



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos de la Curtiembre Rolemt E.I.R.L., Trujillo 2023”**

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título profesional de:**

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Jose Carlos Cabanillas Mori

**Asesor:**

Mg. Walter Antenor Del Carmen Rosas Quintero

<https://orcid.org/0000-0002-6068-3996>

**Lima - Perú**

**2025**

## Informe de Similitud

### Jose Carlos Cabanillas Mori

### Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad

- Quick Submit
- Quick Submit
- Asesores

#### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3198346352

Fecha de entrega

29 mar 2025, 7:32 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

29 mar 2025, 7:36 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

UFICIENCIA\_PROFESIONAL\_-\_Jose\_Carlos\_Cabanillas\_Mori\_Rev\_08.docx

Tamaño de archivo

1.1 MB

97 Páginas

17.505 Palabras

100.890 Caracteres



Página 2 of 107 - Bütünlük Genel Bakış

Identificador de la entrega trrcoid::1:3198346352

### 19% Genel Benzerlik

Her veri tabanı için çıkarılan kaynaklar da dâhil tüm eşleşmelerin kombine toplamı.

#### Rapordan Filtrelenen

- Bibliyografya

#### Ön Sıradaki Kaynaklar

18% İnternet kaynakları

2% Yayınlar

7% Gönderilen çalışmalar (Öğrenci Makaleleri)

#### Bütünlük Bayrakları

İnceleme için 0 Bütünlük Bayrağı

Herhangi bir şüpheli metin manipülasyonu belirlenmedi.

Sistemimizin algoritmaları bir belgede, onu normal bir gönderiden ayırabilecek her türlü tutarsızlığı derinlemesine inceler. Tuhaf bir şey fark edersek incelemeniz için bayrak ekleriz.

Bir Bayrak mutlaka bir sorun olduğunu göstermez. Ancak daha fazla inceleme için dikkatinizi vermenizi öneririz.

## **Dedicatoria**

A Dios todopoderoso, por su amor infinito, por haberme concedido el don de la vida, por acompañarme en cada etapa de mi camino profesional, por iluminar mi senda y brindarme la sabiduría y fortaleza necesarias para alcanzar mis objetivos.

## **Agradecimiento**

Agradezco profundamente a mis padres, familiares y amigos, quienes han sido una fuente constante de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este proceso, y cuya presencia ha sido fundamental para la culminación de este proyecto de investigación.

Del mismo modo, extiendo mi sincero agradecimiento a todos mis docentes de la carrera de Ingeniería Industrial, en especial al Ing. Walter Antenor Del Carmen Rosas Quintero, por su dedicación, enseñanzas y paciencia, que han influido de manera significativa en mi formación académica y profesional.

## Tabla de contenido

Índice de tablas.....	6
Índice de Figuras.....	7
Índice de ecuaciones .....	8
RESUMEN EJECUTIVO .....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	20
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	37
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	72
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS.....	79
ANEXOS .....	84

## Índice de tablas

Tabla 1: Matriz de priorización.....	42
Tabla 2: Disponibilidad semestral de los equipos de producción (enero – junio) del 2023	44
Tabla 3: Lista de equipos .....	45
Tabla 4: Codificación de los equipos de producción .....	47
Tabla 5: Análisis de criticidad .....	50
Tabla 6: Resultado de los análisis de criticidad .....	51
Tabla 7: Mantenimiento preventivo de los equipos de producción .....	55
Tabla 8: Costo de mano de obra .....	61
Tabla 9: Costo de materiales y repuestos.....	61
Tabla 10: Indicadores implementados .....	66
Tabla 11: Cronograma del desarrollo de las capacitaciones .....	68
Tabla 12: Disponibilidad de los equipos luego del PMP .....	69

## Índice de Figuras

Figura 1: Logo de la empresa.....	14
Figura 2: Ubicación de la empresa.....	14
Figura 3: Estructura organizacional de la empresa .....	16
Figura 4: Proceso de producción del cuero.....	19
Figura 5: Estructura organizacional de la empresa .....	33
Figura 6: Proceso de producción del cuero.....	34
Figura 7: Diagrama de Ishikawa.....	41
Figura 8: Diagrama de Pareto .....	43
Figura 9: Diagrama de flujo de actividades para el desarrollo del PMP .....	53
Figura 10: Procedimiento de mantenimiento preventivo.....	60
Figura 11: Orden de trabajo .....	63
Figura 12: Formato de registro de fallas .....	63
Figura 13: Formato de ajuste o recambio .....	64
Figura 14: Formato de inspección.....	65
Figura 15: Formato de lubricación de los equipos.....	65
Figura 16: Disponibilidad actual de los equipos.....	72
Figura 17: Incremento de la disponibilidad de los equipos .....	73
Figura 18: Beneficio con las mejoras.....	74

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Disponibilidad Genérica (DG .....	30
Ecuación 2: Disponibilidad Inherente o Intrínseca (DI) .....	31
Ecuación 3: Disponibilidad Alcanzada (DA) .....	31
Ecuación 4: Disponibilidad Operacional (DO .....	31
Ecuación 5: Disponibilidad Operacional Generalizada (DG .....	32
Ecuación 6: Tiempo Medio Entre Fallos .....	32
Ecuación 7: Tiempo medio de reparación .....	32

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tuvo como objetivo implementar un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Curtiembre Rolemt E.I.R.L., ubicada en Trujillo, con la finalidad de incrementar la disponibilidad de sus equipos de producción. La empresa presentaba constantes interrupciones operativas debido a fallas imprevistas en su maquinaria, lo cual afectaba negativamente la disponibilidad, generaba altos costos de mantenimiento correctivo y reducía la eficiencia general del proceso de curtido de pieles. Para abordar esta problemática, se aplicó una metodología de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, utilizando herramientas como el diagrama de Ishikawa, Pareto y plan de mantenimiento preventivo. Se diseñó un plan estructurado que incluyó programación de inspecciones, lubricación, reemplazo de componentes, capacitación al personal y formatos para el registro de mantenimiento. Los resultados demostraron una mejora significativa en la disponibilidad de los equipos, pasando de un 83.96% al 93.51%, lo que reflejó una mayor continuidad operativa y menor tiempo de inactividad. Además, se optimizaron los costos operativos y se fortaleció la cultura preventiva en la organización. En conclusión, el plan de mantenimiento preventivo permitió reducir fallas e incrementar la disponibilidad de los equipos de la curtiembre.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contextualización de la experiencia profesional

La presente investigación se realizó en la Curtiembre Rolemt E.I.R.L., que se especializa en el procesamiento y la comercialización de pieles de ovino y caprino. Ubicada en Trujillo, Perú, donde opera por más de 15 años la curtiduría ha podido establecerse como un proveedor confiable de cuero de alta calidad que atiende tanto a la clientela local como a nivel nacional. El autor de esta investigación se desempeñaba como Jefe de Mantenimiento, siendo la persona encargada de garantizar la continuidad operativa y la eficiencia de los procesos industriales de la curtiduría.

El trabajo específicamente consistía en formular y aplicar un plan de mantenimiento preventivo (PMP) de los equipos y maquinaria empleada en todas las fases del proceso de producción. También abarcaba la supervisión de los gastos operativos y la mejora de la utilización de los recursos en general, asegurando que los equipos funcionen con eficiencia y seguridad. Entre las funciones del puesto se encontraba la colaboración con la producción para disminuir las interrupciones y la capacitación de los operarios y del personal de mantenimiento en los protocolos de mantenimiento específicos.

En ese sentido, el conocimiento adquirido durante el curso de varios años de un grado en Ingeniería Industrial, así como la experiencia trabajando en el campo, ayudó a elaborar estrategias efectivas de mantenimiento de activos, lo que aumentó la disponibilidad de las máquinas y redujo los costos debidos al tiempo de inactividad inesperado. La implementación exitosa de tales mejoras subraya la importancia de la gestión proactiva del mantenimiento en una curtiembre.

La implantación de un PMP en Curtiembre Rolemt E.I.R.L. es esencial, ya que mejora la disponibilidad y eficiencia de los equipos utilizados en el proceso de curtido de pieles. Antes de su implantación, la empresa se enfrentaba a interrupciones recurrentes de la producción causadas por averías imprevistas, lo que repercutía negativamente en la productividad y los gastos operativos. Un mantenimiento eficaz reduce el tiempo de inactividad y prolonga la vida útil de la maquinaria, lo que se traduce en una mayor rentabilidad y competitividad.

Curtiembre Rolemt E.I.R.L. consiguió reducir drásticamente las interrupciones imprevistas de la producción implantando un PMP que aumentó la disponibilidad de la maquinaria. El producto final mejoró su calidad, los gastos operativos derivados del mantenimiento correctivo eran menores, la productividad aumentó y, como resultado, los operarios estaban más seguros. En línea con las tendencias de mejora continua y gestión eficaz de los activos industriales, la empresa se hizo más competitiva en el mercado al cumplir los requisitos de sostenibilidad y eficiencia.

La metodología empleada en este proyecto se basó en el análisis y optimización del mantenimiento preventivo dentro de la empresa Curtiembre Rolemt E.I.R.L., partiendo de un diagnóstico inicial para identificar las principales fallas en la gestión de mantenimiento y sus impactos en la producción. Se realizó un análisis exhaustivo de la maquinaria y sus circunstancias operativas, que dio lugar a un plan sistemático de inspecciones periódicas, lubricación, modificaciones y sustitución de componentes esenciales. Se evaluaron los resultados obtenidos tras la implantación, cuantificando las mejoras en la disponibilidad de los equipos.

La investigación es de tipo aplicado, asimismo utilizó un enfoque cuantitativo porque evaluó indicadores de mantenimiento como el MTBF y el MTTR, permitiendo medir de manera objetiva el impacto del PMP en la disponibilidad de los equipos. Se aplicó un diseño

preexperimental, ya que se realizó una comparación antes y después de la implementación del plan, analizando cómo mejoró la disponibilidad de los equipos tras la intervención, sin la existencia de un grupo de control.

Se utilizó la técnica de la observación directa para descubrir los problemas que afectaban a la disponibilidad de los equipos y su utilización en el proceso de producción. Esto permitió registrar patrones de fallos, tiempos de inactividad y defectos en las prácticas de mantenimiento. Posteriormente, se utilizó el diagrama de Ishikawa para clasificar y analizar las posibles causas de los fallos, agrupándolas en factores como maquinaria, métodos, personal y materiales. Finalmente, se aplicó el diagrama de Pareto para identificar las causas críticas que generaban el mayor impacto en la reducción de la disponibilidad de los equipos, priorizando aquellas que requerían una intervención inmediata dentro del PMP. Asimismo, se utilizó la técnica del análisis documental, ya que se obtuvo información de mantenimiento de los equipos de la curtiembre.

## **1.2.Descripción de la empresa**

### **1.2.1. Datos generales**

A continuación se detallan datos generales de la empresa

- RUC: 20481990549
- Razón Social: CURTIEMBRE ROLEMT E.I.R.L.
- Fecha Inicio Actividades: 19 / Septiembre / 2008
- Actividades Comerciales: Curtido y Adobo de Cueros
- Dirección Legal: Jr. Ancash Nro. 211 - la Esperanza - La Libertad

### **1.2.2. Historia de la empresa**

Nuestros inicios en el arte de la curtiduría se remontan a los años 1995 en la ciudad de Trujillo; en ese entonces German Minchan Rubio peruano de nacimiento, trabajando en una curtiembre de la ciudad de Trujillo se interesó en desarrollar algún día una de su propiedad. Con toda la ilusión de constituir una curtiembre, en el año 2008 Don German Minchan Rubio y su esposa doña Francisca Tucto Carmona, deciden crear la empresa “Curtiembre Rolemt EIRL”, dedicado a la elaboración y comercialización de cuero de oveja y chivo perfeccionando algunas técnicas para poder alcanzar altas posiciones en la empresa curtidora. Cinco años después el negocio “Curtiembre Rolemt EIRL” ya daba frutos y deciden ampliarlo comprando un terreno más grande y así poder comprar nuevas maquinarias para acelerar el proceso de la industria. Han pasado diez años desde que German Minchan Rubio propuso por primera vez la idea de iniciar este negocio. A pesar de los muchos años de duro trabajo y sacrificio, nuestro compromiso con nuestros clientes sigue siendo el mismo, gracias a su continuo apoyo. Nuestro objetivo es ofrecer a nuestros clientes productos de alta calidad que satisfagan sus necesidades.

### **1.2.3. Logo de la empresa**

En la Figura 1, se aprecia el logo de la Curtiembre Rolemt E.I.R.L. y representa la identidad visual de la empresa y refleja su compromiso con la calidad y la excelencia en el procesamiento y comercialización de cueros de ovino y caprino. Su diseño incorpora elementos distintivos que simbolizan la tradición y la innovación en la industria del curtido, reforzando la imagen corporativa y su posicionamiento en el mercado. Este emblema es utilizado en toda la documentación oficial, productos y comunicaciones de la empresa, consolidando su presencia tanto a nivel local como nacional.

## Figura 1

Logo de la empresa



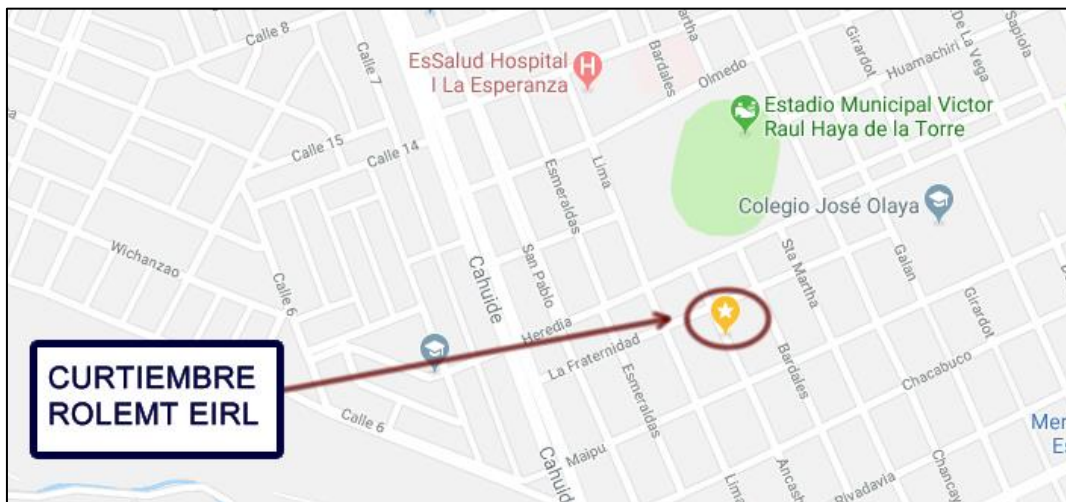
Nota. Obtenido de la empresa

### 1.2.4. Ubicación geográfica

Curtiembre Rolemt E.I.R.L. se encuentra ubicada en la ciudad de Trujillo, en el distrito de La Esperanza, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, Perú. Su dirección legal es Jr. Ancash Nro. 211, una ubicación estratégica que le permite acceder de manera eficiente a sus proveedores de materia prima y a sus principales clientes, así como se muestra en la Figura 2.

## Figura 2

Ubicación de la empresa



Nota. Generado por Google Maps.

### **1.2.5. Misión**

Somos una empresa ya consolidada en el procesamiento y comercialización de cueros de ovinos y caprinos. Nuestra presencia en las ciudades de Trujillo y Lima nos permitieron ganarnos un espacio gracias a la satisfacción de los deseos y expectativas de nuestros consumidores, basados en la provisión de cueros con calidad asegurada a un precio justo. Disponemos de personal competente y con experiencia en la operación de nuestras maquinarias.

### **1.2.6. Visión**

Deseamos convertirnos en una empresa líder en la industria del cuero a nivel nacional, con ambiciones de llegar a los estándares internacionales mediante la expectativa del cliente, mediante un sólido marco organizativo crítico para nuestro crecimiento constante en el mercado.

### **1.2.7. Valores Corporativos**

- Calidad y excelencia: Nos dedicamos a suministrar productos de cuero de calidad superior, cumpliendo estrictas normas en todas las fases de fabricación.
- Responsabilidad medioambiental: Empleamos métodos sostenibles en el curtido de pieles, implementando una reducción del impacto medioambiental a través de una utilización eficaz de recursos y tecnologías
- Innovación y mejora continua: Buscamos constantemente nuevas técnicas y métodos para mejorar la manera de producción, ofreciendo productos más eficientes y eco-sostenibles
- Ética y transparencia: Nos comportamos de manera ética en todas las relaciones comerciales y fuera de estas, abogando por la honestidad y el respeto en la comunicación con nuestros clientes y proveedores.

- Trabajo en equipo: Fomentamos un clima de equipo y cooperación, en el que cada miembro de la organización aporta sus habilidades y experiencia para lograr las metas comunes Este código se basa en el cumplimiento de las expectativas de nuestros empleados, socios y colaboradores.
- Compromiso con el cliente: Nos esforzamos por satisfacer las necesidades de nuestro cliente, proporcionándoles productos fiables y duraderos al alcance de un servicio ejemplar.

### **1.2.8. Principales competidores**

Entre los principales competidores destacan los siguientes:

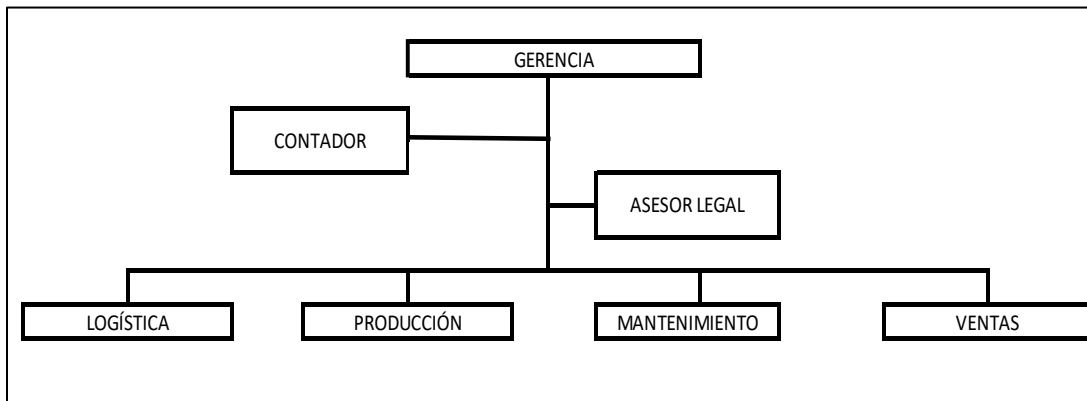
- CURTIEMBRE CHIMU MURGIA HNOS. S.A.C.
- KERO PRODUCTOS PERUANOS DE EXPORTACION S.A.
- AUSTRAL S.R.L.
- EL PORVENIR S A

### **1.2.9. Organigrama de la empresa**

La Figura 3 muestra la estructura organizativa de la empresa.

#### **Figura 3**

*Estructura organizacional de la empresa*



*Nota.* Obtenido de la empresa

Este organigrama representa la estructura organizativa de una curtiembre, mostrando la jerarquía y las áreas funcionales de la empresa.

- Gerencia: Es el nivel más alto de la organización y está a cargo de la dirección general de la empresa.
- Contador: Reporta directamente a la gerencia y es responsable de la gestión financiera y contable de la curtiembre.
- Asesor Legal: También reporta a la gerencia y brinda apoyo en temas legales y normativos.
- Departamentos operativos (dependen de la gerencia):
- Logística: Encargado del almacenamiento, distribución y abastecimiento de materias primas y productos terminados.
- Producción: Responsable del proceso de curtido de pieles y su transformación en productos terminados.
- Mantenimiento: Asegura el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipos utilizados en la producción.
- Ventas: Maneja la comercialización y distribución de los productos, asegurando la

relación con los clientes.

### **1.2.10. Proceso de producción de la empresa**

El proceso de producción de la empresa se detalla a continuación:

Remojo : Unas vez recibidas las pieles por el proveedor se proceden a ingresar a un poso en lotes de 700 pieles para luego agregar agua junto a otros insumos químicos.

