



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

“Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo en base a Auditoría en
curtiembre Piel Trujillo SAC para aumentar Disponibilidad, Confiabilidad y
Mantenibilidad de equipos y reducir Costos de Fallas”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

MORALES LUJAN OSWALDO YANPIER

ASESOR:

PAREDES ROSARIO, RAÚL ROSALÍ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO

TRUJILLO – PERÚ

2019

PÁGINA DEL JURADO

“Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo en base a Auditoría en curtiembre Piel Trujillo SAC para aumentar Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad de equipos y reducir Costos de Fallas”

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. FELIPE DE LA ROSA
BOCANEGRA
(SECRETARIO)

Mg. RAÚL PAREDES ROSARIO
(VOCAL)

ING. ALEX TEJEDA PONCE
(PRESIDENTE)

DEDICATORIA

Esta tesis le dedico A Dios quien ha estado guiándome, apoyándome cuando más lo necesitamos en toda mi vida cuidándome a mi familia y a mí.

También quiero agradecer a las personas más importantes que Dios me otorgo a mi **Madre, Padre y Hermanos** por todo el apoyo, cariño, comprensión, confianza y amor depositada, para alcanzar esta primer meta propuesta y con espero contar con el apoyo de ustedes para alcanzar las siguientes metas que me proponga la vida.

AGRADECIMIENTO

Cada meta alcanzada es gracias a la ayuda de mi **Madre: Enma Lujan Merino**, a lo largo de toda mi vida y en esta trayectoria académica, por sus consejos su apoyo absoluto por su preocupación siempre a la vanguardia de mis acciones para cumplir todas mis metas.

A mi **Padre y Hermanos** por todo su apoyo en lo largo de esta trayectoria académica, esto me ayudo a poder seguir adelante.

A mis compañeros de pre-grado, Raúl, Fernando, Deybi, Javier y Edu, les doy las gracias por compartir su amistad en las buenas y malas a lo largo de nuestra trayectoria académica.

A mi asesor especialista, **Ing. Raúl Paredes**, por siempre brindar sus valiosos conocimientos los cuales me ayudaron a culminado con éxito mi trabajo de grado, me hubiese gustado compartir y aprender más de Usted, porque de verdad es un gran profesional le deseo muchos éxitos en sus logros.

A todos los profesores de la Universidad Cesar Vallejo, Por su ayuda, confianza, paciencia, estímulo y calidad profesional, me guíen la realización de mi trabajo de investigación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Oswaldo Yanpier Morales Lujan con DNI N° 74576351, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, del 2019.

Oswaldo Yanpier Morales Lujan

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo en base a Auditoría en curtiembre Piel Trujillo SAC para aumentar Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad de equipos y reducir Costos de Fallas”.

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

El Autor (Morales Lujan Oswaldo Yanpier)

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	IV
PRESENTACIÓN	V
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Trabajos previos	2
1.3. Teorías Relacionadas al Tema	5
1.3.1. Mantenimiento	5
1.3.2. Gestión de Mantenimiento.....	6
1.3.3. Modelo de Gestión de Mantenimiento	6
1.3.4. Evaluación de la Gestión del Mantenimiento	7
1.3.5. Indicadores de Mantenimiento.....	8
1.3.6. Auditoría de Mantenimiento	10
1.3.7. Análisis de Criticidad	13
1.3.8. Costo de Mantenimiento.....	17
1.4. Formulación del problema	18
1.5. Justificación del estudio.....	18
1.6. Hipótesis.....	19
1.7. Objetivos	19
II. MÉTODO.....	20
2.1. Diseño de investigación.....	20
2.2. Variables	21
2.3. Operacionalización de variables	22
2.4. Población y Muestra	23
2.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	25
2.6. Métodos de Análisis de Datos.....	25
III. RESULTADOS.....	26
3.1. Auditoría de la Empresa	26
3.1.1. Datos Generales de la Planta	26
3.2. Análisis de Criticidad	47
3.3. Plan de Gestión de Mantenimiento	51
3.3.1. Codificación de Máquinas.....	51
3.3.2. Lista de Historial de Fallas de las Máquinas.	52

3.3.3.	Plan de mantenimiento	54
3.3.4.	Programación de Mantenimiento	61
3.3.5.	Gestión de Recursos Personal de Mantenimiento	65
3.3.6.	Gestión de Documentación de trabajo	67
3.3.7.	Gestión de almacén.....	69
3.4.	Estimación de los nuevos indicadores de mantenimiento.	70
3.5.	Análisis financiero.....	73
IV.	DISCUSIÓN	76
V.	CONCLUSIÓN.....	78
VI.	RECOMENDACIONES	80
VII.	REFERENCIAS.....	81
	ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Modelo Gestión de Mantenimiento.....	7
Figura 2	Relación entre disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad	8
Figura 3	Tiempos y demás convenciones que se usan en la medición C.M.D.	9
Figura 4	Matriz de criticidad.....	17
Figura 5	Diagrama de Procesos de Producción	28
Figura 6	Organigrama del área de mantenimiento	31
Figura 7	Diagrama de flujo de mantenimiento actual de la empresa	35
Figura 8	Matriz de criticidad	48
Figura 9	Formato para codificar para Equipos	51
Figura 10	Organigrama Propuesto del área de mantenimiento	65
Figura 11	Diagrama de flujo de mantenimiento.....	66
Figura 12	Hoja de Orden de trabajo.....	68
Figura 13	Indicadores de mantenimiento actual de la Máq. Descarnadora	70
Figura 14	Indicadores Estimados de mantenimiento de la Máq. Descarnadora	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de los indicadores de mantenimiento actuales y los esperados	2
Tabla 2 Resultados Gestión de mantenimiento.....	3
Tabla 3 valores de referencia del índice de conformidad	13
Tabla 4 Frecuencia de falla.....	15
Tabla 5 Impacto operacional.....	15
Tabla 6 Flexibilidad operacional.....	16
Tabla 7 Costo de mantenimiento	16
Tabla 8 Impacto de seguridad y medio ambiente.....	16
Tabla 9 Estado de las máquinas de la empresa.....	27
Tabla 10 Tiempo de programado de producción de las Máquinas	29
Tabla 11 Lista de Herramientas	33
Tabla 12 Frecuencia de falla y tiempo de reparación de las máquinas	36
Tabla 13 Resultados de la Disponibilidad de las Máquinas.....	38
Tabla 14 Resultados de la Confiabilidad de las Máquinas	40
Tabla 15 Resultados de la Mantenibilidad.....	42
Tabla 16 Gastos de Mantenimiento del 2016.....	43
Tabla 17 Costos por Lucro Cesante.....	45
Tabla 18 Índice de conformidad.....	47
Tabla 19 Análisis de criticidad Máquinas Críticas	48
Tabla 20 Selección del tipo de mantenimiento las Máquinas	50
Tabla 21 Selección de códigos para las áreas de la empresa.....	51
Tabla 22 Selección de códigos para las máquinas de la empresa	52
Tabla 23 Codificación a las máquinas de la empresa	52
Tabla 24 Historial de fallas de las máquinas Críticas	53
Tabla 25 Plan de mantenimiento las máquinas.....	55
Tabla 26 Programación del mantenimiento para el año 2018	62
Tabla 27 Persona de mantenimiento	65
Tabla 28 Repuestos para máquinas críticas	69
Tabla 29 Insumos para las Máquinas Críticas.....	69
Tabla 30 indicadores actuales de las Máquinas Críticas.....	70
Tabla 31 Indicadores actuales de las Máquinas Críticas.....	72
Tabla 32 Inversión del plan de gestión.....	73
Tabla 33 Financiamiento bancario	74
Tabla 34 Plan de pagos del financiamiento.....	74
Tabla 35 Flujo de caja neto de la inversión.....	75

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo principal proponer un Plan de Gestión de Mantenimiento preventivo para las máquinas de la curtiembre Piel Trujillo SAC, teniendo como muestra de estudio a las Máquinas críticas de la empresa. Se inició con la auditoría de mantenimiento donde se halló el estado la gestión actual, el valor de los indicadores y el costo anual de S/ 123699.155 en mantenimiento. Luego de ellos se realizó un análisis de criticidad donde se determinaron 9 máquinas críticas para el estudio por consiguiente se procedió con el plan de gestión de mantenimiento donde se recogieron lista de fallas para luego analizar cuáles son las posibles causas para la elaboración del plan de mantenimiento en donde se detallaron mejoras y tareas de mantenimiento para controlar las fallas as cuales se realizó su programación para el año 2018. Se propuso registro de información en donde se presentó un formato de Orden de Trabajo además de una lista de repuestos e insumos a tener en almacén. Luego se estimó los nuevos indicadores de mantenimiento para las 9 máquinas Críticas dando como resultado un incremento de 10% de disponibilidad, 18% de confiabilidad, 16% en mantenibilidad, y una reducción en el tiempo de reparación de 16 a 24 horas con lo cual estos valores demostraron que el estudio realizado es aceptable. Además, se realizó un análisis financiero que dio como resultado VAN = S/ 76,396, retorno de inversión 1.21 años lo demuestra una factibilidad económica para esta investigación.

Palabras claves: Gestión de mantenimiento, Curtiembre, Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad.

Abstrac

The main objective of this research was to propose a preventive maintenance management plan for the Piel Trujillo SAC tannery machines, taking as a sample the Critical machines of the company. It began with the maintenance audit where the current management status, the value of the indicators and the annual cost of S / 123699.155 in maintenance were found. After them, a Criticality analysis was carried out, where 9 Critical machines were determined for the study. Therefore, the maintenance management plan was drawn up where the list of failures was collected and then analyzed what are the possible causes for the preparation of the maintenance plan where improvements and maintenance tasks were detailed to control the failures, which were programmed for 2018. It was proposed to record information where a Work Order format was presented as well as a list of spare parts and supplies to be had in warehouse. Then the new maintenance indicators for the 9 Critical machines were estimated, resulting in a 10% increase in availability, 18% reliability, 16% in maintainability, and a reduction in repair time from 16 to 24 hours. these values showed that the study carried out is acceptable. In addition, a financial analysis was carried out that resulted in NPV = S / 76,396, return on investment of 1.21 years, demonstrated by an economic feasibility for this investigation.

Key words: Maintenance Management, Tannery, Availability, Reliability and Maintainability.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En el Perú existen varias empresas nacionales dedicadas a diversos rubros, las cuales trabajan a diario de manera empírica sin la más mínima precaución en el estado de sus equipos industriales. Por ello no cuentan con una óptima gestión de mantenimiento de sus equipos industrial el cual es muy crucial para responder a la alta competitividad del mercado y prologar la vida de sus equipos, y así evitar paradas imprevistas que perjudican los equipos y la economía de una empresa.

La curtiembre PIEL TRUJILLO S.A.C. dedicada al curtido, adobo y teñido de cuero de pieles vacuno no cuentan con un plan de mantenimiento, debido a que tienen muy poca coordinación con esta área y los muchos años que tienen los equipos, por ese motivo se producen paradas de producción imprevistas los cuales tienen un costo de reparación de que ascienden a S/. 101,774.34 anuales aproximadamente.

La curtiembre cuenta con 41 equipos industriales operativas y además 5 máquinas que no están operativas debido a desperfectos. Asimismo, no se tiene conocimiento de los indicadores de mantenimiento como disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los mismos, debido a la poca importancia que le prestan y esto ocurre con la mayoría de empresas nacionales.

Por ello es necesario proponer un plan de gestión de mantenimiento preventivo, en el cual se detallará un análisis de criticidad para hallar los equipos críticos para la producción de la empresa, debido a que no cuenta con uno.

1.2. Trabajos previos

En la tesis de Purizaca (2014), titulada “Diseño de Gestión del plan mantenimiento preventivo la Maquinaria de maestranza para reducir los costos de operación en la empresa azucarera Cartavio S.A.A.”, realizada en la universidad Cesar Vallejo para obtener el título de ingeniero mecánico, realizo un diseño de plan de mantenimiento preventivo para la Maquinaria, con la finalidad de reducir costos de operación, y establece tares de mantenimiento que garantice la disponibilidad y la confiabilidad de las máquinas, llegando a comparar los indicadores de mantenimiento y eficiencia actuales y la mejora obtenida:

Tabla 1 Comparación de los indicadores de mantenimiento actuales y los esperados

Indicadores y eficiencia	Condiciones actuales	Condiciones de mejora
TPPR	8 Hrs	2.4 Hrs
TPEF	57 Hrs	97.6 Hrs
Disponibilidad	87.69 %	97.6 %
Confiabilidad	71.7 %	82.4 %
Mantenibilidad	90.69 %	99.9 %
Eficiencia	57 %	80 %

Fuente: Purizaca (2014).

Donde podemos decir, que los resultados son satisfactorios y los esperados al aplicar el diseño de gestión del plan de mantenimiento preventivo, donde la mantenibilidad ha disminuido en 5.6 horas y el tiempo promedio entre fallas ha aumentado en 41 horas, la disponibilidad de las máquinas en 10%, la confiabilidad en 10.7%, la mantenibilidad porcentual en 9.2% para lograr la disminución de las 5.6 horas promedio para reparar y finalmente la eficiencia aumentada en un 23%.

En la tesis de Rodríguez (2012), titulada “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca”, realizada en la universidad privada del norte para obtener el título profesional de ingeniero industrial, Cajamarca.

Realizó una propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad a los equipos de minera de Cajamarca permitiendo lograr aumentar la disponibilidad en de estos mismos. Presentado los logros esperados en la propuesta de mejora que permitió la mejora de los indicadores de la gestión de mantenimiento, implantando las metas que vayan con a los requerimientos técnicos y de la gerencia:

Tabla 2 Resultados Gestión de mantenimiento

Indicador	Propuesto (con la mejora)
Disponibilidad	87.5 %
Mantenibilidad: MTTR	Entre 3 a 5 horas
% de variación de costo de mantenimiento	0%
Backlogs	>=90%

Fuente: Rodríguez (2012)

La propuesta presentada no es únicamente factible técnicamente sino económico, obteniendo los siguientes resultados

- VAN: El beneficio real de la inversión sería de \$ 15,402,040.02.
- TIR: Tasa de rentabilidad o % de ganancia del proyecto de 21.24% y es superior a 7% establecido (como inversión alternativa en fondos mutuos).
- IR: Por cada sol invertido se obtendría una ganancia de \$ 127.25.

En la tesis de Pesántez (2007), titulada “Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos de proceso productivo de una empresa empacadora de camarón”, realizada en la Escuela superior politécnica del Litoral para obtener el título de ingeniero industrial, Ecuador. Realizó un análisis determinando los equipos críticos de la empresa que los catalogo en dos grupos los cuales son:

Los importunan al proceso productivo

- 5 congeladores de placas.
- 2 túneles espirales.
- 4 túneles de congelación por aire forzado.
- 1 IQF Brine.

Los que afectan de manera indirecta

- 4 compresores de pistón marca Gram
- 5 compresor de tornillo marca Frick, Mycom y Gram
- 6 condensadores evaporativos marca Gram y Bac
- 2 estaciones de bombeo marca Gram y Frick.

En la tesis de Valdés (2009), titulada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast”, realizada en la universidad de Cartagena para obtener el título profesional de ingeniero mecánico, Cartagena. Realizó un plan de mantenimiento preventivo-predictivo en donde determina que ya obtenida la documentación y los equipos que contaba la empresa, se procede a la elaboración de dicho plan, donde se tuvo en cuenta toda esta información entregada por los proveedores, detallada en el manual; como la información extraída a los operarios de mantenimiento y producción. Ya creada el programa de mantenimiento se vio en la necesidad de crear conciencia y pedir la colaboración de cada operario con motivo de que las actividades de mantenimiento pre-establecidos se puedan llevar a cabo de una forma organizada, permitiendo garantizar el progreso del programa de mantenimiento.

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1. Mantenimiento

Este trabajo gira entorno a mantenimiento, el cual se define como un grupo de acciones o técnicas necesarias con la finalidad de mantener equipos e instalaciones industriales en funcionamiento por el mayor tiempo que sea posible (buscando la alta disponibilidad y alargando su vida útil) y con el máximo rendimiento de las mismas (García, 2012).

En la actualidad existe una variedad estrategias, metodologías, software y herramientas en general, que contribuye a que las labores de mantenimiento efectuadas sobre equipos, sean estos cada vez más eficaces.

1.3.1.1. Tipos de Mantenimiento

Mantenimiento Correctivo

Esta es la forma más básica de mantener un equipo y es definido por el conjunto de acciones seleccionadas para reparar los equipos que hayan sufrido defectos, el cual es notificado por el operario de este equipo al departamento de mantenimiento (García Garrido, 2003).

Mantenimiento Preventivo

Es el mantenimiento que se encarga conservar un equipos o instalación, mediante la programación de las revisiones y reparación en el momento más adecuado, que avale un buen funcionamiento continuo (García Garrido, 2003).

Mantenimiento Predictivo

Es un mantenimiento más tecnológico, puesto que utiliza medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos y técnicos. Es el que busca estar al tanto e informar continuamente de la situación y operatividad de las instalaciones o equipos por medio del conocimiento de los valores de señaladas variables como la temperatura, vibración, consumo de energía, etc. Donde su alteración es una advertencia de inconvenientes que puedan estar apareciendo (García Garrido, 2003).

1.3.2. Gestión de Mantenimiento

Según Mora (2009), nos plantea lo siguiente “En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos gestión y operación”. Donde gestión es referido su planeación y control, a diferencia que operación es la actividad física realizada por el área de mantenimiento.

La gestión de mantenimiento es definida como un conjunto de actividades clasificadas para guiar y controlar una organización de mantenimiento mediante una correcta política de mantenimiento establecida.

La gestión de mantenimiento tiene como responsabilidad de regular los activos de una organización, donde disminuyendo tiempos perdidos en las paradas y los costos que estos generan. Por este motivo, llevar una apropiada gestión de mantenimiento, favorece a aumentar la productividad, debido a que es de mucha importancia hacer un estudio aquellos aspectos que podrían perjudicarla (Gonzales Fernández, 2004).

Algunos análisis hechos a la gestión del mantenimiento para evaluar su efectividad, revelan que una tercera parte de todos los costos de mantenimiento son consecuencia de un mal manejo de la gestión.

1.3.3. Modelo de Gestión de Mantenimiento

Según Vivieros y stegmaier (2013) presentan una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento con una alineación de estrategia de ciclo de mejora continua, políticas e indicadores claves del negocio.

Este modelo nos describe de manera objetiva el cómo gestionar y la optimización de forma real y continua todos aquellos procesos que incumben con la planificación, programación y ejecución del mantenimiento. Donde cada etapa antecede a la siguiente, siendo el orden y el sentido de las actividades propuestas en el modelo (Vivieros y stegmaier 2013).

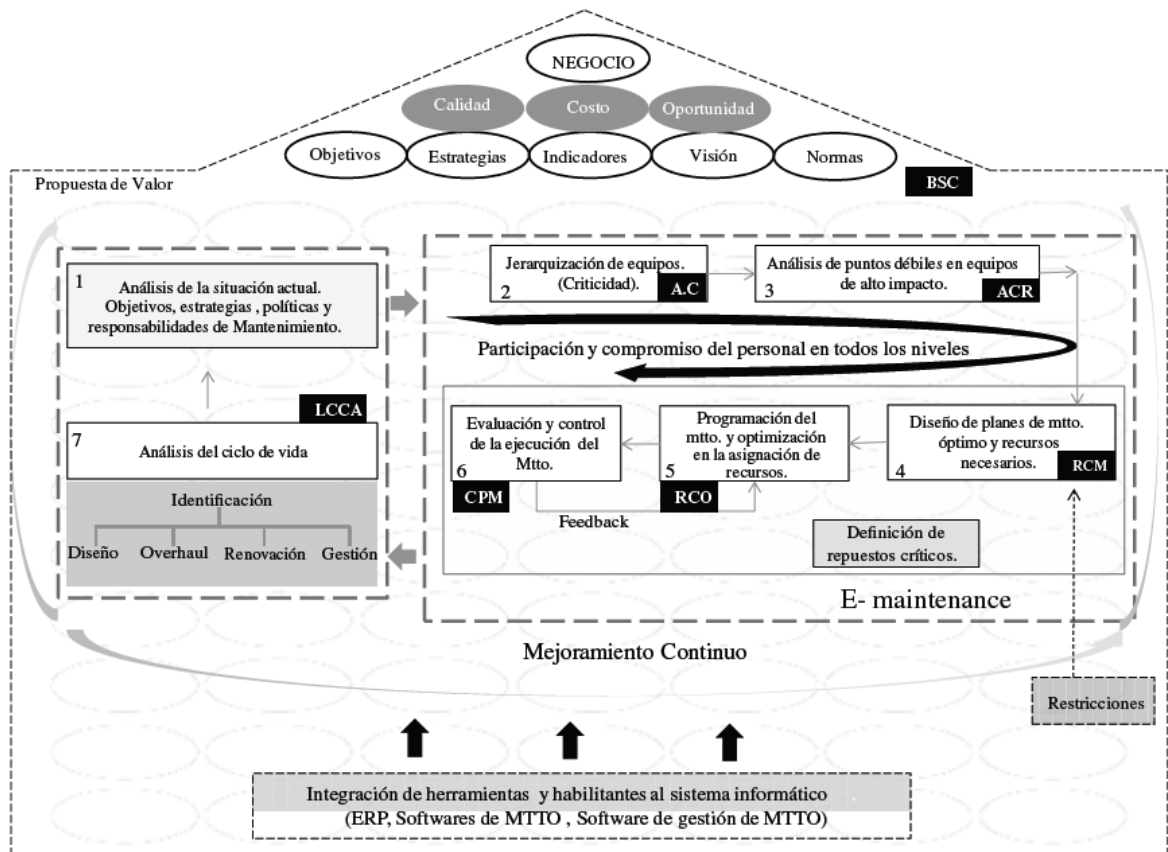


Figura 1 Modelo Gestión de Mantenimiento.

