenimiento correctivo y en la mejora de la eficiencia de los equipos, aportando directamente a la optimización del OEE. Estudios como los de Condo-Palomino et al. (2022) y Arica-Hernandez et al. (2022) respaldan esta afirmación, demostrando cómo la fusión de TPM con otros instrumentos, como el Trabajo Estandarizado, mejora los resultados al implicar a todos los estratos de la organización en una perspectiva de mantenimiento proactiva. Así, el TPM maximiza el uso de los recursos, disminuye los periodos de parada de los equipos y mejora la capacidad operativa general de la empresa.

La integración sinérgica de Lean Manufacturing y TPM, bajo un enfoque estructurado en la mejora del OEE, se postula, por lo tanto, como una estrategia robusta y efectiva para afrontar los desafíos que enfrentan las PYMEs del sector manufacturero no primario. La

mejora de la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos, a través de la implementación de estas metodologías, no solo conduce a un incremento del OEE, sino que también fortalece la competitividad y la sostenibilidad de las empresas a largo plazo (Aguilar-Schlaefli & Campos Levano, 2023).

## **2. METODOLOGÍA**

La presente investigación se desarrollará bajo un diseño no experimental y con enfoque cuantitativo. Su propósito es evaluar el impacto de un modelo de mantenimiento basado en los principios de Lean Manufacturing y Mantenimiento Productivo Total (TPM) sobre la eficiencia del proceso de reencauche en una empresa del sector manufacturero no primario. Para ello, se aplicarán dichas metodologías directamente en un entorno simulado de producción, permitiendo comparar los indicadores de eficiencia operativa antes y después de la intervención propuesta.

El estudio se centrará principalmente en los equipos clave del proceso de reencauche de neumáticos. A partir de estos equipos se obtendrán los datos necesarios para el cálculo del Indicador de OEE, considerando sus tres componentes: disponibilidad, rendimiento y calidad. La recolección de datos se basará en registros históricos operativos, informes técnicos y observaciones directas durante el proceso, asegurando así una medición precisa del impacto generado por la implementación del modelo de mantenimiento.

## **3. RESULTADOS**

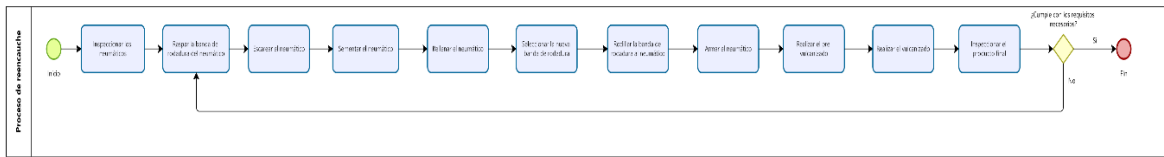
### **3.1 Situación actual de la empresa**

#### **3.1.1 Determinación de oportunidades de mejora**

El reencauche es un proceso mediante el cual se renueva una llanta usada para darle una nueva banda de rodadura y así extender su vida útil. Primero, se inspecciona y limpia la llanta para asegurar que su estructura esté en buen estado. Luego, se retira el caucho desgastado y se repara cualquier daño menor. Después, se aplica una nueva capa de caucho que se adhiere a la llanta mediante calor y presión, proceso llamado vulcanización. De esta manera, el reencauche permite ahorrar dinero y reducir el impacto ambiental al reutilizar las llantas en lugar de desecharlas.

**Figura 3.1**

*Flujograma del proceso de reencauche*

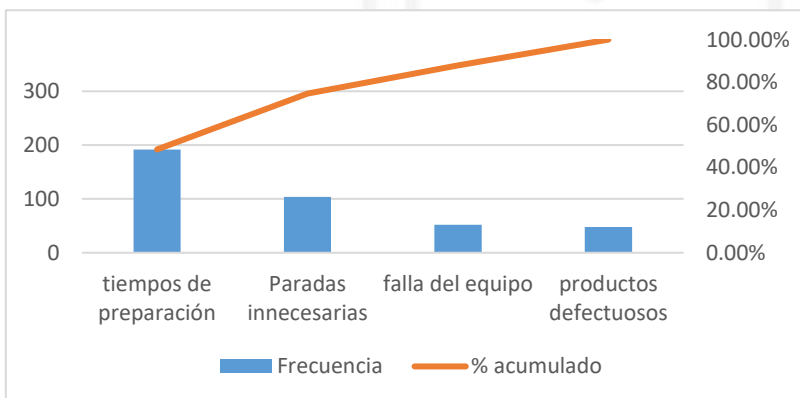


Uno de los principales problemas en una pyme perteneciente a la industria manufacturera es con respecto a la eficiencia del proceso productivo. Con el motivo de hacer frente a los problemas con mayor impacto en la producción, se realizó el diagrama de Pareto para identificarlos.

Con la herramienta del diagrama de Pareto basada en el principio del 80-20, se identificaron los problemas más importantes por resolver en la empresa de reencauche de llantas, los cuales son tiempos de preparación y paradas innecesarias. Para el trabajo se dará un enfoque a los problemas de tiempos de preparación y paradas innecesarias ya que impactan directamente en la disponibilidad de los equipos lo que trae como resultado la poca eficiencia del proceso. Por lo tanto, es necesario calcular el OEE de la empresa y compararlo con el estándar de la industria.

**Figura 3.2**

*Diagrama de Pareto*



El análisis del proceso de reencauche revela que el OEE se sitúa en 55.56%, la disponibilidad en 77.48%, el rendimiento en 73% y la calidad en 98.23%. Estos indicadores

reflejan el estado actual del proceso y constituyen una base para identificar las áreas que requieren mejoras.

Una forma adicional de evaluar el desempeño es comparando los resultados actuales con los objetivos estratégicos de la empresa, como la optimización del proceso ineficiente de reencauche de neumáticos. En este sentido, el árbol de problemas resulta útil para visualizar las brechas existentes, como la diferencia técnica del 29.44% entre el OEE de la empresa (55.56%) y el estándar de la industria (85%).

Asimismo, las brechas pueden acercarse mediante el análisis detallado de los indicadores del proceso y la aplicación de las herramientas industriales; en este caso, para reducir los tiempos de preparación y mitigar las paradas innecesarias de los equipos son factores clave que afectan la disponibilidad.

Además, se pueden identificar brechas al comparar el desempeño actual con las expectativas futuras. También es fundamental considerar el cumplimiento de normativas legales, como las Normas Técnicas Peruanas NTP 831.009, relativas a la fabricación y control de calidad de neumáticos reencauchados, y la NTP 831.007, que establece los requisitos para la selección de carcasas de neumáticos. Estas normas aseguran la calidad y seguridad de los productos reencauchados.

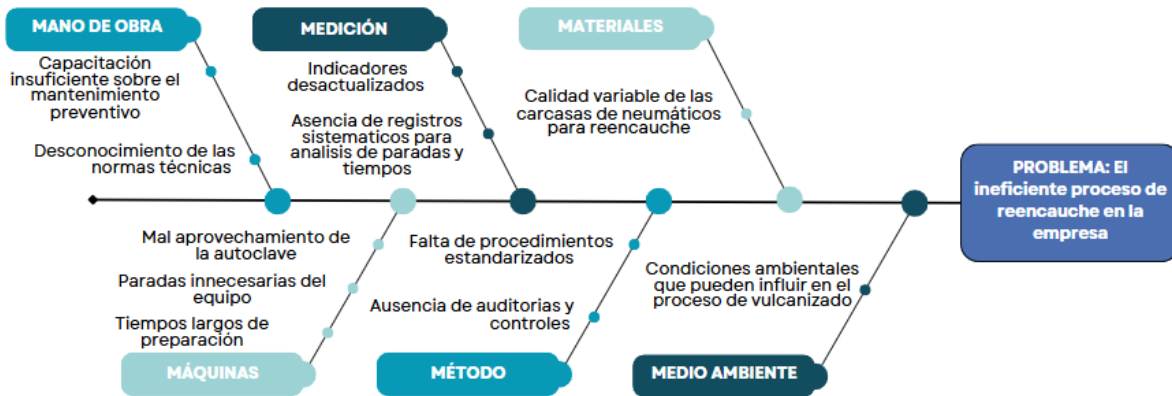
### **3.2 Determinación de causas raíz**

#### **3.2.1 Diagnóstico del proceso a mejorar**

Actualmente, el OEE de la empresa es de 55.56%, lo que está muy por debajo del estándar de la industria del 85%. Este bajo rendimiento se debe a varias causas fundamentales que impactan directamente la eficiencia operativa.