Cachimbado: En esta fase se lleva a cabo la eliminación del pelo, utilizando productos químicos. Además de retirar la epidermis y el vello, este procedimiento permite desinfectar y limpiar la superficie antes de iniciar el desencalado.

Descarnado: Se trata de un proceso mecánico cuyo objetivo es eliminar las carnazas y restos de grasa de la piel en su estado crudo. Este procedimiento contribuye a reducir la humedad y genera residuos como fragmentos de carne y recortes de piel, los cuales pueden ser reutilizados o desechados según su calidad y composición.

Desencalado: Consiste en lavar la piel a base de agua para eliminar los restos de cal acumulados, en esta etapa se usan algunos químicos como amonio, bisulfito, koropon, humectante, desengrasante, entre otros.

Curtido: En esta fase, la piel pasa por diversas operaciones para prepararla y convertirla en cuero. Durante este proceso, se eliminan impurezas como cal, sulfuro y grasas, dejando los poros completamente limpios. Al finalizar, se obtiene el denominado "wet blue", el cual se clasifica de acuerdo con su grosor y calidad para su posterior procesamiento.

Rebajado: Se trata de un procedimiento mecánico diseñado para nivelar el espesor del cuero, garantizando una superficie uniforme. Como resultado de esta operación, se genera un aserrín que puede contener Cromo trivalente en aquellos cueros que han sido sometidos a un curtido con sales minerales.

**Teñido:** Para conferir color al cuero, se emplean tintes con base de anilina, los cuales requieren baños a temperaturas elevadas. Este proceso se lleva a cabo en bombos o botales, permitiendo que el cuero absorba los pigmentos de manera uniforme.

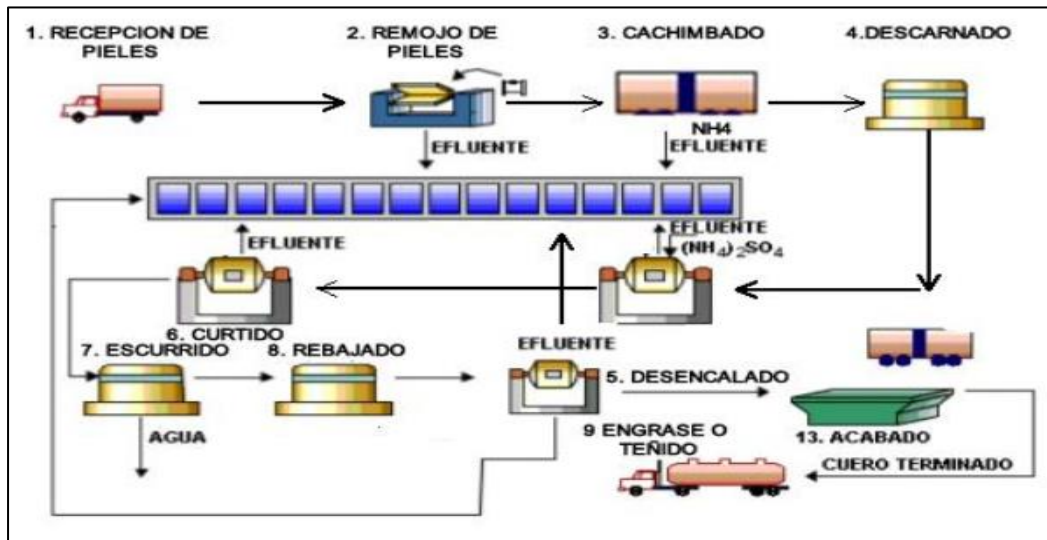
**Secado:** Una vez teñido, el cuero pasa a la fase de secado, la cual puede realizarse mediante diferentes métodos, como el secado al vacío, al aire libre o con exposición directa al sol.

**Recorte y acabado:** En la última etapa, el cuero es sometido a un proceso de recorte y ajuste para lograr una apariencia uniforme y eliminar irregularidades. Finalmente, el cuero adquiere su forma y características definitivas, listo para su comercialización y uso.

En la Figura 4 se muestra e proceso de forma gráfica.

**Figura 4**

*Proceso de producción del cuero*



*Nota.* Obtenido de la empresa

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos que sustentan la implementación del PMP en la Curtiembre Rolemt E.I.R.L., integrando el conocimiento práctico adquirido en la experiencia profesional. Se abordan los antecedentes relacionados con la gestión del mantenimiento en entornos industriales, así como las bases teóricas que explican la importancia del mantenimiento preventivo, los tipos de mantenimiento y la disponibilidad. Finalmente, se detallan las limitaciones encontradas durante la ejecución del plan, evidenciando los desafíos enfrentados y las soluciones aplicadas.

### 2.1. Antecedentes

Santiago et al. (2022) tuvo como finalidad para mejorar la disponibilidad de los tornos del Laboratorio de Mecanizado mediante el desarrollo de un PMP. Utilizaron una metodología descriptiva con un enfoque cualitativo-cuantitativo. Aplicaron la herramienta Mantenimiento preventivo. Entre sus resultados pudieron determinar que se tuvo un incremento de la disponibilidad en un 18.3%; asimismo, se redujo el tiempo medio de reparación en un 38.55%. Finalmente, el estudio pudo concluir que la herramienta aplicada logra mejorar la disponibilidad de los tornos del Laboratorio de Mecanizado, así como reducir los tiempos medios de reparación.

Batelić et al. (2021) en su estudio tuvieron como fin reducir las averías en la producción de electricidad mediante la implementación de una novedosa estrategia de mantenimiento basada en remediación. Utilizaron una metodología de tipo aplicada, no experimental. Aplicaron las herramientas Mantenimiento preventivo y la red de Petri estocástica generalizada. Entre sus resultados pudieron determinar que se tuvo un incremento de la disponibilidad del 4.25% y también se redujeron los costos de mantenimiento en un 68.9%. Finalmente, el estudio pudo concluir que las herramientas aplicadas logran reducir las averías

en la producción de electricidad ya que se incrementa la disponibilidad de los equipos y se reducen los costos de mantenimiento.

Quisintuña (2023) en su tesis tuvo como finalidad desarrollar y ejecutar un PMP para la maquinaria del área metalmecánica. El proceso de elaboración del mismo se inició con la creación de documentos de datos técnicos y la evaluación del estado actual de cada máquina. En consecuencia, se evaluó la disponibilidad y fiabilidad de la maquinaria mediante la aplicación de estadísticas de mantenimiento. Posteriormente, se generaron matrices utilizando los componentes primarios de cada máquina para determinar el índice de prioridad de riesgos e identificar los componentes más susceptibles de fallo. Se elaboró un PMP proyectando los datos de un año mediante gamas y sus respectivas duraciones y frecuencias. Esta información se incorporó al software de mantenimiento preventivo de la empresa, que permite organizar, planificar y optimizar la gestión del mantenimiento. El objetivo fue incrementar la producción y la disponibilidad, evitando así costosas reparaciones y paradas imprevistas.

Fala (2022) halló que los principales problemas a los que se enfrentaba Campo Fino incluían un alto índice de mantenimiento correctivo, el incumplimiento del programa de mantenimiento y la falta de interés en el mantenimiento de la maquinaria, entre otros. Estos problemas provocaron un aumento de 3.000 dólares en los gastos operativos. El objetivo era desarrollar un PMP planificado para la empresa láctea, empleando la técnica RCM. Se utilizó una metodología preexperimental. La implantación del RCM permitió reducir los gastos de explotación en un 62% y mejorar la disponibilidad gracias a la disminución de los casos de avería.

Linares (2023) en su tesis identificó como principales problemas de la empresa la ausencia de un PM, la utilización ineficiente de los recursos de mantenimiento, la falta de indicadores de desempeño, el mantenimiento irregular y la insuficiente capacitación del

personal. Estas deficiencias se tradujeron en un aumento de los costes de 6.750.800,00 \$ COP. En consecuencia, el objetivo fue desarrollar un PMP para los vehículos operativos, asegurando la minimización de los recursos humanos, financieros y administrativos, reduciendo así la accidentalidad y los costos. La metodología empleada fue descriptiva, observacional y transversal. La herramienta aplicada fue el Mantenimiento Preventivo, que permitió reducir los gastos en un 28% y aumentar la disponibilidad en un 12%.

Hernández y Terrones (2022) en su tesis identificaron como principales problemas dentro de la empresa el insuficiente conocimiento de las técnicas de mantenimiento preventivo, la falta de sistematicidad en las operaciones, la inadecuada motivación y compromiso, la insuficiente capacitación del personal, entre otros, lo que ocasionó un incremento en los costos por un total de S/ 16 4805,63. En consecuencia, el objetivo fue determinar si la aplicación del mantenimiento preventivo reduce los costes de mantenimiento en la organización. La metodología implementada fue pre-experimental. La herramienta implementada fue el Mantenimiento Preventivo, lo que condujo a una reducción del 35,3% en los gastos de mantenimiento.

Morales (2023) identificó que a causa de la falta de una gestión de mantenimiento eficiente de la flota de una minera la disponibilidad era baja y los costos se incrementaron; se tuvo como finalidad conocer la forma en que un programa de mantenimiento de flota impacta en el sistema productivo. A fin de lograr el objetivo se emplearon estas herramientas: un programa de mantenimiento predictivo, programa preventivo, mantenimiento autónomo y plan de capacitación. Los resultados obtenidos evidenciaron que la disponibilidad mejoró un 7% y los costos mejoraron pasando de \$ 95,420.00 a \$ 41,548.40, esto significó una reducción del 56.46%.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Mantenimiento

El mantenimiento es la gestión continua de instalaciones, equipos y maquinarias para asegurar su funcionamiento óptimo y conservación, asimismo incluye tareas de revisión y reparación que evitan fallos inesperados y además optimiza los, además dependiendo de la estrategia empresarial y la variedad de procesos, se aplican distintos tipos de mantenimiento, ya sea de forma específica o combinada, según las necesidades de cada activo (Median, 2022).

En la actualidad, los sistemas de mantenimiento no se limitan únicamente a la corrección de fallos, sino que también priorizan su prevención mediante diversas estrategias y para ello, actúan sobre los activos en operación y en fase de diseño, incorporando principios como simplicidad, diseño robusto y análisis de mantenibilidad, ya que estas estrategias permiten optimizar la eficiencia operativa y reducir costos asociados a paradas imprevistas (Median, 2022).

Entre los tipos de mantenimiento se tienen:

a. Mantenimiento Correctivo:

Se realiza cuando un equipo deja de operar debido a una falla funcional o avería, asimismo, su objetivo es restaurar el funcionamiento del equipo en el menor tiempo posible para minimizar el impacto en la producción, además existen dos tipos: correctivo no programado, que se ejecuta inmediatamente cuando ocurre una falla, y correctivo programado, cuando se detecta una anomalía y se planifica su reparación antes de que el equipo deje de funcionar.

Este tipo de mantenimiento es común en empresas que carecen de estrategias preventivas, personal capacitado o presupuesto para implementar sistemas de mantenimiento

más avanzados y entre sus ventajas, destaca su menor inversión inicial, ya que solo se realizan intervenciones cuando son estrictamente necesarias; sin embargo, presenta desventajas significativas, como altos costos operativos, paradas imprevistas y mayor riesgo de daños irreversibles en los equipos (Martínez, 2024).

b. Mantenimiento Preventivo:

Consiste en realizar inspecciones y reparaciones programadas con el objetivo de evitar fallas inesperadas y mejorar la vida útil de los equipos, asimismo, se basa en un conjunto de actividades planificadas que incluyen revisiones, cambios de piezas, lubricación y ajustes, realizadas en intervalos de tiempo establecidos o con base en las horas de uso del equipo, además es clave para garantizar el funcionamiento óptimo de los activos y reducir la probabilidad de averías graves (Martínez, 2024).

c. Mantenimiento Predictivo:

El mantenimiento predictivo utiliza el monitoreo continuo de variables físicas para anticipar fallas antes de que ocurran, ya que se basa en la recolección y análisis de datos mediante técnicas como termografía, análisis de vibraciones y monitoreo de lubricantes, lo que permite detectar patrones de deterioro y planificar intervenciones con precisión (Martínez, 2024).

### **2.2.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Se trata de una estrategia orientada a optimizar el rendimiento de los equipos de producción, incorporando el mantenimiento como parte fundamental de la gestión integral del proceso productivo, asimismo, Su objetivo principal es eliminar averías, defectos y problemas de seguridad con la participación activa de todo el personal, promoviendo una cultura de mejora continua (Cuatrecasas, 2020).

Esta filosofía representa una evolución respecto a los sistemas tradicionales de mantenimiento, donde anteriormente la responsabilidad recaía exclusivamente en el departamento especializado, en contraste, el TPM involucra a los operarios de producción en tareas de mantenimiento autónomo, como la limpieza, inspección y prevención de fallos, ya que son quienes tienen contacto directo con los equipos durante la operación (Cuatrecasas, 2020).

El TPM se basa en la eliminación de pérdidas a través de la mejora del Índice de Eficiencia Global de los Equipos (OEE), considerando aspectos como disponibilidad, rendimiento y calidad, además entre sus pilares fundamentales se encuentran el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado (preventivo y predictivo), la formación del personal, la mejora del diseño de los equipos para minimizar fallos y la optimización de procesos productivos (Cuatrecasas, 2020).

Los objetivos del TPM se centran en reducir tiempos de inactividad, mejorar la velocidad y precisión de los equipos, minimizar defectos en los productos y optimizar el uso de recursos energéticos y materiales, además, busca fomentar un ambiente de trabajo eficiente, seguro y motivador, donde la producción y el mantenimiento operen de manera integrada (Cuatrecasas, 2020).

La implementación del TPM permite a las empresas mejorar su competitividad, optimizar costos y garantizar una producción eficiente y sostenible, alineándose con modelos de manufactura esbelta y asegurando la calidad en todas las etapas del proceso productivo (Cuatrecasas, 2020).

### **2.2.3. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)**

Es una estrategia de gestión del mantenimiento que busca garantizar la confiabilidad y seguridad de los equipos mediante un enfoque estructurado para la toma de decisiones, es por

ello que el RCM se ha extendido a diversas áreas industriales debido a su efectividad en la optimización del mantenimiento de activos físicos (Campos et al., 2019).

Esta metodología se basa en la identificación de funciones críticas de los equipos, la determinación de posibles modos de falla y la evaluación de sus efectos en la operación. A partir de este análisis, se establecen estrategias de mantenimiento adecuadas, que pueden incluir mantenimiento preventivo, predictivo y estrategias de detección de fallos, con la finalidad de maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, asegurando que estos continúen desempeñando sus funciones dentro de su contexto operativo (Campos et al., 2019).

El proceso de RCM se desarrolla en base a un conjunto de preguntas clave, las cuales permiten determinar las funciones del equipo, las formas en que puede fallar, las causas y consecuencias de dichas fallas y las acciones necesarias para prevenirlas o mitigarlas (Campos et al., 2019).

El RCM no solo se utiliza para la planificación del mantenimiento, sino también como un marco de referencia para la evaluación de riesgos en equipos industriales, además, se puede combinar con otras metodologías, como el mantenimiento basado en la condición y el análisis de modos de falla y efectos (FMEA, por sus siglas en inglés), para mejorar la confiabilidad de los activos productivos (Campos et al., 2019).

#### **2.2.4. Plan de mantenimiento preventivo (PMP)**

Considera los ambientes donde se realizan las inspecciones y la frecuencia con que se realiza cada una de ellas, además los trabajadores de mantenimiento tienen a su disposición procedimientos de trabajo específicos para ejecutar estas tareas (Quiroz y Vega, 2022), asimismo el mantenimiento preventivo implica inspecciones programadas y la aplicación de acciones preventivas y predictivas con el propósito de prever la probabilidad de averías, asimismo este mantenimiento es una táctica que optimiza la disponibilidad de los equipos de

una compañía, permitiendo que puedan realizar las actividades a las cuales estaban destinadas (Sotomayor, 2018).

En ese sentido, al momento del mantenimiento, es necesario utilizar indicadores que puedan detectar y notificar casos de avería de la maquinaria y equipo, y según Santiago et al. (2022) los indicadores de mantenimiento evalúan la eficacia de las operaciones para alcanzar determinadas metas de mantenimiento, como minimizar el tiempo de inactividad o recortar costos; entre los indicadores clave utilizados para evaluar la gestión del mantenimiento de los activos se pueden mencionar el tiempo medio antes de fallo y el tiempo medio de reparación.

El PMP es una técnica de gestión del mantenimiento que implica inspeccionar, ajustar, limpiar y cambiar piezas de la maquinaria/equipos de forma periódica, antes de que se produzcan grandes problemas o averías, este tipo de mantenimiento tiene como finalidad evitar que los equipos se averíen y alargar su vida útil detectando y solucionando los problemas antes de que se presenten (Vavra, 2021). Es así que conforme las empresas crecían y los equipos se hacían más complejos, se crearon procedimientos de mantenimiento preventivo más sistemáticos y oficiales; a inicios del siglo pasado, el mantenimiento preventivo se hizo más popular (Pertiwi et al., 2019). Se entiende que las empresas manufactureras no pueden prosperar y seguir siendo competitivas sin realizar regularmente el mantenimiento de los equipos, esto debido a que el tiempo de actividad, la eficiencia de la producción y los costos asociados se ven mejorados por la aplicación de un mantenimiento preventivo, ya que contribuye a mantener la ventaja en el sector y a ofrecer constantemente artículos de alta calidad (Sembiring et al., 2018).

Según Laisequilla (2024), para llevar a cabo una adecuada implementación de un PMP, es clave seguir ciertos pasos que permitan minimizar costos y mejorar el rendimiento operativo

- Evaluación de la situación actual: Se debe realizar un análisis del estado de los equipos e instalaciones, revisando registros previos de mantenimiento, identificando fallos recurrentes y evaluando el desempeño general.
- Diseño del plan de mantenimiento: Una vez identificadas las áreas problemáticas, se debe estructurar un plan que incluya estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo para reducir el tiempo de inactividad y mejorar la fiabilidad.
- Implementación de mantenimiento preventivo: Es fundamental establecer rutinas de mantenimiento programadas que garanticen que los equipos se mantengan en óptimas condiciones.
- Análisis de fiabilidad: Aplicar metodologías como el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMFE) y el Análisis de Árbol de Fallas (AAF) ayuda a identificar riesgos y desarrollar estrategias para mitigarlos.
- Capacitación del personal: El equipo encargado del mantenimiento debe recibir formación constante para garantizar que las estrategias implementadas sean efectivas y para poder detectar problemas antes de que se conviertan en fallos críticos.
- Monitoreo del desempeño: Una vez implementado el plan, es fundamental realizar un seguimiento continuo mediante indicadores como la tasa de fallas, el MTBF y la disponibilidad.

### **Excel para el desarrollo del PMP**

Excel ha sido una herramienta ampliamente utilizada en la gestión del mantenimiento debido a su disponibilidad, facilidad de uso y bajo costo, lo que lo convierte en una opción atractiva para pequeñas y medianas empresas. Su capacidad para registrar y organizar datos sobre intervenciones, monitoreo de equipos y control de inventarios lo hace funcional en entornos donde se requieren soluciones simples y económicas (Rodríguez et al., 2023).

No obstante, conforme aumenta el volumen de información, su administración se vuelve más compleja y vulnerable a errores, lo que compromete la precisión de los datos. Asimismo, su falta de funciones colaborativas en tiempo real dificulta la actualización y el acceso simultáneo a la información por parte del personal técnico en campo (Rodríguez et al., 2023).

Otro aspecto limitante es su escasa adaptabilidad a dispositivos móviles, lo que puede perjudicar la movilidad y eficiencia del equipo operativo, por tanto, aunque Excel resulta adecuado para una gestión básica, su uso continuo puede restringir la eficiencia y evolución del proceso de mantenimiento. Ante el crecimiento organizacional, se recomienda la adopción de herramientas más avanzadas como los sistemas GMAO, que permiten una mayor automatización, actualización instantánea de datos y un entorno colaborativo más eficiente (Rodríguez et al., 2023).