Fuente: Vivieros y Stegmaier (2013)

1.3.4. Evaluación de la Gestión del Mantenimiento

Para saber cuán efectiva es una gestión del mantenimiento de una organización, debe ser evaluada y medida mediante un estudio profundo con una extensa diversidad de elementos, que componen en la aportación del mantenimiento a los servicios proporcionados, pues no existen fórmulas sencillas, normas fijas o impasibles con validez para "medir" el mantenimiento de forma general; sobre esta temática, Larralde Ledo (1994) propone la existencia de diversas maneras de evaluar la gestión de mantenimiento aunque todas se podrían sintetizar en dos grupos:

- La medición cuantitativa a los resultados que inicia en el cálculo y evaluación de indicadores de mantenimiento.
- Evaluación del desarrollo mediante la inspección directa, primordialmente de auditorías, que habilitan la ejecución de una evaluación más cualitativa y por ende más flexible para la

adecuación, en resaltar los puntos más perjudiciales y los más beneficioso que se encuentren en una organización.

1.3.5. Indicadores de Mantenimiento

Según Hernández Cruz & Navarrete Pérez (2001), presentar a un indicador o índice como una medida cuantitativa a partir de cálculos, los cuales proveen la información sobre los factores críticos establecido en por la organización, procesos o las personas con relación a las apreciaciones de los interesados respecto a costo, calidad y plazos. Varios autores han aludido a los indicadores de mantenimiento en donde propusieron índices más generales y particulares en dependencia su objetivo.

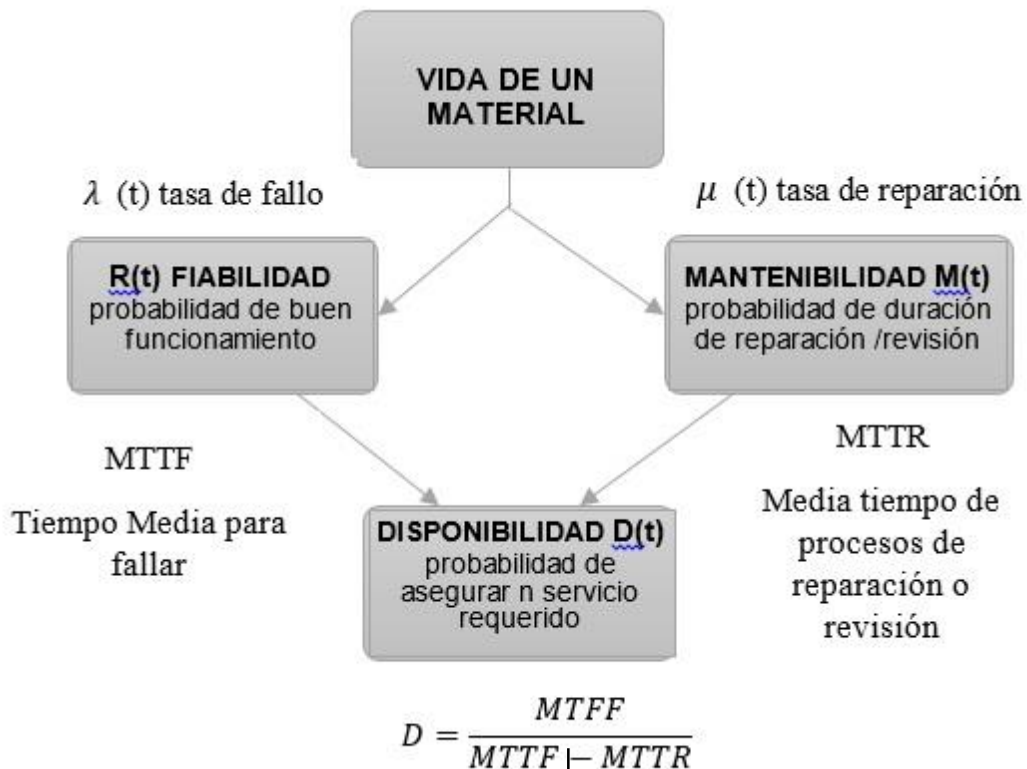


Figura 2 Relación entre disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad

Fuente: Gonzales Fernández (2005)

a) Disponibilidad

La disponibilidad es el objetivo principal de toda estrategia de mantenimiento, la cual es definida como la capacidad de que el equipo o componente trabaje favorablemente en el tiempo en que sea solicitado después del inicio de su operación, en cual el tiempo total es considerado al tiempo neto de producción, tiempo de reparación y tiempo logístico (Mora Gutiérrez, 2009).

$$D = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} * 100 \dots \dots \dots (1)$$

MTTF: Tiempo medio entre fallos [horas/falla]

MTTR: Tiempo medio para la reparación [horas/falla]

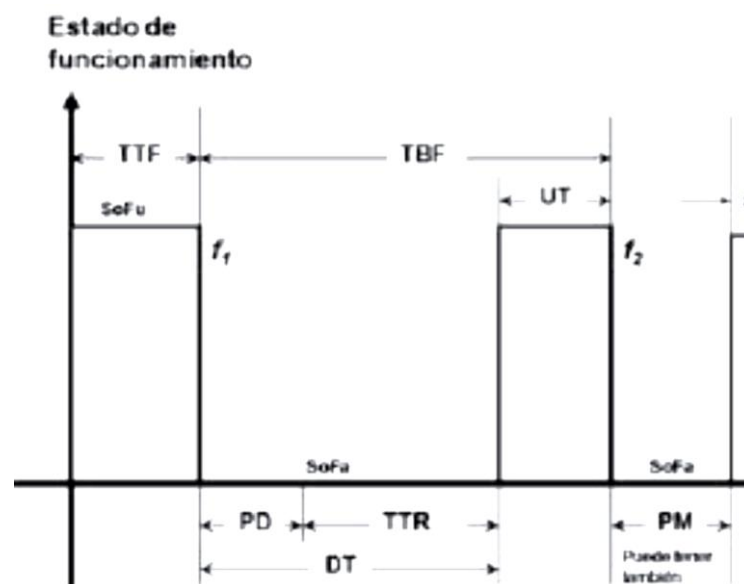


Figura 3 Tiempos y demás convenciones que se usan en la medición C.M.D.

Fuente: Mora Gutiérrez (2009).

Donde:

TTF = Tiempo hasta fallar.

TBF = Tiempo entre fallas.

UT = Tiempo útil de funcionamiento correcto.

DT = Tiempo no operativo.

TTR = Tiempo que demora la reparación.

b) Confiabilidad

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un componente, equipo o sistema no experimente fallas durante un tiempo establecido, en condiciones de operación, ambientales y del entorno estándar (Mora Gutiérrez, 2009).

Este índice se usa el tiempo medio hasta la falla de cada equipo y es usada para una estrategia de mantenimiento basado en confiabilidad.

$$R_t = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (2)$$

Tasa de fallas: $\lambda = \frac{1}{MTTF} \dots\dots\dots (3)$

Tiempo: t = [Horas]

c) Mantenibilidad

Es definida como probabilidad que un equipo sea reestablecido a su estado normal de funcionamiento dentro de un tiempo determinado, después una falla o avería, mediante una reparación la cual implica un conjunto de tareas de mantenimiento (Mora Gutiérrez, 2009).

$$M_T = 1 - e^{-\mu t} \dots\dots\dots (4)$$

Tasa de reparación: $\mu = \frac{1}{MTTR} \dots\dots\dots (5)$

Tiempo: t = [Horas]

1.3.6. Auditoría de Mantenimiento

Una auditoría se define como la evaluación y valoración de las funciones características esenciales para comprobar la gestión de mantenimiento en donde al momento de realizar una auditoría en mantenimiento se opta a mejorar la competitividad de las empresas (Fabrés Díaz, 1991).

Otra forma de definirla según Corretger Rauet (1996), quien nos dice que en auditoría consiste “en la evaluación, análisis y la valoración objetiva, periódica y sistemática de las funciones, características esenciales del servicio”.

En la auditoría nos revela una situación actual y salen al descubierto las áreas perjudicadas por la actual gestión de mantenimiento, el cual se puede intentar corregir estas áreas afectadas por medios propios o con la contratación externa de mantenimiento. Este autor comenta que una auditoría no proporciona soluciones, tan solo nos informa cómo se está, en dónde se está y dónde se debería estar, mas no expresa cómo poder llegar. Esa es otra etapa muy complicada, debido a ello es trabajo de cada entidad tener como meta el mejoramiento continuo de la gestión; con la ayuda de auditorías para mejorar el área de mantenimiento de cualquier organización (Fabrés Díaz, 1991).

Uno de los obstáculos en la ejecución de las auditorías, los cuales se encuentra con mayor frecuencia es la carencia de información junto con las limitaciones de presupuesto y de tiempo, dando como consecuencia, estudios incompletos y con gran desconfianza, en cuanto a la factibilidad de los resultados obtenido.

En la ISO 19011 (2011), proporcionan directrices para realizar auditorías de los sistemas de gestión, la cual aporta la guía al momento de efectuar la auditoría de mantenimiento.

1.3.6.1. Documentación para Realizar una Auditoría

Según García Garrido (2003) esta es la lista de la documentación a preparar para realizar una auditoría de mantenimiento:

MANO DE OBRA

- Organigrama. Categoría, especialidad y funciones del personal.
- Cualificación del personal directo.
- Plan de formación.
- Estadística de absentismo

MEDIOS TÉCNICOS

- Inventario de herramientas

MÉTODOS DE TRABAJO

- Lista de equipos que componen la planta o instalación auditada.
- Plan de mantenimiento de los equipos significativos.

- Gamas de mantenimiento realizadas (hojas rellenas) en un periodo determinado.
- Lista de Equipos Críticos de la planta.
- Procedimientos de trabajo habituales.
- Informes mensuales de mantenimiento.
- Listas de averías típicas (síntomas, causa y solución).
- Lista de repuesto que hay en planta, y stock mínimo que se considera necesario.
- Propuestas de mejora realizadas por mantenimiento.

MATERIALES y SUBCONTRATOS

- Lista de repuesto mínimo que se considera necesario tener en stock.
- Inventario de materiales en almacenes.
- Lista de materiales consumidos en un periodo determinado, valorados.

RESULTADOS OBTENIDOS

- Disponibilidad de planta.
- Coste global de mantenimiento.

SEGURIDAD y MEDIO AMBIENTE

- Plan de seguridad.
- Estadística accidentabilidad.

1.3.6.2. Cuestionario de Auditoría

Es el cuestionario o documento que lleva un total de 100 preguntas, referentes a cada uno de los “7 aspectos que se han considerado claves para evaluar la evolución del departamento: mano de obra, materiales, medios técnicos, métodos de trabajo, resultados, seguridad e impacto medioambiental” (García Garrido, 2003).

Algunas de las preguntas planteadas y no sean posibles de aplicar, la respuesta de ello será N/A (no aplica).

Una vez realizadas las evaluaciones de los 7 aspectos, se procede a calcular el Índice de Conformidad el cual se considera como un indicador de la excelencia del sistema de mantenimiento.

$$\text{Índice de Conformidad} = \frac{\text{Puntos obtenidos}}{\text{Máxima puntuación posible}} \times 100 \dots \dots (6)$$

1.3.6.3. Valores de referencia del Índice de Conformidad

Con el cuestionario de auditoría, pueden disponer los siguientes valores de referencia para el índice de conformidad obtenido:

Tabla 3 valores de referencia del índice de conformidad

< 40% de Índice de conformidad	Sistema muy deficiente
40-60% de Índice de conformidad	Aceptable pero mejorable
60-75% de Índice de conformidad	Buen sistema de mantenimiento
75-85% de Índice de conformidad	El sistema de mantenimiento es muy bueno.
> 85% de Índice de conformidad	El sistema de mantenimiento puede considerarse excelente

Fuente: García Garrido (2003).

1.3.7. Análisis de Criticidad

Como sabemos bien en una planta industrial cuentan con equipos que son unos más importantes que otros y los recursos de la empresa son restringidos. Por esto se debe destinar la mayor parte de los recursos otorgados por la empresa a los equipos con mayor importancia, dejando al resto de equipos, que pueden menos perjudiquen en la producción, con una pequeña porción de recurso (García Garrido, 2003)

Por lo mencionado anteriormente se usan técnicas de análisis de criticidad que se define como metodología que permite la jerarquización de sistemas, y equipos, con la finalidad de abreviar la toma de decisiones de una organización (Parra Márquez, 2012).

El modelo de este análisis que se empleara es el de Criticidad Total por Riesgo (Crt), es un sencillo y practico proceso de análisis

semicuantitativo. Esta técnica desarrollada por el grupo de consultoría inglesa Woodhouse Partnership Limited (Parra Márquez, 2012).

Se determina según la siguiente ecuación:

$$C_{rt} = Ff * C \dots\dots (7)$$

Donde:

C_{rt} : Criticidad

Ff: Frecuencia de falla

C: consecuencia

Donde la consecuencia "C" se determinaría a partir de la siguiente expresión:

$$C = (I.O * F.O) + (C.M) + (I.s.m.a) \dots\dots\dots (7.1)$$

Donde:

- **I.O** = Impacto operacional
- **F.O** = flexibilidad operacional
- **C.M** = Costo de mantenimiento
- **I.s.m.a** = Impacto de seguridad y medio ambiente

Para realizar esta técnica de análisis de criticidad se tiene en cuenta los criterios que están asociados son:

1.3.7.1. Frecuencia de fallas (F.f):

Número de veces que un equipo ha fallado dentro de un tiempo establecido en este caso un año. Para este ítem tendremos 4 posibilidades.

Tabla 4 Frecuencia de falla

Ponderación	Frecuencia de fallas
4	Alto, Mayor a 2 fallas/año
3	Promedio, de 1-2 fallas/año
2	Buena, de 0.5-1 fallas/año
1	Excelente, menos de 0.5 falla/año

Fuente: Parra Márquez (2012).

1.3.7.2. Consecuencia (C):

a) Impacto operacional (I.O):

Comprendiendo como consecuencias tiene un equipo en la producción. Entonces tendremos 4 posibilidades

Tabla 5 Impacto operacional

Ponderación	Impacto operacional
10	Para inmediata de toda la empresa.
7	Para inmediata de un sector de la línea productiva
4	Impacta los niveles de producción y calidad
1	No genera ningún efecto significativo sobre producciones y operaciones

Fuente: Parra Márquez (2012).

b) Flexibilidad operacional (F.O):

Corresponde a la eventualidad de efectuar un reemplazo rápido de un componente o quipo con la finalidad de seguir con la producción para evitar infringir costos o pérdidas enormes. Solo tenemos 3 posibilidades.

Tabla 6 Flexibilidad operacional

Ponderación	Flexibilidad operacional
4	No existe opción de producción y no existe función de respaldo/repuesto
2	Existe opción de repuestos compartido/almacén
1	Existe opción de respaldo/repuesto disponible

Fuente: Parra Márquez (2012).

c) Costo de mantenimiento (C.m):

Haciendo insistencia en los costos con respecto al mantenimiento, en nuestro caso solo costos de mantenimiento correctivo. Entonces tendremos 2 posibilidades de clasificaciones para este ítem.

Tabla 7 Costo de mantenimiento

Ponderación	Costo de Mantenimiento
2	Mayor a S/. 1000.00
1	Menor a S/. 1000.00

Fuente: Parra Márquez (2012).

d) Impacto de seguridad y medio ambiente (I.s.m.a):

Este criterio está adecuado para la valoración los problemas que podrían ocasionar a las personas o el medio ambiente. En esta ocasión tendremos 5 posibilidades.

Tabla 8 Impacto de seguridad y medio ambiente

Ponderación	Impacto de seguridad y medio ambiente
8	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna
7	Afecta al medio ambiente produciendo daños severos
5	Afecta las instalaciones causando daños severos
3	Provoca daños menores (Seguridad – ambiente)
1	No provoca ningún daño a las personas, instalaciones ni ambiente

Fuente: Parra Márquez (2012).

1.3.7.3. Matriz de Criticidad

Esta matriz, en donde mediante el valor obtenido por el análisis de criticidad (Crt), ayudaría a jerarquizar todos los equipos en tres grupos respectivamente:

- Área de No Críticos (NC)
- Área de Medianamente Críticos (MC)
- Área de Críticos (C)

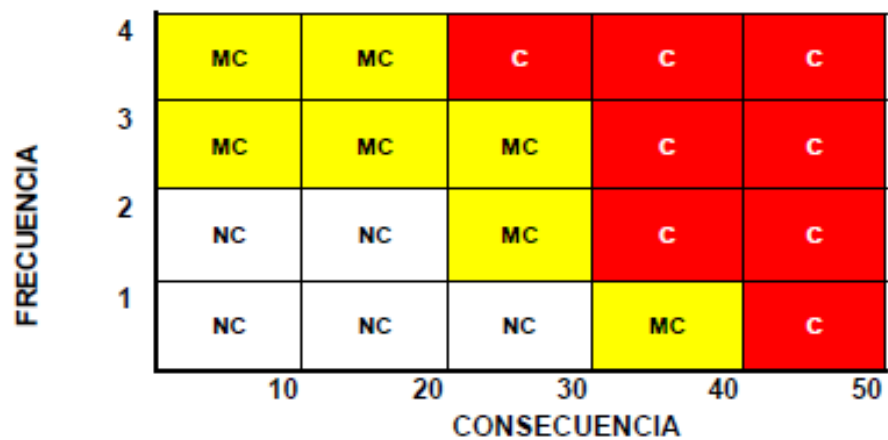


Figura 4 Matriz de criticidad.

Fuente: Parra Márquez (2012)

1.3.8. Costo de Mantenimiento

En esta investigación se resalta el costo de falla imprevista que vendría a ser los costos directos agrupados a cada trabajo de mantenimiento netamente correctivo, que cual se encuentra conectado con los costos de los recursos de mantenimiento obligatorios para terminar con éxito esta tarea (Torres, 2000).

El costo de mantenimiento se halla de la siguiente formula:

$$CTMC = CMOI + CMR + CI + CMOE + GG + CLC \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

- CTMC: Costo total de mantenimiento correctivo.
- CMOI: Costo de mano de obra interna.

- CMR: Costo de materiales y repuestos.
- CI: Costo de insumos.
- CMOE: Costo de mano de obra externa.
- GG: Costos generales (energía eléctrica, agua, administrativos, etc)
- CLC: Costo por lucro cesante.

Conociendo todo esto todo departamento de mantenimiento apunta al control integral, el cual es alcanzado al llevar a cabo un sistema de costeo, este nos facilitara una noción más global de la gestión de mantenimiento al incorporarse con los niveles de gestión y trabajos de mantenimiento desde los principios a la dirección de Fayol, en el cual se establece cinco destinos básicos en los rangos kantianas de mantenimiento (Mora Gutiérrez, 2009).

1.4. Formulación del problema

¿En qué medida aumentará la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad de los equipos y reducirá los costos de fallas en curtiembre Piel Trujillo SAC con el plan de gestión de mantenimiento basado en auditoría?

1.5. Justificación del estudio

➤ Relevancia Económica:

La justificación de la presente investigación, es en el aspecto económico, ya que, por medio de un plan de gestión de mantenimiento aumentará la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos, reduciendo los costos de mantenimiento.

➤ Relevancia Institucional:

Se justifica institucionalmente debido a que se aplicará todos los conocimientos adquiridos en la universidad, y así mismo quedar como precedente para futuros proyectos de este tema

➤ **Relevancia Práctica:**

En la región existen varias curtiembres que no cuentan con un plan de gestión de mantenimiento, por lo que se desea con esta tesis se demuestre lo importante que es contar con uno.

➤ **Relevancia metodológica:**

En este estudio se desarrollará una metodología para la gestión de mantenimiento basada en la auditoría del mantenimiento que servirá como guía para estudios posteriores y que puede aplicarse a empresas similares.