**Figura 3.3**

*Ishikawa del proceso de reencauche*



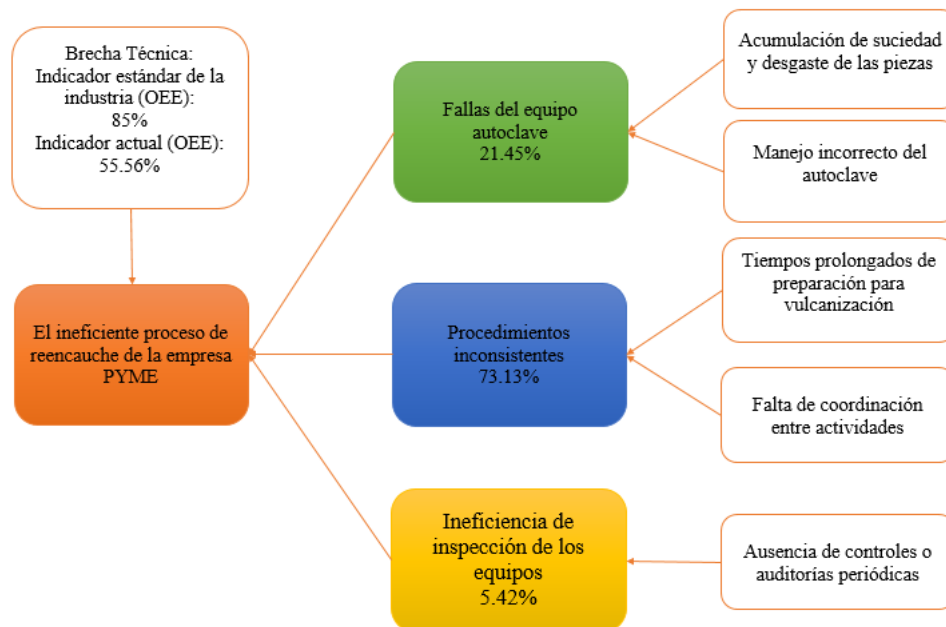
Una de las principales áreas de oportunidad identificadas es el tiempo de preparación de equipos, especialmente en la caldera de vulcanización, que representa un tiempo muerto significativo durante la producción. Entre los factores destacan fallas en máquinas, métodos no estandarizados, falta de medición adecuada, problemas en la calidad de materiales, condiciones ambientales desfavorables y deficiencias en la capacitación del personal.

### 3.2.2 Análisis de oportunidades de mejora en el proceso

En el contexto actual, el tiempo dedicado al vulcanizado no solo incide en los costos operativos y la eficiencia global del proceso de reencauche, sino que también es un factor crítico para mantener los estándares de seguridad y la confianza del cliente en un producto final confiable y duradero. Asimismo, los tiempos de cambio de herramientas en las vulcanizadoras generan periodos de inactividad que impactan en la productividad general. La falta de una estandarización rigurosa en las operaciones introduce variabilidad en el proceso, afectando potencialmente la consistencia y calidad del producto final.

**Figura 3.4**

*Árbol de problema*



Para abordar estas ineficiencias y potenciar el proceso de vulcanizado, se propone una estrategia integral que combina la implementación de metodologías probadas. La aplicación de SMED se orientará a la reducción drástica de los tiempos de cambio de herramientas, minimizando los periodos de inactividad y aumentando la disponibilidad de las máquinas. El enfoque de TPM se centrará en asegurar el mantenimiento preventivo y la mejora continua de la autoclave, garantizando su fiabilidad y disponibilidad operativa. Paralelamente, la implementación de Trabajo Estandarizado establecerá secuencias de actividades bien definidas, asegurando la consistencia en la ejecución, mejorando la calidad del producto y facilitando la capacitación del personal. La sinergia de estas herramientas busca optimizar el tiempo de vulcanizado, impactando positivamente en la eficiencia general del reencache, la reducción de costos operativos y el aumento de la productividad, sentando las bases para una cultura de mejora continua en toda la organización.

### 3.2.3 Determinación y causas raíz de la situación a mejorar

Las principales causas raíz de esta baja eficiencia operativa incluyen:

- Fallas del equipo autoclave: La caldera de vulcanización, presenta tiempos excesivos de cambio de configuración y desgaste de piezas. Esto disminuye la disponibilidad de los equipos y afecta directamente la productividad.

- Paradas no programadas: Existen fallas imprevistas en los equipos, como problemas mecánicos o de mantenimiento, que generan paradas inesperadas.
- Procedimientos inconsistentes: La ausencia de procedimientos estandarizados para la producción genera variabilidad en las operaciones, lo que lleva a errores y a la necesidad de retrabajo en llantas defectuosas.
- Ineficiencia de inspección de los equipos: El personal no está completamente capacitado en el uso eficiente de los equipos y en la implementación de buenas prácticas de mantenimiento preventivo.

### **3.2.4 Propuesta de soluciones**

SMED: La implementación de SMED requiere recopilar y analizar datos del proceso actual de cambio de herramientas para identificar desperdicios y cuellos de botella, estableciendo metas de reducción de tiempo. Luego, se implementan acciones correctivas como la estandarización y simplificación de actividades. Finalmente, se realiza un seguimiento continuo y se ajustan los procesos para asegurar una mejora constante hacia un cambio de herramientas rápido y eficiente.

Trabajo Estandarizado: La implementación del Trabajo Estandarizado requiere la recopilación y análisis detallado del proceso productivo para establecer métricas y estándares claros que optimicen el desempeño. Este enfoque promueve agrupar actividades para que el flujo del proceso sea el más óptimo y mejora la eficiencia, contribuyendo a una gestión más efectiva del proceso de producción.

TPM: La implementación de Mantenimiento Productivo Total para establecer métricas y estándares que impulsen la eficiencia y productividad. Este enfoque busca un proceso productivo, identificar mejoras continuas y establecer capacitaciones para optimizar el rendimiento de los equipos mejorando la calidad del producto para lograr mayor eficiencia operativa y satisfacción del cliente.

## **3.3 Evaluación técnica del modelo de mejora propuesto**

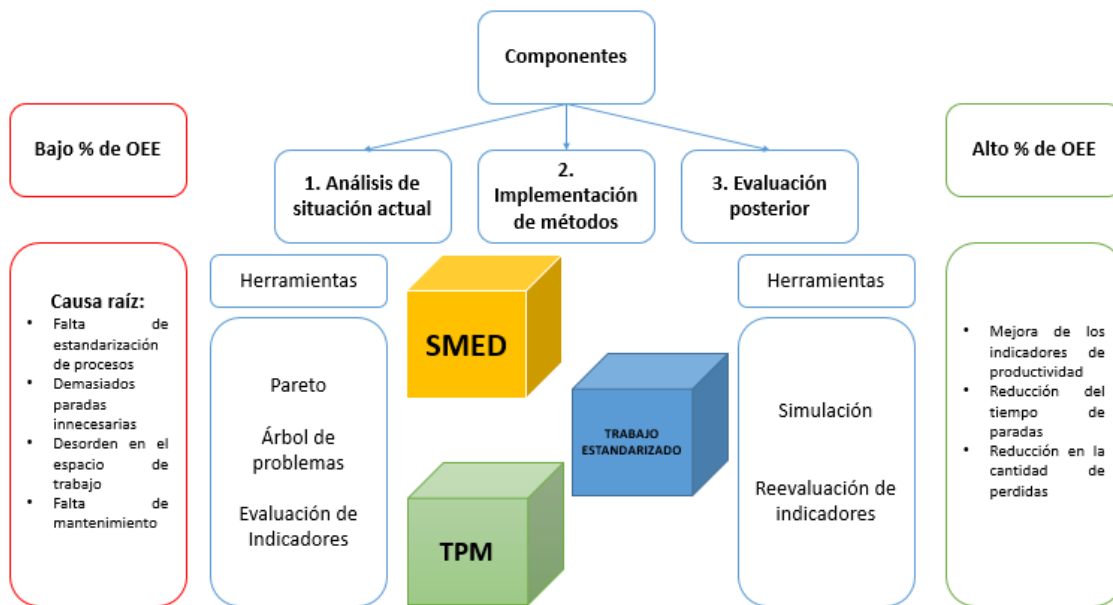
### **3.3.1 Diseño del modelo de mejora**

Esta propuesta para optimizar el proceso de reencauche se estructura en tres fases clave: un "Análisis de situación actual" mediante mapeo de flujo de valor y análisis de causa raíz para

identificar áreas de mejora; "Métodos de implementación" que incluyen la aplicación de SMED para reducir tiempos de cambio, Trabajo Estandarizado para minimizar errores y paradas, y TPM para optimizar el mantenimiento preventivo y fomentar la mejora continua; y una "Evaluación posterior" para medir el impacto de las implementaciones, realizar ajustes y asegurar la sostenibilidad de las soluciones a largo plazo.