### **2.2.5. Disponibilidad**

La disponibilidad es un parámetro crucial en el mantenimiento de equipos, asimismo, es el tiempo durante la cual una máquina o equipo está operativo y listo para su uso, es decir, cuantifica el tiempo durante el cual un equipo funciona correctamente y está accesible para su empleo en producción (Peñaloza, 2022).

La disponibilidad es un aspecto crucial en la producción, ya que puede tener un impacto sustancial en la capacidad de producción y en la calidad del bien si la disponibilidad de los equipos es escasa; en mantenimiento, la disponibilidad se utiliza para medir la eficacia de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo (Serpell, 2024).

La disponibilidad de los equipos es un indicador clave en la gestión del mantenimiento, ya que permite minimizar periodos de inactividad imprevistos y garantizar la continuidad de la producción, asimismo u monitoreo adecuado contribuye a la reducción de costos operativos al

prevenir averías frecuentes que incrementan los gastos de reparación y afectan los ingresos, además, facilita una planificación más eficiente de la producción, evitando interrupciones que puedan generar retrasos y afectar la satisfacción del cliente (Acuña, 2022).

Asimismo, tener conocimiento de cuándo están disponibles los equipos ayuda a la confiabilidad operativa, lo que a su vez permite identificar las debilidades del sistema e implementar estrategias de mantenimiento preventivo, lo que a su vez permite extender la vida útil de los equipos y capacitar y promover las competencias del personal. Los datos precisos de disponibilidad también ayudan en la toma de decisiones estratégicas, permitiendo la evaluación de inversiones en nuevos equipos, la optimización del mantenimiento y una asignación más eficiente de los recursos (Acuña, 2022).

Según Mora (2009), la disponibilidad en mantenimiento hace referencia a la capacidad de un equipo o sistema para estar en condiciones operativas cuando se necesita. Este concepto es clave para asegurar la continuidad de los procesos productivos y reducir tiempos muertos que puedan afectar la eficiencia de la organización. A continuación, se describen detalladamente cada uno de ellos.

1. Disponibilidad Genérica (DG): Se utiliza en organizaciones que no manejan modelos de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD). Solo considera tiempos útiles y de no funcionalidad sin especificar causas (Mora, 2009).

$$DG = \frac{\sum UT}{\sum (UT + DT)} \dots(1)$$

Donde:

**UT** = Tiempos útiles (Up Time)

**DT** = Tiempos de no funcionalidad (Down Time).

2. Disponibilidad Inherente o Intrínseca (DI): Se enfoca en el control de mantenimientos correctivos, considerando tiempos ideales sin retrasos administrativos o logísticos (Mora, 2009).

$$DI = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \dots(2)$$

3. Disponibilidad Alcanzada (DA): Es útil para controlar mantenimientos planificados y correctivos de manera separada, sin incluir demoras administrativas (Mora, 2009).

$$DA = \frac{MTBM}{MTBM + MTTR} \quad \dots(3)$$

Donde:

MTBM = Tiempo medio entre mantenimientos

4. Disponibilidad Operacional (DO): Se emplea cuando se deben considerar tiempos de demoras administrativas, físicas o humanas, incluyendo mantenimientos planeados y no planeados (Mora, 2009).

Donde:

ADT = Demoras administrativas (Administrative Downtime)

LDT = Demoras logísticas (Logistic Downtime).

$$DO = \frac{MTBM}{MTBM + (MTTR + ADT + LDT)} \quad \dots(4)$$

5. Disponibilidad Operacional Generalizada (DGO): Se usa cuando los equipos están en operación pero sin producir, como turbinas en carga mínima o compresores sin carga. Agrega el "Ready Time" a los cálculos (Mora, 2009).

$$DGO = \frac{MTBM + RT}{MTBM + MTTR + ADT + LDT + RT} \dots(5)$$

Donde:

RT = Tiempo en que el equipo está disponible pero no produce (Ready Time).

Estos tipos de disponibilidad permiten evaluar la eficiencia operativa y la planificación del mantenimiento en función de los tiempos de actividad y fallos de los equipos

En la gestión del mantenimiento, dos indicadores clave para evaluar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos son el MTBF y el MTTR.

MTBF es un acrónimo que significa Tiempo Medio Entre Fallos, esta medida representa la duración media entre fallos consecutivos; es probable que estos fallos se atribuyan a consideraciones directas de mantenimiento; sin embargo, las variables externas que afectan a la producción no se consideran fallos en este cómputo (Li & Zhou, 2022).

$$MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de paradas correctivas}} \dots(6)$$

MTTR, se refiere a la cantidad media de tiempo que se tarda en completar una reparación; el MTTR se determina calculando la duración media necesaria para solucionar un problema una vez que se ha producido (Li & Zhou, 2022).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{N^{\circ} \text{ de reparaciones correctivas}} \dots(7)$$

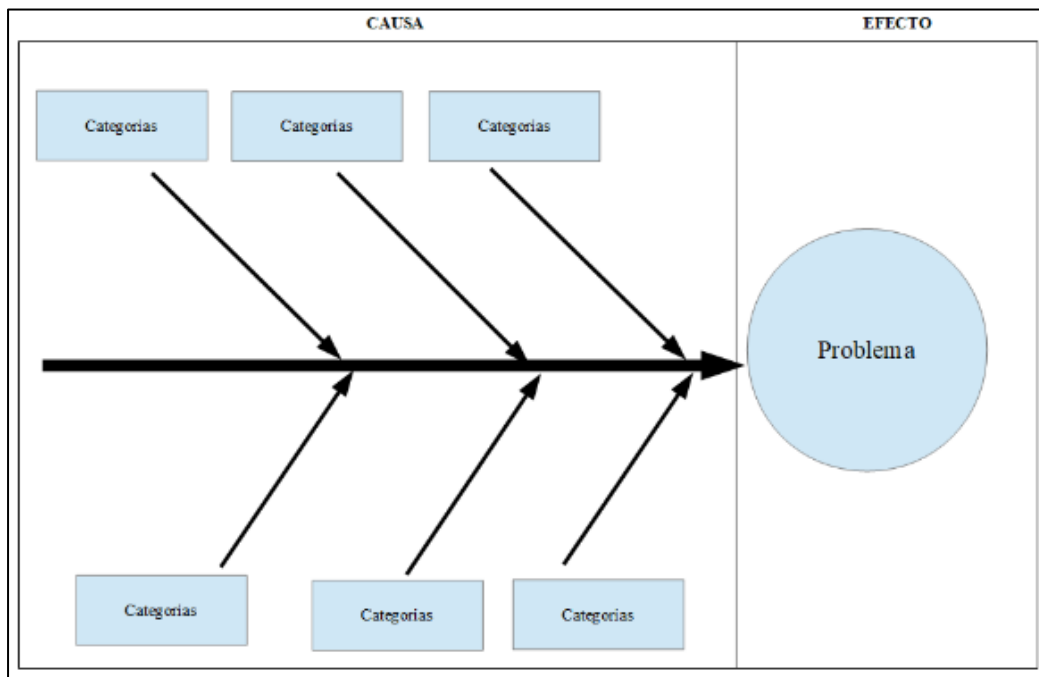
### 2.2.6. Diagrama de Ishikawa

Además de denominarse diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, el diagrama de Ishikawa es una herramienta visual que se utiliza para analizar y visualizar las causas potenciales de un problema o escenario; a diferencia de simplemente enumerar las causas evidentes, este diagrama fomenta un pensamiento más profundo y estructurado al

desglosar el problema en diferentes categorías, como personas, procesos, materiales, entorno, y así sucesivamente (Rojas et al., 2021). Cada "espina" del diagrama representa una posible causa, y al analizar estas causas de manera holística, las organizaciones pueden detectar modelos y relaciones que podrían no ser identificadas de otro modo; también, fomenta la participación y el trabajo grupal al implicar a distintas partes interesadas en la detección y resolución de problemas, así como se muestra en la Figura 5 (Byron, 2023).

### Figura 5

*Modelo de diagrama de Ishikawa*



*Nota.* Byron (2023)

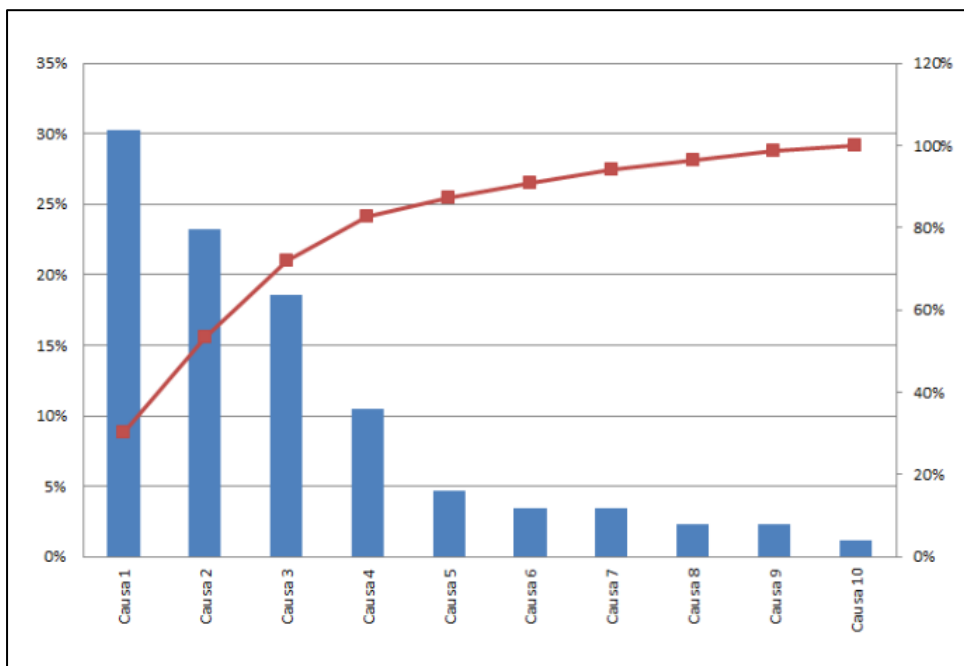
### 2.2.7. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, a veces denominado regla 80/20, es una herramienta de análisis que se basa en la premisa de que aproximadamente el 80% de los efectos son causados por el 20% de las causas, y sirve para determinar y jerarquizar los aspectos que más influyen en un determinado problema o circunstancia antes de abordarlos, cabe mencionar que se representa

mediante barras verticales ordenadas de mayor a menor según la frecuencia o importancia de cada causa, con una línea que muestra la acumulación de porcentajes (Byron, 2023). Al visualizar este patrón, es posible que las empresas concentren sus esfuerzos en abordar las razones más relevantes para conseguir mejoras en el rendimiento o la calidad que sean a la vez significativas y eficaces; su utilidad se extiende más allá del ámbito empresarial, siendo aplicable en ámbitos como la salud, la educación y la gestión de proyectos, así como se muestra en la Figura 6 (Burgasí et al., 2021).

**Figura 6**

*Modelo de diagrama de Pareto*



*Nota.* Burgasí et al. (2021).

### 2.2.8. Matriz de priorización

La matriz de priorización es una herramienta utilizada para clasificar y organizar elementos según su importancia y urgencia, esta consiste en dividir un conjunto de ítems en categorías, usualmente en una matriz de dos dimensiones (Martínez y Morales, 2022). Por lo general, se emplean criterios como impacto y viabilidad para evaluar cada elemento, esto

permite identificar qué tareas o proyectos requieren atención inmediata y cuáles pueden posponerse; además facilita la toma de decisiones al proporcionar una visualización clara de las prioridades, ayudando a asignar recursos de manera eficiente y a gestionar el tiempo de forma más efectiva; su aplicación es común en diversos ámbitos, desde la gestión de proyectos hasta la resolución de problemas cotidianos (Acevedo, 2021).

### **2.2.9. Análisis de criticidad de equipos**

Permite identificar qué dispositivos representan un mayor riesgo para la empresa, facilitando la gestión del mantenimiento. Su función principal es priorizar los activos según su impacto en la operación, tomando en cuenta factores como el riesgo de falla y la importancia de cada equipo dentro del sistema productivo (Sotomayor, 2018).

Para ello, se pueden emplear dos enfoques: el método cuantitativo, basado en datos numéricos confiables como tasas de fallas, y el cualitativo, que utiliza el conocimiento experto para clasificar la criticidad cuando no hay datos precisos disponibles. Ambos procedimientos están regulados por estándares internacionales que aseguran su validez y efectividad (Sotomayor, 2018).

El propósito central de este análisis es optimizar el uso de los recursos disponibles para el mantenimiento, garantizando que los equipos más críticos sean atendidos primero. Esto mejora la eficiencia operativa, reduce costos innecesarios y fortalece la seguridad laboral, asegurando condiciones óptimas para los trabajadores y aumentando la productividad de la organización (Sotomayor, 2018).

### **2.3. Limitaciones**

Una de las principales limitaciones enfrentadas durante la implementación del PMP fue la resistencia al cambio por parte de los colaboradores encargados de la operación y mantenimiento de los equipos de la curtiembre. Para dar solución a esta resistencia, se

organizaron debates y charlas de concienciación en los que se explicaron las ventajas del mantenimiento preventivo para reducir las fallas, mejorar la seguridad y maximizar la disponibilidad y productividad.

Otro reto fue la escasez de materiales y recursos para la capacitación de los colaboradores. La empresa carecía de manuales actualizados y de herramientas didácticas suficientes para impartir una formación eficaz. Para hacer frente a esta limitación, se organizó la adquisición de instrumentos didácticos fundamentales y se facilitó el aprendizaje mediante la observación directa de técnicos más experimentados, lo que garantizó que los operarios obtuvieran la información necesaria para ejecutar el mantenimiento preventivo con precisión.

Se observó una formación insuficiente en mantenimiento para los trabajadores técnicos y operativos, lo que impedía la ejecución adecuada del mantenimiento. Para resolver este problema, se impartieron sesiones de formación sobre prácticas óptimas de mantenimiento y uso adecuado de los equipos, garantizando que los operarios comprendieran los procedimientos y minimizaran los errores operativos.

## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1. Conocimiento práctico de la experiencia laboral

Ha sido fundamental mi experiencia profesional obtenida durante varios años en el mantenimiento industrial, para la implementación del PMP en Curtiembre Rolemt E.I.R.L. Los cargos desempeñados en varias empresas durante mi carrera me ayudaron a desarrollar competencias en gestión de mantenimiento y mejora continua. Durante mi trayectoria, he desempeñado roles clave en empresas de consumo masivo y agroindustria, como Jefe de Mantenimiento en Softys Perú, Coordinador de Mantenimiento en PepsiCo Perú y Planificador de Mantenimiento en Caña Brava – Grupo Romero, lo que me ha permitido desarrollar competencias en gestión de mantenimiento, confiabilidad y mejora continua.

En Softys Perú, fui responsable de garantizar la disponibilidad de las líneas de producción mediante el cumplimiento del mantenimiento preventivo, aplicando TPM (Mantenimiento Productivo Total) y gestionando indicadores de desempeño como MTBF y MTTR. Asimismo, en PepsiCo Perú, implementé el programa de Monitoreo por Condición, lo que permitió mejorar la predicción de fallas y reducir tiempos de inactividad. En Caña Brava – Grupo Romero, desarrollé estrategias de planificación y programación de mantenimiento que optimizaron el uso de recursos y redujeron costos operativos.

Estos conocimientos adquiridos en diferentes industrias fueron aplicados en la Curtiembre Rolemt E.I.R.L., donde, como Jefe de Mantenimiento, identifiqué que la empresa operaba sin un PMP, lo que generaba constantes averías en la maquinaria, tiempos de inactividad prolongados y altos costos de mantenimiento correctivo. Utilizando mi experiencia previa en mantenimiento, desarrollé un plan estructurado que incluyó inspecciones programadas, capacitación del personal y monitoreo de indicadores de desempeño.

La implementación de este plan permitió incrementar la disponibilidad de los equipos, reducir fallas imprevistas y optimizar los costos de mantenimiento, demostrando la importancia de aplicar estrategias preventivas en la gestión de activos industriales,

La experiencia laboral se desarrolló en la empresa Curtiembre Rolemt E.I.R.L., dedicada al procesamiento y comercialización de pieles de ovino y caprino en Trujillo, Perú. La empresa contaba con maquinaria especializada para llevar a cabo procesos de curtido, teñido, secado y acabado de pieles, sin embargo, la falta de un sistema estructurado de mantenimiento generaba problemas operativos que afectaban la producción y rentabilidad. El autor del proyecto se desempeñó como Jefe de Mantenimiento desde enero del 2023 a junio del 2024., asumiendo la responsabilidad de garantizar la operatividad de los equipos y reducir los tiempos de inactividad generados por fallas mecánicas inesperadas.

El Jefe de Mantenimiento en una curtiembre es responsable de garantizar el correcto funcionamiento y disponibilidad de la maquinaria utilizada en el proceso productivo. Su labor es fundamental para minimizar tiempos de inactividad, optimizar la producción y reducir costos asociados a fallas mecánicas o interrupciones imprevistas. Algunas de mis funciones principales incluyen:

1. Gestión del mantenimiento preventivo y correctivo: Diseñar, implementar y supervisar un plan de mantenimiento estructurado para prevenir fallos en los equipos y asegurar su operatividad óptima.
2. Supervisión del estado de la maquinaria: Inspeccionar regularmente los equipos utilizados en las distintas etapas del proceso, asegurando que operen de forma óptima.
3. Coordinación con producción y logística: Planificar paradas de mantenimiento sin afectar los procesos productivos, alineándose con las necesidades operativas de la empresa.

4. Gestión de repuestos y suministros: Controlar el inventario de piezas y materiales esenciales para las reparaciones, evitando demoras por falta de insumos.
5. Capacitación y supervisión del personal técnico: Dirigir y formar al personal de mantenimiento en buenas prácticas y procedimientos de reparación.
6. Registro y análisis de datos: Implementar sistemas de control y monitoreo para documentar las fallas, tiempos de reparación y costos, con el fin de optimizar la gestión del mantenimiento.
7. Cumplimiento normativo y seguridad industrial: Asegurar que todas las actividades de mantenimiento cumplan con normativas ambientales y de seguridad, reduciendo riesgos laborales y mejorando las condiciones de trabajo.

### **3.2. Descripción del proyecto o problema laboral**

Para diagnosticar las causas de la baja disponibilidad, se utilizó el diagrama de Ishikawa, el cual se muestra en la Figura 7.

El diagrama presentado muestra las principales causas de la baja disponibilidad de los equipos en la curtiembre Rolemt E.I.R.L. Estas causas se dividen en cuatro categorías:

**Materiales:** Uno de los problemas identificados fue el inadecuado control del stock de repuestos, lo que ocasionaba retrasos en la ejecución de los trabajos de mantenimiento debido a la falta de piezas necesarias. Esto se agravaba por una deficiente gestión de proveedores, ya que la empresa adquiría repuestos de baja calidad, aumentando el riesgo de fallas en los equipos. La combinación de estos factores generaba un mantenimiento ineficiente y mayor tiempo de inactividad de la maquinaria.