1.6. Hipótesis

La disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos de la curtiembre Piel Trujillo SAC, aumentará y se reducirán los costos de mantenimiento con el plan de gestión de mantenimiento en base a auditoría.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo Principal:

Elaborar un plan de gestión de mantenimiento en base a auditoría en curtiembre PIEL TRUJILLO SAC para aumentar disponibilidad y mantenibilidad de los equipos y reducir costos de mantenimiento.

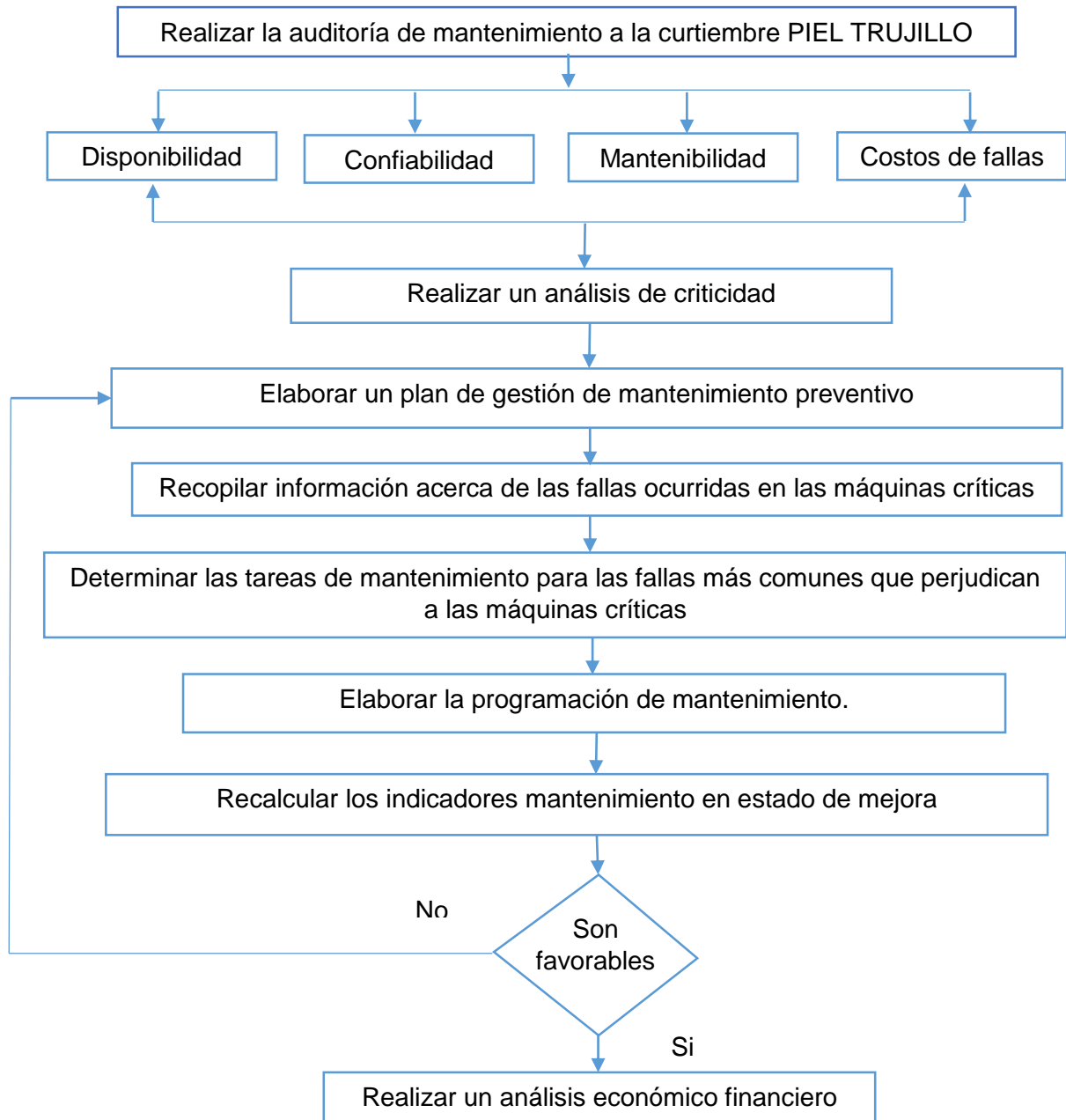
1.7.2. Objetivos Específicos:

- Realizar la auditoría de mantenimiento a la curtiembre PIEL TRUJILLO SAC.
- Realizar un análisis de criticidad para encontrar cuales son los equipos más críticos para la producción.
- Elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo.
- Recopilar información acerca de las fallas ocurridas en las máquinas críticas.
- Determinar las Tareas de mantenimiento para las fallas más comunes que perjudican a las máquinas críticas.
- Elaborar la programación de las tareas de mantenimiento.
- Estimar los indicadores de mantenimiento y los costos de mantenimiento después de aplicar el plan.
- Realizar un análisis económico financiero del plan de gestión.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

No experimental – Descriptivo



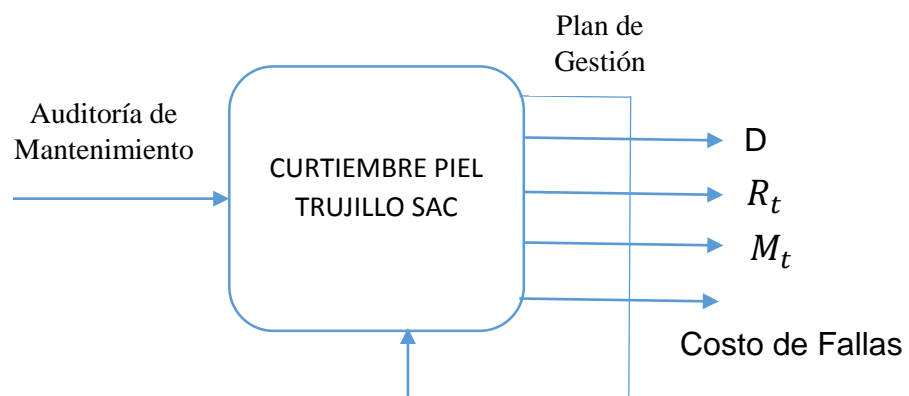
2.2 Variables

Variable Independiente

- Auditoría de mantenimiento
- Plan de gestión de mantenimiento

Variable Dependiente

- Disponibilidad de los equipos (%)
- Confiabilidad de los equipos (%)
- Mantenibilidad de los equipos (%)
- Costos de fallas (Soles/período)



2.3 Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Variables dependientes				
DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS	Capacidad de un equipo de realizar la función, en el tiempo se requiera.	Relación entre el tiempo neto de operación y el tiempo planificado de operación $D = \frac{MTTF}{MTTF - MTTR}$	horas/año (0-70000)	CUANTITATIVA Razón
			MTTR: tiempo de reparación	
			MTTF: tiempo medio hasta la h/periodo falla	
CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS	Probabilidad de que un equipo no experimente fallas durante un tiempo establecido	Exponencial elevado a la relación negativa entre el tiempo de evaluación h y MTBF del activo, h/año $R_T = e^{-\lambda t}$	TASA DE FALLAS $\lambda = \frac{1}{MTTF}$	CUANTITATIVA de razón
			% (0-100) %	
MANTENIBILIDAD DE LOS EQUIPOS	Probabilidad de un equipo que ha sufrido fallas, pueda ser reparada en un tiempo dado.	La unidad restada a la exponencial elevada a la relación negativa del tiempo evolución, h y el MTTR del activo $M_T = 1 - e^{-\mu t}$	TASA DE REPRACION $\mu = \frac{1}{MTTR}$	CUANTITATIVA de razón
			% (0-100) %	
COSTOS DE FALLOS	Costos o pérdidas económica que una empresa tiene por causas concernientes con mantenimiento	Sumatoria de los costos de costos de mano obra, lucro cesante, materiales.	NS/periodo	CUANTITATIVA de intervalo
			Frecuencia de fallas	

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Variables independientes				
AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO	Evaluación y valoración de las funciones, características esenciales para comprobar la gestión de mantenimiento.	Evaluar, analizar y valorar objetiva, periódica y sistemática de a las funciones de la empresa	Encuestas a los operadores Entrevistas con el jefe de mantenimiento	CUALITATIVA Ordinal
PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	Conjunto de actividades clasificadas para dirigir y controlar una organización de mantenimiento.	Planificar, organizar, ejecutar y controlar el mantenimiento de los equipos	D , M_t , R_t , costos, horas de trabajo.	CUALITATIVA Ordinal

2.4 Población y Muestra

Población

Todos los equipos de producción de las curtiembres de Trujillo.

Muestra

Las máquinas críticas de la curtiembre PIEL TRUJILLO SAC, que se van a determinar a partir de los 46 equipos operativos, que son:

1. MÁQUINA ABRILLANTADORA DE CUERO
2. MÁQUINA CARPETEADORA DE SUELA
3. MÁQUINA DE ABLANDAR CUEROS MOLISA
4. MÁQUINA DE CILINDRAR SUELA BMD-SERIE 0056
5. MÁQUINA DE DESEMPOLVAR CUERO S/M
6. MÁQUINA DE DESVENAR (PELES MENORES) TURNER

7. MÁQUINA DE DIVIDIR CUEROS RIZZ
8. MÁQUINA DE ESCURRIR CUERO
9. MÁQUINA DE LIJAR (PIELES MAYORES) ALETTI
10. MÁQUINA DE LIJAR CUEROS ENKO-LMH-600/II-PRINCE
11. MÁQUINA DE REBAJAR (PIELES CHICAS) TURNER-ZP150
12. MÁQUINA DE REBAJAR (PIELES GRANDES) ALLETTI-0216
13. MÁQUINA DE SECADO AL VACIO (OFFIGINE D')
14. MÁQUINA DESCARNAR (PIELES GRANDES) TURNER-0140
15. MÁQUINA DESCARNAR (PIELES MENORES) TURNER
16. MÁQUINA PARA MEDIR CUERO ENKO
17. MÁQUINA TOGLING
18. PRENSA HIDRÁULICA CON BOMBA DE PISTON
19. CALDERO PIROTUBULAR
20. COMPRESORA DE AIRE (Atlas Copco)
21. COMPRESORA DE AIRE ROMER (STAND BY)
22. BOTAL 1 (CURTIDO DE SUELA)
23. BOTAL 2 (CURTIDO DE SUELAS)
24. BOTAL 3 (ENGRASE DE SUELA)
25. BOTAL 4 (RECURTIDO)
26. BOTAL 5 (DESENLACADO, CURTIDO)
27. BOTAL 6 (PELAMBRE, REMOJO)
28. BOTAL 7 (PELAMBRE, REMOJO)
29. BOTAL 8 (RECURTIDO)
30. BOTAL 9 (CURTIDO)
31. BOTAL 10 (CURTIDO)
32. BOTAL 11 (RECURTIDO)
33. BOTAL 12 (RECURTIDO)
34. BOTAL 13 (CURTIDO)
35. BOTAL 14 (CURTIDO)
36. BOTAL 15 (ABLANDADOR)
37. BOMBA CENTRÍFUGA 1
38. BOMBA CENTRÍFUGA 2
39. BOMBA CENTRÍFUGA 3

- 40. BOMBA CENTRÍFUGA 4
- 41. EXTRACTOR DE AIRE 1
- 42. EXTRACTOR DE AIRE 2
- 43. EXTRACTOR DE AIRE 3
- 44. EXTRACTOR DE AIRE 4
- 45. EXTRACTOR DE AIRE 5
- 46. EXTRACTOR DE AIRE 6

2.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas: Observación

El uso de esta técnica permitirá proporcionar información para la elaboración de fichas de inspección de las máquinas

Instrumentos: Registros de estado de máquinas

Lista de cotejo

Técnica: Entrevista

Permitirá recolectar la mayor información, ya que estas encuestas contienen una serie de preguntas estructuradas relacionadas con el tema a investigar.

Instrumento: Cuestionario

Técnica: Encuesta

Esta técnica permitirá visualizar algunos puntos importantes que no se pudieran obtener durante las entrevistas.

Instrumento: Cuestionario de encuesta

2.6 Métodos de Análisis de Datos

La Maquinaria se evaluará mediante auditoría de mantenimiento, análisis de criticidad, las fallas serán analizadas mediante una aplicación simple de AMEF, la inversión de esta investigación de evaluada mediante la aplicación de TIR, VAN, PRI.

Se realizará una estimación de los indicadores de mantenimiento luego de aplicar el plan de gestión mediante la reducción del tiempo de reparación y el costo que será reducido en los gastos de mantenimiento.

III. RESULTADOS

3.1 Auditoría de la Empresa

3.1.1 Datos Generales de la Planta

Características Generales

La Empresa opera bajo la Razón Social PIEL TRUJILLO S.A.C., que se encuentra legalmente constituida desde el 11 de mayo de 2004, siendo su giro principal el curtido, adobo y tenido de pieles (vacunas y caprinas) para la industria del calzado y la confección de prendas de cuero. Teniendo como socios al Señor Víctor Rebaza Benites y al Ing. Vladimir De La Roca Moran. Actualmente debido a la baja producción del sector, la empresa solo brinda servicios de producción a terceros.

Tiene una capacidad de producción de 800 a 1000 pieles mensuales a la cuales brindan su servicio de producción en los diversos procesos.

Las instalaciones y las máquinas de la empresa tienen 20 a 25 años de antigüedad por ello cuenta con máquinas deterioradas por los años.

La empresa PIEL TRUJILLO SAC cuenta con un total de 46 máquinas, como se muestra en la tabla 9, de las cuales 5 se encuentran No operativas y 8 están como No trabaja, debido a que se encuentran operativas, pero no existe mucha demanda para estas máquinas.

Por ello para el estudio se solo se tomará en cuenta a las 33 máquinas catalogadas como operativas para empresa. El en figura 5 se presenta el diagrama de flujo de los procesos productivos en los que trabaja las máquinas de las usadas en cada uno de los procesos.

Tabla 9 Estado de las máquinas de la empresa

Nº	MÁQUINA	ESTADO	Nº	MÁQUINA	ESTADO
1	BOMBA CENTRÍFUGA 1	OPERATIVA	24	MÁQUINA DE DESEMPOLVAR CUERO S/M	OPERATIVA
2	BOMBA CENTRÍFUGA 2	OPERATIVA	25	MÁQUINA DE DESVENAR (PELES MENORES) TURNER	OPERATIVA
3	BOMBA CENTRÍFUGA 3	OPERATIVA	26	MÁQUINA DE DIVIDIR CUEROS RIZZ	OPERATIVA
4	BOMBA CENTRÍFUGA 4	OPERATIVA	27	MÁQUINA DE ESCURRIR CUERO	OPERATIVA
5	BOTAL 1 (CURTIDO DE SUELA)	OPERATIVA	28	MÁQUINA DE LIJAR (PIELES MAYORES) ALETTI	OPERATIVA
6	BOTAL 10 (CURTIDO)	OPERATIVA	29	MÁQUINA DE REBAJAR (PIELES GRANDES) ALLETTI-0216	OPERATIVA
7	BOTAL 12 (RECURTIDO)	OPERATIVA	30	MÁQUINA DE SECADO AL VACIO (OFFIGINE D')	OPERATIVA
8	BOTAL 13 (CURTIDO)	OPERATIVA	31	MÁQUINA DESCARNAR (PIELES GRANDES) TURNER-0140	OPERATIVA
9	BOTAL 14 (CURTIDO)	OPERATIVA	32	MÁQUINA PARA MEDIR CUERO ENKO	OPERATIVA
10	BOTAL 2 (CURTIDO DE SUELAS)	OPERATIVA	33	PRENSA HIDRÁULICA CON BOMBA DE PISTON	OPERATIVA
11	BOTAL 4 (RECURTIDO)	OPERATIVA	34	BOTAL 11 (RECURTIDO)	NO TRABAJA
12	BOTAL 5 (DESENLACADO, CURTIDO)	OPERATIVA	35	BOTAL 15 (ABLANDADOR)	NO TRABAJA
13	BOTAL 6 (PELAMBRE, REMOJO)	OPERATIVA	36	EXTRACTOR DE AIRE 6	NO TRABAJA
14	BOTAL 7 (PELAMBRE, REMOJO)	OPERATIVA	37	MÁQUINA ABRILLANTADORA DE CUERO	NO TRABAJA
15	BOTAL 8 (RECURTIDO)	OPERATIVA	38	MÁQUINA CARPETEADORA DE SUELA	NO TRABAJA
16	CALDERO PIROTUBULAR	OPERATIVA	39	MÁQUINA DE LIJAR CUEROS ENKO-LMH-600/II-PRINCE	NO TRABAJA
17	COMPRESORA DE AIRE (Atlas Copco)	OPERATIVA	40	MÁQUINA DESCARNAR (PIELES MENORES) TURNER	NO TRABAJA
18	EXTRACTOR DE AIRE 1	OPERATIVA	41	MÁQUINA TOGLING	NO TRABAJA
19	EXTRACTOR DE AIRE 2	OPERATIVA	42	BOTAL 3 (ENGRASE DE SUELA)	NO OPERATIVA
20	EXTRACTOR DE AIRE 3	OPERATIVA	43	BOTAL 9 (CURTIDO)	NO OPERATIVA
21	EXTRACTOR DE AIRE 4	OPERATIVA	44	COMPRESORA DE AIRE ROMER(STAND BY)	NO OPERATIVA
22	EXTRACTOR DE AIRE 5	OPERATIVA	45	MÁQUINA DE CILINDRAR SUELA BMD-SERIE 0056	NO OPERATIVA
23	MÁQUINA DE ABLANDAR CUEROS MOLISA	OPERATIVA	46	MÁQUINA DE REBAJAR (PIELES CHICAS) TURNER-ZP150	NO OPERATIVA

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

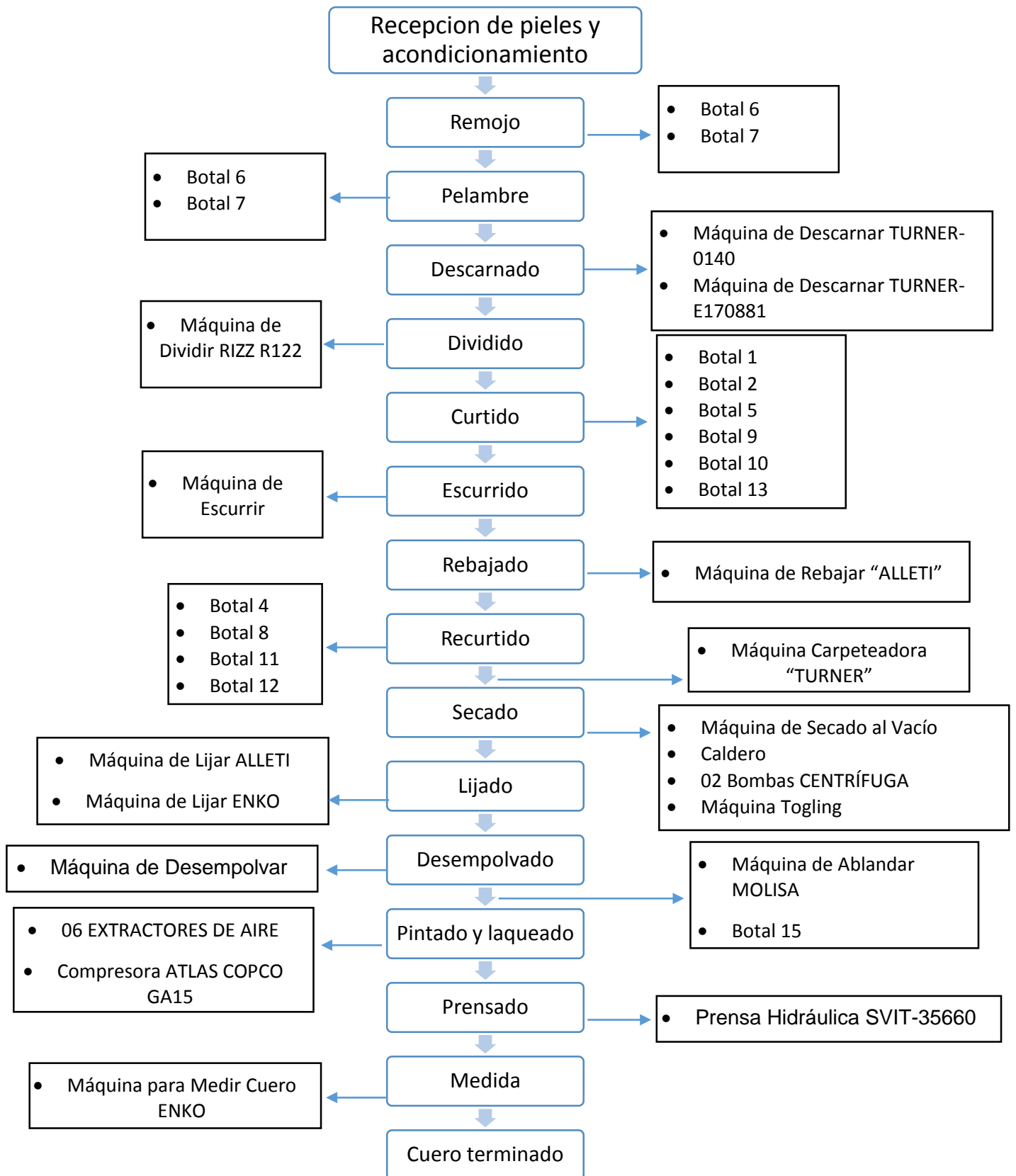


Figura 5 Diagrama de Procesos de Producción

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

Datos de Operación de las Máquinas

Debido a la falta de un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa, no tiene registros de los tiempos de operación de las máquinas y dado que estos son variables, debido a la baja producción, el investigador se vio obligado a recopilar los datos de operación, con el apoyo del personal de la empresa, para obtener un valor de los tiempos de operación de los mismos.