**Figura 3.5**

*Modelo para mejorar el indicador OEE*



### 3.3.2 Identificación de variables e indicadores del modelo de mejora

Con la finalidad de mejorar la producción y optimizar los recursos, es necesario medir la eficiencia del proceso y reducir sus pérdidas. Por ello, utilizamos el indicador OEE que nos ayudará a identificar los errores en toda la línea productiva ya sea por pérdidas de tiempo, capacidad de la máquina o pérdidas por calidad.

La fórmula del OEE se calcula de esta forma:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo} - \text{Paradas y/o averías}}{\text{Tiempo productivo}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Total de unidades producidas}}{\text{Capacidad productiva}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Total de unidades buenas}}{\text{Total de unidades producidas}}$$

### **3.4 Evaluación del modelo de mejora propuesto**

#### **3.4.1 Desarrollo, Implementación y Aseguramiento del modelo de mejora**

SMED:

Se procederá a realizar la toma de tiempos detallada de cada actividad que conforma el proceso de reencauche, el cual en la actualidad se lleva a cabo de forma secuencial, ejecutando las tareas una tras otra. Esta metodología tradicional limita la eficiencia operativa, generando tiempos muertos y prolongando la duración total del proceso. De esta forma, se busca optimizar la utilización de los recursos y reducir los tiempos de espera innecesarios, mejorando así la productividad general del proceso. Paralelamente, se ha realizado una evaluación del impacto y valor agregado de cada una de las actividades que componen el proceso. En este análisis, se consideró específicamente la tarea de mantener la temperatura después de haber calentado el caldero, determinándose que dicha actividad no contribuye directamente al valor agregado del producto. Esto se debe a que el calor necesario para el proceso puede ser aprovechado directamente tras el calentamiento inicial, sin requerir mantener la temperatura durante un tiempo adicional que no aporta un beneficio tangible. Por lo tanto, se plantea su optimización para minimizar el tiempo y recursos invertidos, contribuyendo a una mejora integral en la eficiencia del reencauche. Esta combinación de análisis de tiempos y valoración del valor agregado permitirá implementar cambios significativos y a la maximización del rendimiento del proceso productivo.

**Tabla 3.1***Distribución de tiempos aplicando SMED*

| Área: Operaciones        | Secuencia de Actividades              | Tiempo (minutos) |             |            | Propuesta   |             |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|                          |                                       | Intern<br>a      | Extern<br>a | MEJOR<br>A | Intern<br>a | Extern<br>a |
| <b>Inspección Visual</b> |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Inspección                            | 5                | -           | NO         | 5           | -           |
| <b>Raspar</b>            |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Insertar llanta                       | 1                | -           | NO         | 1           | -           |
|                          | Raspado                               | 8                | -           | NO         | 8           | -           |
|                          | Sacar llanta                          | 1                | -           | NO         | 1           | -           |
| <b>Escarear</b>          |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Escareado                             | 15               | -           | NO         | 15          | -           |
|                          | Llevar a zona de<br>acondicionamiento | 5                | -           | SI         | -           | 5           |
| <b>Cementado</b>         |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Cementar                              | 5                | -           | NO         | 5           | -           |
| <b>Rellenar</b>          |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Rellenado                             | 8                | -           | NO         | 8           | -           |
| <b>Seleccionar banda</b> |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Ir a almacén a buscar banda           | 5                | -           | SI         | -           | 5           |
|                          | Acondicionamiento de banda            | 5                | -           | SI         | -           | 5           |
| <b>Rodillar</b>          |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Rodillar                              | 10               | -           | NO         | 10          | -           |
|                          | Llevar a zona de autoclave            | -                | 5           | NO         | -           | 5           |
| <b>Armar</b>             |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Colocar el embolo                     | 10               | -           | SI         | 10          | -           |
|                          | Colocar el aro                        | 5                | -           | SI         | 5           | -           |
| <b>Pre vulcanizado</b>   |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Calentar caldero                      | 30               | -           | SI         | -           | 30          |
|                          | Mantener temperatura                  | 30               | -           | SI         | -           | -           |
| <b>Vulcanizar</b>        |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Ingreso de llantas                    | 15               | -           | NO         | 15          | -           |
|                          | Temperatura cocción                   | 45               | -           | NO         | 45          | -           |
|                          | Horneado en el autoclave              | 180              | -           | NO         | 180         | -           |
| <b>Inspección Final</b>  |                                       |                  |             |            |             |             |
|                          | Salida de llantas                     | 5                | -           | NO         | 5           | -           |
|                          | Inspección                            | 5                | -           | SI         | -           | 5           |
| <b>Total</b>             |                                       | 393              |             |            | 313         | 55          |

La implementación de la propuesta de mejora en el área de Operaciones permitió reducir significativamente el tiempo total del proceso de reencauche, pasando de 393 minutos a 368 minutos, lo que representa una mejora de 25 minutos. Esto se logró principalmente al

convertir varias actividades internas en externas y optimizar tareas clave como el traslado a zonas de acondicionamiento y el pre-vulcanizado. La reorganización de las actividades no solo disminuyó el tiempo interno de máquina parada, sino que también facilitó una mayor eficiencia operativa, evidenciando el impacto positivo de aplicar técnicas de mejora continua en los procesos productivos.

Trabajo Estandarizado: La aplicación de Trabajo Estandarizado para optimizar el proceso de reencauche y aumentar la eficiencia operativa.

**Tabla 3.2**

*Fase de etapas de implementación de trabajo estandarizado*

| <b>Fases</b>   | <b>Descripción</b>   | <b>Acciones Clave</b>  |
|--|--|--|
| Fase 1: Selección de un proceso específico           | Se seleccionan los procesos críticos dentro de la producción de reencauche de llantas para aplicar las herramientas de mejora.                     | - Identificación de subprocesos clave.   |
| Fase 2: Toma de tiempos                              | Se realizan mediciones detalladas de los tiempos de cada subproceso para establecer los tiempos estándar y el takt time.                           | - Medición de tiempos en todas las etapas del proceso.<br>- Determinación del takt time<br>- Identificación de cuellos de botella.<br>- Identificación de cuellos de botella.                    |
| Fase 3: Balanceo de operación                        | Se evalúa si existe algún cuello de botella y se realiza un balance de las operaciones para eliminar o redistribuir tiempos entre actividades.     | - Ajuste de la distribución de tiempos entre las actividades.<br>- Optimización de recursos y reducción de tiempos improductivos.<br>- Creación de documentación estandarizada.                  |
| Fase 5: Diseño de la secuencia de trabajo optimizada | Se documenta y estandariza el proceso optimizado, asegurando que cada tarea sea consistente y se sigan procedimientos claros.                      | - Desarrollo de una guía visual para el trabajador.<br>- Aseguramiento de que todos los operarios sigan la misma secuencia de trabajo.<br>- Diseño de formatos visuales y documentos accesibles. |
| Fase 6: Hoja de trabajo estándar                     | Se crea una hoja de trabajo estándar que servirá como referencia para el personal actual y futuro, asegurando una operación coherente y eficiente. | - Asegurar que el personal tenga acceso a estas hojas estándar en su lugar de trabajo para facilitar la capacitación y la operación eficiente.   |

Se realizo toma de tiempos permite medir con precisión la duración de cada actividad, identificando oportunidades para optimizar el proceso, reducir tiempos muertos y mejorar la productividad.