**Maquinaria:** En cuanto a la maquinaria, la principal dificultad radicaba en la falta de mantenimiento preventivo, lo que provocaba fallas constantes y paradas imprevistas en la producción. Adicionalmente, la empresa tenía una gestión inadecuada de la documentación de

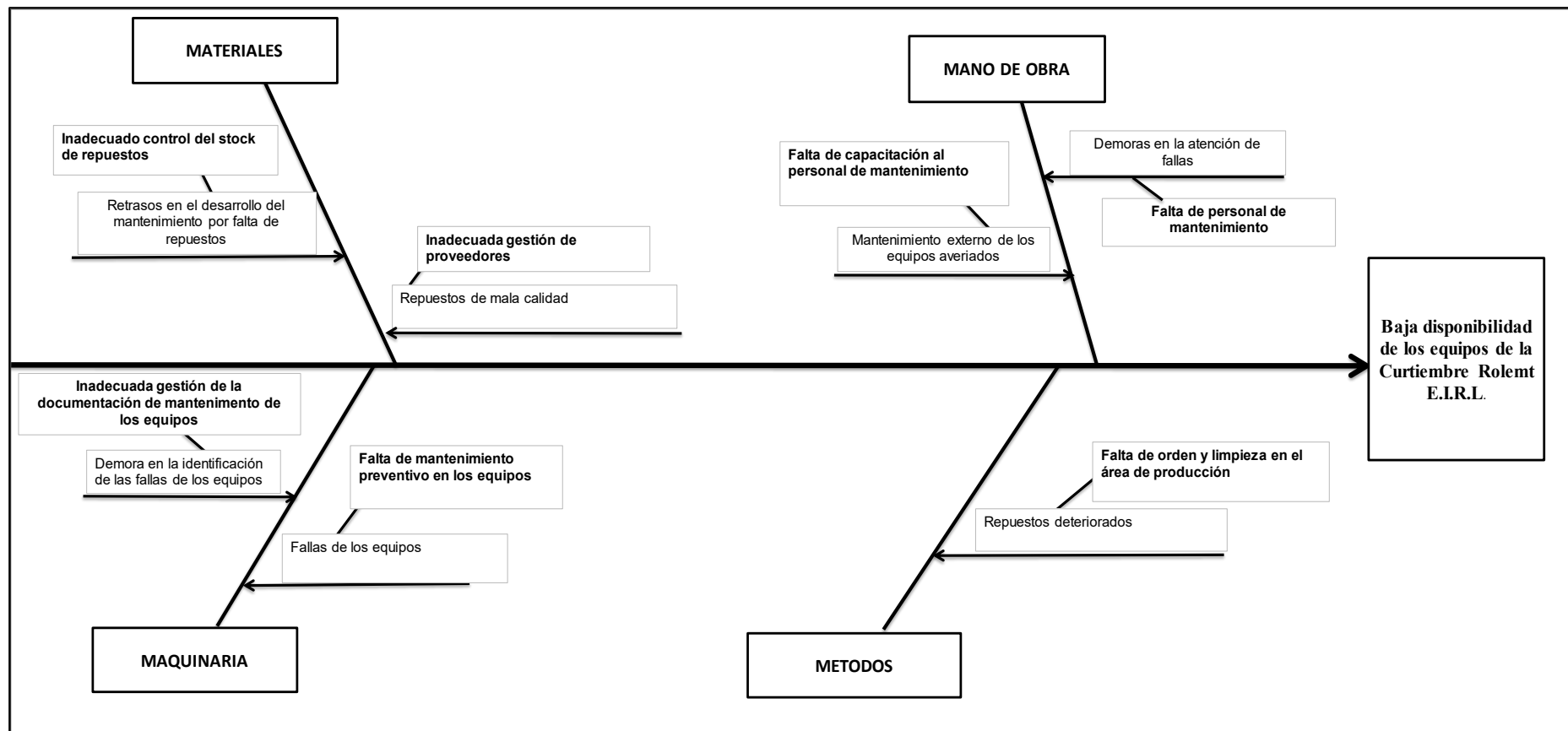
mantenimiento, lo que dificultaba la identificación de patrones de fallas y el seguimiento de las intervenciones realizadas en los equipos. Esto generaba retrasos en la detección de problemas, alargando los tiempos de reparación y afectando la disponibilidad de los equipos.

**Mano de Obra:** La empresa también enfrentaba dificultades en la gestión del personal de mantenimiento. La falta de capacitación del equipo técnico limitaba la capacidad de los trabajadores para identificar y solucionar fallas de manera eficiente. Como consecuencia, la empresa dependía de servicios de mantenimiento externo para reparar los equipos averiados, lo que incrementaba costos y tiempos de espera. Además, había demoras en la atención de fallas debido a la escasez de personal especializado, lo que agravaba aún más la falta de disponibilidad de los equipos.

**Métodos:** En términos de métodos y procesos, la curtiembre presentaba deficiencias en el orden y limpieza del área de producción, lo que influía negativamente en el estado y desempeño de la maquinaria. Además, los repuestos almacenados se deterioraban debido a condiciones inadecuadas de almacenamiento, lo que afectaba la efectividad de las reparaciones y aumentaba la necesidad de nuevas adquisiciones.

Figura 7

Diagrama de Ishikawa



Nota. Muestra las causas que se identificó antes del desarrollo del PMP

Luego, se elaboró y aplicó una encuesta a 5 colaboradores del área de producción y 2 de mantenimiento, con la finalidad de que en base a su experiencia identifiquen cuales son las causas con mayor impacto en la baja disponibilidad.

Los resultados de las encuestas se presentan en la Tabla 1. Se aplicó una encuesta, que figura en el Anexo 1, a los responsables del área de mantenimiento y operarios que utilizaban los equipos, con el fin de determinar los factores que eran causas críticas de la baja disponibilidad.

**Tabla 1**

*Matriz de priorización.*

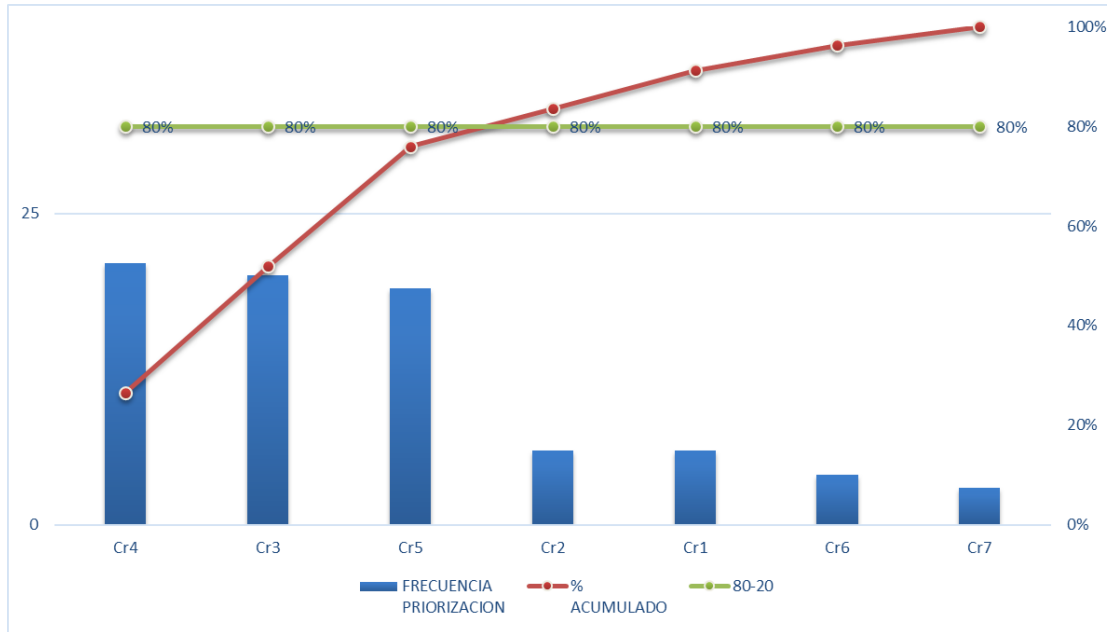
CR	CAUSA	FRECUENCIA	% ACUM.	FRECUENCIA ACUM.
Cr4	Falta de mantenimiento preventivo en los equipos	21	27%	21
Cr3	Inadecuada gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos	20	52%	41
Cr5	Falta de capacitación al personal de mantenimiento	19	76%	60
Cr2	Inadecuada gestión de proveedores	6	84%	66
Cr1	Inadecuado control del stock de repuestos	6	91%	72
Cr6	Falta de personal de mantenimiento	4	96%	76
Cr7	Falta de orden y limpieza en el área de producción	3	100%	79
	TOTAL	79		

*Nota.* Datos tabulados de las encuestas.

En la Figura 8 se elaboró el diagrama de Pareto en base a la Tabla 1.

**Figura 8**

*Diagrama de Pareto*



*Nota.* Figura elaborada con los datos de la matriz de priorización.

Tras investigar las causas de la baja disponibilidad de los equipos, se descubrió que había tres causas críticas que debían remediarse:

- Cr4: Falta de mantenimiento preventivo en los equipos
- Cr3: Inadecuada gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos
- Cr5: Falta de capacitación al personal de mantenimiento

Como se puede observar, las causas identificadas pueden ser abordadas mediante el diseño de un PMP, el cual incluirá tanto la planificación de actividades de mantenimiento como la elaboración de formatos para optimizar la gestión documental del área, así como un programa de capacitación dirigido al personal responsable del mantenimiento de los equipos de la empresa.

### 3.3. Objetivos

#### 3.3.1. Objetivo general:

Implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos de producción en la empresa Curtiembre Rolemt E.I.R.L., Trujillo 2023.

#### 3.3.2. Objetivos específicos:

Diagnóstico de la situación actual de la disponibilidad (antes del PMP).

Diseñar e implementar el plan de mantenimiento preventivo en la empresa Curtiembre Rolemt E.I.R.L., Trujillo 2023.

Evaluar el impacto del plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los equipos de producción en la empresa Curtiembre Rolemt E.I.R.L., Trujillo 2023.

### 3.4. Estrategias de Desarrollo

En Curtiembre Rolemt E.I.R.L. se instituyó un PMP para mitigar los fallos imprevistos, mejorar la disponibilidad de los equipos y aumentar la eficiencia operativa. La estrategia hacía hincapié en la planificación del mantenimiento, la formación del personal y la supervisión de los resultados para garantizar una aplicación eficaz.

#### 3.4.1. Situación actual de la disponibilidad de los equipos antes del plan de mantenimiento.

Para llevar a cabo la identificación de los indicadores, se tomó información de los meses de enero a junio del 2023, llegando a obtener lo siguiente:

**Tabla 2**

*Disponibilidad semestral de los equipos de producción (enero – junio) del 2023*

Equipo	Nombre del equipo	TTF(h)	TTR((horas)	N° Paradas o fallas	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad
BOT-001	BOTAL 1	1020	136	8	127.5	17.00	88.24%
BOT-002	BOTAL 2	989	212	11	89.9	19.27	82.35%
LIJ-001	LIJADORA	1011	190	10	101.1	19.00	84.18%

DSC-001	DESCARNADORA A	962	174	10	96.2	17.40	84.68%
DSC-002	DESCARNADORA B	865	152	8	108.1	19.00	85.05%
RBJ-001	REBAJADORA A	894	220	8	111.8	27.50	80.25%
RBJ-002	REBAJADORA B	895	207	10	89.5	20.70	81.22%
CPT-001	CARPETEADORA	947	189	9	105.2	21.00	83.36%
ABD-001	ABRIDORA	863	150	7	123.3	21.43	85.19%
TGG-001	TOGGLING	995	175	8	124.4	21.88	85.04%
Total		9441	1805	89	107.7	20.42	83.96%

*Nota.* El detalle de las fallas se encuentra en el anexo 2.

Los resultados de la Tabla 2, mostraron que, en promedio, la disponibilidad global de los equipos fue del 83.96%, lo que indica que, durante el período analizado, los equipos estuvieron operativos la mayor parte del tiempo. Sin embargo, algunos equipos presentaron valores inferiores a este promedio, lo que evidenció la necesidad de revisar sus condiciones y estrategias de mantenimiento.

Cabe mencionar que la empresa, no media la disponibilidad inicialmente, sin embargo en base a los historiales de falla y la información disponible del mantenimiento de los equipos se pudo determinar la disponibilidad de los equipos antes del PMP.

### 3.4.2. Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo

#### . Inventario de equipos

La empresa tiene en el área de producción un total de 16 equipos, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 3**  
Lista de equipos

NOMBRE DE MAQUINARIA	CANTIDAD
BOTALES	2
LIJADORA	1
DESCARNADORA	2
REBAJADORA A	1
REBAJADORA B	1
CARPETEADORA	1

ABRIDORA	1
TOGGLING	1
COMPRESORA	1
HIDROLAVADORA	2
ESMERIL	2
PULIDORA DE CUERO	1
Total	16

---

*Nota.* Muestra la lista de equipos

## 2. Codificación de los equipos

Cada código asignado a la maquinaria sigue una estructura estandarizada compuesta por tres elementos:

- **Prefijo de tres letras:** Indica el tipo de equipo, basado en una abreviatura del nombre.
- **Número secuencial de tres dígitos:** Diferencia cada unidad dentro de la misma categoría.
- **Nombre descriptivo:** Permite una identificación rápida del equipo.
- Se establecieron **abreviaciones únicas** para cada tipo de máquina:
  - BOT para BOTALES
  - LIJ para LIJADORA
  - DSC para DESCARNADORA
  - RBJ para REBAJADORA
  - CPT para CARPETEADORA
  - ABD para ABRIDORA
  - TGG para TOGGLING

- COM para COMPRESORA
  - HID para HIDROLAVADORA
  - ESM para ESMERIL
  - PUC para PULIDORA DE CUERO
- Se asignó un número secuencial de tres dígitos (001, 002...) para diferenciar unidades del mismo tipo de equipo.

En base a estos criterios, la codificación fue la siguiente:

**Tabla 4**

*Codificación de los equipos de producción*

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DE MAQUINARIA</b>	<b>CANTIDAD</b>
BOT-001	BOTAL 1	1
BOT-002	BOTAL 2	1
LIJ-001	LIJADORA	1
DSC-001	DESCARNADORA A	1
DSC-002	DESCARNADORA B	1
RBJ-001	REBAJADORA A	1
RBJ-002	REBAJADORA B	1
CPT-001	CARPETEADORA	1
ABD-001	ABRIDORA	1
TGG-001	TOGGLING	1
COM -001	COMPRESORA	1
HID-001	HIDROLAVADORA A	1
HID-002	HIDROLAVADORA B	1
ESM-001	ESMERIL A	1
ESM-002	ESMERIL B	1
PUC -001	PULIDORA DE CUERO	1

### 3. Análisis de criticidad de los equipos

Se basa en la evaluación de cuatro factores clave que permiten determinar el impacto de una falla en el proceso productivo. Cada uno de estos factores tiene un peso específico dentro de la clasificación final de criticidad, lo que facilita la identificación de los equipos que requieren mayor atención en términos de mantenimiento y prevención de fallas.

El primer factor evaluado es la Velocidad de Manifestación de la Falla, con un peso de 30 puntos. Este criterio analiza la rapidez con la que se presenta una avería en un equipo. Si una falla se manifiesta de forma inmediata y no da tiempo para tomar acciones correctivas, el impacto en la producción puede ser severo. Por el contrario, si el fallo se desarrolla de manera progresiva, es posible programar intervenciones sin afectar significativamente las operaciones.

El segundo factor es la Seguridad del Personal y Ambiente, que tiene un peso de 10 puntos. Este aspecto es fundamental, ya que examina si la falla de un equipo puede poner en riesgo la integridad de los trabajadores o generar un impacto ambiental negativo. Se consideran tanto efectos temporales, que pueden ser manejables con medidas correctivas, como efectos irreversibles, que representarían un peligro mayor y requerirían acciones inmediatas para minimizar riesgos.

El tercer factor es el Costo de la Parada de Producción, también valorado en 30 puntos. Este criterio mide el impacto que una falla puede tener sobre la continuidad del proceso productivo. Si la detención de un equipo implica una pérdida considerable de tiempo y clientes, su criticidad será mayor. En cambio, si la avería no interrumpe de manera significativa la operación, su impacto será menor.

Finalmente, el cuarto factor es el Costo de Reparación, con un peso de 30 puntos. Aquí se analizan los gastos asociados a la reparación del equipo cuando ocurre una falla, clasificándolos en tres niveles: bajo, medio y elevado. Un equipo cuya reparación es costosa y

demanda largos tiempos de intervención tendrá una mayor criticidad, mientras que aquellos cuya restauración es rápida y económica serán considerados de menor riesgo.

En función del puntaje total obtenido tras evaluar estos factores, los equipos se clasifican en tres niveles de criticidad: **crítico** si superan los 80 puntos, **semi crítico** si obtienen entre 50 y 80 puntos, y **no crítico** si su puntaje es inferior a 50. Esta categorización permite priorizar los esfuerzos de mantenimiento, enfocándose en aquellos equipos que presentan mayores riesgos para la operación de la empresa.

Para cada equipo, se asignaron valores binarios (1 o 0) en función de si cumplían o no con los criterios establecidos en cada factor. Estos valores se multiplicaron por los respectivos pesos normalizados, como se indica en la fila "Factores" de la tabla, donde los pesos se representan en escala decimal (por ejemplo, 1.00, 0.2, 0.4, etc.). Este proceso permite ponderar cada aspecto según su relevancia.

A continuación, en la Tabla 5, se presenta el análisis de criticidad.

**Tabla 5**
*Análisis de criticidad*

		Análisis de Criticidad													
Código	Equipos	Factor de velocidad de manifestación de la falla			Factor de seguridad del personal y ambiente				Factor de Costos de la parada de producción		Factor de Costos de Reparación				
		Periodo P-F			Descripción				Criterio		Clasificación				
		Muy corto, no da tiempo para detener la máquina.	Corto, es posible detener la máquina.	Suficiente, es posible programar la intervención.	Sin consecuencias	Efecto temporal sobre personas, no afecta el ambiente	Efecto temporal sobre las personas y ambiente.	Efecto irreversible sobre las personas	Efecto irreversible sobre las personas y ambiente	No implica demora en la entrega	Implica demora de corto tiempo en la entrega	Implica demora y pérdida de clientes	Clasificación A: RELATIVAMENTE BAJO	Clasificación B: MEDIANO	Clasificación C: ELEVADO
BOT-001	BOTAL 1	1				1					1		1		
BOT-002	BOTAL 2	1				1					1		1		
LIJ-001	LIJADORA	1				1					1		1		
DSC-001	DESCARNADORA A	1				1					1		1		
DSC-002	DESCARNADORA B	1				1					1		1		
RBJ-001	REBAJADORA A		1			1					1		1		
RBJ-002	REBAJADORA B		1			1					1		1		
CPT-001	CARPETEADORA		1			1					1		1		
ABD-001	ABRIDORA		1			1					1		1		
TGG-001	TOGGLING		1			1					1		1		
COM -001	COMPRESORA			1				1			1		1		
HID-001	HIDROLAVADORA A			1				1			1		1		
HID-002	HIDROLAVADORA B			1				1			1		1		
ESM-001	ESMERIL A			1				1			1		1		
ESM-002	ESMERIL B			1				1			1		1		
PUC -001	PULIDORA DE CUERO			1				1			1		1		
		1	0.5	0	0.2	0	0.6	0.90	1.00	0.1	0	1	0	1	1

**Tabla 6**
*Resultado de los análisis de criticidad*

Codigo		Resultado de Criticidad															
BOT-001	BOTAL 1	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>81</b>	<b>CRITICO</b>
BOT-002	BOTAL 2	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>81</b>	<b>CRITICO</b>
LIJ-001	LIJADORA	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>81</b>	<b>CRITICO</b>
DSC-001	DESCARNADORA A	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>81</b>	<b>CRITICO</b>
DSC-002	DESCARNADORA B	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>81</b>	<b>CRITICO</b>
RBJ-001	REBAJADORA A	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>51</b>	<b>Semi-crítico</b>
RBJ-002	REBAJADORA B	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>81</b>	<b>CRITICO</b>
CPT-001	CARPETEADORA	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>51</b>	<b>Semi-crítico</b>
ABD-001	ABRIDORA	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>51</b>	<b>Semi-crítico</b>
TGG-001	TOGGLING	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	15	0	<b>81</b>	<b>CRITICO</b>
COM -001	COMPRESORA	0	0	6	0	0	0	9	0	0	9	0	0	15	0	<b>39</b>	<b>No crítico</b>
HID-001	HIDROLAVADORA A	0	0	6	0	0	0	9	0	0	9	0	0	15	0	<b>39</b>	<b>No crítico</b>
HID-002	HIDROLAVADORA B	0	0	6	0	0	0	9	0	0	9	0	0	15	0	<b>39</b>	<b>No crítico</b>
ESM-001	ESMERIL A	0	0	6	0	0	0	9	0	0	9	0	0	15	0	<b>39</b>	<b>No crítico</b>
ESM-002	ESMERIL B	0	0	6	0	0	0	9	0	0	9	0	0	15	0	<b>39</b>	<b>No crítico</b>
PUC -001	PULIDORA DE CUERO	0	0	6	0	0	0	9	0	0	9	0	0	15	0	<b>39</b>	<b>No crítico</b>

El análisis de criticidad realizado sobre los equipos de producción permitió clasificar su nivel de riesgo en función de diversos factores evaluados. A partir de los resultados se identificó que la mayoría de los equipos presentaban un nivel de criticidad alto o crítico, lo que implicaba la necesidad de medidas de mantenimiento preventivo y correctivo más estrictas.