Con la recopilación de datos se obtuvo que los Tiempos Programados de Producción (**TPP**) de cada máquina para obtener los Tiempos de Operación el cual se proyectó en un año (336 días) de trabaja la empresa.

Las 33 máquinas de la empresa se separan en 3 grupos en máquinas para procesos mecánicos, botaes y equipos.

Tabla 10 Tiempo de programado de producción de las Máquinas

MÁQUINAS	Tiempo Programado de Producción		
	Hrs/Dia	Hrs/Mes	Hrs/año
CALDERO	15	420	4680
COMPRESORA	12.5	350	4200
MÁQ. SECADO EN VACIO	12.5	350	4200
MÁQ. DE ESCURRIR	6.5	182	2184
MÁQ. REBAJAR	8	224	2688
MÁQ. DESCARNADORA	6.5	182	2184
MÁQ. DIVIDIR	6.5	182	2184
MÁQ. LIJAR ALLETI	3	84	1008
MÁQ. DESEMPOLVAR	3	84	1008
MÁQ. PRENSA HIDRÁULICA	6	168	2016
MÁQ. CARPETEADORA	6	168	2016
MÁQ. ABLANDADORA	4	112	1344

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

Como se muestra en la tabla 10 los horarios de operación de las Máquinas son variables, en algunos casos coinciden los horarios, ya que los procesos de producción son continuos por ello algunas máquinas trabajan a la par con otra.

La empresa cuenta con 15 botaes (ver tabla 10.1), los cuales son usados para los procesos de remojo – pelambre, curtido y recurtido. Cada uno de botaes puede ser usado hasta en procesos.

Tabla 10.1 Tiempo de programado de producción de los Botales.

BOTAL	Tiempo Programado de Producción		
	horas/día	horas/mes	horas/año
botal 1	9	252	3024
botal 2	7	196	2352
botal 4	9	252	3024
botal 5	6.5	182	2184
botal 6	9.5	266	3192
botal 7	9.5	266	3192
botal 8	10	280	3360
botal 10	10	280	3360
botal 12	9	252	3024
botal 13	10	280	3360
botal 14	10	280	3360

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

En la tabla 10.2 se toman en cuenta los extractores de aire usados para el tenido de pieles, así también las 4 bombas hidráulicas que son usadas para abastecer agua a los botales y el tanque cisterna q contiene la empresa.

Tabla 10.2 Tiempo de programado de producción de los equipos

EQUIPO	Tiempo Programado de Producción		
	Hrs/Día	Hrs/Mes	Hrs/año
Extractor 1	4	112	1344
Extractor 2	4	112	1344
Extractor 3	4	112	1344
Extractor 4	4	112	1344
Extractor 5	4	112	1344
Bomba Centrífuga 1	10	280	3360
Bomba Centrífuga 2	10	280	3360
Bomba Centrífuga 3	10	280	3360
Bomba Centrífuga 4	8	224	2688

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

2.1.2. Análisis de Situación Actual

a) Mano de obra

Cantidad

El personal del área de mantenimiento está constituido por:

CANTIDAD	CARGO	ESPECIALIDAD
01	Jefe de Mantenimiento	Técnico de Mantenimiento
06	Ayudantes de mecánico	Mecánica de Mantenimiento

El jefe de mantenimiento es el encargado de mantener a las máquinas de la empresa en buen estado.

Se encarga de solicitar repuestos que se necesitan para culminar el trabajo de reparación.

El jefe de mantenimiento es el encargado de la supervisión de almacén.

El encargado de abastecer los repuestos al área de mantenimiento es el Jefe de compras.

Organización

Los practicantes están bajo la supervisión directa del jefe de mantenimiento y obedecen únicamente a él, no pueden dar trabajo terminado hasta que dé su visto bueno.

El área de mantenimiento depende jerárquicamente del jefe de producción.

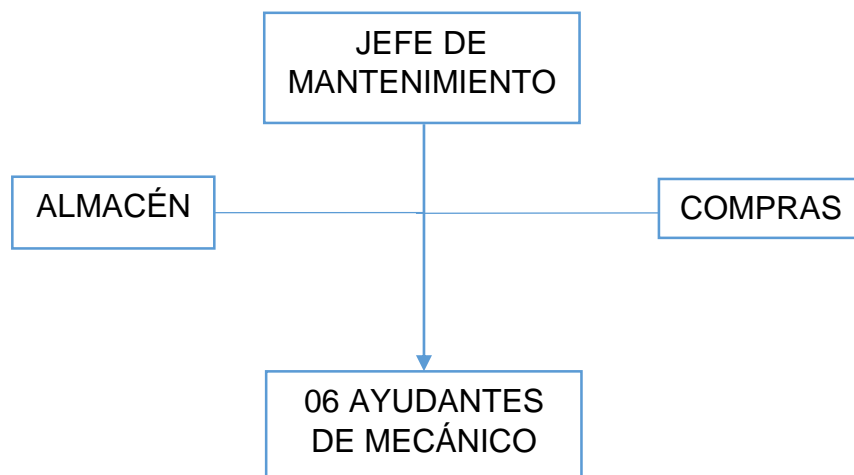


Figura 6 Organigrama del área de mantenimiento

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

b) Materiales

Almacén

Almacén es administrado por el mismo jefe de mantenimiento sin ninguna otra supervisión.

No existe un inventario actualizado de los repuestos que están en almacén.

No se ha realizado una un estudio de jerarquía de repuestos para las máquinas críticas de la empresa.

No existe un sistema de registro de entradas y salidas de repuestos de almacén que permita llevar un registro actualizado de los mismos.

Los repuestos que se encuentran en almacén están colocados desordenadamente en los andamios, y los repuestos e insumos que cuenta están limitados para reparaciones simples.

Compras

El sistema de abastecimiento de repuestos, está encargado por el jefe de personal, es cual tiene un tiempo promedio de 2 a 3 días desde que se solicitó.

No existe un sistema para evaluar el funcionamiento de compras.

Los repuestos mayormente son de segunda mano por los años de los equipos.

c) Medios Técnicos

Taller de Mantenimiento

No existe sistema de gestión de información de historial de mantenimiento.

El taller se encuentra totalmente descuidado.

Las herramientas mecánicas son colocadas en orden en el taller, donde están bien señalizadas.

Herramientas

No existe un inventario de las herramientas que están en el taller.

No tienen ninguna herramienta destinada al mantenimiento eléctrico.

No cuentan con equipos de medida, solo con una pinza amperimétrica.

Las herramientas para el mantenimiento mecánico tienen carencias importantes.

Las herramientas con las que cuenta el taller están presentadas en el a tabla 11.

Tabla 11 Lista de Herramientas

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
Aceitero Manual	Aceitero de 0.5 litros	unidad	1
Alicate de Presión	alicate de presión de 250 mm de largo	unidad	1
Alicate Simple	alicate de 250 mm de largo	unidad	2
Amoladora de mano	Amoladora de mano pequeña de 5 pulg.	unidad	1
Arco de sierra	Arco de sierra manual capacidad hasta 10 pulg.	unidad	2
Calibrador de hoja	calibrador de hojas (0.05-1mm) 16 hojas	unidad	1
Cepillo de alambres	Cepillo de alambres de 150 mm de largo	unidad	2
Cepillo de latón	Cepillo de latón de 150 de largo	unidad	1
Cinzel	Juego cinceles desde 3/16 pulg hasta 5/8 pulg	juego	1
Cinta métrica	Cinta de capacidad de 10 m	unidad	1
Corta pernos	Corta pernos de 24 pulg de largo	unidad	1
Destornilladores	Destornilladores plano y estrella juego de 6 piezas	juego	1
Embudo	juego de embudo de 6 piezas	juego	1
Escuadras	Escuadras recta de 23 pulg y 5 pulg	unidad	1
Gato hidráulico	Gato hidráulico de 6 toneladas	unidad	1
Grasero manual	Grasero manual de 2 libras de capacidad y 500 mm de largo	unidad	2
Juego de llaves Torx	Medidas desde T10-T50 juego de 9 piezas	juego	1
Limas	Juego de limas planas y mediacaña de varias medidas, 8 piezas	juego	1
Llave Francesa	Llave Francesa pequeña de 150 mm de largo	unidad	1
Llaves de apriete	Laves de apriete 14 - 36 (boca abierta)	juego	1
Llaves de apriete	llaves de apriete 12 - 28 (boca combinada)	juego	1
Llaves	Juego de llaves para tubo de 14 pulg	unidad	1
Martillo de carpintero	Martillo de largo de 30 cm y 1 libras de peso	unidad	1
Máquina de soldar	Máq. De soldar por arco eléctrico 220 V	unidad	1
Tecele	Tecele de capacidad de 1 tonelada	unidad	1
Taladro pedestal	Taladro pedestal No operativa (3 años)	unidad	1
Esmeril de banco	Esmeril de banco 1/2 Hp No operativa (2.5 años)	unidad	1

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

d) Métodos de Trabajos

La empresa Piel Trujillo SAC realiza mantenimiento correctivo, debido a la ausencia de un programa de mantenimiento. Es decir que cualquier Máquina o equipo que presente fallas es inmediatamente cuando realizan el mantenimiento correcto ya sea con mano de obra interna o externa.

No cuentan con un plan de mantenimiento.

No cuentan con un plan de formación para el personal de mantenimiento.

El jefe de mantenimiento propone soluciones a los equipos con fallas recurrentes y si es económicamente factible las realizan.

Existen procedimientos para las intervenciones habituales, pero no está documentada.

El método de trabajo realizado por el área de mantenimiento es de manera empírica, y se evidencia en la figura 7, los problemas encontrados son:

- Las máquinas trabajan hasta que ocurra una falla, para recién el área de mantenimiento haga su trabajo.
- Dependencia a servicios externos de mantenimiento.
- Falta de política de documentación de fallas.
- No trabajan con órdenes de trabajo.
- No evalúan el costo de cada trabajo de reparación.

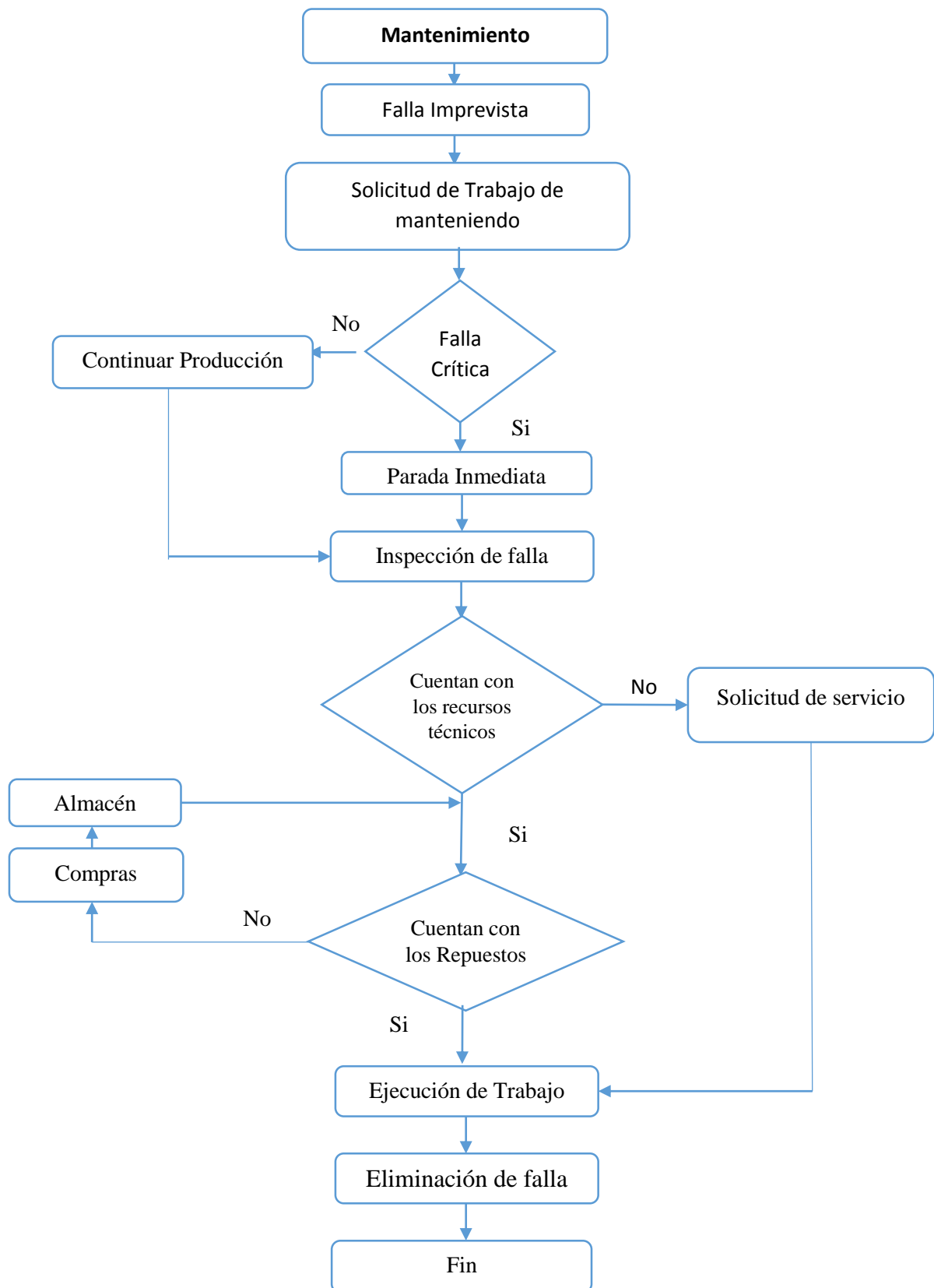


Figura 7 Diagrama de flujo de mantenimiento actual de la empresa

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

e) Resultados de los Indicadores Actuales

La empresa no tiene un historial de fallas con el cual permita administrar y controlar una programación de mantenimiento para las Máquinas por ello se toma la frecuencia de falla de la experiencia del personal de mantenimiento y operarios de cada máquina el historial de fallas de cada máquina, con el fin de poder evaluar los indicadores de mantenimiento actual, como la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, MTTF, MTTR y costos de mantenimiento. Para obtener datos de las fallas de las máquinas de la empresa en un periodo de 1 año (336 días) del año 2016.

$$TNP = TPP - TTR$$

TNP: Tiempo Neto de Producción (Hrs/año)

TPP: Tiempo Programado de Producción (Hrs/año)

TTR: Tiempo perdido en Reparación (Hrs/año)

El tiempo perdido en reparación son evaluadas anualmente al igual que el tiempo programado de producción que se encuentran en la tabla 10, 10.1 y 10.2, botales y quipos respectivamente. Por ello el tiempo neto de producción será obtenido un valor horas al año.

Tabla 12 Frecuencia de falla y tiempo de reparación de las máquinas

MÁQUINAS	Numero de falla	Tiempo perdido en Reparación		Tiempo Neto de Producción
	fallas/año	horas/falla	horas/año	horas/año
COMPRESORA	2	8	16	4184
CALDERO	6	8	48	4662
MÁQ. SECADO EN VACIO	18	4	72	4128
MÁQ. REBAJAR	12	4	48	2640
MÁQ. DESCARNADORA	12	48	576	1608
MÁQ. LIJAR ALLETI	2	16	32	976
MÁQ. DIVIDIR	12	48	576	1608
MÁQ. DE ESCURRIR	20	16	320	1864
MÁQ. PRENSA HIDRÁULICA	2	16	32	1984
MÁQ. CARPETEADORA	6	16	96	1920
MÁQ. ABLANDADORA	10	48	480	864
MÁQ. DESEMPOLVAR	2	16	32	976

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017), tabla 10

Tabla 12.1 Frecuencia de falla y tiempo de reparación de los Botalos

BOTAL	Numero de falla	Tiempo perdido en Reparación		Tiempo Neto de Producción
	falla/año	horas/falla	horas/año	horas/año
botol 1	4	16	64	2960
botol 2	4	16	64	2288
botol 4	4	16	64	2960
botol 5	4	16	64	2120
botol 6	4	16	64	3128
botol 7	4	16	64	3128
botol 8	4	16	64	3296
botol 10	4	16	64	3296
botol 12	4	16	64	2960
botol 13	4	16	64	3296
botol 14	4	16	64	3296

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017), tabla 10.1

Tabla 12.2 Frecuencia de falla y tiempo de reparación de los equipos

EQUIPOS	Numero de falla	Tiempo perdido en Reparación		Tiempo Neto de Producción
	falla/año	horas/falla	horas/año	horas/año
Extractor 1	1	5	5	1339
Extractor 2	1	5	5	1339
Extractor 3	1	5	5	1339
Extractor 4	1	5	5	1339
Extractor 5	1	5	5	1339
Bomba Centrífuga 1	1	5	5	3355
Bomba Centrífuga 2	1	5	5	3355
Bomba Centrífuga 3	2	4	8	3352
Bomba Centrífuga 4	1	4	4	2684

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017), tabla 10.2

- **Disponibilidad de las Máquinas**

Se halla la disponibilidad anual de cada máquina, para obtener un valor actual de los mismos, por ello primero se halla el tiempo medio de hasta la falla (MTTF) dividiendo el tiempo neto de producción entre el número de fallas que ocurrieron en el año.

Hallando la Disponibilidad de la Máquina de Descarnar:

Primero se tiene que obtener el valor del MTTF (Ver tabla 11).

$$TNP = 1608 \frac{hrs}{año}$$

$$N^{\circ} \text{ fallas} = 12 \frac{fallas}{año}$$

$$MTTF = \frac{TNP}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

$$MTTF = \frac{1608}{12} = 134 \frac{hrs}{falla}$$

Luego de obtenido el MTTF se halla la disponibilidad anual del caldero.

$$MTTR = 48 \frac{hrs}{falla}$$

$$D = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} * 100 [\%]$$

$$D = \frac{134 \frac{hrs}{falla}}{134 \frac{hrs}{falla} + 48 \frac{hrs}{falla}} * 100 = 73.62 \%$$

Tabla 13 Resultados de la Disponibilidad de las Máquinas

MÁQUINAS	DISPONIBILIDAD		
	MTTR (horas/falla)	MTTF (horas/falla)	D
CALDERO	8	777	98.98%
COMPRESORA	8	2092	99.62%
MÁQ. SECADO EN VACIO	4	229.33	98.29%
MÁQ. DE ESCURRIR	16	93.2	85.35%
MÁQ. REBAJAR	4	220	98.21%
MÁQ. DESCARNADORA	48	134	73.62%
MÁQ. DIVIDIR	48	134	73.62%
MÁQ. LIJAR ALLETI	16	488	96.83%
MÁQ. DESEMPOLVAR	16	488	96.83%
MÁQ. PRENSA HIDRÁULICA	16	992	98.41%
MÁQ. CARPETEADORA	16	320	95.24%
MÁQ. ABLANDADORA	48	86.4	64.29%

Fuente: Tabla 12

Según la tabla 12 se encuentran 7 máquinas con un porcentaje de disponibilidad menor al 97%, debido a la alta frecuencia de fallas de las misma, por lo que se tendrá como objetivo aumentar este porcentaje a uno ideal.

Tabla 13.1 Resultados de la Disponibilidad de los Batales

BOTALES	DISPONIBILIDAD		
	MTTR (horas/falla)	MTTF (horas/falla)	D
botal 1	16	740	97.88%
botal 2	16	572	97.28%
botal 4	16	740	97.88%
botal 5	16	530	97.07%
botal 6	16	782	97.99%
botal 7	16	782	97.99%
botal 8	16	824	98.10%
botal 10	16	824	98.10%
botal 12	16	740	97.88%
botal 13	16	824	98.10%
botal 14	16	824	98.10%

Fuente: Tabla 12.1

Los botaes cuentan con un porcentaje de disponibilidad aceptable (ver tabla 12.1), por encontrarse por encima del 97 %. Por ende, estos equipos están trabajando con una óptima disponibilidad.