**Figura 3.6**

*Calculo para hallar el tiempo de ciclo*

| PROCESO                 | Reencauche                         | HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS |                     |      |      |      |      |      |      |      |      | Observador | Alumnos |      |               |        |
|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|---------|------|---------------|--------|
|                         |                                    | No.                         | Elemento de trabajo | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |            | 9       | 10   | Prom          | % Val. |
| 1                       | Inspeccion inicial                 | 4.48                        | 4.47                | 5.12 | 5    | 5    | 4.33 | 5.14 | 5.09 | 4.5  | 4.55 | 4.768      | 95%     | 4.53 | 5.16          |        |
| 2                       | Insertar llanta                    | 1.1                         | 1                   | 1    | 1.1  | 0.52 | 0.54 | 1    | 0.52 | 0.56 | 0.55 | 0.789      | 110%    | 0.87 | 0.99          |        |
| 3                       | Raspado                            | 8.23                        | 8.15                | 7.45 | 7.33 | 8.5  | 8.33 | 8    | 7.4  | 7.58 | 7.55 | 7.852      | 96%     | 7.54 | 8.59          |        |
| 4                       | Sacar llanta                       | 1                           | 1                   | 1.1  | 0.5  | 0.55 | 0.52 | 1    | 0.57 | 1    | 1    | 0.824      | 110%    | 0.91 | 1.03          |        |
| 5                       | Escareado                          | 12.3                        | 14.5                | 10.4 | 14.2 | 14.3 | 15.1 | 15.2 | 14.1 | 18.2 | 15.3 | 14.358     | 80%     | 11.5 | 13.09         |        |
| 6                       | Llevar a zona de acondicionamiento | 5                           | 5                   | 4.44 | 4.45 | 4.26 | 4.45 | 4.47 | 5    | 5.17 | 5.22 | 4.746      | 95%     | 4.51 | 5.14          |        |
| 7                       | Cementado                          | 5.2                         | 5                   | 5.2  | 5    | 4.44 | 4.1  | 4.47 | 4.58 | 5    | 5.1  | 4.809      | 95%     | 4.57 | 5.21          |        |
| 8                       | Rellenado                          | 7.52                        | 9.24                | 8.1  | 9.25 | 8.58 | 8.55 | 8.24 | 9.26 | 9.36 | 8.54 | 8.664      | 80%     | 6.93 | 7.90          |        |
| 9                       | Ir al almacen a buscar banda       | 4.45                        | 4.48                | 4.52 | 4.2  | 5.1  | 5    | 5.2  | 4.25 | 4    | 5    | 4.620      | 95%     | 4.39 | 5.00          |        |
| 10                      | Acondicionamiento de banda         | 5                           | 5.2                 | 4.33 | 4.35 | 5.2  | 5.1  | 5.19 | 5.17 | 5.08 | 4.58 | 4.920      | 95%     | 4.67 | 5.33          |        |
| 11                      | Rodillado                          | 9.52                        | 9.45                | 10   | 10.1 | 9.55 | 9.47 | 9.45 | 9    | 10.1 | 10.2 | 9.680      | 80%     | 7.74 | 8.8282        |        |
| 12                      | Llevar a zona de autoclave         | 5                           | 5                   | 5.12 | 5.14 | 5.18 | 5    | 4.48 | 5    | 4.55 | 4.59 | 4.906      | 95%     | 4.66 | 5.3132        |        |
| 13                      | Colocar el embolo                  | 9.55                        | 9.52                | 9.48 | 9.57 | 10   | 10.1 | 9.56 | 10   | 10   | 10.1 | 9.792      | 80%     | 7.83 | 8.9303        |        |
| 14                      | Colocar el aro                     | 5                           | 5                   | 5.22 | 5.15 | 5.14 | 5.1  | 5    | 4.58 | 4.48 | 5    | 4.967      | 95%     | 4.72 | 5.3793        |        |
| 15                      | Calentar caldero                   | 30                          | 30                  | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30.000     | 100%    | 30   | 34.2          |        |
| 16                      | Ingreso de llantas                 | 14.6                        | 14.5                | 14.4 | 15.1 | 15.2 | 15   | 14.5 | 15.3 | 15.3 | 15.5 | 14.927     | 80%     | 11.9 | 13.613        |        |
| 17                      | Temperatura coccion                | 45                          | 45                  | 45   | 45   | 45   | 45   | 45   | 45   | 45   | 45   | 45.000     | 100%    | 45   | 51.3          |        |
| 18                      | Horneado en el autoclave           | 180                         | 180                 | 180  | 180  | 180  | 180  | 180  | 180  | 180  | 180  | 180.000    | 100%    | 180  | 205.2         |        |
| 19                      | Salida de llantas                  | 4.48                        | 5                   | 4.44 | 4.1  | 5    | 4.48 | 4.55 | 5    | 5.18 | 5.17 | 4.740      | 95%     | 4.5  | 5.1334        |        |
| 20                      | Inspeccion final                   | 5.12                        | 5.17                | 5.19 | 5    | 4.58 | 4.52 | 5.16 | 5.36 | 5.22 | 5.48 | 5.080      | 95%     | 4.83 | 5.5016        |        |
| <b>Tiempos de ciclo</b> |                                    |                             |                     |      |      |      |      |      |      |      |      | <b>365</b> |         |      | <b>400.86</b> |        |

El tiempo de ciclo estandarizado para el proceso es de 400.86 minutos, lo que sirve como referencia para evaluar. Lo siguiente es poder hallar el takt time.

$$Takt\ time = \frac{480\ min - 60\ min}{6\ unidades} = 70\ min/unidad$$

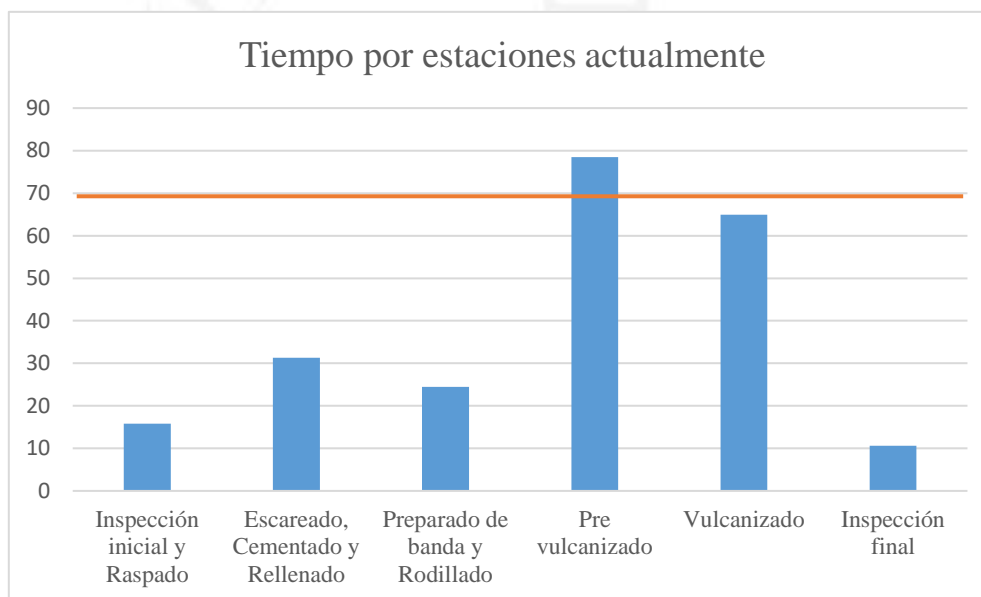
Una vez calculado el takt time, se procede a determinar la cantidad de estaciones necesarias para el proceso de reencauche, con el objetivo de aumentar su eficiencia.

$$Numero\ de\ estaciones = \frac{Tiempo\ de\ ciclo}{Takt\ time} = \frac{400.86}{70} = 5.72 = 6\ estaciones$$

**Es posible organizar la distribución de las actividades de manera que cada una tenga una duración inferior al takt time.**

**Tabla 3.3***Distribución de las actividades dentro del proceso de reencauche actual*

| Operación | Descripción                      | Tiempo | Takt time |
|-----------|----------------------------------|--------|-----------|
| 1         | Inspección inicial y Raspado     | 15.77  | 70        |
| 2         | Escareado, Cementado y Rellenado | 31.34  | 70        |
| 3         | Preparado de banda y Rodillado   | 24.47  | 70        |
| 4         | Pre vulcanizado                  | 78.51  | 70        |
| 5         | Vulcanizado                      | 64.91  | 70        |
| 6         | Inspección final                 | 10.63  | 70        |

**Figura 3.7***Distribución de las actividades dentro del proceso de reencauche actual*

El cuello de botella identificado en el proceso corresponde a la etapa de pre vulcanizado, donde la actividad de mantener la temperatura, aunque no agrega valor directo al producto, es necesaria para el correcto desarrollo del proceso. Como se mencionó anteriormente, esta tarea representa un tiempo significativo que limita la eficiencia general. Para lograr un flujo de trabajo más eficiente y en línea, es imprescindible optimizar esta etapa y mantener su duración por debajo del takt time, buscando así un mejor balance de la operación y evitando retrasos que afecten la productividad total.