Los equipos BOTAL 1 (BOT-001), BOTAL 2 (BOT-002), LIJADORA (LIJ-001), DESCARNADORA A (DSC-001), DESCARNADORA B (DSC-002), REBAJADORA B (RBJ-002) y TOGGLING (TGG-001) fueron clasificados como críticos, con un índice de criticidad del 81%. Esto indicaba que una falla en cualquiera de ellos podía generar impactos significativos en la producción, la seguridad del personal o los costos de reparación. Debido a este alto nivel de riesgo, se recomendó establecer un plan de mantenimiento riguroso para minimizar el riesgo de fallas inesperadas y optimizar su rendimiento operativo.

Por otro lado, los equipos REBAJADORA A (RBJ-001), CARPETEADORA (CPT-001) y ABRIDORA (ABD-001) fueron clasificados como semicríticos, con una puntuación del 51% en el análisis de criticidad. Aunque su nivel de riesgo era menor en comparación con los equipos críticos, aún representaban una amenaza moderada para la operación en caso de falla.

Finalmente, los equipos COM-001 (COMPRESORA), HID-001 y HID-002 (HIDROLAVADORAS A y B), ESM-001 y ESM-002 (ESMERILES A y B), y PUC-001

(PULIDORA DE CUERO) presentan un puntaje de 39, siendo clasificados como no críticos. Estos equipos, aunque importantes, tienen un menor impacto en la producción en caso de falla, por lo que su mantenimiento puede ser menos frecuente en comparación con los equipos críticos.

Por ello, se recomendó implementar estrategias de mantenimiento preventivo para evitar interrupciones en la producción y mantener su funcionamiento dentro de parámetros óptimos para los equipos semicríticos y críticos.

#### **4. Política de mantenimiento**

La política de mantenimiento de Curtiembre Rolemt E.I.R.L. tiene como objetivo principal garantizar la disponibilidad y eficiencia de los equipos y maquinaria utilizados en el proceso de producción de cueros.

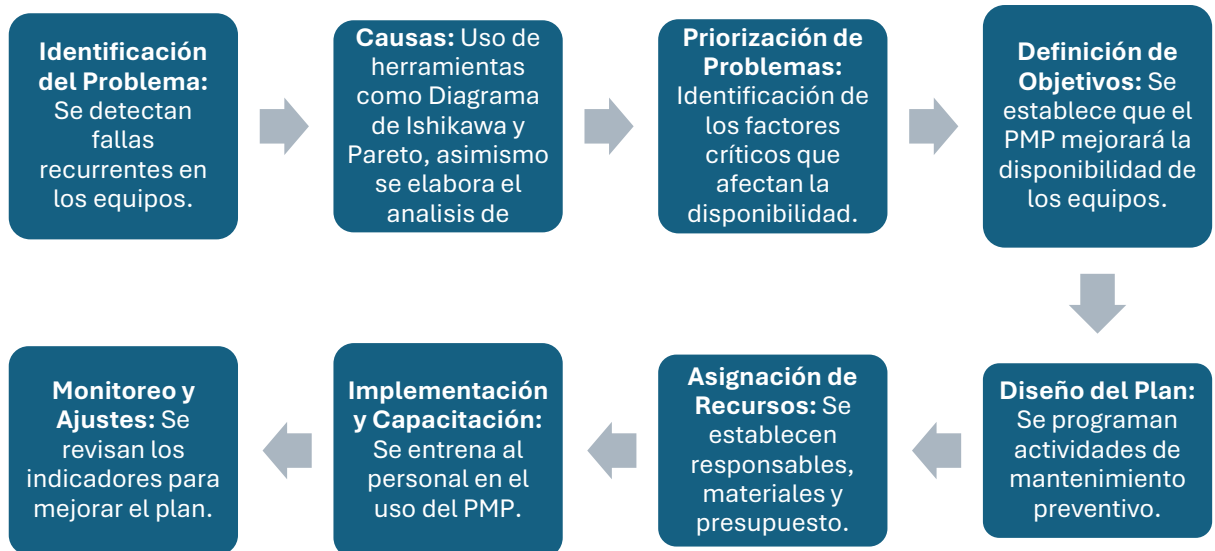
La política se sustenta en principios fundamentales como la prevención de fallas, que permite identificar y corregir problemas antes de que afecten la operación; la optimización de recursos, que busca utilizar de manera eficiente los recursos humanos, materiales y financieros disponibles; y la seguridad y calidad, garantizando que todas las actividades de mantenimiento se realicen bajo estándares que protejan la integridad del personal y la calidad del producto final. Asimismo, se fomenta una cultura de mejora continua, mediante la capacitación del personal, la actualización de procedimientos y la implementación de nuevas tecnologías y metodología.

#### **5. Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo**

Para el desarrollo del PMP de los equipos de producción, se desarrolló los pasos que se detallan en la Figura 9.

**Figura 9**

*Diagrama de flujo de actividades para el desarrollo del PMP*



*Nota.* Elaboración propia

Este proceso sigue una metodología estructurada basada en la identificación de problemas, análisis de fallas, definición de estrategias de mantenimiento y monitoreo de resultados.

El proceso inicia con la identificación del problema, donde se detectaron fallas recurrentes en los equipos que afectaban la productividad y la calidad del proceso. Se evidenció que la falta de mantenimiento adecuado incrementaba los tiempos de inactividad, reduciendo la eficiencia operativa. Para comprender mejor las causas de estos problemas, se aplicaron herramientas como el Diagrama de Ishikawa y el Análisis de Pareto, lo que permitió un análisis de criticidad de los equipos y sus fallas más frecuentes.

Una vez identificadas las causas principales de las fallas, se realizó la priorización de problemas, enfocándose en los equipos y componentes que tenían el mayor impacto en la producción. Con base en este análisis, se establecieron los objetivos del plan de mantenimiento,

determinando que el PMP debía reducir la cantidad de fallas, aumentar la disponibilidad de los equipos y optimizar los costos de mantenimiento a través de inspecciones y acciones preventivas.

El siguiente paso fue el diseño del PMP, en el cual se definieron las frecuencias e inspecciones a realizar en cada equipo. Estas frecuencias se determinaron con base en la criticidad de los equipos y en los datos históricos de fallas. Se establecieron actividades como lubricación, ajustes, reemplazo de piezas y verificaciones estructuradas, asegurando que cada equipo recibiera el mantenimiento adecuado según su nivel de uso y desgaste. Los tiempos de mantenimiento se definieron a partir de un estudio de tiempos de cada actividad, lo que permitió establecer períodos óptimos de intervención sin afectar la producción. Este estudio aseguró que cada tarea de mantenimiento se ejecutara dentro de un tiempo razonable, maximizando la eficiencia operativa.

Para llevar a cabo el plan, se realizó la asignación de recursos, definiendo los responsables de cada tarea, los materiales y herramientas necesarias, así como un presupuesto para la ejecución del mantenimiento. Con estos recursos establecidos, se procedió a la implementación del plan, lo que incluyó la capacitación del personal encargado de ejecutar las actividades de mantenimiento. Además, se documentaron procedimientos estandarizados para garantizar que el mantenimiento se realizara de manera consistente y eficiente.

Una vez implementado el plan, se estableció un sistema de monitoreo y ajustes, donde se analizaron indicadores clave como el MTBF, MTTR y disponibilidad. Estos indicadores permitieron evaluar la efectividad del PMP y realizar ajustes según los resultados obtenidos.

A continuación, se muestra las actividades para cada equipo y la frecuencia.

**Tabla 7**

*Mantenimiento preventivo de los equipos de producción*

NOMBRE DEL EQUIPO	DESCRIPCION	FRECUENCIA	TIEMPO	RESPONSABLE	REPUESTOS E INSUMOS
	Limpieza del equipo	Diario (D)	15 min	Operario de producción (OP)	Paños, desengrasante
	Verificar nivel de aceite del motor	Semanal (S)	10 min	Técnico de mantenimiento (TM)	Aceite lubricante
	Engrase de chumaceras, piñón y cremallera	S	20 min	TM	Grasa industrial
	Chequear que los pernos estén ajustados	S	15 min	TM	Llaves, pernos de repuesto
<b>BOTAL</b>	Limpieza externa del botal	S	20 min	OP	Trapos, limpiador multiuso
	Cambio de correas de transmisión	Mensual (M)	30 min	TM	Correas de transmisión
	Limpieza externa del motor reductor	S	20 min	TM	Desengrasante
	Reemplazo de rodamientos del motor eléctrico	Anual (A)	2 h	TM	Rodamientos nuevos
	Reemplazo de piñón y cojinetes	A	3 h	TM	Piñón, cojinetes
<b>LIJADORA</b>	Limpieza del equipo	D	15 min	OP	Trapos, desengrasante

	Engrase de rodamientos	S	20 min	TM	Grasa industrial
	Verificación de nivel de aceite	M	10 min	TM	Aceite lubricante
	Chequeo de distancia entre cepillo y rodillo engomado	M	20 min	TM	Herramientas de medición
	Chequeo de tensión de cadena rodillo cepillo/rodillo engomado	M	20 min	TM	Llaves, tensores
	Tensar correa rodillo de trabajo	M	20 min	TM	Llaves, tensores
	Reemplazo de aceite	A	1 h	TM	Aceite nuevo
	Cambio de filtros	A	1 h	TM	Filtros de aire/aceite
	Limpieza del equipo	D	15 min	OP	Trapos, desengrasante
	Inspección de tuberías y conexiones	S	30 min	TM	Llaves, sellos
	Revisión de bomba de aceite	S	30 min	TM	Aceite hidráulico
	Engrase de equipo en parte interna y externa	S	25 min	TM	Grasa industrial
<b>DESCARNADORA</b>	Rellenar con aceite las aceiteras	M	15 min	TM	Aceite lubricante
	Ajuste de tuberías de agua	M	30 min	TM	Sellos, abrazaderas
	Chequeo del nivel de aceite	M	15 min	TM	Aceite hidráulico
	Cambio de navaja	M	1 h	TM	Navajas de repuesto

	Regulación de rodillos	M	40 min	TM	Llaves, rodillos nuevos si es necesario
	Cambio de cuchillas	M	1 h	TM	Cuchillas nuevas
	Cambio de aceite hidráulico	A	2 h	TM	Aceite hidráulico nuevo
	Limpieza del equipo	D	15 min	OP	Trapos, desengrasante
	Verificación del estado general	D	20 min	TM	Llaves, pernos, correas
	Aplicar lubricante en puntos críticos	S	25 min	TM	Lubricante industrial
	Verificar alineamiento y afilado de cuchillas	S	30 min	TM	Afilador, cuchillas nuevas si es necesario
<b>REBAJADORA</b>	Eliminación de residuos de cuero y polvo	S	15 min	OP	Aspiradora industrial
	Verificación de conexiones eléctricas	M	40 min	TM	Multímetro, fusibles
	Cambio de correas desgastadas	Trimestral	1 h	TM	Correas nuevas
	Inspección y lubricación de engranajes	Trimestral	1.5 h	TM	Grasa industrial
<b>CARPETEADORA</b>	Limpieza del equipo	D	15 min	OP	Trapos, desengrasante

	Verificación del estado general	D	20 min	TM	Herramientas básicas
	Aplicar lubricante en rodillos	S	20 min	TM	Lubricante industrial
	Ajuste de presión de rodillos	S	30 min	TM	Llaves, tensores
	Eliminación de residuos de cuero y polvo	S	15 min	OP	Aspiradora industrial
	Verificación de conexiones eléctricas	M	40 min	TM	Multímetro, fusibles
	Cambio de rodillos desgastados	Trimestral	2 h	TM	Rodillos nuevos
	Inspección y lubricación de transmisión	Trimestral	1 h	TM	Grasa industrial
	Limpieza del equipo	D	15 min	OP	Paños, desengrasante
	Lubricación de cuchilla	D	10 min	OP	Aceite lubricante
	Limpieza de rodillos superiores	D	20 min	OP	Paños, aire comprimido
<b>ABRIDORA</b>	Lubricación de graseras interiores y exteriores	S	30 min	TM	Grasa industrial
	Verificar alineamiento de volantes	S	40 min	TM	-
	Ajuste de cuchillas por posible deformidad	M	45 min	TM	Llaves de ajuste
	Verificar estado de las piedras de afilado	M	30 min	TM	Piedra de afilado
	Verificar nivel de aceite hidráulico	M	20 min	TM	Aceite hidráulico

	Verificar condición de rodamientos	M	35 min	TM	-
	Cambio de rodillos y mesa de apoyo	A	2 horas	TM	Rodillos, mesa de apoyo
	Cambio de poleas	A	2 horas	TM	Poleas
	Limpieza del equipo	S	30 min	OP	Trapos, desengrasante
	Revisión del panel de control	S	30 min	TM	Multímetro, fusibles
	Engrase de partes mecánicas	M	40 min	TM	Grasa industrial
<b>TOGGLING (SECADOR)</b>	Reparación de planchas sueltas o deformadas	M	1 h	TM	Tornillos, soldadura
	Reemplazo de aceite del motor reductor	M	1.5 h	TM	Aceite lubricante
	Chequeo de tuberías internas y conexiones	A	2 h	TM	Llaves, sellos, abrazaderas
	Chequeo de motores eléctricos	A	3 h	TM	Multímetro, fusibles, carbones

Como muestra de como se realizó la determinación de los tiempos de cada actividad, se anexó los procedimientos con sus respectivos estudios de tiempo de 2 actividades de mantenimiento preventivo:

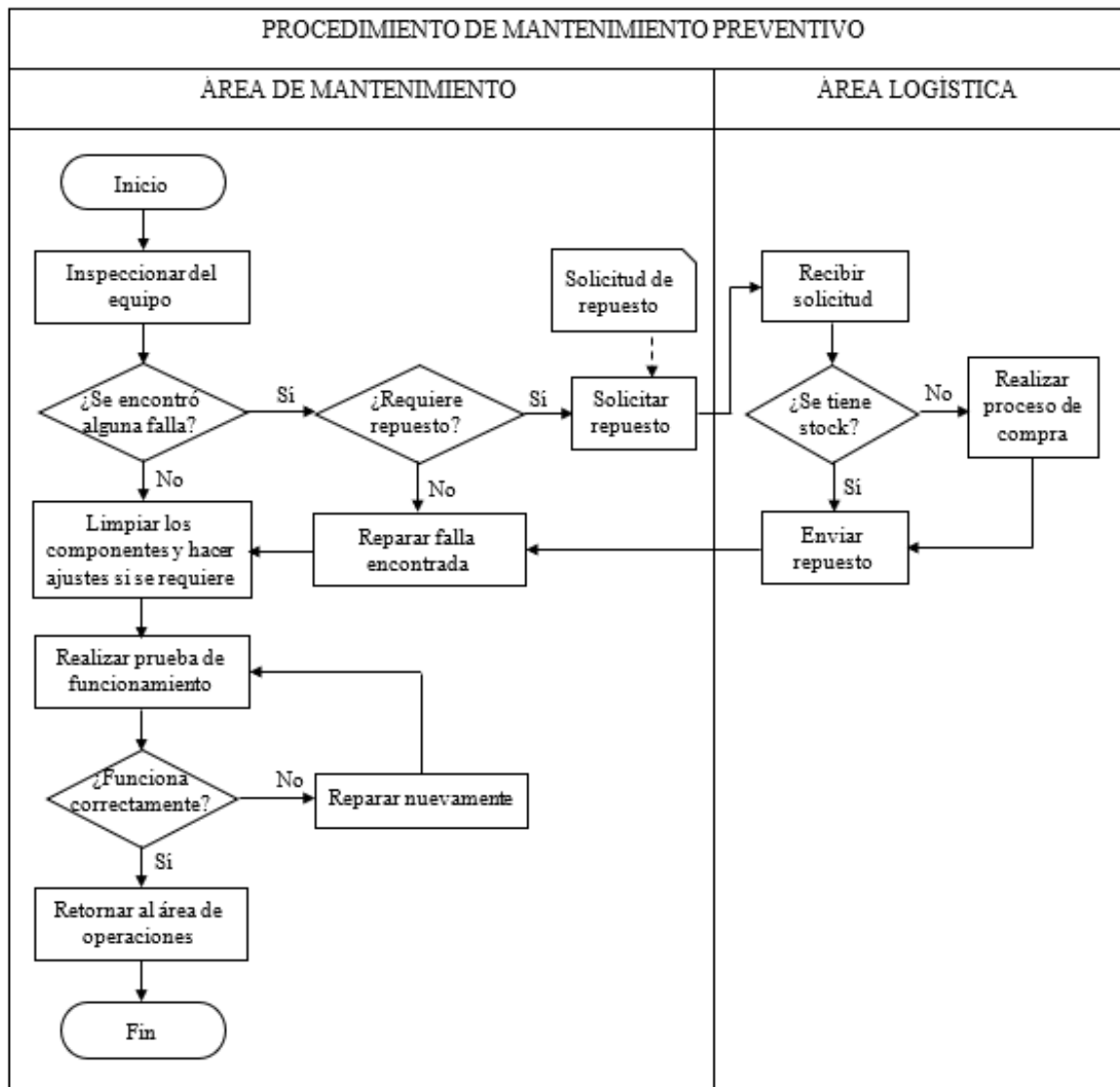
- Procedimiento para el Cambio de Correas de Transmisión del Botal y estudio de tiempos (véase el anexo 3 y 4).
- Procedimiento para el Engrase de la Descarnadora y estudio de tiempos (véase el anexo 4 y 5).

## 6. Procedimiento del mantenimiento preventivo

La Figura 10 presenta el flujograma diseñado para implementar el mantenimiento preventivo en los equipos de producción de la curtiembre.

**Figura 10**

*Procedimiento de mantenimiento preventivo.*



*Nota.* Muestra el proceso para el desarrollo del mantenimiento

El flujograma describe el procedimiento de mantenimiento preventivo de los equipos en una curtiembre, dividiéndolo en dos áreas: mantenimiento y logística. Este procedimiento garantiza la continuidad operativa y previene fallas mayores en los equipos de la curtiembre.

## 7. Costo del plan de mantenimiento preventivo

El costo del PMP se divide en dos categorías principales: mano de obra y materiales/repuestos.

En primer lugar, el costo de mano de obra contempla el trabajo de operarios de producción y técnicos de mantenimiento. En total, se han registrado 1,410.33 horas de trabajo, con un costo de S/ 24,425.00. La mayor parte de este gasto corresponde al técnico de mantenimiento, quienes acumulan 717 horas con un costo de S/ 17,925.00, mientras que los operarios de producción suman 693.33 horas con un costo de S/ 6,500.00, así como se detalla en la Tabla 8.

Por otro lado, el costo de materiales y repuestos incluye diversos insumos como desengrasante, aceite lubricante, grasa industrial, filtros de aire, fusibles, herramientas básicas, rodamientos y otros componentes esenciales para el mantenimiento. El costo total de estos materiales asciende a S/ 6,255.00, siendo las herramientas básicas y los rodamientos nuevos los insumos de mayor valor dentro de esta categoría, así como se detalla en la Tabla 9.