Tabla 13.2 Resultados de la Disponibilidad de los Equipos

MÁQUINAS	DISPONIBILIDAD		
	MTTR (horas/falla)	MTTF (horas/falla)	D
Extractor 1	5	1339	99.63%
Extractor 2	5	1339	99.63%
Extractor 3	5	1339	99.63%
Extractor 4	5	1339	99.63%
Extractor 5	5	1339	99.63%
Bomba Centrífuga 1	5	3355	99.85%
Bomba Centrífuga 2	5	3355	99.85%
Bomba Centrífuga 3	4	1676	99.76%
Bomba Centrífuga 4	4	2684	99.85%

Fuente: Tabla 12.2

Según tabla 13.2 los equipos cuentan con un porcentaje de disponibilidad aceptable, por encontrarse por encima del 97 %. Debido a la poca frecuencia de fallas. Por ello, estos equipos están trabajando con una óptima disponibilidad.

- **Confiabilidad de las Máquinas**

Para hallar la confiabilidad se usó el MTTF de cada máquina, para saber el valor con el cual están operando. Las cuales no pasan el 40% y lo recomendado es de 50%.

Hallando la Confiabilidad de la Máquina de Descarnar:

Primero se tiene que obtener el valor de la tasa de fallo (Ver tabla 12).

$$MTTF = 134 \frac{hrs}{falla}$$

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{134 \frac{hrs}{falla}} = 0.00746 \frac{falla}{hrs}$$

Se establece un tiempo $t > MTTF$

$$t = 140 \text{ hrs}$$

$$R_t = \epsilon^{(-\lambda * t)} * 100 [\%]$$

$$R_t = \epsilon^{(-0.00746 * 140)} = 35.18 \%$$

Tabla 14 Resultados de la Confiabilidad de las Máquinas

MÁQUINAS	Confiabilidad		
	λ	T	Rt
CALDERO	0.00129	800	35.71%
COMPRESORA	0.00048	2100	36.65%
MÁQ. SECADO EN VACIO	0.00436	240	35.12%
MÁQ. DE ESCURRIR	0.01073	100	34.20%
MÁQ. REBAJAR	0.00455	250	32.10%
MÁQ. DESCARNADORA	0.00746	140	35.18%
MÁQ. DIVIDIR	0.00746	140	35.18%
MÁQ. LIJAR ALLETI	0.00205	500	35.89%
MÁQ. DESEMPOLVAR	0.00205	500	35.89%
MÁQ. PRENSA HIDRÁULICA	0.00101	1000	36.49%
MÁQ. CARPETEADORA	0.00313	350	33.50%
MÁQ. ABLANDADORA	0.01157	90	35.29%

Fuente: Tabla 13

Tabla 14.1 Resultados de la Confiabilidad de los Botales

BOTAL	Confiabilidad		
	λ	t	Rt
botal 1	0.00135	760	35.81%
botal 2	0.00175	600	35.03%
botal 4	0.00135	750	36.29%
botal 5	0.00189	550	35.43%
botal 6	0.00128	800	35.95%
botal 7	0.00128	800	35.95%
botal 8	0.00121	840	36.08%
botal 10	0.00121	840	36.08%
botal 12	0.00135	760	35.81%
botal 13	0.00121	840	36.08%
botal 14	0.00121	840	36.08%

Fuente: Tabla 13.1

Tabla 14.2 Resultados de la Confiabilidad de los Equipos

EQUIPO	Confiabilidad		
	λ	t	Rt
Extractor 1	0.00075	1380	35.68%
Extractor 2	0.00075	1380	35.68%
Extractor 3	0.00075	1380	35.68%
Extractor 4	0.00075	1380	35.68%
Extractor 5	0.00075	1380	35.68%
Bomba Centrífuga 1	0.0003	3380	36.51%
Bomba Centrífuga 2	0.0003	3380	36.51%
Bomba Centrífuga 3	0.0006	1700	36.26%
Bomba Centrífuga 4	0.00037	2700	36.57%

Fuente: Tabla 13.2

- **Mantenibilidad de los Máquinas**

La probabilidad de que la Máquinas sea reparada está dada en un intervalo de tiempo, la cual se estima que debe ser de 70%.

Hallando la Mantenibilidad de la Máquina de Descarnar:

$$MTTR = 48 \frac{hrs}{falla}$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{48 \frac{hrs}{falla}} = 0.02038 \frac{falla}{hrs}$$

Se establece un tiempo $t < MTTR$

$$t = 40 \text{ hrs}$$

$$M_t = 1 - e^{-\mu * t} * 100 [\%]$$

$$M_t = 1 - e^{-0.02038 * 40} * 100 = 56.54 \%$$

Tabla 15 Resultados de la Mantenibilidad

MÁQUINAS	Mantenibilidad		
	μ	T	Mt
CALDERO	0.125	6	52.76%
COMPRESORA	0.125	6	52.76%
MÁQ. SECADO EN VACIO	0.25	3	52.76%
MÁQ. DE ESCURRIR	0.0625	14	58.31%
MÁQ. REBAJAR	0.25	3	52.76%
MÁQ. DESCARNADORA	0.02083	40	56.54%
MÁQ. DIVIDIR	0.02083	40	56.54%
MÁQ. LIJAR ALLETI	0.0625	12	52.76%
MÁQ. DESEMPOLVAR	0.0625	14	58.31%
MÁQ. PRENSA HIDRÁULICA	0.0625	14	58.31%
MÁQ. CARPETEADORA	0.0625	14	58.31%
MÁQ. ABLANDADORA	0.02083	40	56.54%

Fuente: Tabla 13

Para todos los Botales se toma un tiempo $t = 14$ horas, ya que tienen un MTTR igual para todos debido a la facilidad con la que son reemplazan sin afectar la producción, dando como resultado un porcentaje de mantenibilidad de 58.31 % para los botales (ver tabla 14.1).

Tabla 15.1 Resultados de la Mantenibilidad

MÁQUINAS	Mantenibilidad		
	μ	t	Mt
botal 1	0.0625	14	58.31%
botal 2	0.0625	14	58.31%
botal 4	0.0625	14	58.31%
botal 5	0.0625	14	58.31%
botal 6	0.0625	14	58.31%
botal 7	0.0625	14	58.31%
botal 8	0.0625	14	58.31%
botal 10	0.0625	14	58.31%
botal 12	0.0625	14	58.31%
botal 13	0.0625	14	58.31%
botal 14	0.0625	14	58.31%

Fuente: Tabla 13.1

Tabla 15.2 Resultados de la Mantenibilidad

MÁQUINAS	Mantenibilidad		
	μ	t	Mt
Extractor 1	0.2	4	55.07%
Extractor 2	0.2	4	55.07%
Extractor 3	0.2	4	55.07%
Extractor 4	0.2	4	55.07%
Extractor 5	0.2	4	55.07%
Bomba Centrífuga 1	0.2	4	55.07%
Bomba Centrífuga 2	0.2	4	55.07%
Bomba Centrífuga 3	0.25	3	52.76%
Bomba Centrífuga 4	0.25	3	52.76%

Fuente: Tabla 13.2

- **Costos de en Mantenimiento en la Empresa**

Ya que la empresa no registra ni incluye las perdidas por lucro cesante, así como las perdidas por mano de obra, por lo que los gastos expresados en la tabla 15 solo están incluidos los gastos de insumos, gastos de servicios de mantenimiento externo y repuesto.

Tabla 16 Gastos de Mantenimiento del 2016

MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA				
Mes	Repuestos	Insumos	Servicios Externo	TOTAL
Enero	S/. 7,339.40	S/. 646.20	S/. 2,464.00	S/. 10,449.60
Febrero	S/. 888.50	S/. 4,563.50	S/. 2,129.00	S/. 7,581.00
Marzo	S/. 7,140.00	S/. 259.50	S/. 2,354.00	S/. 9,753.50
Abril	S/. 8,399.00	S/. 0.00	S/. 2,311.00	S/. 10,710.00
Mayo	S/. 14,989.07	S/. 32.40	S/. 2,200.00	S/. 17,221.47
Junio	S/. 3,295.25	S/. 0.00	S/. 4,040.40	S/. 7,335.65
Julio	S/. 5,308.87	S/. 32.00	S/. 2,380.00	S/. 7,720.87
Agosto	S/. 5,520.00	S/. 669.00	S/. 1,850.00	S/. 8,039.00
Septiembre	S/. 5,518.10	S/. 112.00	S/. 1,070.00	S/. 6,700.10
Octubre	S/. 5,565.30	S/. 0.00	S/. 700.00	S/. 6,265.30
Noviembre	S/. 2,109.50	S/. 393.20	S/. 2,550.00	S/. 5,052.70
Diciembre	S/. 3,127.15	S/. 438.00	S/. 1,380.00	S/. 4,945.15
Total anual 2016	S/. 69,200.14	S/. 7,145.80	S/. 25,428.40	S/. 101,774.34

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

Un gasto en mantenimiento que la empresa no toma en cuenta, pero es muy importante para ver el total de pérdidas en mantenimiento son las pérdidas por lucro cesante.

La empresa tiene una producción mensual de entre 800 – 1000 pieles a las cuales brindan servicio de producción, para el estudio se toma el valor más alto.

$$\text{Producción mensual} = 1000 \frac{\text{pieles}}{\text{mes}}$$

La empresa labora desde las 1:00 am hasta las 5:30 pm.

$$\text{Tiempo de trabajo} = 15.5 \frac{\text{hrs}}{\text{dia}} * 28 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} = 434 \frac{\text{hrs}}{\text{mes}}$$

$$\text{Producción por día} = \frac{1000 \frac{\text{pieles}}{\text{mes}}}{434 \frac{\text{hrs}}{\text{mes}}} = 2.30 \frac{\text{pieles}}{\text{hrs}}$$

La producción diaria sale $2.30 \frac{\text{pieles}}{\text{hrs}}$ multiplicado por las horas de paradas de las Máquinas por reparación y el precio unitario, de cada proceso que la empresa brinda, se obtiene las perdidas por fallos (lucro cesante).

Hallando las Perdidas en los Procesos de Remojo y Pelambre

Las Máquinas usadas en este proceso son:

$$TTR_1 (\text{Botal } 6) = 64 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}$$

$$TTR_2 (\text{Botal } 7) = 64 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}$$

Ya que ambas Botales trabajan en esos procesos se halla un tiempo promedio de ambos. Tomando como porcentaje de utilidad de 32 % según lo informado por la empresa.

$$\overline{TTR} = \frac{64 \frac{\text{hrs}}{\text{año}} + 64 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{2} = 64 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}$$

Lucro Cesante = TTR * Producción por día * Precio unitario * % Utilidad Neta

$$\text{Lucro Cesante} = 64 \frac{\text{hrs}}{\text{año}} * 2.30 \frac{\text{pieles}}{\text{hrs}} * 5 \frac{\text{N.S.}}{\text{Piel}} * 0.32 = 235.52 \frac{\text{N.S.}}{\text{año}}$$

Tabla 17 Costos por Lucro Cesante

PROCESO	MÁQUINAS	TTR ($\frac{hrs}{año}$)	TTR ($\frac{hrs}{año}$)	PRECIO UNITARIO	Monto	LUCRO CESANTE (utilidad actual 32%)
Remojo - Pelambre	Botal 6	64	64	5 $\frac{N.S.}{Piel}$	736 $\frac{N.S.}{año}$	235.52 $\frac{N.S.}{año}$
	Botal 7	64				
Descarnado - Dividido	Máq. De Descarnar	576	576	7 $\frac{N.S.}{Piel}$	9273.6 $\frac{N.S.}{año}$	2967.55 $\frac{N.S.}{año}$
	Máq. De Dividir	576				
Curtido	Botal 1	64	64	4 $\frac{N.S.}{Piel}$	588.8 $\frac{N.S.}{año}$	188.416 $\frac{N.S.}{año}$
	Botal 2	64				
	Botal 5	64				
	Botal 10	64				
	Botal 13	64				
Ecurrado - Rebajado	Máq. de Ecurrir	320	184	4 $\frac{N.S.}{Piel}$	1692.8 $\frac{N.S.}{año}$	541.696 $\frac{N.S.}{año}$
	Máq. Rebajar	48				
Recurtido	Botal 4	64	64	4 $\frac{N.S.}{Piel}$	588.8 $\frac{N.S.}{año}$	188.416 $\frac{N.S.}{año}$
	Botal 8	64				
	Botal 12	64				
Carpeteado	Máq. Carpeteadora	96	96	1 $\frac{N.S.}{lado}$	441.6 $\frac{N.S.}{año}$	141.312 $\frac{N.S.}{año}$
Secado al Vacío	Máq. Secado al Vacío	72	72	2 $\frac{N.S.}{lado}$	662.4 $\frac{N.S.}{año}$	211.968 $\frac{N.S.}{año}$
Lijado - Desempolvado	Máq. Lijar Alleti	32	32	1.8 $\frac{N.S.}{lado}$	264.96 $\frac{N.S.}{año}$	84.79 $\frac{N.S.}{año}$
	Máq. de Desempolvar	32				
Ablandado	Máq. Ablandadora	480	480	0.7 $\frac{N.S.}{lado}$	1545.6 $\frac{N.S.}{año}$	494.592 $\frac{N.S.}{año}$
Prensado	Máq. Prensa Hidráulica	32	32	1.5 $\frac{N.S.}{lado}$	220.8 $\frac{N.S.}{año}$	70.656 $\frac{N.S.}{año}$
				TOTAL	16015.36 $\frac{N.S.}{año}$	5124.915 $\frac{N.S.}{año}$

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

Costo de Mano Obra

El área de mantenimiento solo cuenta con un personal de mantenimiento el cual es el encargado de realizar todos los trabajos de reparación.

$$\text{Costo de Mano de obra} = 1200 \frac{N.S.}{mes} * 14 \frac{Sueldos}{año} = 16800 \frac{N.S.}{año}$$

Costo Total de Mantenimiento Correctivo

$$CTMC = CMOI + CMR + CI + CMOE + CLC$$

$$\text{Costo de Mano de Obra Interna} = 16800 \frac{N.S.}{año}$$

$$\text{Costo de Mano de Obra Externa (Tabla 16)} = 25428.40 \frac{N.S.}{año}$$

$$\text{Costo de Insumos (Tabla 16)} = 7145.80 \frac{N.S.}{año}$$

$$\text{Costo de Repuestos (Tabla 16)} = 69,200.14 \frac{N.S.}{año}$$

$$\text{Costo por Lucro Cesante (Tabla 17)} = 5124.915 \frac{N.S.}{año}$$

$$CTMC = 16,800 + 69,200.14 + 7,145.80 + 25,428.40 + 5124.915$$

$$CTMC = 123699.155 \frac{N.S.}{año}$$

f) Índice de conformidad

Una realiza la encuesta de auditoría de mantenimiento (ver anexo 1), se obtiene un valor de acuerdo al puntaje de cada uno de los 7 aspectos evaluados y uno general de la gestión de mantenimiento actual el cual tuvo un resultado como sistema muy deficiente.

Tabla 18 Índice de conformidad

ASPECTOS	Índice de Conformidad	
Mano de Obra	49.12%	Aceptable pero mejorable
Medios Técnicos	15.38%	muy deficiente
Métodos de Trabajo	20.00%	Sistema muy deficiente
Materiales	18.18%	Sistema muy deficiente
Resultados obtenidos	43.33%	Aceptable pero mejorable
Seguridad	61.90%	Buen sistema
Medio Ambiente	66.67%	Buen sistema
Gestión de mantenimiento	35.96%	Sistema muy deficiente

Fuente: Cuestionario de Auditoría (Anexo 1) y tabla 3

3.2. Análisis de Criticidad

Este análisis fue realizado con el motivo de jerarquizar los equipos según el valor de criticidad que presenten para la empresa, la misma que fue revisada por el personal de la empresa:

- Jefe de producción
- Jefe de personal: encargado de abastecer los repuestos
- Ing. Ambiental

Aplicando el análisis siguiendo los criterios de las tablas (4, 5, 6, 7 y 8) y la figura 4, también usando las formulas 7 y 8. Para evaluar qué tipo de mantenimiento es el adecuado para las máquinas.

Máquina de Descarnar

- **I.O** = Impacto operacional = 7
- **F.O** = Flexibilidad operacional = 4
- **C.M** = Costo de mantenimiento = 2
- **I.s.m.a** = Impacto de seguridad y medio ambiente = 3

$$C = (I.O * F.O) + (C.M) + (I.s.m.a)$$

$$C = (7 * 4) + (2) + (3) = 33$$

Luego de hallar el valor de la consecuencia de obtendrá el valor de la criticidad de la máquina en donde la frecuencia de falla obtuvo un valor de 4.

- **Ff**: Frecuencia de falla = 4

$$C_{rt} = Ff * C$$

$$C_{rt} = 4 * 33 = 132$$

Una vez obtenido el valor de la frecuencia de falla y el valor de la consecuencia, serán utilizados en la matriz de criticidad en donde luego fue catalogado como una Máquina CRÍTICA (ver figura 8).

- C:** Crítico
MC: Medianamente crítico
NC: No Crítico

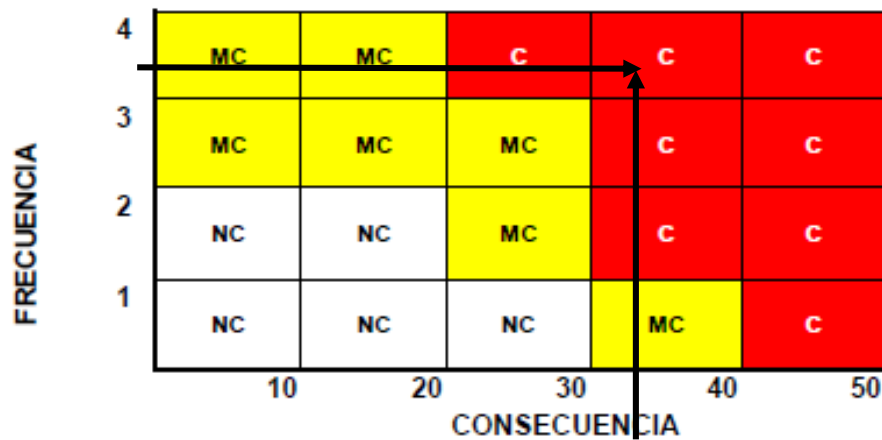


Figura 8 Matriz de criticidad

Fuente: Tabla 14

Se realizó esta metodología para el resto de máquinas dando como resultados las siguientes tablas 19, 19.1 y 19.2.

Tabla 19 Análisis de criticidad Máquinas Críticas

Nº	MÁQUINAS	Ff	I.O	F.O	CM	Isma	consecuencia	Crt	Matriz de Crt
1	CALDERO	4	7	4	1	5	34	136	C
2	MÁQ. DESCARNADORA	4	7	4	2	3	33	132	C
3	MÁQ. DIVIDIR	4	7	4	2	3	33	132	C
4	MÁQ. ABLANDADORA	4	7	4	2	3	33	132	C
5	MÁQ. REBAJAR	4	7	4	1	3	32	128	C
6	MÁQ. DE ESCURRIR	4	7	4	1	3	32	128	C
7	MÁQ. LIJAR ALLETI	3	7	4	1	3	32	96	C
8	MÁQ. DESEMPOLVAR	3	7	4	1	3	32	96	C
9	MÁQ. CARPETEADORA	4	4	4	1	3	20	80	C

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

Tabla 19.1 Análisis de criticidad Máquinas Medianamente Críticas

Nº	MÁQUINAS	Ff	I.O	F.O	CM	Isma	consecuencia	Crt	Matriz de Crt
10	MÁQ. SECADO EN VACIO	4	7	2	1	3	18	72	MC
11	MÁQ. PRENSA HIDRÁULICA	3	4	4	1	3	20	60	MC
12	COMPRESORA	3	4	4	1	1	18	54	MC
13	Botal 6	4	4	1	1	7	12	48	MC
14	Botal 7	4	4	1	1	7	12	48	MC
15	Botal 1	4	4	1	1	7	12	48	MC
16	Botal 8	4	4	1	1	7	12	48	MC
17	Botal 10	4	4	1	1	7	12	48	MC
18	Botal 2	4	1	1	1	7	9	36	MC
19	Botal 4	4	1	1	1	7	9	36	MC
20	Botal 5	4	1	1	1	7	9	36	MC
21	Botal 12	4	1	1	1	7	9	36	MC
22	Botal 13	4	1	1	1	7	9	36	MC
23	Botal 14	4	1	1	1	7	9	36	MC

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

Tabla 19.2 Análisis de criticidad Máquinas No Críticas

Nº	MÁQUINAS	Ff	I.O	F.O	CM	Isma	consecuencia	Crt	Matriz de Crt
24	Bomba Centrífuga 3	2	1	2	1	1	4	8	NC
25	Bomba Centrífuga 4	2	1	2	1	1	4	8	NC
26	Bomba Centrífuga 1	2	1	1	1	1	3	6	NC
27	Bomba Centrífuga 2	2	1	1	1	1	3	6	NC
28	Extractor 1	1	1	1	1	1	3	3	NC
29	Extractor 2	1	1	1	1	1	3	3	NC
30	Extractor 3	1	1	1	1	1	3	3	NC
31	Extractor 4	1	1	1	1	1	3	3	NC
32	Extractor 5	1	1	1	1	1	3	3	NC

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

Luego de realizada la jerarquización de las máquinas de la empresa donde se encontró 9 equipos críticos, 14 medianamente críticos y 9 no críticos, se selecciona el tipo mantenimiento según el nivel de criticidad que estas han obtenido. Cabe recalcar, sin embargo, si bien el tipo seleccionado no sería determinante para las máquinas, ya que para algunos casos se recomendarán mantenimiento predictivo.