La nueva distribución de actividades ha sido diseñada cuidadosamente para asegurar que los tiempos de cada estación se mantengan por debajo del takt time, lo que permite un flujo continuo y equilibrado en el proceso. Esta reorganización facilita la reducción de tiempos muertos y evita cuellos de botella, logrando una mayor eficiencia operativa y un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

**Tabla 3.4**

*Distribución de las actividades dentro del proceso de reencauche mejorado*

| Operación | Descripción                      | Tiempo | Takt time |
|-----------|----------------------------------|--------|-----------|
| 1         | Inspección inicial y Raspado     | 15.77  | 70        |
| 2         | Escareado, Cementado y Rellenado | 31.34  | 70        |
| 3         | Preparado de banda y Rodillado   | 24.47  | 70        |
| 4         | Pre vulcanizado                  | 48.509 | 70        |
| 5         | Vulcanizado                      | 64.91  | 70        |
| 6         | Inspección final                 | 10.63  | 70        |

**Figura 3.8**

*Distribución de las actividades dentro del proceso de reencauche*



La nueva distribución del proceso garantiza que el tiempo de ciclo de cada actividad se mantenga por debajo del takt time establecido, lo que permite un ritmo de trabajo constante y eficiente.

La mejora en la Disponibilidad se estima en una mejora del 4.56% gracias a la optimización de los tiempos de cambio, la eliminación de paradas innecesarias y la estandarización de procesos, similar al impacto de SMED. El Rendimiento se proyecta aumentar en una mejora del 5% mediante la optimización del flujo de trabajo y la capacidad productiva, reduciendo los tiempos improductivos.

#### TPM:

El modelo de mejora para la MYPE reencauchadora de llantas se desarrolló integrando herramientas como TPM con el objetivo de mejorar la disponibilidad de maquinaria, reducir tiempos de paro y optimizar el rendimiento del proceso. El proceso comenzó con una evaluación inicial de la autoclave, donde se identificaron los principales problemas.

Se implementaron acciones clave para mejorar el mantenimiento de la autoclave en el proceso de reencauche. La primera etapa consistió en diseñar y ejecutar un programa de mantenimiento preventivo programado, estableciendo un cronograma riguroso de inspecciones periódicas y actividades de mantenimiento destinadas a prevenir fallas inesperadas que puedan generar paradas no planificadas. Paralelamente, se capacitó al personal operativo en el manejo adecuado de la autoclave, enfatizando la importancia del uso correcto y el reporte oportuno de cualquier irregularidad.

Se implementaron además sistemas de monitoreo continuo que permiten el seguimiento en tiempo real de parámetros críticos como la temperatura, presión y tiempos de ciclo, asegurando que la autoclave opere dentro de los rangos óptimos establecidos y facilitando la identificación rápida de desviaciones que puedan afectar el proceso. Para complementar estas acciones, se estableció un registro detallado de todas las intervenciones, mantenimiento y fallas detectadas, lo que permitió realizar análisis históricos.

Especial atención se prestó a las partes más frágiles y críticas de la autoclave, como los ductos de transferencia de calor, fundamentales para mantener la hermeticidad y evitar fugas de presión o vapor que podrían causar fallas graves. Las válvulas de seguridad y control fueron inspeccionadas regularmente para asegurar su correcto funcionamiento y evitar

bloqueos que pudieran comprometer la seguridad operativa. Los elementos de calentamiento, incluyendo resistencias y quemadores, fueron monitoreados para prevenir deterioros que afecten la temperatura y el ciclo de vulcanizado, manteniendo así la calidad y uniformidad del producto. Los sensores y termostatos, encargados de controlar temperatura y presión, recibieron calibraciones constantes para mantener su precisión y fiabilidad.

Esto no solo contribuyó a la durabilidad y confiabilidad de la autoclave, sino que también fortaleció la capacidad productiva y la seguridad en el ambiente de trabajo.

**Figura 3.9**

*Manuales de auditoria en Planeamiento del Mantenimiento*

| AUDITORIA DE MANTENIMIENTO |  |                                |                      |               |                               |                   |          |
|----------------------------|--|--------------------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|-------------------|----------|
| Equipo de trabajo          |  | Grupo N°1                      | Empresa:             |               |                               |                   |          |
| Categoría de Auditoría:    |  | Planeamiento del Mantenimiento | Unidad de Operación: |               | Planeamiento de Mantenimiento |                   |          |
| Aprobado:                  |  | 2                              | Fecha:               |               | 9/04/2021                     |                   |          |
|                            |  |                                | Peso:                |               | /10                           |                   |          |
| N°                         | Componentes  |                                |                      | Puntaje (/10) | Peso (/10)                    | Puntaje Ponderado | Objetivo |
| 2.01                       | Calificación del Planeamiento de mantenimiento dentro de la Organización de la Empresa |                                |                      | 0.0           | 6                             | 0.0               | 100      |
| 2.02                       | Recepción de solicitudes de servicio de producción                                     |                                |                      | 0.0           | 6                             | 0.0               | 100      |
| 2.03                       | Definición de la Orden de trabajo en el área de mantenimiento.                         |                                |                      | 0.0           | 6                             | 0.0               | 100      |
| 2.04                       | Planeamiento de la Mano de obra en el área de mantenimiento.                           |                                |                      | 0.0           | 6                             | 0.0               | 100      |
| 2.05                       | Planeamiento de Materiales en el área de mantenimiento.                                |                                |                      | 0.0           | 7                             | 0.0               | 100      |
| 2.06                       | Planeamiento del Equipo de Mantenimiento en el área de mantenimiento.                  |                                |                      | 0.0           | 8                             | 0.0               | 100      |
| 2.07                       | Planeamiento de la Logística en el área de mantenimiento.                              |                                |                      | 0.0           | 6                             | 0                 | 100      |
| 2.08                       | Coordinación con producción fechas para realizar mantenimiento en general.             |                                |                      | 0.0           | 8                             | 0.0               | 100      |
| 2.09                       | Planeamiento preventivo en el área de mantenimiento.                                   |                                |                      | 0.0           | 8                             | 0.0               | 100      |
| 2.10                       | Reporte de planeamiento y cumplimiento del área de mantenimiento.                      |                                |                      | 0.0           | 6                             | 0.0               | 100      |
| Total/Promedio             |  |                                |                      | 0             | 6.7                           | 0                 | 0.00     |

**Figura 3.10**

*Manuales de auditoria en Ejecución del Mantenimiento*

| AUDITORIA DE MANTENIMIENTO |  |                             |                      |               |                               |                   |          |
|----------------------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|-------------------|----------|
| Equipo de trabajo          |  | Grupo N°1                   | Empresa:             |               |                               |                   |          |
| Categoría de Auditoría:    |  | Ejecución del Mantenimiento | Unidad de Operación: |               | Planeamiento de Mantenimiento |                   |          |
| Aprobado:                  |  | 3                           | Fecha:               |               |                               |                   |          |
|                            |  |                             | Peso:                |               | /10                           |                   |          |
| N°                         | Componentes  |                             |                      | Puntaje (/10) | Peso (/10)                    | Puntaje Ponderado | Objetivo |
| 3.01                       | El personal de Mantenimiento acciona en base a planes y programas.                             |                             |                      | 0.0           | 8                             | 0.0               | 100      |
| 3.02                       | El área de mant. participa en la elaboración de los programas de producción de la planta.      |                             |                      | 0.0           | 5                             | 0.0               | 100      |
| 3.03                       | El área de mantenimiento participa en planes de inversión, ampliaciones y modernización.       |                             |                      | 0.0           | 6                             | 0.0               | 100      |
| 3.04                       | Aplicación del concepto de MP en planta, con rutinas de inspección y revisión planeadas.       |                             |                      | 0.0           | 7                             | 0.0               | 100      |
| 3.05                       | El área de mant. tiene archivos de documentación técnica e historial de equipos al día.        |                             |                      | 0.0           | 7                             | 0.0               | 100      |
| 3.06                       | El área de mantenimiento dispone de repuestos y suministros generales en los almacenes.        |                             |                      | 0.0           | 6                             | 0.0               | 100      |
| 3.07                       | El área de mant. dispone de herramientas, equipos y máquinas en buen estado y suficientes.     |                             |                      | 0.0           | 7                             | 0                 | 100      |
| 3.08                       | Se lubrican equipos e instalaciones de planta en base a un programa de rutinas establecido     |                             |                      | 0.0           | 6                             | 0.0               | 100      |
| 3.09                       | El área de mant. de planta presta atención, estudia y resuelve los casos de fallas repetitivas |                             |                      | 0.0           | 7                             | 0.0               | 100      |
| 3.10                       | El área de mantenimiento dispone con suficiente datos sobre costos y presupuestos.             |                             |                      | 0.0           | 6                             | 0.0               | 100      |
| Total/Promedio             |  |                             |                      | 0             | 6.5                           | 0                 | 0.00     |