**Tabla 8**

*Costo de mano de obra*

Responsables	Horas	Costo total
Operario de producción	693.33	S/6,500.00
Técnico de mantenimiento	717.00	S/17,925.00
<b>Total</b>	<b>1410.33</b>	<b>S/24,425.00</b>

*Nota.* Detalla los costos de los implicados en el PMP

**Tabla 9**

*Costo de materiales y repuestos*

Insumo/Repuesto	Cantidad anual	Costo unitario	Costo total
Paños	365 unidades	S/1.00	S/365.00
Desengrasante (litros)	20	S/20.00	S/400.00

Aceite lubricante (litros)	15	S/30.00	S/450.00
Grasa industrial (kg)	10	S/25.00	S/250.00
Llaves, pernos de repuesto	10	S/10.00	S/100.00
Correas de transmisión	5	S/80.00	S/400.00
Rodamientos nuevos	6	S/100.00	S/600.00
Piñón y cojinetes	2	S/120.00	S/240.00
Navajas de repuesto	4	S/50.00	S/200.00
Filtros de aire/aceite	4	S/40.00	S/160.00
Multímetro	1	S/200.00	S/200.00
Fusibles	10	S/15.00	S/150.00
Carbones de motores	3	S/80.00	S/240.00
Tensores	5	S/30.00	S/150.00
Herramientas básicas	2 juegos	S/600.00	S/1,200.00
Rodillos nuevos	4	S/200.00	S/800.00
Piedra de afilado	1	S/100.00	S/100.00
Abrazaderas y sellos	5	S/20.00	S/100.00
Soldadura y tornillos	3	S/50.00	S/150.00
Total			S/6,255.00

*Nota.* Muestra los costos de materiales


En conjunto, el costo total del PMP es de S/ 30,680.00. Este monto refleja el gasto anual estimado necesario para garantizar el correcto funcionamiento y conservación de los equipos mediante la mano de obra especializada y los insumos indispensables.

## 8. Documentación requerida para el desarrollo del PMP

Para el desarrollo del PMP se elaboró e implementó los siguientes formatos:

Formato de Orden de Trabajo: Se utiliza para planificar y registrar las actividades de mantenimiento realizadas en los equipos. Incluye detalles como la ubicación, el horario de inicio y fin, el tipo de mantenimiento y el estado final del equipo.

**Figura 11**
*Orden de trabajo*

 Curtiembre Rolemt E.I.R.L.		<b>FORMATO ORDEN DE TRABAJO</b>			
Gestionado por: _____			Fecha: _____		
Máquina: _____			Código: _____		
Tipo de mantenimiento: _____			N° OT: _____		
#	Detalle de actividades	Lugar	Inicio	Fin	Repuestos
<b>Estado actual de la máquina</b>					

Formato de Registro de Fallas: Permite documentar las fallas en los equipos, registrando su origen, consecuencia y las acciones correctivas aplicadas. Además, especifica la hora de inicio y fin de la intervención, así como si se requirió algún recambio.


**Figura 12**
*Formato de registro de fallas*

 Curtiembre Rolemt E.I.R.L.		<b>FORMATO REGISTRO DE FALLA</b>			
Gestionado por: _____			Fecha: _____		
Máquina: _____			Código: _____		
Detalle de la falla	Origen	Consecuencia	Inicio	Fin	Repuestos

Formato de Ajuste o Recambio: Se emplea para registrar los ajustes y reemplazos de componentes en los equipos. Contiene información sobre las acciones realizadas, la duración del proceso y los repuestos utilizados.

**Figura 13**

*Formato de ajuste o recambio*

 <b>FORMATO DE AJUSTE O RECAMBIO</b>		
Responsable		Fecha
Equipo		Área
ACCIONES	DURACIÓN	REPUESTOS
Verificado por: _____		
_____ Firma		

Formato de Inspección: Se usa para evaluar el estado de los mecanismos y piezas de los equipos. Detalla las acciones realizadas, la duración de la inspección y cualquier comentario relevante sobre el estado del equipo.



## 9. Indicadores implementados para monitorear el mantenimiento de los equipos

Los indicadores que se implementaron fueron los siguientes:

**Tabla 10**

*Indicadores implementados*

<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Descripción</b>
<b>Disponibilidad</b>	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{100\% / \text{Tiempo Total}}$	Mide el porcentaje de tiempo que un equipo está operativo.
<b>Mantenibilidad</b>	$\text{Mantenibilidad} = 1 / \text{TTR}$	Mide la facilidad con la que un equipo puede ser reparado (inversa del TTR).
<b>MTBF</b>	$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo Operativo Total}}{\text{Número de fallas}}$	Mide el tiempo promedio entre fallas de un equipo.
<b>MTTR</b>	$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de reparaciones}}$	Mide el tiempo promedio que toma reparar un equipo después de una falla.
<b>Costo Total de Mantenimiento</b>	$\text{Costo Total} = \text{Costo Correctivo} + \text{Costo Preventivo}$	Suma de los costos de mantenimiento correctivo y preventivo.
<b>Costo de Mantenimiento Correctivo</b>	$\text{Costo Correctivo} = \sum \text{Costos de Reparaciones}$	Costo asociado a reparaciones después de una falla.
<b>Costo de Mantenimiento Preventivo</b>	$\text{Costo Preventivo} = \sum \text{Costos de Acciones Preventivas}$	Costo asociado a acciones para evitar fallas (inspecciones, lubricación, etc.).

Cabe mencionar, que antes de mi ingreso a la empresa, no se tenían bien definido estos indicadores, es por ello que en base al historial y registro de fallas se pudo obtener los datos antes del PMP.

## **10. Capacitación a los colaboradores de producción y mantenimiento acerca del PMP**

### **1. Objetivo de la capacitación**

Formar a los trabajadores del área de mantenimiento y producción de Curtiembre Rolemt E.I.R.L. en la correcta aplicación del mantenimiento preventivo, asegurando la reducción de fallas imprevistas y la mejora de la disponibilidad de los equipos.

### **2. Metodología**

El plan de capacitación se desarrolló de forma teórica y práctica, combinando sesiones en la empresa con ejercicios aplicados directamente en los equipos de la empresa

### **3. Duración y modalidad**

- Periodo: Julio 2023
- Duración: 5 sesiones
- Horario: 4 horas por sesión
- Modalidad: Presencial
- Participantes: Colaboradores del área de mantenimiento y producción

### **4. Cronograma de Capacitación**

En la siguiente tabla se presenta el cronograma de las capacitaciones desarrolladas en la empresa.

**Tabla 11**
*Cronograma del desarrollo de las capacitaciones*

<b>Fecha</b>	<b>Tema de capacitación</b>	<b>Duración</b>
	Introducción al	
<b>03-Jul-23</b>	mantenimiento preventivo: importancia y objetivos.	4 horas
<b>06-Jul-23</b>	Procedimientos de inspección y lubricación de equipos.	4 horas
<b>10-Jul-23</b>	Uso de formatos de registro (órdenes de trabajo, reportes de inspección, etc.).	4 horas
<b>13-Jul-23</b>	Análisis de fallas y solución de problemas.	4 horas
<b>15-Jul-23</b>	Aplicación del PMP en equipos de producción.	4 horas

## 5. Recursos Necesarios

- Material de apoyo: Formatos de registro.
- Equipos y herramientas: Maquinaria de producción, herramientas básicas, lubricantes, dispositivos de medición.
- Infraestructura: Oficina de la empresa
- Capacitador: Jose Carlos Cabanillas Mori -Jefe de mantenimiento

### 3.4.3. Evaluación del impacto del PMP en la disponibilidad de los equipos.

Para evaluar el impacto del plan, se procedió a determinar la disponibilidad de los equipos de julio a diciembre del 2023.

**Tabla 12**
*Disponibilidad de los equipos luego del PMP*

Equipo	Nombre del equipo	TTF(h)	TTR(h)	N° Paradas o fallas	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad
BOT-001	BOTAL 1	959	61	4	240	15.25	94.02%
BOT-002	BOTAL 2	1067	71	6	178	11.83	93.76%
LIJ-001	LIJADORA	965	70	4	241	17.50	93.24%
DSC-001	DESCARNADORA A	974	63	4	244	15.75	93.92%
DSC-002	DESCARNADORA B	885	62	4	221	15.50	93.45%
RBJ-001	REBAJADORA A	948	73	3	316	24.33	92.85%
RBJ-002	REBAJADORA B	936	75	3	312	25.00	92.58%
CPT-001	CARPETEADORA	1055	71	5	211	14.20	93.69%
ABD-001	ABRIDORA	1015	73	3	338	24.33	93.29%
TGG-001	TOGGLING	1024	62	3	341	20.67	94.29%
Total		9828	681	39	264	18.44	93.51%

*Nota.* Datos obtenidos de la empresa

La Tabla 12 muestra que la disponibilidad promedio de los equipos fue del 93.51%, lo que indica que estuvieron operativos la mayor parte del tiempo. Los equipos con mayor disponibilidad fueron el Toggling (94.29%), Botal 1 (94.02%) y Descarnadora A (93.92%), mientras que los de menor disponibilidad fueron la Rebajadora B (92.58%) y la Rebajadora A (92.85%), debido a tiempos de reparación más prolongados. En cuanto al MTBF, la Abridora (338 h) tuvo el mejor desempeño, operando más tiempo sin fallas, mientras que el Botal 2 (178 h) presentó fallas con mayor frecuencia. En relación con el MTTR, el Botal 2 (11.83 h) tuvo las reparaciones más rápidas, mientras que la Rebajadora B (25.00 h) registró el tiempo de reparación más prolongado. En términos de fallas, el equipo con más paradas fue Botal 2 (6 fallas), mientras que las Rebajadoras A y B, la Abridora y el Toggling solo fallaron 3 veces cada uno, mostrando mayor estabilidad. En general, los datos reflejan que los equipos mantuvieron altos niveles de operatividad, con una reducción de interrupciones y tiempos de reparación eficientes, destacando a la Abridora y el Toggling como los equipos más confiables y al Botal 2 como el que presentó más fallas, aunque con reparaciones rápidas.

Tras la implementación del PMP, la disponibilidad promedio de los equipos aumentó de 83.96% (antes del plan) a 93.51%, lo que refleja una mejora significativa en la operatividad de las máquinas. Antes del plan, los equipos presentaban más fallas y tiempos de reparación más largos, lo que reducía su eficiencia. Por ejemplo, el Botal 1 pasó de una disponibilidad del 88.24% a 94.02%, mientras que el Botal 2 mejoró de 82.35% a 93.76%, evidenciando una mayor confiabilidad. Asimismo, el MTBF aumentó, lo que significa que los equipos operan más horas antes de presentar fallas; por ejemplo, la Abridora pasó de 123.3 h antes del plan a 338 h, reflejando una disminución en la frecuencia de fallos. El MTTR también se redujo de 20.42 h en promedio antes del plan a 18.44 h, indicando que las intervenciones de mantenimiento fueron más rápidas y eficientes. En términos de fallas, el número total de paradas se redujo de 89 antes del plan a 39, lo que representó una disminución del 56.2% en la cantidad de interrupciones. En conclusión, el PMP logró incrementar la disponibilidad de los equipos, reducir fallas y optimizar los tiempos de reparación de los equipos de producción de la curtiembre.

### **Análisis de costo-beneficio del PMP**

Para evaluar la rentabilidad de la implementación del PMP, se compararon los costos totales anuales con los beneficios obtenidos en términos de reducción de horas de parada. Durante el año 2023, la empresa acumuló un total de 1,805 horas de inactividad correctiva, lo que representó una pérdida de S/ 137,333.12, calculada a partir del costo por hora de la empresa, que es de S/ 76.08. Esta cifra representa el impacto económico directo asociado a las fallas no planificadas que afectaron la operatividad de las máquinas.

Tras la implementación del PMP en el año 2024, las horas de parada correctiva se redujeron a 681 horas, lo que significó una pérdida de S/ 51,813.77. Por lo tanto, el beneficio económico generado por la mejora en la gestión del mantenimiento fue de S/ 85,519.35 en el

primer semestre, lo que evidencia una mejora significativa en la disponibilidad operativa de los equipos.

El costo total del PMP fue de S/ 30,680.00, desglosado en S/ 24,425.00 por concepto de mano de obra (operarios y técnicos de mantenimiento), y S/ 6,255.00 por materiales e insumos utilizados durante las actividades preventivas. Este gasto representa la inversión necesaria para garantizar la conservación y buen funcionamiento de los equipos críticos.

Al calcular el Beneficio/ costo (B/C), se obtuvo el siguiente resultado:

$$B/C = 85,519.35 / 30,680.00 = 2.788$$

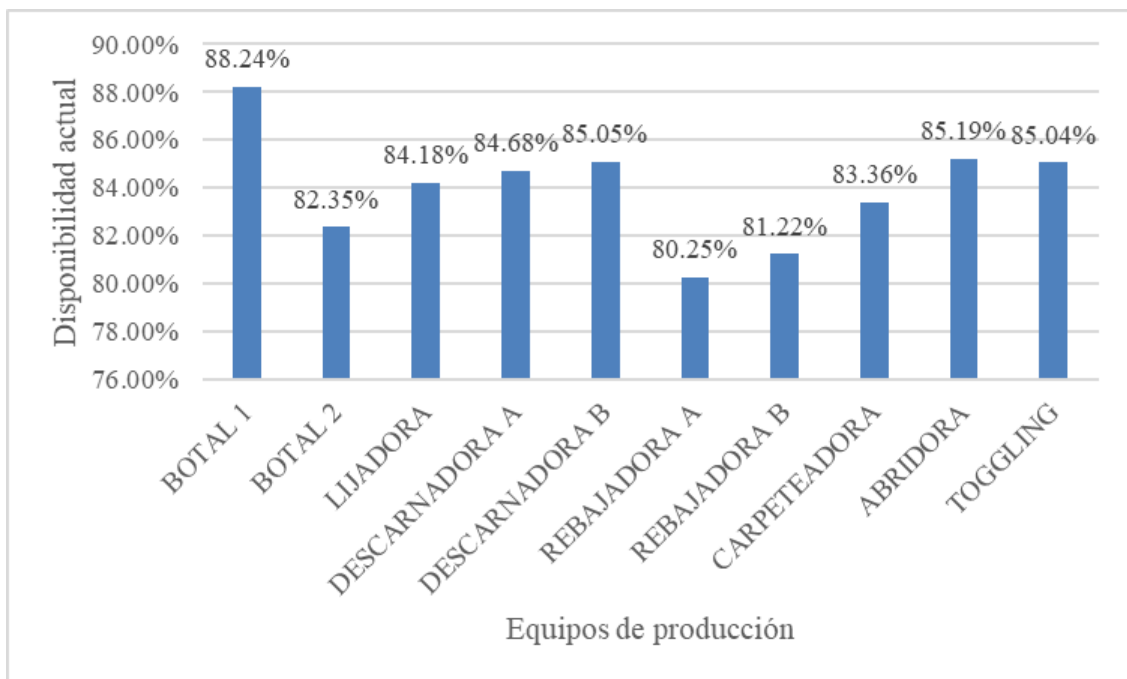
Este valor indica que por cada sol invertido en el PMP, la empresa recuperó S/ 2.79, lo que demuestra una alta rentabilidad del proyecto y justifica plenamente su implementación. Además del beneficio económico, este plan contribuyó a una mayor eficiencia operativa, menor carga de trabajo correctivo y una mejora sustancial en la confiabilidad de los activos productivos.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

1. El diagnóstico evidenció que la baja disponibilidad de los equipos estaba relacionada con 3 causas principales: Falta de mantenimiento preventivo en los equipos, inadecuada gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos y la falta de capacitación al personal de mantenimiento. Cabe mencionar que la disponibilidad inicial fue de 83.96%, lo que indica que, durante el período analizado, los equipos estuvieron operativos la mayor parte del tiempo.

**Figura 16**

*Disponibilidad actual de los equipos*



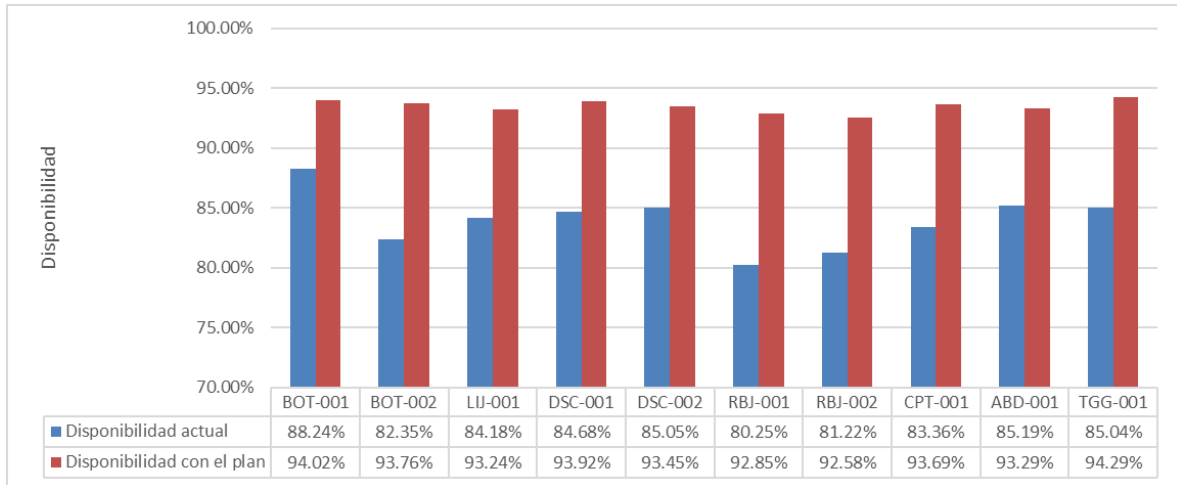
2. El PMP se diseñó con base en los problemas identificados y se implementó mediante un programa estructurado que incluyó inspecciones periódicas, calendarios de mantenimiento, lubricación de equipos, ajustes y sustituciones de componentes. Para mejorar la gestión documental, se implementaron formatos estandarizados para registrar órdenes de trabajo, reportes de inspección y control de fallas. Adicionalmente, se llevó a cabo un programa de

capacitación para los colaboradores de mantenimiento y producción, con sesiones teóricas y prácticas orientadas a mejorar sus competencias en la detección y solución de fallas.

- Tras la implementación del plan, la disponibilidad promedio de los equipos aumentó de 83.96% a 93.51%, reflejando una mejora sustancial en la operatividad de la maquinaria. Se evidenció un incremento del MTBF, lo que significa que los equipos operaban más tiempo sin presentar fallas. Por ejemplo, la Abridora pasó de 123.3 h a 338 h antes de fallar, reduciendo la frecuencia de interrupciones. Asimismo, el MTTR disminuyó de 20.42 h a 18.44 h, lo que indica que las intervenciones de mantenimiento fueron más rápidas y eficientes. La cantidad de fallas se redujo significativamente de 89 a 39 paradas, representando una disminución del 56.2% en las interrupciones.