Para las Máquinas catalogadas como críticas (C) se recomiendan mantenimiento preventivo, para las Máquinas medianamente Críticas (MC) se selecciona mantenimiento correctivo programado y por ultimo a las Máquinas no Críticas solo se utilizará mantenimiento correctivo.

Tabla 20 Selección del tipo de mantenimiento las Máquinas

MÁQUINAS	Crt	Matriz de Crt	Tipo de mantenimiento
CALDERO	136	C	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. DESCARNADORA	132	C	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. DIVIDIR	132	C	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. ABLANDADORA	132	C	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. REBAJAR	128	C	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. DE ESCURRIR	128	C	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. LIJAR ALLETI	96	C	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. DESEMPOLVAR	96	C	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. CARPETEADORA	80	C	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. SECADO EN VACIO	72	MC	Mantenimiento Preventivo
MÁQ. PRENSA HIDRÁULICA	60	MC	Mantenimiento Preventivo
COMPRESORA	54	MC	Mantenimiento Preventivo

Fuente: tabla 19

Tabla 20.1 Selección del tipo de mantenimiento de los Botales

BOTAL	Crt	Matriz de Crt	Tipo de mantenimiento
Botal 6	48	MC	M. Correctivo programado
Botal 7	48	MC	M. Correctivo programado
Botal 1	48	MC	M. Correctivo programado
Botal 8	48	MC	M. Correctivo programado
Botal 10	48	MC	M. Correctivo programado
Botal 2	36	MC	M. Correctivo programado
Botal 4	36	MC	M. Correctivo programado
Botal 5	36	MC	M. Correctivo programado
Botal 12	36	MC	M. Correctivo programado
Botal 13	36	MC	M. Correctivo programado
Botal 14	36	MC	M. Correctivo programado

Fuente: tabla 19

Tabla 20.2 Selección del tipo de mantenimiento de los Botales

EQUIPOS	Crt	Matriz de Crt	Tipo de mantenimiento
Bomba Centrífuga 3	8	NC	M. Correctivo no programado
Bomba Centrífuga 4	8	NC	M. Correctivo no programado
Bomba Centrífuga 1	6	NC	M. Correctivo no programado
Bomba Centrífuga 2	6	NC	M. Correctivo no programado
Extractor 1	3	NC	M. Correctivo no programado
Extractor 2	3	NC	M. Correctivo no programado
Extractor 3	3	NC	M. Correctivo no programado
Extractor 4	3	NC	M. Correctivo no programado
Extractor 5	3	NC	M. Correctivo no programado

Fuente: tabla 19

3.3. Plan de Gestión de Mantenimiento

Una vez obtenido un historial de falla que ayudara a realizar un diagnóstico del estado actual de las máquinas, se procede a la elaboración de del plan de gestión. Por paso inicial se realiza una codificación de las máquinas.

3.3.1. Codificación de Máquinas

En toda empresa se debe tener una codificación de equipos para facilitar el identificar cada uno de los equipos con un código único. Ya que esta facilita a la localización de las máquinas, y su referencia en las órdenes de trabajo que permite un registro histórico de las fallas.

Códigos para equipos

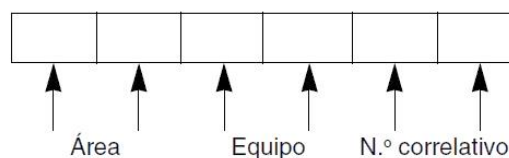


Figura 9 Formato para codificar para Equipos

Fuente: García Garrido, 2003

Para comenzar con la codificación primero se ubican las áreas de la empresa en donde está ubicada las Máquinas los cuales puedes estar definido por dos caracteres alfanuméricos.

Tabla 21 Selección de códigos para las áreas de la empresa

ÁREA	CÓDIGO
RIBERA	RB
SEMIACABADO	SA
ACABADO	AD

En el apartado de equipo se coloca dos caracteres alfabéticos que describen la máquina, teniendo el listado de las Máquinas en la tabla 9 se procede a colocar un código con las iniciales de las máquinas (ver tabla 22).

Tabla 22 Selección de códigos para las máquinas de la empresa

Tipo de Máquina	Código	Tipo de Máquina	Código
COMPRESOR de TORNILLO	CT	MÁQ. DESEMPOLVAR	MDP
CALDERO de VAPOR	CV	MÁQ. CARPETEADORA	MC
MÁQ. DESCARNADORA	MDC	MÁQ. SECADO EN VACIO	MSV
MÁQ. DIVIDIR	MDV	MÁQ. PRENSA HIDRÁULICA	MPH
MÁQ. ABLANDADORA	MA	Botal (Fulón)	BT
MÁQ. REBAJAR	MR	Bomba Hidráulica	BH
MÁQ. DE ESCURRIR	ME	Extractor de Aire	EA
MÁQ. LIJAR ALLETI	MLA		

Fuente: tabla 9

Utilizando la tabla 22 donde se encuentran la lista de máquinas con las que cuentan la empresa están catalogadas como operativas (ver tabla 9), la codificación resultante sería la siguiente que esta presentada en tabla 24.

Tabla 23 Codificación a las máquinas de la empresa

MÁQUINAS	CÓDIGO DE MÁQUINAS	MÁQUINAS	CÓDIGO DE MÁQUINAS
MÁQ. REBAJAR	RB MR 01	Bomba Centrífuga 4	RB BH 04
MÁQ. DE ESCURRIR	RB ME 01	MÁQ. Secado en Vacío	SA MSV 01
MÁQ. DIVIDIR	RB MDV 01	MÁQ. LIJAR ALLETI	SA MLA 01
MÁQ. DESCARNADORA	RB MDC 01	MÁQ. DESEMPOLVAR	SA MDP 01
Botal 1	RB BT 01	MÁQ. CARPETEADORA	SA MC 01
Botal 2	RB BT 02	MÁQ. ABLANDADORA	SA MA 01
Botal 4	RB BT 04	CALDERO de Vapor	SA CV 01
Botal 5	RB BT 05	Bomba Centrífuga 1	SA BH 01
Botal 6	RB BT 06	Bomba Centrífuga 2	SA BH 02
Botal 7	RB BT 07	MÁQ. PRENSA HIDRÁULICA	AD MPH 01
Botal 8	RB BT 08	Extractor 1	AD ET 01
Botal 10	RB BT 10	Extractor 2	AD ET 02
Botal 12	RB BT 12	Extractor 3	AD ET 03
Botal 13	RB BT 13	Extractor 4	AD ET 04
Botal 14	RB BT 14	Extractor 5	AD ET 05
Bomba Centrífuga 3	RB BH 03	COMPRESOR de TORNILLO	AD CT 01

Fuente: Tabla 22, Tabla 21

3.3.2. Lista de Historial de Fallas de las Máquinas.

Realizada la jerarquización de las Máquinas se procede a presentar un historial de fallas ocurridas en las máquinas y las causas de estos. En donde

resaltarán las fallas las cuales se tendrán en cuenta para su eliminación o amortiguación en el Plan de Gestión de Mantenimiento.

Tabla 24 Historial de fallas de las máquinas Críticas

MÁQUINA	Fallas
Máquina de Descarnar (RB MDC 01)	Desgaste de cuchillas helicoidales (Disminución de la calidad del producto).
	Bornes del Switch de accionamiento del motor eléctrico de embrague, corroídos (No hay arranque de motor).
	Topes del eje principal Desgastados (Cascabeleo del eje rodillo de cuchillas).
	Eje de Cuchillas Desalineado (Ligera vibración en la máquina)
	Bobinado deteriorado del motor eléctrico principal (Calentamiento del motor)
	Estiramiento prematuro de faja trapezoidal de accionamiento del eje principal (Ruido de las fajas).
Máquina de Dividir (RB MDV 01)	Desgaste de cuchilla (Reducción de la calidad del producto).
	Fugas de aceite de la bomba hidráulica (Falta de lubricación de las cuchillas).
	Desgaste prematuro de rodamientos del eje principal (calentamientos de rodamientos).
	Corrosión de bornes del Switch de accionamiento del motor eléctrico de las cuchillas principales (no hay arranque de motor).
	Desgaste de los cojinetes de bronce del eje principal (calentamiento en el eje).
	Eje desalineado (Cascabeleo del eje rodillo de cuchillas)
Máquina de Rebajar (RB MR 01)	Rodillo de cuchillas helicoidal obstruida por polvillo de cuero. (Disminución de la calidad del producto).
	Desgaste de cuchillas helicoidales (Disminución de la calidad del producto).
Caldero (SA CV 01)	Rotura de tubería (Perdida de presión de vapor)
	Obstrucción de tubería (Perdida de presión de vapor)
Máq. Ablandadora (SA MA 01)	Rotura de malla de transporte de pieles.
	Rotura de plato opresor
MÁQ. DE ESCURRIR (RB ME 01)	Motor trabado
	Bornes del Switch de accionamiento del motor eléctrico de embrague, corroídos
MÁQ. LIJAR ALLETI (SA MLA 01)	Desgaste prematuro de lija (Disminución de la calidad del producto).
	Desgaste prematuro del Rodaje de eje principal
Máq. Desempolvar (SA MDP 01)	Rotura de nylon (10 nylon mínimos)
	Bobinado deteriorado del motor eléctrico de transporte
Máq. Carpeteadora (SA MC 01)	Descalibrado el eje principal (Cascabeleo del eje)
	Desgaste de los cojinetes de bronce del eje principal (calentamiento en el eje).

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

3.3.3. Plan de mantenimiento

Una vez realizado las tablas con la lista las fallas de las máquinas el siguiente paso es realizar medidas preventivas a adoptar para evitar y/o amortiguar los efectos de estos. En la primera columna se detalla la Máquina a la que corresponde. La segunda columna se presenta la falla ocurrida a la que se está evaluando. En La tercera establece tareas de mantenimiento que sean considerable aceptables. En la siguiente columna se detallan posibles mejoras que podrían realizar por la empresa.

Este plan de mantenimiento se desarrolló en conjunto con el jefe de mantenimiento con el fin de estandarizar las tareas de mantenimiento de la empresa, a su vez también fue realizado con una frecuencia inicial según las frecuencias de fallas actuales, las cuales luego van a aumentar según as tareas y mejoras de mantenimiento propuestas.

Tabla 25 Plan de mantenimiento las máquinas

Máquina	Frecuencia	TTR	EFEECTO	CAUSA	ACCIONES A REALIZAR	Tareas de Mantenimiento	Mejoras
Máquina de Descarnar (RB MDC 01)	2 años	24h	Desgaste de cuchillas helicoidales (Disminución de la calidad del producto).	Exceso de afilado de cuchillas. Falta de mantenimiento.	Cambio de cuchillas.	Afilado de cuchillas (semanal). Limpieza de rodillos de apoyo y de transporte (15 días). Inspección de la altura de las cuchillas con una altura mínima de 7 mm (anual) (Vera anexo 8).	
	7 meses	1h	Bornes del Switch de accionamiento del motor eléctrico de embrague, corroídos (No hay arranque de motor).	Corrosión debido a la alta humedad en el ambiente	Cambio de switch de accionamiento.	Inspección visual de un buen funcionamiento del switch (semanal). Limpieza a los bornes con limpia contactos (mensual).	Cambiar la ubicación del pedal de control para evitar la humedad del ambiente.
	6 meses	1h	Topes del eje principal Desgastados (Cascabeleo del eje rodillo de cuchillas).	Eje descalibrado Eje desalineado	Cambio de topes de eje y Lubricación de topes.	Engrase de los Topes del eje principal (mensual). Alineamiento de eje (6 meses).	

	6 meses	2h	Eje de Cuchillas Desalineado (Ligera vibración en la máquina)	Alineamiento manual sin instrumentación	Alineación de eje de cuchillas	Calibración de eje de cuchillas.	Capacitar al técnico en calibración de ejes.
	1 año	32h	Bobinado deteriorado del motor eléctrico principal (Calentamiento del motor)	Sobre calentamiento del motor. Arranque directo del motor.	Rebobinado de motor por entidad externa.	Comprobar la temperatura del motor que este dentro del rango según el fabricante (semanal).	Realizar una conexión estrella triángulo para evitar los picos alto de corriente en el arranque y el recalentamiento de este.
	6 meses	4h	Estiramiento prematuro de faja trapezoidal de accionamiento del eje principal (Ruido de las fajas).	Contaminación debido a aceites, grasas, productos químicos, etc.	Cambio de faja trapezoidal y alineación.	Inspección visual a las fajas trapezoidales, para su verificación de ninguna anomalía (diario). Comprobar ausencia de rozamiento de las fajas trapezoidales (semanal).	Instalar una protección a las fajas trapezoidales
Máquina de Dividir (RB MDV 01)	20 días	5h	Desgaste de cuchilla (Reducción de la calidad del producto).	Falta de lubricación de las cuchillas. Mal regulación de cuchillas	Cambio de cuchilla, lubricación manual y ajuste de reguladores.	Inspección de la altura de las cuchillas con una altura mínima de 7 mm (anual). Limpieza diaria de las cuchillas de agentes que puedan deteriorarlo.	

	2 meses	12h	Fugas de aceite de la bomba hidráulica (Falta de lubricación de las cuchillas).	Retenes de la bomba hidráulica desgastados	Cambio de retenes y llenado de aceite.	Inspección visual cada de los retenes, para ver si hay fugas de aceite (mensual).	
	9 meses	4h	Desgaste prematuro de rodamientos del eje principal (calentamientos de rodamientos).	Falta de lubricación	Cambio de rodamientos.	Engrase de rodamiento del eje principal. (mensual)	
	7 meses	1h	Corrosión de bornes del Switch de accionamiento del motor eléctrico de las cuchillas principales (no hay arranque de motor).	Corrosión debido a la alta humedad en el ambiente	Cambio del pedal de accionamiento.	Inspección visual de un buen funcionamiento del switch (semanal). Limpieza a los bornes con limpia contactos (mensual).	Cambiar la ubicación del switch, para evitar la humedad del ambiente.
	5 meses	1h	Desgaste de los cojinetes de bronce del eje principal (calentamiento en el eje).	Eje desalineado	Cambio de cojinete de bronce. Alineamiento de eje principal.	Engrase de los cojinetes del eje principal (mensual).	
	6 meses	3h	Eje desalineado (Cascabeleo del eje rodillo de cuchillas)	Alineamiento manual sin instrumentación	Alineamiento de eje principal.	Calibración con instrumentación (mensual).	
Máquina de Rebajar (RB MR 01)	3 meses	4h	Rodillo de cuchillas helicoidal obstruida por polvillo de cuero. (Disminución de la calidad del producto).	Falta de mantenimiento	Limpieza de del rodillo de cuchillas.	Limpieza de rodillo de cuchillas para prevenir obstrucciones (semanal).	

	4 meses	6h	Desgaste de cuchillas helicoidales (Disminución de la calidad del producto).	Falta de limpieza. Falta de afilado de cuchillas	Cambio de cuchillas.	Afilado de cuchillas helicoidales (semanal). Inspección de la altura de las cuchillas con una altura mínima de 7 mm (cada 2 meses).	
Caldero (SA CV 01)	2 meses	4h	Rotura de tubería (Pérdida de presión de vapor)	Alta temperatura de los gases de combustión	Reparación de tubería agrietada.	Verificar que el manómetro tenga una presión de vapor de 80 Psi (diaria).	Capacitación al operario de la caldera. Instalar equipos de medición de calderas (manómetro de presión y temperatura)
	15 días	8h	Obstrucción de tubería (Pérdida de presión de vapor)	No cuenta con un tratamiento del agua que ingresa a la caldera.	Limpieza de caliche de la caldera.	Realizar purga de vapor (2 veces por diaria).	Reparar el desgasificador de a caldera.
Máq. Ablandadora (SA MA 01)	1 mes	3h	Rotura de malla de transporte de pieles.	Malla de reutilizada.	Cambio de malla de transporte de cuero	Limpieza de la malla de transporte (semanal). Fijación de malla de transporte (semanal)	
	2 años	4h	Rotura de plato opresor	Exceso de presión de la bomba de aceite (Fallo técnico).		Medición de la presión de aceite que llega al plato opresor (semanal)	

Máq. de Ecurrir (RB ME 01)	20 días	8h	Motor trabado	Exceso de carga mecánica		Inspección y engrase de los rodamientos y engranajes acoplados al motor eléctrico (semanal)	
	10 meses	1h	Bornes del Switch de accionamiento del motor eléctrico de embrague, corroídos	Corrosión debido a la alta humedad en el ambiente	Cambio de switch de pedal.	Inspección visual de un buen funcionamiento del switch (semanal). Limpieza a los bornes con limpia contactos (mensual).	Cambiar la ubicación del switch, para evitar la humedad del ambiente.
Máq. Lijar Alleti (SA MLA 01)	3 días		Desgaste prematuro de lija (Disminución de la calidad del producto).	Mala selección del tipo de lija	Cambio de lija.		Seleccionar correctamente el tipo de lija a utilizar
	6 meses	3h	Desgaste prematuro del Rodaje de eje principal	Alineamiento manual sin instrumentación	Cambio de rodamientos.	Engrase de rodamiento del eje principal (mensual).	
Máq. Desempolvar (SA MDP 01)	6 meses	2h	Rotura de nylon (10 nylon mínimos)	Supero su capacidad de vida (6meses)	Cambio de Nylon de la máquina.	Inspección visual de los nylon (semanal) Limpieza de nylon de transporte (diaria).	
	6 meses		Bobinado deteriorado del motor eléctrico de transporte	Sobre tensión de la red de alimentación (>380 v)	Rebobinado de motor por entidad externa.	Medición de la temperatura de funcionamiento del motor (semanal)	

Máq. Carpeteadora (SA MC 01)	3 meses	1h	Descalibrado el eje principal (Cascabeleo del eje)	Alineamiento manual sin instrumentación	Alineamiento de eje principal.	Calibración con instrumentación.	Capacitar al técnico de mantenimiento en calibración de ejes.
	4 meses	2h	Desgaste de los cojinetes de bronce del eje principal (calentamiento en el eje).	Eje desalineado.	Cambio de cojinete de bronce. Alineamiento de eje principal	Engrase de los cojinetes del eje principal (mensual).	

Fuente: Tabla 24

3.3.4. Programación de Mantenimiento

Una vez presentadas las tareas de mantenimiento de las máquinas críticas se elabora la programación de estas tareas en el transcurso del año. En donde se detallan la máquina, las frecuencias de cada tarea y el tiempo estimado de las mismas, luego se realiza su programación de acuerdo a su frecuencia.

Esta programación se realizó para el año 2018 de las Máquinas críticas de la empresa PIEL TRUJILLO SAC, con el fin de detectar las fallas antes de que estas ocurran y poder aumentar el MTTF de las máquinas.

Una vez establecido la programación de mantenimiento, se recomienda a la empresa aplicarlo de la siguiente manera:

Semanalmente se debe generar los ordenes de trabajo preventivos donde están incluidas actividades que deben realizarse de manera diaria y semanal estas órdenes deben ser generados por el jefe de mantenimiento en conjunto del jefe de producción.

Luego de realizada estas Ordenes de trabajo se deberá documentar si y registrar la correcta función o anomalía de las máquinas para evaluar una solución y programar el actuar del área de mantenimiento antes de que la Máquina ocurra una falla.