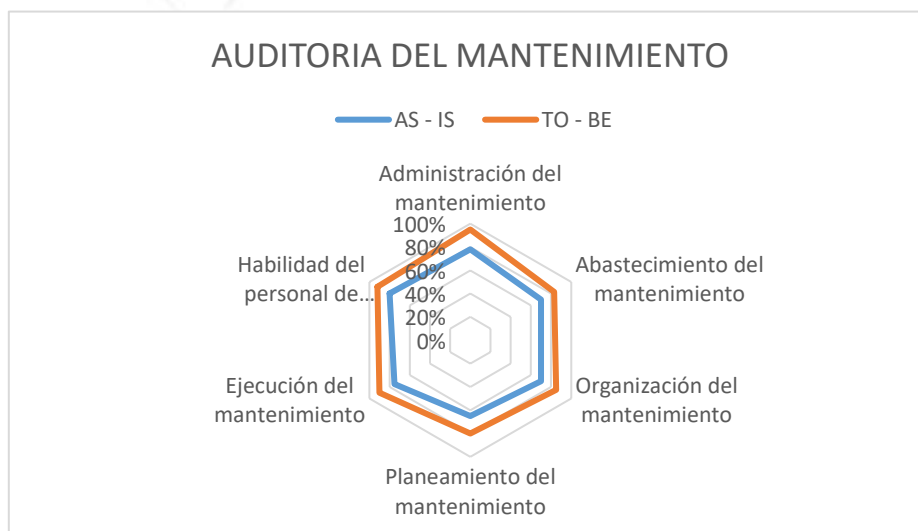
**Figura 3.11**

*Manuales de auditoria en Habilidad del Personal de Mantenimiento*

| AUDITORIA DE MANTENIMIENTO |  |                      |            |                               |          |
|----------------------------|--|----------------------|------------|-------------------------------|----------|
| Equipo de trabajo          | Grupo N°1  | Empresa:             |            |                               |          |
| Categoría de Auditoría:    | Habilidad del Personal de Mantenimiento  | Unidad de Operación: |            | Planeamiento de Mantenimiento |          |
| Aprobado:                  |  | 4                    | Fecha:     |                               |          |
|                            |  |                      | Peso:      | /10                           |          |
| N°                         | Componentes  | Puntaje (/10)        | Peso (/10) | Puntaje Ponderado             | Objetivo |
| 4.01                       | Nivel técnico de los Ingenieros del área de mantenimiento.                                 | 0.0                  | 8          | 0.0                           | 100      |
| 4.02                       | Nivel técnico de los Técnicos del área de mantenimiento.                                   | 0.0                  | 7          | 0.0                           | 100      |
| 4.03                       | Nivel de Experiencia de Ingenieros, Técnicos y Obreros del área de mantenimiento.          | 0.0                  | 8          | 0.0                           | 100      |
| 4.04                       | El personal de Mantenimiento trabajan solos y son responsables de las tareas que realizan. | 0.0                  | 6          | 0.0                           | 100      |
| 4.05                       | Habilidades para resolver Problemas y tomar decisiones en el área de mantenimiento.        | 0.0                  | 7          | 0.0                           | 100      |
| 4.06                       | El personal del área de mantenimiento recibe capacitación técnica externa permanentemente. | 0.0                  | 7          | 0.0                           | 100      |
| 4.07                       | El personal de supervisión capacita a su personal del área de mant. permanentemente.       | 0.0                  | 8          | 0                             | 100      |
| 4.08                       | Nivel de desempeño del personal del área de mantenimiento para realizar mant. preventivo.  | 0.0                  | 8          | 0.0                           | 100      |
| 4.09                       | El personal del área de mant. puede realizar mant. predictivo (Monitoreo Condición).       | 0.0                  | 7          | 0.0                           | 100      |
| 4.10                       | El personal del área de mant. puede realizar Análisis de Datos de fallos para mejorar.     | 0.0                  | 7          | 0.0                           | 100      |
| Total/Promedio             |  | 0                    | 7.3        | 0                             | 0.00     |

**Figura 3.12**

*Auditoria de mantenimiento*



La implementación coordinada de SMED, Trabajo Estandarizado y TPM se proyecta como una estrategia integral para optimizar la Eficiencia General de los Equipos (OEE). Específicamente, la aplicación de SMED, enfocada en la reducción de los tiempos de cambio de herramientas, impactará directamente la Disponibilidad, estimándose un incremento del 4.56% debido a la mejora en la eficiencia operativa y la disminución de los periodos de inactividad de la maquinaria. Por otro lado, la adopción del Trabajo Estandarizado, cuyo objetivo es asegurar la consistencia y eficiencia en cada etapa del proceso de reencauche, contribuirá también a la Disponibilidad con un aumento similar del 4.56% al minimizar errores operativos y optimizar la ejecución de tareas. Adicionalmente, el Trabajo

Estandarizado impulsará el Rendimiento en un 5% mediante la optimización del flujo de trabajo y la capacidad de producción, reduciendo los tiempos improductivos. Finalmente, la implementación de TPM, con su enfoque en el mantenimiento proactivo de la maquinaria, tendrá un impacto significativo en la Disponibilidad, con un aumento estimado del 6% gracias a la reducción de paradas no planificadas y la mejora de la confiabilidad de los equipos. TPM también contribuirá al Rendimiento en un 4% al asegurar la operatividad continua de las máquinas y a la Calidad en un 1.27% mediante la capacitación del personal y la mejora de los procesos operativos para mantener los equipos dentro de parámetros óptimos. La sinergia de estas tres herramientas, abordando la Disponibilidad, el Rendimiento y la Calidad, sienta las bases para una mejora sustancial del OEE general.

**Tabla 3.5**

*Resultados As Is vs. To Be*

| <b>Indicador seleccionado</b> | <b>Unidad</b> | <b>As Is</b> | <b>To Be</b> |
|-------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| OEE                           | %             | 55.56%       | 75.55%       |
| Rendimiento                   | %             | 73%          | 82%          |
| Disponibilidad                | %             | 77.48%       | 92.60%       |
| Calidad                       | %             | 98.23%       | 99.5%        |

#### **4. DISCUSION**

En esta investigación se implementaron herramientas clave de Lean Manufacturing y TPM para mejorar la eficiencia del proceso de reencauche de llantas en una MYPE. Los resultados mostraron una mejora significativa en los indicadores operativos, específicamente en la reducción de los tiempos de preparación y la optimización de los tiempos de ciclo, lo que llevó a un crecimiento del OEE de 55.56% a un 75.55%. Estas mejoras son coherentes con estudios previos que han documentado el impacto positivo de SMED y TPM en la mejora de la disponibilidad de equipos y la reducción de tiempos improductivos (García et al., 2022; Aguilar et al., 2022). Sin embargo, a pesar de los avances en la eficiencia operativa, el impacto sobre el OEE fue inferior al esperado, con un OEE final de 75.55%, aún por debajo

del 85% estándar de la industria, lo que subraya la existencia de factores adicionales que afectan la eficiencia, como la calidad del mantenimiento preventivo y las condiciones de operación.