**Figura 17**

*Incremento de la disponibilidad de los equipos*

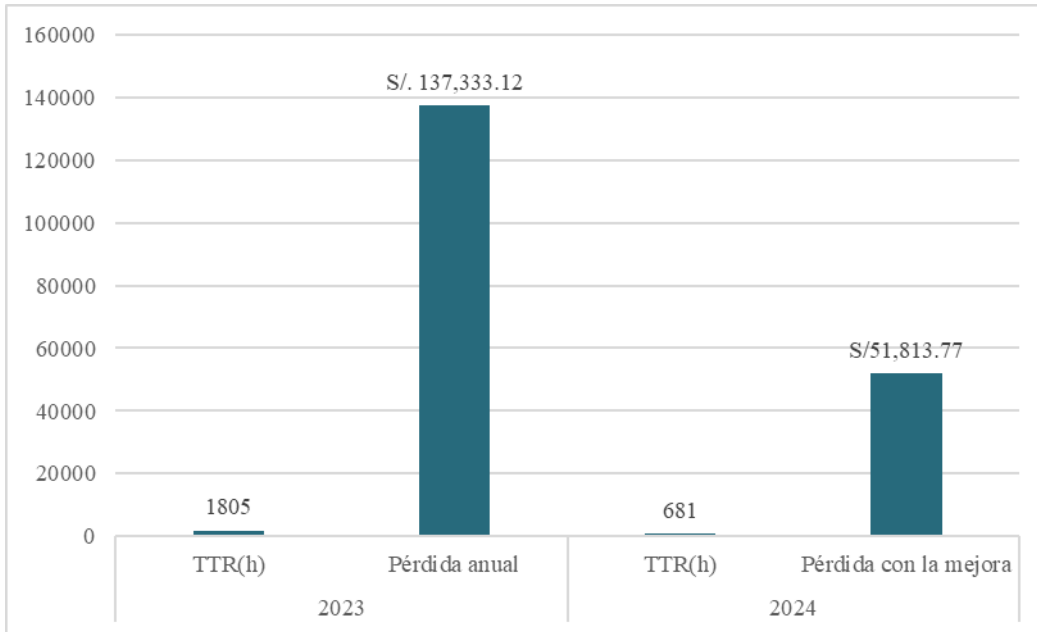


El costo total del PMP fue de S/ 30,680.00, mientras que el beneficio semestral obtenido por la reducción de paradas operativas fue de S/ 85,519.35. Esto genera un indicador Costo–Beneficio (C/B) de 2.788, lo que indica que por cada sol invertido en mantenimiento, se recuperaron S/ 2.79 en beneficios. Este resultado evidencia la alta rentabilidad de la

implementación del plan, destacando la eficiencia en la gestión del mantenimiento preventivo aplicado.

**Figura 18**

*Beneficio con las mejoras*



## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

El diagnóstico realizado permitió identificar que la falta de mantenimiento preventivo y la inadecuada gestión de la documentación eran las principales causas de la baja disponibilidad de los equipos. Además, la capacitación insuficiente del personal de mantenimiento y la mala administración del stock de repuestos agravaban la situación. Estos hallazgos indicaron la necesidad de implementar un plan estructurado de mantenimiento preventivo que incluyera la normalización de procesos, gestión eficiente de repuestos y formación del personal.

La implementación del PMP en los equipos de la curtiembre permitió establecer un enfoque sistemático y organizado para reducir las fallas imprevistas. La creación de formatos estandarizados mejoró la trazabilidad de las intervenciones, facilitando el análisis de datos históricos. La capacitación del personal reforzó sus habilidades técnicas y disminuyó la dependencia de servicios externos. Como resultado, la empresa logró optimizar sus tiempos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad de los equipos.

La implementación del PMP en la curtiembre logró una mejora significativa en la disponibilidad de los equipos, aumentando del 83.96% al 93.51%, lo que refleja una mayor continuidad operativa y menor tiempo de inactividad.

### Coherencia

El diagnóstico identificó que la baja disponibilidad de los equipos se debía a la ausencia de mantenimiento preventivo, mala gestión documental y falta de capacitación. Estas causas fueron abordadas directamente en la propuesta mediante un plan estructurado, confirmando una conexión coherente entre el análisis del problema y las acciones ejecutadas.

El aumento de la disponibilidad de los equipos del 83.96% al 93.51% evidenció que se cumplieron los objetivos planteados. También se logró reducir el número de fallas correctivas y los tiempos de reparación, lo cual validó la efectividad del plan implementado.

El uso de herramientas como el diagrama de Ishikawa, Pareto, MTBF y MTTR permitió mantener una línea técnica y sistemática en todo el proceso. Esto aseguró que la propuesta no solo respondiera a una necesidad real, sino que también se fundamentara en una metodología cuantitativa coherente.

### **Lecciones aprendidas**

Una de las lecciones más significativas fue constatar que una planificación adecuada del mantenimiento preventivo no solo reduce la ocurrencia de fallas, sino que también incrementa la vida útil de los equipos. En el caso de la curtiembre Rolemt E.I.R.L., implementar este tipo de mantenimiento permitió mejorar la disponibilidad de los equipos, minimizar paradas imprevistas y garantizar la continuidad del proceso productivo. Esto evidenció que la prevención es más eficiente y económica que la corrección.

Se aprendió que contar con un equipo capacitado permite una mejor ejecución de las tareas de mantenimiento, así como una respuesta más rápida y eficiente frente a cualquier eventualidad. En la experiencia vivida, se observó que, al brindar lineamientos claros y capacitar al personal en la correcta aplicación de las rutinas de mantenimiento, se fortaleció su compromiso, se redujo la improvisación y se elevó la calidad del trabajo realizado.

Otro aprendizaje clave fue entender que un sistema de registros bien estructurado con fichas técnicas, cronogramas, formatos de mantenimiento y reportes de fallas, facilita la trazabilidad de las actividades, permite una mejor toma de decisiones y brinda evidencia tangible de la gestión realizada. Esta documentación se convirtió en una herramienta fundamental para realizar análisis, detectar patrones de fallas y programar intervenciones

oportunas, demostrando que la información técnica es tan valiosa como la acción operativa misma.

### **Recomendaciones**

Se recomienda establecer un sistema digitalizado de control de stock para los repuestos y materiales de mantenimiento. Esto evitaría retrasos en las reparaciones y aseguraría la disponibilidad inmediata de los componentes críticos, reduciendo tiempos de inactividad en los equipos.

Se recomienda implementar un Software de Gestión de Mantenimiento, ya que aunque Excel ha sido útil en la planificación inicial del mantenimiento, migrar a un sistema permitiría un mejor seguimiento en tiempo real de las actividades, facilitando la programación automática de intervenciones y optimizando la gestión documental.

Se recomienda continuar con programas de formación para el personal de mantenimiento y producción, enfocándose en diagnóstico avanzado de fallas, mantenimiento predictivo y buenas prácticas operativas, para mejorar la eficiencia en la detección y solución de problemas.

Se recomienda realizar auditorías trimestrales que evalúen la efectividad del programa, identificando áreas de mejora y ajustando las estrategias según los datos obtenidos de los indicadores de desempeño (MTBF, MTTR y disponibilidad).

Se recomienda incorporar en la gestión del mantenimiento otras técnicas y herramientas como análisis de vibraciones, termografía y ultrasonido permitiría detectar fallas incipientes antes de que ocurran, mejorando aún más la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Esto permitirá reducir aún más los costos de mantenimiento correctivo y prolongaría la vida útil de los equipos de producción de la curtiembre.

### **Competencias**

A lo largo del proyecto se desarrolló la capacidad de aplicar conocimientos adquiridos en el ámbito académico a una situación real de empresa. Desde el diagnóstico inicial hasta la propuesta y ejecución del PMP, se integraron conceptos de ingeniería de mantenimiento, planificación de recursos, análisis de criticidad y evaluación de resultados. Esta experiencia permitió validar la utilidad práctica de las herramientas teóricas, fortaleciendo la competencia para resolver problemas técnicos con enfoque profesional.

El desarrollo del proyecto requirió de la coordinación constante con diferentes áreas de la empresa, incluyendo operarios, personal de mantenimiento y jefaturas. Esto permitió consolidar habilidades de comunicación, negociación y liderazgo, esenciales para alinear esfuerzos y lograr que el PMP se aplique de manera uniforme y eficiente. Asimismo, se cultivó la empatía y el respeto por el conocimiento práctico de los técnicos de planta, reconociendo el valor del trabajo colaborativo en entornos productivos.

El seguimiento de indicadores como el MTBF, MTTR y el porcentaje de disponibilidad permitió adquirir una visión analítica de la gestión del mantenimiento. Esta experiencia fortaleció la capacidad para interpretar datos, identificar causas raíz de fallas, priorizar intervenciones y justificar técnicamente las acciones tomadas. Asimismo, se desarrolló un pensamiento estratégico orientado a la mejora continua, considerando tanto los recursos disponibles como el impacto operacional de las decisiones.

## REFERENCIAS

- Acevedo, D. (2021). *Medición y Control en la Gestión y Resultados*. (n.p.): Diofante Acevedo Gamboa.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Medici%C3%B3n\\_y\\_Control\\_en\\_la\\_Gesti%C3%B3n\\_y\\_Res/EeNDEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Medici%C3%B3n_y_Control_en_la_Gesti%C3%B3n_y_Res/EeNDEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- Acuña, J. (2022). *Ingeniería de confiabilidad*. Colombia: Instituto Tecnológico de Costa Rica.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Ingenier%C3%ADa\\_de\\_confiabilidad/Qy mbEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Ingenier%C3%ADa_de_confiabilidad/Qy mbEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- Batelić, J., Griparić, K., y Matika, D. (2021). Impact of Remediation-Based Maintenance on the Reliability of a Coal-Fired Power Plant Using Generalized Stochastic Petri Nets. *Energies*, 14(18), 5682. <https://doi.org/10.3390/en14185682>
- Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., & Rocha, M. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. *Tambara*, 14(84), 1212-1230. [https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA\\_FINAL-PDF.pdf](https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf)
- Byron, P. (2023). *Herramientas De Calidad Y Gestión De Procesos*. (n.p.): Clube de Autores.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Herramientas\\_De\\_Calidad\\_Y\\_Gesti%C3%B3n\\_De\\_Pr/7lfoEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Herramientas_De_Calidad_Y_Gesti%C3%B3n_De_Pr/7lfoEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51-59.  
<https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
- Cuatrecasas, L. (2020). *Manual de organización e ingeniería de la producción y gestión de operaciones*. Profit Editorial.

[https://www.google.com.pe/books/edition/Manual\\_de\\_organizaci%C3%B3n\\_e\\_ingenier%C3%ADa\\_de/u5NWEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Manual_de_organizaci%C3%B3n_e_ingenier%C3%ADa_de/u5NWEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)

Fala, J. (2022). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo programado para la empresa de lácteos Campo Fino de la ciudad de Salcedo utilizando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16222/1/25T00443.pdf>

Hernández, P., y Terrones, L. (2022). *Reducción del costo integral de mantenimiento mediante implementación del mantenimiento preventivo en la empresa Inversiones Pesqueras Liguria S.A.C, Chimbote – 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/121548>

Laisequilla, I. (2024). *Fundamentos de la ingeniería industrial: Ingeniería, manufactura, métodos, calidad, estadística, cadena de suministro* [Libro virtual]. IL Publishing House. [https://www.google.com.pe/books/edition/Fundamentos\\_de\\_la\\_Ingenier%C3%ADa\\_Industrial/pTMxEQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Fundamentos_de_la_Ingenier%C3%ADa_Industrial/pTMxEQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)

Li, L., & Zhou, M. (2022). *Sustainable Manufacturing Systems: An Energy Perspective*. Reino Unido: Wiley. [https://www.google.com.pe/books/edition/Sustainable\\_Manufacturing\\_Systems\\_An\\_Ene/k9-WEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Sustainable_Manufacturing_Systems_An_Ene/k9-WEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)

Linares, L. (2023). *Diseño del plan de mantenimiento preventivo de los vehículos en operación para la empresa SERVITRANSQUAMAL S.A.S*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio USTA. <http://hdl.handle.net/11634/54320>

Martínez, F. (2024). Sistema de gestión de mantenimiento. *Ingeniería Agrícola*, 14 (2) . <https://www.redalyc.org/journal/5862/586279094010/html/>

- Martínez, M., y Morales, J. (2022). *Lean Seis Sigma para la mejora de procesos*. España: Universidad Miguel Hernández.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Lean\\_Seis\\_Sigma\\_para\\_la\\_mejora\\_de\\_proces/jKVYEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Lean_Seis_Sigma_para_la_mejora_de_proces/jKVYEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- Medina, R., (2022). Tipos de mantenimiento en las unidades de medición de producción de pozos petroleros. *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*, 6(21),37-49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=621972217002>
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. Alpha Editorial.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento\\_planeaci%C3%B3n\\_ejecuci%C3%B3n\\_y\\_c/TYc3DQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento_planeaci%C3%B3n_ejecuci%C3%B3n_y_c/TYc3DQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Morales, A. (2023). *Propuesta de un plan de mantenimiento para la flota de soporte de una empresa minera* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13031>
- Peñaloza, G. (2022). *Mantenimiento industrial aplicado*. Argentina: Imaginante editorial.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento\\_industrial\\_aplicado/POScEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Mantenimiento_industrial_aplicado/POScEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- Pertiwi, S., Hermawan, W., y Prahmawati, E. (2019). Maintenance Cost Reduction of Paddy Seed Production Machinery by Implementing Preventive Maintenance System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 557(1), 012075.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/557/1/012075>
- Quiroz, J., y Vega, M. (2022). Review lean manufacturing model of production management under the preventive maintenance approach to improve efficiency in plastics industry smes: A case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(2), 143-156.  
<https://doi.org/10.7166/33-2-2711>

- Quisintuña, F. (2023). *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria en el área de metalmecánica de la empresa Ecuatran S.A. de la ciudad de Ambato*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5e21ecc8-5935-45e2-a6ef-eb23b2ea4236/content>
- Rodríguez, E., Garza, R., y Gonzáles, C. (2023). Quantitative tools for maintenance planning for in-situ service entities. *Revista Científica "Visión de Futuro"*, 27(1), 117-140. <https://www.redalyc.org/journal/3579/357972230007/html/>
- Rojas, R., Huamán, H., Arauco, S., & Medina, D. (2021). Modelo de la calidad de propósitos articulados de programas de estudios universitarios. *Ingeniería Industrial*, 42(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362021000100003&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362021000100003&script=sci_arttext&tlng=en)
- Santiago, L., Nunes, B., Amaral, I., Conceição, M., Santos, A., y Oliveira, D. (2022). Proposta de plano de manutenção para um torno do laboratório de usinagem da Universidade de Brasília. *Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE*, 8(4), 132-152. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8664583>
- Sembiring, N., Panjaitan, N., y Angelita, S. (2018). Design of preventive maintenance system using the reliability engineering and maintenance value stream mapping methods in PT. XYZ. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/309/1/012128>
- Serpell, A. (2024). *Administración de operaciones de construcción*. Chile: Ediciones UC. [https://www.google.com.pe/books/edition/Administraci%C3%B3n\\_de\\_operaciones\\_de\\_constr/zfsGEQAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.pe/books/edition/Administraci%C3%B3n_de_operaciones_de_constr/zfsGEQAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- Sotomayor, G. D. S. (2018). Gestión de mantenimiento para reducir costos en el área de electromecánica en el hospital regional Lambayeque. *Revista Científica Ingeniería*

*Ciencia, Tecnología e Innovación*, 5(1), 71-81.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8587502>

Vavra, C. (2021). The maintenance function, like manufacturing itself, is a rapidly changing environment. *Plant Engineering*. <https://www.plantengineering.com/articles/the-maintenance-function-like-manufacturing-itself-is-a-rapidly-changing-environment/>

## **ANEXOS**

### Anexo 1: Encuesta

<b>ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN</b>																																																								
<b>Área</b> : Mantenimiento <b>Empresa:</b> : Curtiembre Rolemt E.I.R.L. <b>Problema</b> : Baja disponibilidad de los equipos																																																								
Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en el problema de la baja disponibilidad.																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="padding: 5px;">Valorización</th> <th style="padding: 5px;">Puntaje</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Alto</td> <td style="padding: 5px;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Medio</td> <td style="padding: 5px;">2</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Bajo</td> <td style="padding: 5px;">1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Nulo</td> <td style="padding: 5px;">0</td> </tr> </table>		Valorización	Puntaje	Alto	3	Medio	2	Bajo	1	Nulo	0																																													
Valorización	Puntaje																																																							
Alto	3																																																							
Medio	2																																																							
Bajo	1																																																							
Nulo	0																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">           EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD QUE AFECTEN A LA DISPONIBILIDAD:            CAUSA ( ) ALTO ( ) MEDIO ( ) BAJO         </td> </tr> </table>					EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD QUE AFECTEN A LA DISPONIBILIDAD: CAUSA ( ) ALTO ( ) MEDIO ( ) BAJO																																																			
EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD QUE AFECTEN A LA DISPONIBILIDAD: CAUSA ( ) ALTO ( ) MEDIO ( ) BAJO																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="padding: 5px;">Causa</th> <th rowspan="2" style="padding: 5px;">Preguntas con respecto a las principales causas</th> <th colspan="4" style="padding: 5px;">Calificación</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">Alto</th> <th style="padding: 5px;">Medio</th> <th style="padding: 5px;">Bajo</th> <th style="padding: 5px;">Nulo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Cr1</td> <td style="padding: 5px;">Inadecuado control del stock de repuestos</td> <td style="width: 40px;"></td> <td style="width: 40px;"></td> <td style="width: 40px;"></td> <td style="width: 40px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cr2</td> <td style="padding: 5px;">Inadecuada gestión de proveedores</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cr3</td> <td style="padding: 5px;">Inadecuada gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cr4</td> <td style="padding: 5px;">Falta de mantenimiento preventivo en los equipos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cr5</td> <td style="padding: 5px;">Falta de capacitación al personal de mantenimiento</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cr6</td> <td style="padding: 5px;">Falta de personal de mantenimiento</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cr7</td> <td style="padding: 5px;">Falta de orden y limpieza en el área de producción</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Causa	Preguntas con respecto a las principales causas	Calificación				Alto	Medio	Bajo	Nulo	Cr1	Inadecuado control del stock de repuestos					Cr2	Inadecuada gestión de proveedores					Cr3	Inadecuada gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos					Cr4	Falta de mantenimiento preventivo en los equipos					Cr5	Falta de capacitación al personal de mantenimiento					Cr6	Falta de personal de mantenimiento					Cr7	Falta de orden y limpieza en el área de producción								
Causa			Preguntas con respecto a las principales causas	Calificación																																																				
	Alto	Medio		Bajo	Nulo																																																			
Cr1	Inadecuado control del stock de repuestos																																																							
Cr2	Inadecuada gestión de proveedores																																																							
Cr3	Inadecuada gestión de la documentación de mantenimiento de los equipos																																																							
Cr4	Falta de mantenimiento preventivo en los equipos																																																							
Cr5	Falta de capacitación al personal de mantenimiento																																																							
Cr6	Falta de personal de mantenimiento																																																							
Cr7	Falta de orden y limpieza en el área de producción																																																							

**Anexo 2: Historial de fallas de los equipos de enero a junio del 2023**

<b>Código</b>	<b>Nombre de Maquinaria</b>	<b>Fecha de Falla</b>	<b>Descripción de la Falla</b>	<b>Causa Probable</b>	<b>Acción Correctiva</b>
BOT-001	Botal 1	05/01/2023	Ruido excesivo en el tambor	Desgaste de rodamientos	Cambio de rodamientos
BOT-001	Botal 1	18/02/2023	Vibraciones anormales	Desbalanceo del tambor	Alineación del tambor
BOT-001	Botal 1	02/03/2023	Filtración de líquido	Fisura en juntas	Sustitución de juntas
BOT-001	Botal 1	15/03/2023	Motor sobrecalentado	Falta de ventilación	Limpieza del sistema de refrigeración
BOT-001	Botal 1	05/04/2023	Correa rota	Desgaste por uso	Cambio de correa
BOT-001	Botal 1	20/04/2023	Pérdida de torque	Problema en el circuito eléctrico	Verificación de conexiones
BOT-001	Botal 1	10/05/2023	Ruidos anómalos en engranajes	Lubricación deficiente	Aplicación de lubricante
BOT-001	Botal 1	25/05/2023	Motor no arranca	Fallo en bobinas	Diagnóstico y rebobinado
BOT-002	Botal 2	10/01/2023	Motor sobrecalentado	Falta de ventilación	Limpieza del sistema
BOT-002	Botal 2	25/01/2023	Fugas hidráulicas	Mangueras deterioradas	Reemplazo de mangueras
BOT-002	Botal 2	08/02/2023	Golpeteo en tambor	Soportes desgastados	Cambio de soportes
BOT-002	Botal 2	22/02/2023	Ruido anormal	Engranajes dañados	Cambio de engranajes
BOT-002	Botal 2	10/03/2023	Falta de presión	Obstrucción en conductos	Limpieza y ajuste de presión
BOT-002	Botal 2	30/03/2023	Falla eléctrica	Fusibles quemados	Reemplazo de fusibles
BOT-002	Botal 2	12/04/2023	Motor no arranca	Placa de control fallida	Diagnóstico y reparación
BOT-002	Botal 2	22/04/2023	Vibración excesiva	Desbalanceo del tambor	Alineación
BOT-002	Botal 2	15/05/2023	Fuga de aceite	Sellos defectuosos	Reemplazo de sellos
BOT-002	Botal 2	30/05/2023	Pérdida de velocidad	Transmisión desgastada	Sustitución de correa y ajuste
BOT-002	Botal 2	18/06/2023	Sistema de seguridad fallando	Sensor dañado	Cambio de sensor
LIJ-001	Lijadora	12/01/2023	Pérdida de potencia	Motor con polvo acumulado	Limpieza del motor
LIJ-001	Lijadora	28/01/2023	Cinta desgastada	Uso prolongado	Reemplazo de cinta
LIJ-001	Lijadora	05/02/2023	Vibración excesiva	Desajuste en rodamientos	Ajuste de rodamientos
LIJ-001	Lijadora	20/02/2023	Motor sobrecalentado	Sobrecarga eléctrica	Verificación de voltaje
LIJ-001	Lijadora	02/03/2023	Falla en botón de encendido	Contactos sucios	Limpieza y ajuste
LIJ-001	Lijadora	25/03/2023	Fuga de polvo excesiva	Filtro obstruido	Limpieza del filtro
LIJ-001	Lijadora	10/04/2023	Ruidos anormales	Rodamiento dañado	Cambio de rodamiento
LIJ-001	Lijadora	28/04/2023	Falla en sensor de presión	Desgaste natural	Reemplazo de sensor