Tabla 26 Programación del mantenimiento para el año 2018

Máquina	Frecuencia	Tareas de Mantenimiento	TTR	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máquina de Descarnar (RB MDC 01)	1S	Afilado de cuchillas (semanal).	0.5h	52 Tareas al año											
	2x1M	Limpieza de rodillos de apoyo y de transporte (15 días).	0.75h	23 Tareas al año											
	1A	Inspección de la altura de las cuchillas con una altura mínima de 7 mm (anual).	0.5h										20		
	1S	Inspección visual de un buen funcionamiento del switch (semanal).	0.5h	52 Tareas al año											
	1M	Limpieza a los bornes con limpia contactos (mensual).	1h	9	10	10	11	10	9	10	9	9	11	10	9
	1M	Engrase de los Topes del eje principal (mensual).	1h	9	10	10	11	10	9	10	9	9	11	10	9
	6M	Alineamiento de eje de rodillo principal (6 meses).	5h			9						8			
	1S	Comprobar la temperatura del motor que este dentro del rango según el fabricante (semanal).	5 min	52 Tareas al año											
	1A	Laqueado de bobinas del motor eléctrico principal	24h							13					
	1A	Lubricar los rodamientos de los motores eléctricos	3h							13					
	1D	Inspección visual a las fajas trapezoidales, para su verificación de ninguna anomalía (diario).	0.5h	Todos los días laborales											
	1S	Comprobar ausencia de rozamiento de las fajas trapezoidales (semanal).	0.5h	52 Tareas al año											
Máquina de Dividir (RB MDV 01)	1D	Limpieza superficial de las cuchillas de agentes que puedan deteriorarlo (diario).	0.5h	Todos los días laborales											
	1M	Inspección visual cada de los retenes, para ver si hay fugas de aceite (mensual).	0.5h	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4
	6M	Lubricación de rodamiento del eje principal (6 meses).	4h	17						17					
	1S	Inspección visual de un buen funcionamiento del switch (semanal).	0.5h	52 Tareas al año											

	1M	Limpieza a los bornes con limpia contactos (mensual).	1h	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	
	1M	Lubricación de los cojinetes del eje principal (mensual).	1h	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3
	6M	Calibración del eje principal (6 meses).	3h			2						3				
Máquina de Rebajar (RB MR 01)	1S	Limpieza de rodillo de cuchillas para prevenir obstrucciones (semanal).	4h	52 Tareas al año												
	1S	Afilado de cuchillas helicoidales (semanal).	0.5h	52 Tareas al año												
	3M	Inspección de la altura de las cuchillas con una altura mínima de 7 mm (cada 3 meses).	0.75h	20			20			20			20			
Caldero (SA CV 01)	2X1D	Verificar que el manómetro tenga una presión de vapor de 80 Psi (2 veces al día).	4h	Todos los días laborales												
	1S	Dosificar el agua con químico	20min	52 Tareas al año												
	1M	Limpieza interna de caldera (mensual).	8h	21	18	18	22	20	17	22	19	23	21	18	23	
	2X1D	Realizar purga de vapor (2 veces por día).	5min	Todos los días laborales												
Máq. Ablandadora (SA MA 01)	1S	Limpieza de la malla de transporte (semanal).	3h	52 Tareas al año												
	8M	Cambio de aceite 40º (8 meses).	6h		27								26			
	1S	Fijación de malla de transporte (semanal) .	5min	52 Tareas al año												
	1S	Inspección de la presión de aceite que llega al plato opresor (semanal)	10min	52 Tareas al año												
Máq. de Escurrir (RB ME 01)	1S	Inspección y engrase de los rodamientos y engranajes acoplados al motor eléctrico (semanal)	2h	52 Tareas al año												
	1S	Inspección visual de un buen funcionamiento del switch (semanal).	0.5h	52 Tareas al año												
	1M	Limpieza a los bornes con limpia contactos (mensual).	1h	8	8	8	7	8	8	7	8	8	8	8	8	
MÁQ. LIJAR ALLETI (SA MLA 01)	2x1S	Reemplazo de lija.	0.5h	104 Tareas al año												
	1M	Engrase de rodamiento del eje principal (mensual).	3h	8	8	8	7	8	8	7	8	8	8	8	8	

Máq. Desempolvar (SA MDP 01)	1S	Inspección visual de los nylon (semanal)	5min	52 Tareas al año											
	1D	Limpieza de nylon de transporte (diaria).	10min	Todos los días laborales											
	1A	Laqueado de bobinas del motor eléctrico principal	24h				19								
	1S	Medición de la temperatura de funcionamiento del motor (semanal)	5min	52 Tareas al año											
Máq. de Carpetear (SA MC 01)	1M	Lubricación de los cojinetes del eje principal (mensual).	1h	26	26	26	26	26	26	26	27	26	26		
	3M	Calibración de eje principal (3 meses).	2h	26			26			26			26		

3.3.5. Gestión de Recursos Personal de Mantenimiento

La empresa solo cuenta con un personal de mantenimiento contratado se recomienda aumenta este personal con una correcta organización del personal existente. Debido a que existe una alta deficiencia en la parte eléctrica de la empresa dejando así, una alta dependencia de mano de obra externe en este punto.

Tabla 27 Persona de mantenimiento

Cantidad	CARGO	ESPECIALIDAD
01	Jefe de Mantenimiento	Técnico de Mantenimiento
01	Jefe de Equipo	Técnico en Mecánica de mantenimiento
03	Ayudantes de mecánico	Practicantes de Mecánica de Mantenimiento
01	Ayudantes de electricista	Practicantes en Electricista industrial

El jefe de mantenimiento estará cargo de gestionar el mantenimiento desde un punto de vista técnico, asignar los recursos necesarios para cumplir con las tareas programadas de mantenimiento e implicarse personalmente.

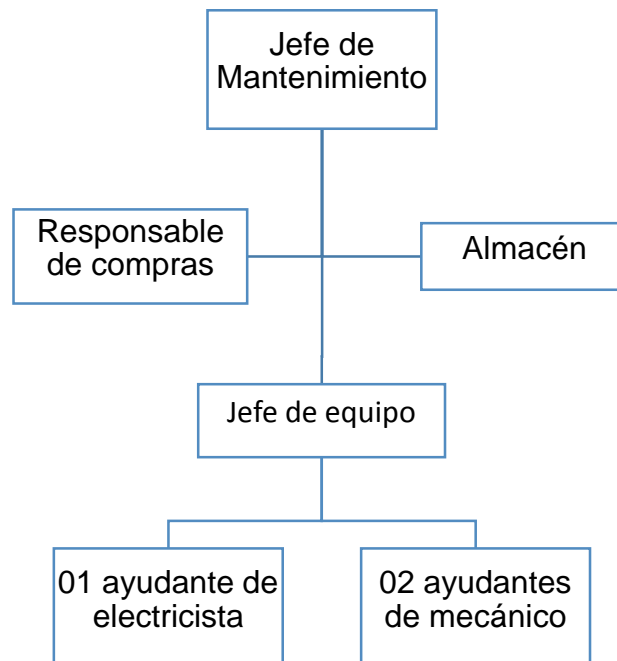


Figura 10 Organigrama Propuesto del área de mantenimiento

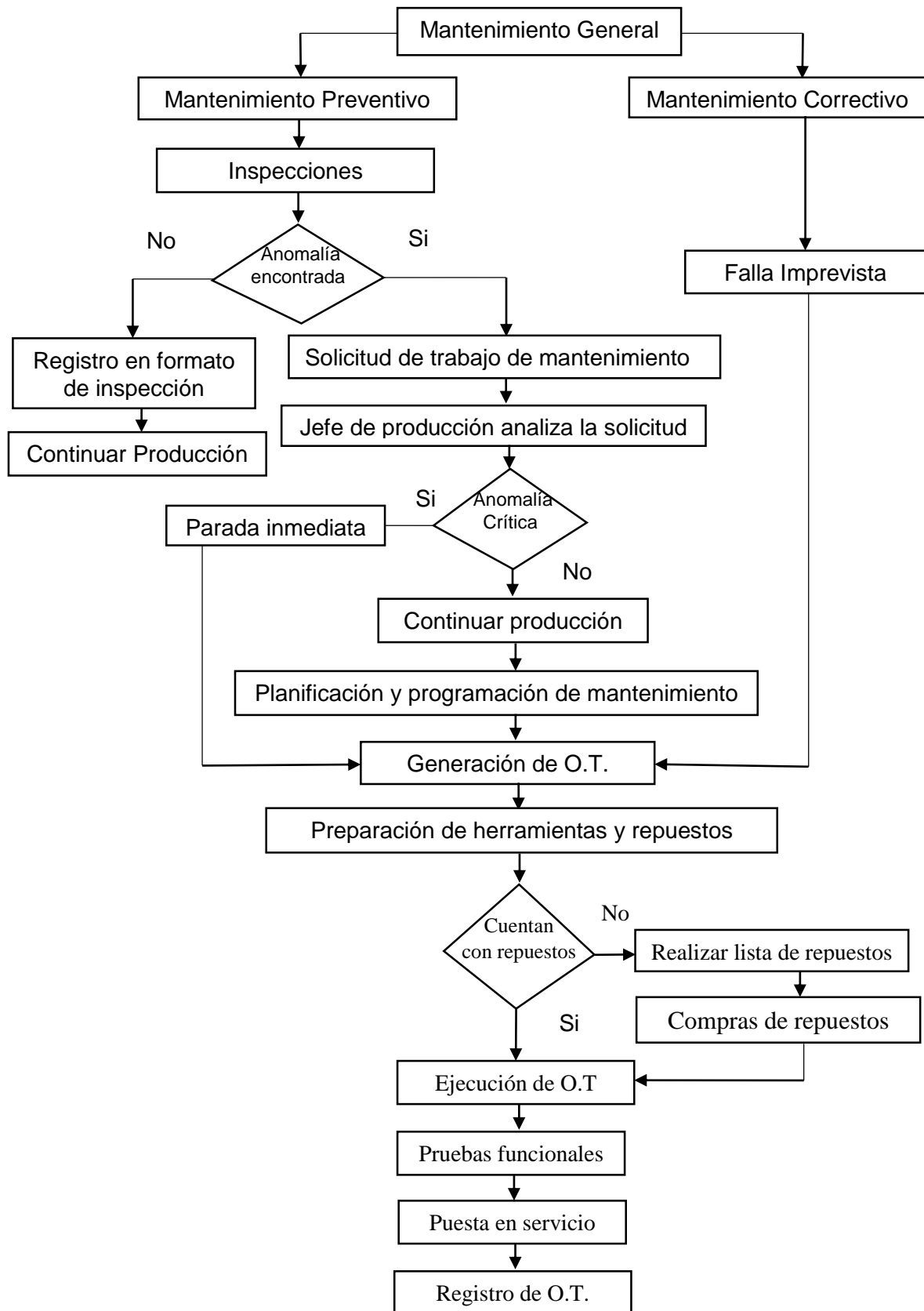


Figura 11 Diagrama de flujo de mantenimiento

El método de trabajo para el personal de mantenimiento esta expresado en la figura 11 con lo cual se detalla el flujo de las acciones de mantenimiento.

3.3.6. Gestión de Documentación de trabajo

El área de mantenimiento necesita generar abundante información, por lo tanto, es recomendable tener un sistema de recopilación de información ya que mediante de esto se puede evaluar la eficiencia de la gestión de mantenimiento

Generación de órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo son documentos que el área de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre el trabajo que se va a realizar, así como toda una serie de datos que constituyen un registro de cada tarea efectuada y crea una fuente de información que posibilita un mejor control.

Para la empresa Piel Trujillo se detalla un formato de orden de trabajo para que la recopilación de mantenimiento sea más eficaz.

		ORDEN DE TRABAJO		Nº Orden:		
Datos generales						
Equipo:				Fecha de emisión:		
Solicitante:						
Nivel de prioridad: URGENTE		IMPORTANTE		A REALIZAR EL DÍA:		
Descripción						
Síntomas:						
EQUIPOS DE PROTECCIÓN:				Firma del operario		
Casco.	Gafas seguridad	Guantes.				
Cinturón segur.	Protección acústicos.					
Botas segur.	Otros:					
Herramientas y medios a preparar						
Trabajo realizado						
Situación de la orden: Finalizada.		Finalizada provisionalmente.		Pendiente.		
Operario			Fecha	Hora inicio	Hora final	
				Total Horas		
Repuesto consumido						
Cantidad	Descripción			P. unitario	Total	
				TOTAL REPUESTOS		
Observaciones:						

Figura 12 Hoja de Orden de trabajo

3.3.7. Gestión de almacén

En la empresa el almacén es administrado por el área de mantenimiento, pero sin ningún sistema de inventarios para los repuestos e insumos para las máquinas. Por ello el almacén estará bajo la supervisión del técnico de mantenimiento mecánico quien llevará un registro de las entradas y salidas de repuestos e insumos que entran y salen bajo un sistema informático.

Se recomienda realizar unos muestreos aleatorios cada 4 meses para corroborar que las cantidades que se tiene registrada en el almacén.

Se presenta una lista de repuestos e insumos que se debe tener en stock para las Máquinas críticas.

Tabla 28 Repuestos para máquinas críticas

Repuestos a tener en stock			
It	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad
1	Cuchillas helicoidales (Máq. Descarnar)	Juego	1
2	Faja trapezoidal A46	Unidad	2
3	Reguladores de cuchillas	Unidad	2
4	Cuchillas (Máq. dividir)	Juego	1
5	Retenes de bomba hidráulica	Unidad	2
6	Switch de pedal de control	Unidad	2
7	Rodamientos de eje principal	Unidad	1
8	Cojinete de bronce	Unidad	2
9	Cuchillas helicoidales (Máq. Rebajar)	Juego	1
11	Rodaje de eje principal	Unidad	2

Tabla 29 Insumos para las Máquinas Críticas

Insumos			
It	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad
1	Aceite 68°	Baldes	8
2	Aceite 40°	Baldes	1
3	Amina (tratamiento de agua)	Kg	6
4	Cobre para Encuchillado de rodillos	Kg	8
5	Grasa	Balde	4
6	Rollo de lija	Unidad	4
7	Nylon	kg	20

Fuente: Piel Trujillo SAC (2017)

3.4. Estimación de los nuevos indicadores de mantenimiento.

Teniendo en cuenta los valores de los indicadores con la gestión de mantenimiento actual, se estima los valores a los que quiere llegar para un óptimo trabajo.

Tabla 30 indicadores actuales de las Máquinas Críticas

Nº	MÁQUINAS	Matriz de Crt	D	R	M
1	CALDERO	C	98.98%	35.71%	52.76%
2	MÁQ. DESCARNADORA	C	73.62%	35.18%	56.54%
3	MÁQ. DIVIDIR	C	73.62%	35.18%	56.54%
4	MÁQ. ABLANDADORA	C	64.29%	35.29%	56.54%
5	MÁQ. REBAJAR	C	98.21%	32.10%	52.76%
6	MÁQ. DE ESCURRIR	C	85.35%	34.20%	58.31%
7	MÁQ. LIJAR ALLETI	C	96.83%	35.89%	52.76%
8	MÁQ. DESEMPOLVAR	C	96.83%	35.89%	58.31%
9	MÁQ. CARPETEADORA	C	95.24%	33.50%	58.31%

Máquina de Descarnar

La máquina de descarnar actualmente tiene una disponibilidad de 73.62%

$$MTTF_1 = 134 \frac{hrs}{falla}$$

$$MTTR_1 = 48 \frac{hrs}{falla}$$

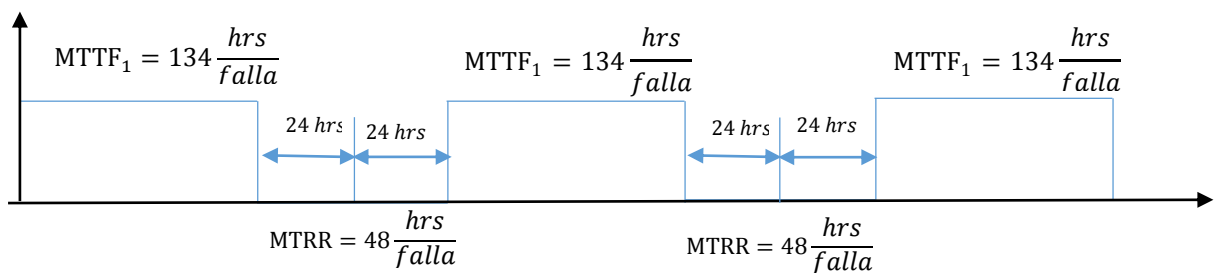


Figura 13 Indicadores de mantenimiento actual de la Máq. Descarnadora

Uno de los mayores problemas en la reparación de las Máquina es la falta de stock en almacén, este tiempo de demora en abastecer (TA) el repuesto al jefe de mantenimiento es de 2 a 3 días que sería 16 a 24 horas por la falta de una planificación de mantenimiento, las cuales se verán eliminados con la lista de repuestos mínimos que se tendrá en almacén.

$$\text{Tiempo de Abastecimiento}_1 = TA_1 = \left(\frac{16 + 24}{2}\right) * 12 \frac{\text{falla}}{\text{año}} = 240 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}$$

La tareas ayudan a la eliminación de las fallas por ello la frecuencia de falla será reducida gradualmente hasta llegar un numero de fallas aceptable, para esta investigación se estima que el primer año se tendrá una frecuencia de falla de $8 \frac{\text{falla}}{\text{año}}$. Además, se proyectó un tiempo de mantenimiento preventivo promedio de $8 \frac{\text{hrs}}{\text{mes}}$ y tiempo de reparación de $16 \frac{\text{hrs}}{\text{falla}}$

$$TPP = 2184 - (8 * 12) = 2088 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}$$

$$TNP = 2088 \frac{\text{hrs}}{\text{año}} - \left(16 \frac{\text{hrs}}{\text{falla}} * 8 \frac{\text{falla}}{\text{año}}\right) = 1960 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}$$

$$MTTF_2 = \frac{1960 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{8 \frac{\text{falla}}{\text{año}}} = 245 \frac{\text{hrs}}{\text{falla}}$$

$$D = \frac{1960 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}}{2088 \frac{\text{hrs}}{\text{año}}} * 100 = 93.87 \%$$

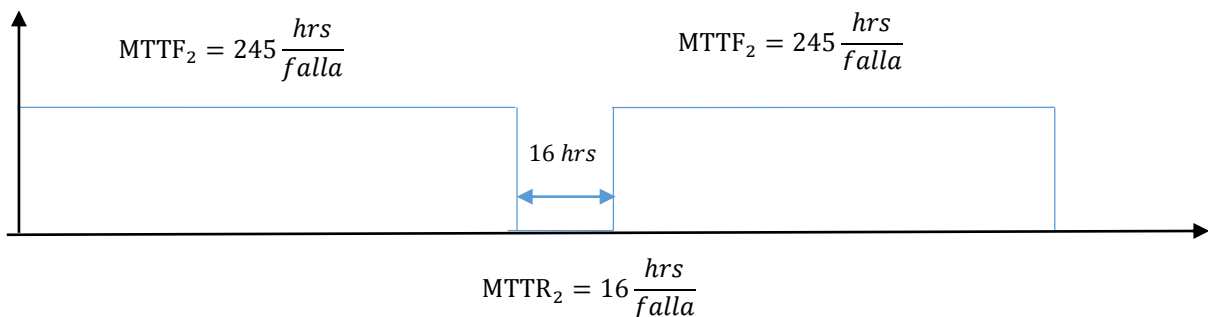


Figura 14 Indicadores Estimados de mantenimiento de la Máq. Descarnadora

Con el plan se estima un incremento de la disponibilidad de 20.25%. Una vez obtenida la disponibilidad se estima la confiabilidad y la mantenibilidad de la máquina.

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{245 \frac{\text{hrs}}{\text{falla}}} = 0.0041 \frac{\text{falla}}{\text{hrs}}$$

$$R_t = e^{(-0.00441 * 140)} = 56.47 \%$$

Se estima un incremento de la confiabilidad de 21.29%.

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{16 \frac{hrs}{falla}} = 0.0625 \frac{falla}{hrs}$$

La mantenibilidad se estima un tiempo $t = 20h$ ya que es el tiempo que perdido en reparación de la máquina.

$$M_t = 1 - e^{-0.0625 * 20} * 100 = 71.35 \%$$

Dando un incremento de mantenibilidad de 14.81%.

Los indicadores fueron estimados de acuerdo al análisis de aplicado en la tabla 25 y la programación de las tareas de mantenimiento (Ver Tabla 26). Las cuales ayudaran a aumentar estos indicadores.

Tabla 31 Indicadores actuales de las Máquinas Críticas

MÁQUINAS	Nº fallas	DISPONIBILIDAD			Confiabilidad			Mantenibilidad		
	fallas/hora	MTTR (Hrs/vez)	MTTF (Hrs/vez)	D	λ tasa de falla	t (Hrs)	Rt	μ tasa de repar.	t (Hrs)	Mt
CALDERO	3	4	1556	99.74%	0.0006	800	59.80%	0.25	6	77.69%
MÁQ. DESCARNADORA	8	16	245	93.87%	0.0041	140	56.47%	0.0625	20	71.35%
MÁQ. DIVIDIR	7	16	286	94.70%	0.0035	140	61.29%	0.0625	20	71.35%
MÁQ. ABLANDADORA	6	16	208	92.86%	0.0048	90	64.88%	0.0625	20	71.35%
MÁQ. REBAJAR	8	3	332	99.10%	0.003	230	50.02%	0.3333	4	73.64%
MÁQ. DE ESCURRIR	8	8	257	96.98%	0.0039	100	67.77%	0.125	10	71.35%
MÁQ. LIJAR ALLETI	1	8	1000	99.21%	0.001	500	60.65%	0.125	10	71.35%
MÁQ. DESEMPOLVAR	1	8	1000	99.21%	0.001	500	60.65%	0.125	10	71.35%
MÁQ. CARPETEADORA	3	8	664	98.81%	0.0015	350	59.03%	0.125	10	71.35%

Dando un incremento promedio de las Máquinas críticas:

Δ Disponibilidad = 10.17%

Δ Confiabilidad = 24.95%

Δ Mantenibilidad = 16.44%.