#### **4.1 Logro de objetivos e hipótesis de investigación**

Los objetivos de la investigación se lograron en gran medida. Se analizó el proceso de reencauche, identificando causas que afectan el OEE, como altos tiempos de preparación y paradas no programadas. Se propuso un modelo de mantenimiento basado en Lean Manufacturing y TPM, con herramientas como SMED y Trabajo Estandarizado, que aumentó la disponibilidad y redujo tiempos de preparación. La implementación mejoró el OEE alcanzando a un 75.55%, optimizando recursos y disminuyendo tiempos improductivos.

La hipótesis se confirmó parcialmente, ya que, aunque la eficiencia mejoró y los tiempos improductivos disminuyeron, el OEE alcanzado sigue por debajo del estándar industrial del 85%. No obstante, la mejora valida la efectividad del modelo para optimizar el rendimiento y la calidad.

#### **4.2 Oportunidades de futuras investigaciones**

Las futuras investigaciones podrían indagar en diversos campos para enriquecer y expandir los hallazgos logrados en este estudio. En primer lugar, resultaría provechoso explorar el efecto de tecnologías más sofisticadas, como el mantenimiento predictivo y la automatización de procesos, con el fin de incrementar aún más los periodos de inactividad y potenciar la eficacia operacional a largo plazo. Además, se podría analizar la integración de sistemas de administración de mantenimiento computarizado (CMMS), lo que posibilitaría un seguimiento en tiempo real de los equipos y una administración más eficaz de las tareas de mantenimiento.

### **5. CONCLUSIONES**

La implementación del modelo de mejora basado en SMED, Trabajo Estandarizado y TPM en la MYPE reencauchadora de llantas ha demostrado ser un enfoque efectivo para optimizar la Eficiencia General de los Equipos (OEE). Los resultados obtenidos muestran una mejora destacable en la disponibilidad de la maquinaria, el rendimiento del proceso y la calidad de

las unidades producidas, lo que ha contribuido significativamente al aumento de la productividad y la reducción de los tiempos improductivos. En particular, pasando de un 55.56% en la situación "As Is" a un 75.55% en la situación "To Be". Este incremento refleja un avance notable, aunque aún está por debajo del estándar industrial, lo que sugiere que es necesario continuar optimizando otros factores como el mantenimiento predictivo y la capacitación continua del personal para lograr un rendimiento aún más alto.

En cumplimiento de la investigación logró desarrollar procedimientos que agrupan las actividades de manera más eficiente explicando el proceso de reencauche, lo que sentó las bases para una operación más consistente y predecible. Simultáneamente, la implementación de controles y auditorías periódicas fue crucial poder mantener un registro de los mantenimientos que se realizan para detectar cual es el más deficiente para mejorar sustancialmente la eficiencia en la inspección de los neumáticos, contribuyendo directamente a la detección temprana de defectos y a la mejora de la calidad final del producto.

El impacto en Disponibilidad alcanzo a un gracias a la sinergia de SMED, Trabajo Estandarizado y TPM, que redujeron los tiempos de inactividad, mejoraron la eficiencia operativa y aumentaron la confiabilidad de los equipos. El Rendimiento alcanzo a un 82%, producto de la optimización del flujo de trabajo y la mejora en la capacidad productiva. Además, la Calidad aumentó en un 99.5%, debido a la estandarización de las tareas y al mantenimiento preventivo implementado en el proceso.

Las mejoras obtenidas proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en otras PYMEs del sector manufacturero. Estos hallazgos demuestran el potencial de las herramientas aplicadas para mejorar la eficiencia operativa en el sector, marcando un camino para su replicación en otras industrias y contribuyendo al desarrollo de la ingeniería en el ámbito de la mejora continua de procesos.

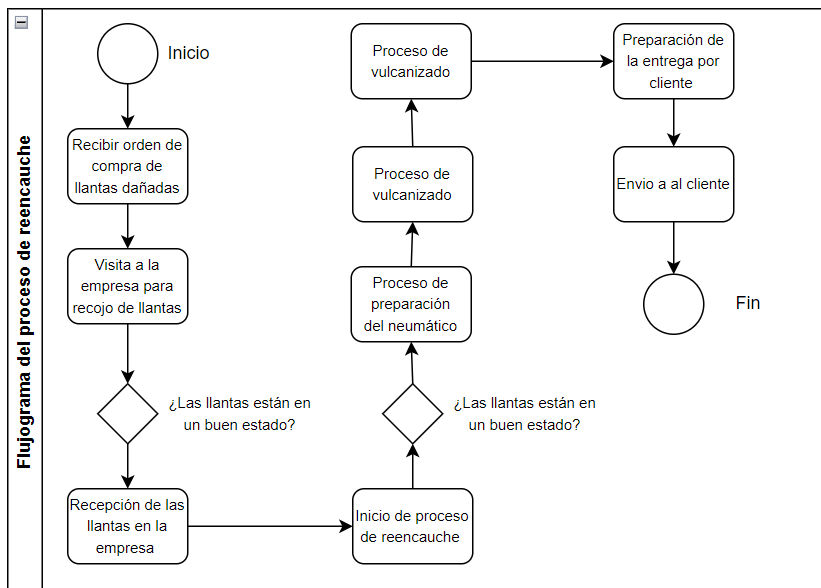
## 6. REFERENCIAS

- Aguilar Schlaefli, J. J., & Campos Levano, Z. L. (2023). *Modelo para el incremento de la eficiencia de línea de termoformado basado en TPM y estandarización para una empresa manufacturera del sector plásticos*.  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/672102/Aguilar\\_SJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/672102/Aguilar_SJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Aguilar-Schlaefli, J., Campos-Campos, Z., Leon-Chavarri, C., & Saenz-Moron, M. (2022). Model based on TPM and Standardization for the maximization of efficiency in an SME in the plastics sector. Lima, Peru. <https://laccei.org/LEIRD2022-VirtualEdition/meta/FP71.html>
- Ahsan, M., Rizvan, R., Ahmed, S. (2023) Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh. Results in Engineering.  
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100818>
- Arica-Hernandez, M., Llagas-Llontop, S., & Quiroz-Flores, J. C. (2022). Implementation of Lean Manufacturing Principles to increase Productivity in SMEs in the manufacturing sector of clothing. Lima, Peru.  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660280>
- Cardenas Peña, J. A., & Veliz Veliz, J. O. (2024). *Implementation of lean manufacturing SMED and value stream mapping tools to increase productivity in a bakery company*. Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/21465>
- Condo-Palomino, R., Cruz-Barreto, L., & Quiroz-Flores, J. (2022). *Increased equipment performance in agro-industrial companies through a maintenance model based on the TPM approach*. <https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP77.html>
- Decreto Supremo que aprueba el Régimen Especial de Gestión y Manejo de Neumáticos Fuera de Uso-DECRETO SUPREMO-N° 024-2021-MINAM. (2021).Elperuano.pe. Recuperado el 13 de abril de 2023, de  
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-regimen-especial-de-gestion-y-decreto-supremo-n-024-2021-minam-1976353-1/>
- Diaz-Contreras, C., Catari-Vargas, D., Murga-Villanueva, C., Diaz-Vidal, G., Quezada-Lara, V. (2020) “*Efectividad General de Equipos (OEE) Ajustado por Costos*”. Redalyc.org. Recuperado abril de 2023, de  
<https://www.redalyc.org/journal/339/33962773006/html/>
- Gaidhane, J., Ullah, I., & Khalatkar, A. (2022). Tyre remanufacturing: A brief review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.142>