LIJ-001	Lijadora	14/05/2023	Mal funcionamiento del variador	Problema en cableado	Inspección y ajuste
LIJ-001	Lijadora	30/05/2023	Desgaste de disco lijador	Uso prolongado	Reemplazo del disco
DSC-001	Descarnadora A	15/01/2023	Desgaste de cuchillas	Uso excesivo	Cambio de cuchillas
DSC-001	Descarnadora A	01/02/2023	Motor con ruido anormal	Falta de lubricación	Aplicación de lubricante
DSC-001	Descarnadora A	10/02/2023	Vibración excesiva	Tornillos flojos	Apretar tornillos
DSC-001	Descarnadora A	25/02/2023	Mal corte de cuero	Desgaste de rodillos	Reemplazo de rodillos
DSC-001	Descarnadora A	10/03/2023	Motor sobrecalentado	Falta de ventilación	Limpieza del sistema
DSC-001	Descarnadora A	22/03/2023	Cuchillas desalineadas	Uso prolongado	Ajuste de cuchillas
DSC-001	Descarnadora A	10/04/2023	Paradas inesperadas	Problema eléctrico	Revisión de conexiones
DSC-001	Descarnadora A	28/04/2023	Falla en botón de emergencia	Contactos defectuosos	Reemplazo de botón
DSC-001	Descarnadora A	10/05/2023	Pérdida de velocidad	Desgaste en correa	Sustitución de correa
DSC-001	Descarnadora A	30/05/2023	Oxidación en la estructura	Alta humedad	Aplicación de anticorrosivo
DSC-002	Descarnadora B	08/01/2023	Ruido anormal en motor	Falta de lubricación	Aplicar lubricante
DSC-002	Descarnadora B	20/01/2023	Sobrecalentamiento	Ventilación obstruida	Limpieza del sistema
DSC-002	Descarnadora B	05/02/2023	Falla en transmisión	Correa desgastada	Cambio de correa
DSC-002	Descarnadora B	22/02/2023	Parada inesperada	Contactos sucios	Limpieza de conexiones
DSC-002	Descarnadora B	10/03/2023	Cuchillas desalineadas	Desgaste por uso	Ajuste de cuchillas
DSC-002	Descarnadora B	28/03/2023	Pérdida de potencia	Rodamientos dañados	Cambio de rodamientos
DSC-002	Descarnadora B	15/04/2023	Vibración excesiva	Desbalanceo de rodillos	Alineación de rodillos
DSC-002	Descarnadora B	30/05/2023	Interruptor defectuoso	Contactos sulfatados	Cambio de interruptor
RBJ-001	Rebajadora A	12/01/2023	No enciende	Problema en circuito	Diagnóstico eléctrico
RBJ-001	Rebajadora A	29/01/2023	Rebaje irregular	Cuchillas desgastadas	Cambio de cuchillas
RBJ-001	Rebajadora A	15/02/2023	Vibración excesiva	Desgaste de rodamientos	Cambio de rodamientos
RBJ-001	Rebajadora A	05/03/2023	Fuga de lubricante	Sellos defectuosos	Cambio de sellos
RBJ-001	Rebajadora A	25/03/2023	Motor sobrecalentado	Falta de ventilación	Limpieza del sistema
RBJ-001	Rebajadora A	12/04/2023	Ruido en transmisión	Engranajes desgastados	Cambio de engranajes
RBJ-001	Rebajadora A	28/04/2023	Sensor de seguridad fallando	Sensor defectuoso	Reemplazo de sensor
RBJ-001	Rebajadora A	20/05/2023	Mal ajuste en cuchillas	Holgura en fijaciones	Ajuste y fijación
RBJ-002	Rebajadora B	18/01/2023	Motor no enciende	Fusibles quemados	Reemplazo de fusibles
RBJ-002	Rebajadora B	05/02/2023	Rebaje inconsistente	Desgaste de cuchillas	Cambio de cuchillas
RBJ-002	Rebajadora B	22/02/2023	Vibración excesiva	Holgura en ejes	Ajuste y lubricación

RBJ-002	Rebajadora B	10/03/2023	Motor sobrecalentado	Falta de mantenimiento	Limpieza del sistema
RBJ-002	Rebajadora B	30/03/2023	Correa rota	Desgaste por uso	Cambio de correa
RBJ-002	Rebajadora B	12/04/2023	Parada inesperada	Problema en alimentación eléctrica	Revisión de conexiones
RBJ-002	Rebajadora B	25/04/2023	Ruidos anómalos en transmisión	Engranajes desgastados	Sustitución de engranajes
RBJ-002	Rebajadora B	10/05/2023	Fuga de lubricante	Sellos deteriorados	Cambio de sellos
RBJ-002	Rebajadora B	28/05/2023	Sensor de presión defectuoso	Fallo eléctrico	Cambio de sensor
RBJ-002	Rebajadora B	15/06/2023	Pérdida de velocidad	Problema en variador	Ajuste del variador
CPT-001	Carpeteadora	22/01/2023	Motor sobrecalentado	Ventilador obstruido	Limpieza del sistema
CPT-001	Carpeteadora	05/02/2023	Desajuste en rodillos	Tornillos flojos	Ajuste de tornillos
CPT-001	Carpeteadora	18/02/2023	Ruido excesivo	Falta de lubricación	Aplicación de lubricante
CPT-001	Carpeteadora	10/03/2023	Vibración anormal	Holgura en eje	Ajuste y alineación
CPT-001	Carpeteadora	25/03/2023	Sensor de temperatura fallando	Sensor defectuoso	Reemplazo de sensor
CPT-001	Carpeteadora	12/04/2023	Pérdida de presión en sistema	Obstrucción en conductos	Limpieza y ajuste
CPT-001	Carpeteadora	28/04/2023	Falla en transmisión	Correa desgastada	Cambio de correa
CPT-001	Carpeteadora	15/05/2023	Ruidos en engranajes	Engranajes desgastados	Sustitución de engranajes
CPT-001	Carpeteadora	30/05/2023	Interruptor dañado	Contactos oxidados	Cambio de interruptor
ABD-001	Abridora	08/01/2023	Pérdida de potencia	Problema en motor	Diagnóstico y ajuste
ABD-001	Abridora	25/01/2023	Falla en transmisión	Correa desgastada	Cambio de correa
ABD-001	Abridora	10/02/2023	Motor sobrecalentado	Falta de ventilación	Limpieza del sistema
ABD-001	Abridora	22/02/2023	Vibración excesiva	Rodamientos desgastados	Cambio de rodamientos
ABD-001	Abridora	05/03/2023	No enciende	Problema en circuitos	Diagnóstico eléctrico
ABD-001	Abridora	18/03/2023	Ruido en engranajes	Engranajes dañados	Cambio de engranajes
ABD-001	Abridora	10/04/2023	Sensor defectuoso	Falla eléctrica	Cambio de sensor
TGG-001	Toggling	12/01/2023	Pérdida de potencia	Obstrucción en sistema	Limpieza del sistema
TGG-001	Toggling	30/01/2023	Vibración excesiva	Holgura en engranajes	Ajuste de engranajes
TGG-001	Toggling	10/02/2023	Motor sobrecalentado	Falta de ventilación	Limpieza del sistema
TGG-001	Toggling	22/02/2023	Falla en transmisión	Correa desgastada	Cambio de correa
TGG-001	Toggling	05/03/2023	Fuga de aceite	Sellos defectuosos	Cambio de sellos
TGG-001	Toggling	18/03/2023	Sensor de presión fallando	Sensor defectuoso	Reemplazo de sensor
TGG-001	Toggling	28/04/2023	Ruidos anómalos en engranajes	Lubricación deficiente	Aplicación de lubricante
TGG-001	Toggling	10/05/2023	Parada inesperada	Fallo eléctrico	Diagnóstico y ajuste

## **Anexo 3: Procedimiento para el Cambio de Correas de Transmisión del Botal**

### **Procedimiento para el Cambio de Correas de Transmisión del Botal**

#### **1. Objetivo**

Establecer el procedimiento estandarizado para el cambio de correas de transmisión del Botal, asegurando su correcta instalación para evitar desgastes prematuros y garantizar el correcto funcionamiento del equipo.

#### **2. Responsables**

- **Técnico de mantenimiento (TM):** Responsable de la ejecución de la actividad.
- **Operario de producción (OP):** Apoya con la seguridad del área y verificación del equipo.

**3. Frecuencia:** Mensual (Cada 30 días).

#### **4. Materiales y herramientas necesarias**

- Llaves ajustables
- Destornillador
- Palanca
- Correas de transmisión nuevas
- Trapos de limpieza
- Lubricante para poleas (opcional)

#### **5. Procedimiento**

##### **5.1 Preparación del área y herramientas (1.85 min)**

- Asegurar que el equipo esté apagado y desconectado de la corriente.
- Señalizar el área de trabajo para evitar accidentes.
- Reunir herramientas y materiales necesarios para el proceso.
- Usar guantes y equipo de protección personal (EPP).

##### **5.2 Desmontaje de la cubierta protectora (2.85 min)**

- Desatornillar y retirar la cubierta que protege la correa.
- Limpiar la zona para evitar acumulación de polvo o residuos.

### 5.3 Aflojado de los tensores de la correa (4.45 min)

- Ubicar el tensor de la correa.
- Usar la llave ajustable para aflojar los pernos del sistema de transmisión.

### 5.4 Retiro de la correa antigua (2.5 min)

- Extraer la correa cuidadosamente deslizándola fuera de las poleas.
- Inspeccionar las poleas en busca de desgastes o daños.

### 5.5 Colocación de la nueva correa (2.95 min)

- Instalar la nueva correa, asegurándose de que esté bien alineada en las poleas.

### 5.6 Ajuste de los tensores (3.95 min)

- Ajustar el tensor para lograr la tensión adecuada.
- Apretar los pernos del sistema de tensión.

### 5.7 Verificación de la alineación y tensión (3.35 min)

- Girar manualmente el sistema para verificar que la correa esté bien colocada y sin desalineaciones.

### 5.8 Reinstalación de la cubierta protectora (2.85 min)

- Volver a colocar y asegurar la cubierta con sus respectivos tornillos.

### 5.9 Prueba de funcionamiento (2.5 min)

- Encender el equipo y observar su funcionamiento por 2 minutos.
- Revisar ruidos o vibraciones inusuales.

### 5.10 Limpieza del área de trabajo (2.4 min)

- Limpiar herramientas y eliminar residuos generados durante la actividad.

## 6. Tiempo total del procedimiento

- **30 minutos en total**, distribuidos en las subactividades mencionadas.

#### **Anexo 4: Estudio de tiempos para el cambio de correas de transmisión**

Para determinar el tiempo estándar del proceso de cambio de correas de transmisión del Botal, se llevó a cabo un estudio detallado mediante la metodología de medición de tiempos. Este proceso incluyó la observación directa de la tarea, la recopilación de tiempos de ejecución en diferentes mediciones y el cálculo del tiempo estándar con base en factores de rendimiento y suplementos.

##### **1. Observación y descomposición de la tarea**

El primer paso consistió en dividir el proceso en subactividades clave, asegurando que cada una pudiera medirse de forma precisa y repetible. Se identificaron diez etapas fundamentales, desde la preparación del área hasta la limpieza final del lugar de trabajo. Cada una de estas actividades fue cronometrada en múltiples ciclos de trabajo para obtener datos representativos.

##### **2. Toma de tiempos y cálculo del tiempo promedio**

Una vez desglosado el proceso, se realizaron múltiples mediciones utilizando un cronómetro. Se registraron los tiempos observados en al menos 20 repeticiones por cada subactividad, permitiendo calcular un tiempo promedio por tarea. Esta media refleja el tiempo típico que un operario capacitado requiere para completar cada actividad en condiciones normales de trabajo.

##### **3. Aplicación del factor de valoración**

Cada tiempo promedio fue ajustado mediante un factor de valoración del 100%, lo que indica que los trabajadores realizaron la tarea a un ritmo considerado normal. No se aplicaron correcciones por desempeño excepcionalmente rápido o lento, ya que el objetivo era medir un tiempo representativo y realista para operarios con experiencia.

##### **4. Determinación del tiempo básico**

El tiempo básico de cada actividad se obtuvo directamente del tiempo promedio, ya que no hubo ajustes por rendimiento. Esto garantiza que el estudio refleje el desempeño estándar sin sesgos.

#### 5. Aplicación de suplementos y cálculo del tiempo estándar

Para reflejar condiciones reales de trabajo, se agregaron suplementos del 9% al tiempo básico.

Este porcentaje se desglosa en:

4% por fatiga básica, considerando el esfuerzo físico y mental requerido.

5% por necesidades personales, permitiendo pequeñas pausas necesarias dentro de la jornada laboral.

Este estudio permite establecer un tiempo estándar confiable, asegurando una ejecución eficiente del mantenimiento y facilitando la programación del recurso humano y materiales necesarios para la tarea.

A continuación se presenta los calculo realizados:

N°	Elemento	Minutos										Tiempo Promedio (min)	Valoración (%)	Tiempo Básico (min)	Suplementos (min)	Tiempo Estándar (min)
		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10					
1	Preparación del área y herramientas	1.8	2	2	2	2	2	2	2	2	1.7	<b>1.73</b>	100%	1.73	0.15	<b>1.9</b>
2	Desmontaje de la cubierta protectora	2.8	3	3	3	3	3	3	3	3	2.7	<b>2.73</b>	100%	2.73	0.25	<b>3.0</b>
3	Aflojado de los tensores de la correa	4.3	4	4	4	4	4	4	4	4	4.1	<b>4.19</b>	100%	4.19	0.35	<b>4.5</b>
4	Retiro de la correa antigua	2.4	2	2	2	2	2	3	2	2	2.3	<b>2.33</b>	100%	2.33	0.2	<b>2.5</b>
5	Colocación de la nueva correa	2.9	3	3	3	3	3	3	3	3	2.8	<b>2.83</b>	100%	2.83	0.25	<b>3.1</b>
6	Ajuste de los tensores	3.8	4	4	4	4	4	4	4	4	3.6	<b>3.69</b>	100%	3.69	0.35	<b>4.0</b>
7	Verificación de la alineación y tensión	3.3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.2	<b>3.27</b>	100%	3.27	0.25	<b>3.5</b>
8	Reinstalación de la cubierta protectora	2.8	3	3	3	3	3	3	3	3	2.7	<b>2.73</b>	100%	2.73	0.25	<b>3.0</b>
9	Prueba de funcionamiento	2.4	2	2	2	2	2	3	2	2	2.3	<b>2.33</b>	100%	2.33	0.2	<b>2.5</b>
10	Limpieza del área de trabajo	2.3	2	2	2	2	2	2	2	2	2.2	<b>2.23</b>	100%	2.23	0.2	<b>2.4</b>
<b>TOTAL</b>												28.06		28.06		30.0

## **Anexo 5: Procedimiento para el engrase de la Descarnadora**

### **Procedimiento para el Engrase de la Descarnadora**

#### **1. Objetivo**

Establecer un procedimiento estandarizado para el engrase de la descarnadora, asegurando su correcto funcionamiento y prolongando su vida útil.

#### **2. Responsables**

- **Técnico de mantenimiento (TM):** Encargado de realizar el engrase del equipo y verificar su correcto estado.
- **Operario de producción (OP):** Apoya en la seguridad del área y reporta anomalías.

#### **3. Frecuencia**

- Semanalmente (Cada 7 días).

#### **4. Materiales y Herramientas Necesarias**

- Grasa industrial
- Engrasadora manual o automática
- Trapos de limpieza
- Guantes de seguridad
- Lentes de seguridad

#### **5. Procedimiento**

##### **1. Preparación del área y herramientas (3 min)**

- Apagar el equipo y desconectarlo de la corriente.
- Señalizar la zona de trabajo para evitar accidentes.
- Reunir las herramientas y materiales necesarios.

## **2. Acceso a los puntos de engrase (4 min)**

- Retirar la cubierta protectora del equipo si es necesario.
- Identificar los puntos de engrase en la parte interna y externa del equipo.

## **3. Aplicación de la grasa en los puntos internos (7 min)**

- Usar la engrasadora para aplicar la cantidad adecuada de grasa en los componentes internos.
- Girar manualmente el mecanismo para asegurar la distribución del lubricante.
- Limpiar residuos de grasa en exceso.

## **4. Aplicación de la grasa en los puntos externos (6 min)**

- Aplicar grasa en los rodamientos y demás puntos de fricción externos.
- Verificar que todos los puntos críticos reciban lubricación adecuada.

## **5. Revisión y ajuste final (3 min)**

- Inspeccionar visualmente las piezas lubricadas.
- Reinstalar la cubierta protectora si fue retirada.
- Desechar residuos y limpiar el área de trabajo.

## **6. Prueba de funcionamiento (2 min)**

- Encender la descarnadora y observar su desempeño.

- Escuchar posibles ruidos inusuales que indiquen falta de lubricación en alguna parte.

#### **6. Tiempo total del procedimiento**

- **25 minutos en total**, distribuidos en las subactividades mencionadas.

### Anexo 6. Estudio de tiempos del Engrase de la Descarnadora

N°	Elemento	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	Tiempo Promedio (min)	Valoración (%)	Tiempo Básico (min)	Suplementos (min)	Tiempo Estándar (min)
1	Preparación del área y herramientas	3.2	3.1	3.3	3	3.1	3.2	3.1	3.3	3	3.2	3.15	100	3.15	0.28	3
2	Acceso a los puntos de engrase	3.9	3.8	3.7	4	3.9	4.1	4	4	4.3	4.1	3.98	100	3.98	0.36	4
3	Aplicación de la grasa en los puntos internos	6.03	5.95	5.93	6.13	5.98	5.93	6.13	5.03	6.03	7	6.01	100	6.01	0.54	7
4	Aplicación de la grasa en los puntos externos	5.25	5.35	5.35	5.2	5.25	5.25	5.05	5.15	5.05	6.1	5.30	100	5.30	0.48	6
5	Revisión y ajuste final	2.45	2.25	2.35	2.45	2.25	2.45	2.45	2.55	2.45	3	2.47	100	2.47	0.22	3
6	Prueba de funcionamiento	2	1.9	2	2.1	2	1.9	2.1	2.1	1.9	2.1	2.01	100	2.01	0.18	2
TOTAL	Tiempo total del proceso											22.9				25