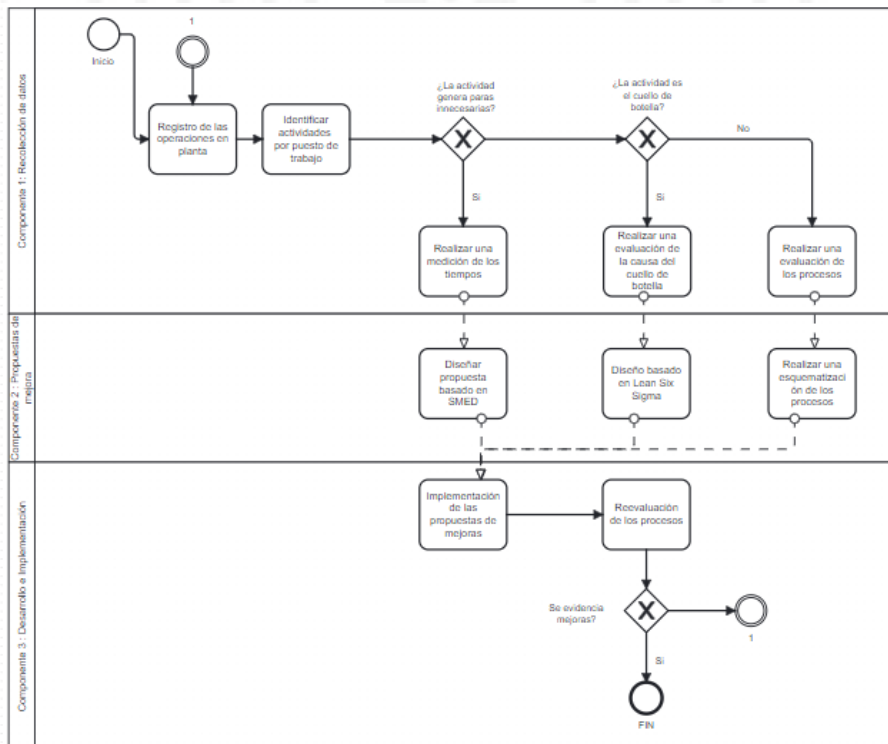
- García-Alcaraz, J. L., Morales García, A. S., Díaz-Reza, J. R., Jiménez Macías, E., Javierre Lardies, C., & Blanco Fernández, J. (2022). Effect of lean manufacturing tools on sustainability: The case of mexican maquiladoras. *Environmental Science and Pollution Research*, [10.1007/s11356-022-18978-6](https://doi.org/10.1007/s11356-022-18978-6)
- Halili, M. B., & Noroña, M. I. (2021). Optimization of Overall Equipment Effectiveness through Lean and Total Productive Maintenance in a Cement Paper Bag Manufacturing Company. Filipinas. <https://www.ieomsociety.org/singapore2021/papers/822.pdf>
- Kharub, M., Ruchitha, B., Hariharan, S., Shanmukha, V. (2022) Profit enhancement for small, medium scale enterprises using Lean Six Sigma. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.159>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones – MTC (2020) Reglamento Nacional de Tránsito - Código de Tránsito -DECRETOSUPREMON°016-2009-MTC <https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2020/08/Texto-%C3%9Anico-Ordenado-del-Reglamento-Nacional-de-Tr%C3%A1nsito-DS-N%C2%BA-016-2009-MTC.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2021, 23 de julio). *Régimen especial de gestión y manejo de neumáticos fuera de uso (NFU)*. Decreto Supremo n.º 024-2021-MINAM. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/2039546-024-2021-minam>
- Ministerio del Ambiente (2025, 16 de mayo). Régimen Especial de Neumáticos Fuera de Uso (NFU). Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2452205-regimen-especial-de-neumaticos-fuera-de-uso-nfu>
- Sangiaco-Espinosa, F., Ramos-Almerco, C., & Quiroz-Flores, J. C. (2024). *Optimizing Production Efficiency and Quality in Plastic SMEs: A Lean Manufacturing and TPM Approach*. Universidad de Lima, Perú. <https://ieomsociety.org/proceedings/2024tokyo/97.pdf>

# ANEXOS

## Anexo 1. Flujograma del proceso de rencauche



## Anexo 2 Vista del modelo de diseño de mejor



### Anexo 3 Manual de auditoría Organización del Mantenimiento

| AUDITORIA DE MANTENIMIENTO |  |                                |                      |            |                               |          |
|----------------------------|--|--------------------------------|----------------------|------------|-------------------------------|----------|
| Equipo de trabajo          |  | Grupo N°1                      | Empresa:             |            |                               |          |
| Categoría de Auditoría:    |  | Organización del Mantenimiento | Unidad de Operación: |            | Planeamiento de Mantenimiento |          |
| Aprobado:                  |  |                                | Fecha:               |            |                               |          |
|                            |  |                                | Peso:                |            | /10                           |          |
| N°                         | Componentes  |                                | Puntaje (/10)        | Peso (/10) | Puntaje Ponderado             | Objetivo |
| 1.01                       | Claridad de la ubicación del área de mantenimiento en la organización de la Empresa          |                                | 0.0                  | 6          | 0                             | 100      |
| 1.02                       | Claridad de la Organización del área de mantenimiento de la Empresa                          |                                | 0.0                  | 5          | 0                             | 100      |
| 1.03                       | ¿Cómo calificaría la Organización del área de mantenimiento de la Empresa?                   |                                | 0.0                  | 6          | 0                             | 100      |
| 1.04                       | Autonomía que el área de mantenimiento tiene dentro de la Organización de Empresa.           |                                | 0.0                  | 6          | 0                             | 100      |
| 1.05                       | El área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras con las otras áreas. |                                | 0.0                  | 7          | 0                             | 100      |
| 1.06                       | Internamente, el área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras.       |                                | 0.0                  | 7          | 0                             | 100      |
| 1.07                       | El área de mantenimiento trabaja basado en claros objetivos propios.                         |                                | 0.0                  | 5          | 0                             | 100      |
| 1.08                       | El área de mantenimiento tiene definidas sus funciones claramente.                           |                                | 0.0                  | 6          | 0                             | 100      |
| 1.09                       | El área de mantenimiento trabaja dentro de límites de responsabilidad claros y definidos.    |                                | 0.0                  | 6          | 0                             | 100      |
| 1.1                        | El área de mant. es considerado para toma de decisiones por el resto de áreas de la planta   |                                | 0.0                  | 5          | 0                             | 100      |
| Total/Promedio             |  |                                | 0.0                  | 5.9        | 0                             | 0.00     |

### Anexo 4 Manual de auditoría Abastecimiento del Mantenimiento

| AUDITORIA DE MANTENIMIENTO |  |                                  |                      |            |                               |          |
|----------------------------|--|----------------------------------|----------------------|------------|-------------------------------|----------|
| Equipo de trabajo          |  | Grupo N°1                        | Empresa:             |            |                               |          |
| Categoría de Auditoría:    |  | Abastecimiento del mantenimiento | Unidad de Operación: |            | Planeamiento de Mantenimiento |          |
| Aprobado:                  |  |                                  | Fecha:               |            |                               |          |
|                            |  |                                  | Peso:                |            | /10                           |          |
| N°                         | Componentes  |                                  | Puntaje (/10)        | Peso (/10) | Puntaje Ponderado             | Objetivo |
| 5.01                       | Velocidad de respuesta a solicitudes de compras para el área de mantenimiento.                 |                                  | 0.0                  | 8          | 0.0                           | 100      |
| 5.02                       | Almacenes de repuestos para mantenimiento de la planta están ordenados.                        |                                  | 0.0                  | 7          | 0.0                           | 100      |
| 5.03                       | ¿Cómo están los mecanismos de recepción de repuestos para mantenimiento en calidad y cantidad? |                                  | 0.0                  | 7          | 0.0                           | 100      |
| 5.04                       | Se compra en base a especificaciones precisas del área de mantenimiento.                       |                                  | 0.0                  | 8          | 0.0                           | 100      |
| 5.05                       | El Catálogo de Componentes (repuestos) de la planta es permanentemente actualizado.            |                                  | 0.0                  | 7          | 0.0                           | 100      |
| 5.06                       | Disponibilidad de repuestos, materiales y suministros para mantenimiento.                      |                                  | 0.0                  | 7          | 0.0                           | 100      |
| 5.07                       | El área de Mantenimiento de la planta tiene participación en el proceso de compra.             |                                  | 0.0                  | 7          | 0                             | 100      |
| 5.08                       | El Registro de Proveedores para mantenimiento es actualizado permanentemente.                  |                                  | 0.0                  | 8          | 0.0                           | 100      |
| 5.09                       | Se respetan los niveles máximo / mínimo de existencias para mantenimiento. (stock)             |                                  | 0.0                  | 6          | 0.0                           | 100      |
| 5.10                       | Grado de facilidad para contratar servicios de terceros para mantenimiento.                    |                                  | 0.0                  | 8          | 0.0                           | 100      |
| Total/Promedio             |  |                                  | 0                    | 7.3        | 0                             | 0.00     |




## 6% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

### Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 20 words)

### Top Sources

- 5%  Internet sources
- 0%  Publications
- 2%  Submitted works (Student Papers)

### Integrity Flags

#### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an Indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.