Además, se estima una reducción de costos anuales de mantenimiento de mantenimiento en:

Mano de obra externa = S/. 25428.40

Lucro Cesante = S/. 5124.92

Siendo así esto el beneficio anual de esta investigación de S/. 30553.32

3.5. Análisis financiero

Se detalla el costo de la inversión que se está proponiendo para este plan de gestión, en donde están las mejoras propuestas, las capacitaciones, repuestos e insumos.

Tabla 32 Inversión del plan de gestión

Mejoras Propuestas				
It	Denominación	Cantidad	Precio unitario	Precio
			Soles/	Soles
1	Reparar el desgasificador de la caldera	1	800	S/800
2	Pedal de control	3	120	S/360
3	Instalación de protección de faja trapezoidal	1	200	S/200
4	Cambio de malla transportadora	1	400	S/400
5	Termómetro Infrarrojo (Prasek)	1	150	S/150
6	Computador	1	1300	S/1300
			Sub total	S/3,210
Capacitaciones				
1	Capacitación de electricidad básica para mecánicos	1	400	S/400
2	Capacitación de alineación por comparadores	1	1000	S/1,000
3	Capacitación en tratamiento de agua para caldera	1	400	S/400
			Sub total	S/1,800
Repuestos a tener en stock				
It	Denominación	Cantidad	Precio unitario	Precio
				Soles
1	Cuchillas helicoidales (Máq. Descarnar)	1	3240	S/3,240
2	Faja trapezoidal	2	80	S/160
3	Reguladores de cuchillas	2	100	S/200
4	Cuchillas (Máq. dividir)	1	1360.8	S/1,361
5	Retenes de bomba hidráulica	2	463.32	S/927
6	Switch de pedal de control	2	50	S/100
7	Rodamientos de eje principal	1	250	S/250
8	Cojinete de bronce	2	100	S/200
9	Cuchillas helicoidales (Máq. Rebajar)	1	2430	S/2,430
11	Rodaje de eje principal	2	125	S/250
			Sub total	S/9,117
Insumos				
It	Denominación	Cantidad	Precio unit	Precio
			Soles/Pieza	Soles
1	Aceite 68°	8	40	S/320
2	Aceite 40°	1	800	S/800
3	Amina (tratamiento de agua)	6	150	S/900
4	Grasa	4	200	S/800
5	Rollo de lija	65	4	S/260
6	Nylon	20	90	S/1,800
			Sub total	S/4,880
				19,007

Se realiza un análisis de financiamiento bancario la cual tendrá plazo de pago de 12 meses y una tasa efectiva anual de 8 %, donde se detalla el plan de pagos mensuales y la cuota mensual que es de S/ 1486.

Tabla 33 Financiamiento bancario

Inversión		
Descripción		Monto (S/.)
Equipos, herramientas, instrumentos, cursos		19,007
Total Inversión del Proyecto		19,007
FINANCIAMIENTO		
Descripción		Monto (S/.)
Aporte propio, % Inversión total	10%	1900.744
Financiamiento		17,107
Total inversión		19007.44
Condiciones del Financiamiento		
Descripción		Monto (S/.)
Préstamo		17,107
Tasa efectiva anual		8.00%
Tasa efectiva mensual		0.64%
Plazo, meses pago de préstamo bancario		12
Cuota mensual, Soles/mes		1,486

Tabla 34 Plan de pagos del financiamiento

Plan de Pagos mensuales del financiamiento bancario					
Mes	Préstamo	Interés	Amortización	Cuota	Saldo
1	S/. 17,107	S/. 110	S/. 1,376	S/. 1,486	S/. 15,731
2	S/. 15,731	S/. 101	S/. 1,385	S/. 1,486	S/. 14,346
3	S/. 14,346	S/. 92	S/. 1,394	S/. 1,486	S/. 12,953
4	S/. 12,953	S/. 83	S/. 1,403	S/. 1,486	S/. 11,550
5	S/. 11,550	S/. 74	S/. 1,412	S/. 1,486	S/. 10,139
6	S/. 10,139	S/. 65	S/. 1,421	S/. 1,486	S/. 8,718
7	S/. 8,718	S/. 56	S/. 1,430	S/. 1,486	S/. 7,288
8	S/. 7,288	S/. 47	S/. 1,439	S/. 1,486	S/. 5,849
9	S/. 5,849	S/. 38	S/. 1,448	S/. 1,486	S/. 4,401
10	S/. 4,401	S/. 28	S/. 1,458	S/. 1,486	S/. 2,943
11	S/. 2,943	S/. 19	S/. 1,467	S/. 1,486	S/. 1,476
12	S/. 1,476	S/. 9	S/. 1,476	S/. 1,486	S/. 0

Se analiza el flujo de caja proyectándolo en 10 años en donde se tiene los siguientes beneficios:

$$\text{Beneficio} = \text{Mano de obra externa} + \text{Costo por lucro cesante}$$

$$\text{Beneficio} = 25428.40 + 5124.92 = 30553.32 \frac{N.S.}{\text{año}}$$

Adicional a la inversión se propone contratar un personal de mantenimiento que tendrá el costo anual.

$$\text{Costo de Mano de obra adicional} = 1200 \frac{N.S.}{\text{mes}} * 14 \frac{\text{Sueldos}}{\text{año}} = 16800 \frac{N.S.}{\text{año}}$$

Tabla 35 Flujo de caja neto de la inversión.

Flujo de caja e indicadores financieros para invertir				
Préstamo	Pago de Interés	Amortización	Flujo Caja Neto	Periodo de retorno de inversión
Soles	Soles	Soles		
-17106.70	-723.83	17106.70		
Año	Costo Personal Soles/año	Beneficio bruto soles/año	Soles/año	Soles/año
0	0.00	0.00	-17830.53	-17830.53
1	16800	30553	13753	-4077.2145
2	16800	30553	13753	9676.10
3	16800	30553	13753	
4	16800	30553	13753	
5	16800	30553	13753	
6	16800	30553	13753	
7	16800	30553	13753	
8	16800	30553	13753	
9	16800	30553	13753	
10	16800	30553	13753	
Tasa efectiva anual	8.00%	Anual		
Valor anual Neto, VAN	75,179	S/.		
Tasa Interna de Retorno, TIR	76.88%			
Vida útil estimada	10.00	Años		
Período de retorno de la Inversión PRI (Años)	1.30	Años		
	15.56	Meses		

En conclusión, el plan de gestión es factible económicamente debido a que se obtiene un VAN = S/. 75179 la cual es mayor cero, y la tasa interna de retorno TIR = 76.88 % y mayor a 8 %.

IV. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como objetivo aumentar los indicadores de mantenimiento (Disponibilidad, Mantenibilidad, Confiabilidad) con la elaboración de un plan de gestión de mantenimiento de la empresa Piel Trujillo SAC.

La auditoría de mantenimiento realizada a la empresa nos da a conocer la deficiencia del área de mantenimiento dando como resultado del cuestionario de auditoría un índice de conformidad de 35.96% siendo así un sistema muy deficiente, debido a la falta de un plan de mantenimiento.

Purizaca en su tesis "Diseño de Gestión del plan mantenimiento preventivo la Maquinaria de maestranza para reducir los costos de operación en la empresa azucarera CARTAVIO S.A.A." en su investigación expreso que sus resultados son satisfactorios y los esperados al aplicar el diseño de gestión del plan de mantenimiento preventivo, donde la mantenibilidad ha disminuido en 5.6 horas y el tiempo promedio entre fallas ha aumentado en 41 horas, la disponibilidad de las máquinas en 10%, la confiabilidad en 10.7%, la mantenibilidad porcentual en 9.2% para lograr la disminución de las 5.6 horas promedio para reparar y finalmente la eficiencia aumentada en un 23%.

Esto se asemeja mucho a esta investigación en donde se estimaron los indicadores de mantenimiento de las Máquinas críticas, después del Plan de Gestión de Mantenimiento, los cuales tienen un incremento de 10.17% de disponibilidad, 24.95% de confiabilidad, 16.44% en mantenibilidad, y una reducción en el tiempo de reparación de 16 a 24 horas con lo cual estos valores demostraron que el estudio realizado es aceptable.

Rodríguez en su tesis aplicada a los equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca también realizó un análisis costo beneficio en donde presento que es factible económicamente, obteniendo como resultado un valor actual neto VAN = \$15,402,040.02; una tasa de interés de retorno TIR = 2124% que es superior al 7%, y un índice de rentabilidad IR = \$ 127.25

En esta investigación se hizo algo similar hallando un VAN = S/ 75,179, y un TIR = 76.82% que es mayor a 8%; a diferencia de Rodríguez en esta investigación no se halló un índice de rentabilidad en vez de eso se halló un periodo de retorno

de inversión $PRI = 1.3$ años lo demuestra una factibilidad económica para esta investigación.

Valdes en su tesis aplicada a los equipos de la empresa Remaplast determino las tareas predictivas para los equipos de la empresa una vez realizada esto procedió con la programación de estas tareas de mantenimiento

En esta investigación al igual que valdes, una vez determinadas las tareas de mantenimiento que ayudaran a evitar y/o amortiguar las fallas detectadas se realizó una programación de mantenimiento para el año 2018, con el fin de ayudar a aumentar el tiempo entre fallas.

Pesantez en su tesis elaborada a los equipos de procesos productivos de una empresa empacadora de camarón, realizo un análisis de criticidad a estos equipos los cuales catalogo en dos grupos:

los que importunan al proceso productivo que son 12 equipos y los que afectan de manera indirecta donde encontró 17 equipos,

Esto es similar a lo aplicado en esta investigación ya que se realizó un análisis de criticidad a las máquinas de la curtiembre los cuales fueron catalogados como 9 máquinas críticos, 14 semi-críticos y 9 no críticos. Las 9 máquinas fueron tomadas como muestra de estudio en esta investigación.

V. CONCLUSIÓN

- Se realizó una auditoría de mantenimiento realizada a la curtiembre se encontró los puntos débiles, que la perjudicaban al área de mantenimiento, una de ellas es el hecho de que solo realizan mantenimiento correctivo dejando de lado tareas preventivas para anticipar las fallas por lo que se encontró una alta frecuencia de fallas en todas las máquinas, también la falta de manejos de inventario de materiales y repuestos en almacén lo que aumentaba el tiempo de paradas y generar costos total de mantenimiento de S/.123699.155 anuales , por último se realizó un cuestionario de auditoría en el cual dio como resultado un índice de conformidad de 35.96% siendo así un sistema muy deficiente.
- Se realizó un análisis de criticidad semi-cuantitativo con el cual se obtuvo los niveles de criticidad de las Máquinas dejando como resultado a 9 máquinas críticas que fueron muestra de estudio las cuales son:
 - Máquina de Descarnadora
 - Máquina de Dividir
 - Máquina Carpeteadora
 - Máquina de Rebajar
 - Máquina de Desempolvar
 - Máquina de Lijar
 - Máquina de Escurrir
 - Máquina de Ablandar
 - Caldera
- Se analizó una lista de fallas de las Máquinas críticas, para determinar las causas de las fallas que permitieron definir tareas de mantenimiento con el fin de anular y/o amortiguar dichas fallas.
- Se preparó la programación de las tareas de mantenimiento para el año 2018 de las Máquinas críticas.
- Se estableció un diagrama flujo de mantenimiento del plan de gestión para la planificación, generación de orden de trabajo ejecución de mantenimiento y la documentación de información de mantenimiento.

- Los indicadores de mantenimiento fueron estimados después del plan de gestión de mantenimiento en donde se obtuvieron un incremento promedio de las Máquinas Críticas de 10.17 % en disponibilidad, 24.95% en confiabilidad y 16.44% en mantenibilidad.
- El plan de gestión no solamente es factible técnicamente sino económicamente, obteniendo los siguientes resultados del análisis económico financiero:
 - VAN: Valor actual neto de S/. 75179 es mayor a cero
 - TIR: Tasa interna de retorno de 76.88% que es mayor a 8%
 - PRI: Período de retorno de inversión de 1.3 años

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa aplicar el plan de gestión de mantenimiento, ya que realizar las tareas programadas garantizan una reducción de fallas y de costos de fallas.
- Realizar 03 auditorías de manera inicial cada 4 meses en el primer año para encontrar y eliminar cualquier problema que estén afectando a la empresa. Luego de este intervalo de tiempo, las auditorías se realizarán anualmente por un personal ligado a la organización que cuente con capacitación en auditorías.
- Se recomienda la implementación de un software de mantenimiento para la ayuda en la gestión de mantenimiento.
- Una vez realizada la política de documentación ayudara a realizar futuras propuestas de mejora como la elaboración de plan de mantenimiento basado en RCM o en técnicas predictivas con el fin de mejorar la gestión de mantenimiento.
- Se recomienda implementar la estrategia de las 5 s para optimizar un lugar adecuado para los operarios y las máquinas de la empresa.
- Se recomienda realizar un estudio mejoras de mantenimiento con la aplicación de normas de mantenimiento.

VII. REFERENCIAS

ESPINOZA CADENAS, Edgar Simeón. "Diseño de un plan de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la vida nominal de los equipos: vehículos livianos y Máquinas-herramientas. Empresa COOPSOL MINERÍA Y PETRÓLEO S.A.". Universidad del Callao – Callao, 2014.

Fabres Díaz, J. L. "Auditoría de gestión de mantenimiento". Revista Mantenimiento. No. 6, 1991.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y Gestión integral de mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos, S. A., 2003. ISBN: 84-7978-548-9.

GONZALES FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. Madrid: Fund. Confemetal, 2004. ISBN: 9788496169364.

Hernández Cruz, E. y Navarrete Pérez, E. "Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento". Revista Club de mantenimiento No 6. Año 1. Argentina, 2001.

Corretger Rauet, M. Auditoría y autoevaluación del mantenimiento. Revista Mantenimiento, España. 100: 21-28, 1996.

LEVITT, Joel. The Handbook of Maintenance Management. Segunda edición. New York: INDUSTRIAL PRESS INC, 2009. ISBN: 9780831190897.

LEVITT, Joel. Complete Guide to Predictive and Preventive Maintenance. Segunda edición. New York: INDUSTRIAL PRESS INC, 2011. ISBN: 978-0831134419

MESA GRAJALES, Dairo, ORTIZ SANCHEZ, Yesid y PINZON, Manuel. LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS MODERNAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO. Pereira: Duque Cardon Edison, 2006. Vol. XII. ISSN: 0122-1701.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México, : Alfaomega Grupo Editor, 2009. ISBN: 978-958-682-769-0.

PARRA MARQUEZ, Carlos y CRESPO MARQUEZ, Adolfo. Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos. s.l: Ingeman, 2012. Vol. V.

PESÁNTEZ HUERTA, Alvaro Eduardo. "Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos de proceso productivo de una empresa empaedora de camarón". Escuela superior politécnica del Litoral - Ecuador, 2007.

PURÍZACA RODRÍGUEZ, Diego Antonio. "Diseño de gestión de mantenimiento preventivo a la Maquinaria de maestranza para reducir los costos de operación en la empresa azucarera CARTAVIO SAA". Universidad Cesar Vallejo -Trujillo, 2014.

RODRIGUEZ DEL GUILA, Miguel Angel. "Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca". Universidad privada de norte, 2012.

RIVERA RUBIO, Enrique Miguel. "Sistema de gestión del mantenimiento industrial". Universidad nacional mayor de San Marcos - Lima, 2011.

SERPA, A.M. DEL CASTILLO. Análisis de criticidad personalizados. Cuba: Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría-Cujae., 2009. Vol. XII. ISSN 1815-5944.

TORRES, Leonardo Daniel. Mantenimiento su implementación y Gestión. tercera. Córdoba: universitas, 2010. ISBN: 987-9406-81-8.

TAVARES, Lourival Augusto. Administración Moderna de Mantenimiento. Brasil, 2000.

VALDES ATENCIO, Jorge Luis. "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast". Universidad de Cartagena, 2009.

VIVEROS, STEGMAIER, KRISTJANPOLLER, BARBERA y CRESPO. "Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo". Ingeniare, Vol. 21, pp. 125-138. 2013

ANEXOS

Anexo 1 CUESTIONARIO DE AUDITORÍA

Anexo 1.1 Mano de Obra

N.º	CRITERIO	Desf.			Favo.
		0	1	2	3
MANO DE OBRA					
1	¿La plantilla tiene el personal que necesita?		1		
2	¿El personal tiene la formación adecuada?			2	
3	¿Hay una parte del personal polivalente?		1		
4	¿Hay personal imprescindible?	0			
5	¿Hay un Plan de Formación para el personal?	0			
6	¿El Plan de Formación resulta adecuado, y se lleva a cabo?				
7	¿Se respeta el horario de entrada?				3
8	¿Se respeta el horario de salida?				3
9	¿Se respeta el horario en los descansos?				3
10	¿El nivel de absentismo es bajo?			2	
11	¿Los operarios están dispuestos a prolongar su jornada, acudir en festivos, noches, fuera de su turno, etc., en caso de necesidad?			2	
12	¿En general, las O.T. se resuelven cumpliendo el programa de mantenimiento?			2	
13	¿El tiempo de intervención está de acuerdo con las tablas de tiempo normales?		1		
14	¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?	0			
15	¿El personal cumplimenta correctamente las O.T.?			2	
16	¿El organigrama resulta adecuado?	0			
17	¿El personal indirecto está en número adecuado?		1		
18	¿El personal indirecto tiene la formación adecuada?			2	
19	¿Los mandos intermedios (encargados y jefes de equipo) intervienen en la resolución de órdenes de trabajo?				3
20	¿El organigrama general del departamento es adecuado?	0			
N.o de casillas marcadas con esa puntuación		5	4	6	4
Puntos obtenidos		0	4	12	12
CÁLCULOS: Puntuación máxima posible = 19 × 3 = 57					
Puntos obtenidos = 28					
Índice= 28 / 57= 0.4913					
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = 49.13 %					

Anexo 1.2 Medios Técnicos

N.º	CRITERIO	Desf.			Favo.
		0	1	2	3
MEDIOS TÉCNICOS					
21	¿Los equipos de medida están calibrados?		1		
22	¿Las herramientas para el mantenimiento mecánico se corresponden con lo que se necesita?		1		
23	¿Las herramientas para el mantenimiento eléctrico se corresponden con lo que se necesita?	0			
24	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	0			
25	¿Existe un inventario de las herramientas que se usan en el departamento?	0			
26	¿Los equipos están limpios y en buen estado?	0			
27	¿Los equipos están colocados adecuadamente en el taller, y debidamente señalizados?		1		
28	¿El software de gestión o el sistema de información de mantenimiento es el adecuado?				
29	¿El sistema aporta información fiable?				
30	¿Los operarios consultan alguna vez los datos contenidos en el sistema de información?				
31	¿El número de horas invertido en introducir datos al sistema es bajo?				
32	¿El taller de mantenimiento parece limpio y ordenado?	0			
33	¿Está bien señalizado e identificado su interior?	0			
34	¿Está situado en el lugar adecuado?		1		
35	¿El taller cuenta con los medios adecuados al tipo de trabajo que se realiza?			2	
36	¿Las oficinas parecen limpias y ordenadas?	0			
37	¿Se cuenta con los medios adecuados en la oficina (ordenadores, impresoras, faxes, teléfonos, etc.)?	0			
N.o de casillas marcadas con esa puntuación		8	4	1	0
Puntos obtenidos		0	4	2	0
CÁLCULOS: Puntuación máxima posible = 13 × 3 = 39					
Puntos obtenidos = 6					
Índice= 6 / 39 = 0.1538					
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = 15.38 %					

Anexo 1.3 Métodos de trabajo

N.º	CRITERIO	Desf.			Favo.		
		0	1	2	3		
MÉTODOS DE TRABAJO							
38	¿Se ha realizado un análisis de equipos?	0					
39	¿Ese análisis establece el nivel de criticidad de cada equipo?	0					
40	¿En ese análisis se determina el modelo de mantenimiento más adecuado para cada equipo?	0					
41	¿Se ha realizado un Plan de Mantenimiento Programado?	0					
42	¿Este plan resulta adecuado?						
43	¿Hay una planificación de mantenimiento?	0					
44	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	0					
45	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?						
46	¿Existe un plan de Formación?	0					
47	¿Ese plan resulta adecuado?						
48	¿El Plan de Formación se lleva a cabo?						
49	¿La proporción entre mantenimiento programado y no programado es la adecuada?		1				
50	¿Se trabaja con Órdenes de Trabajo o sistemas similares?		1				
51	¿Existe un sistema establecido para asignar prioridades a las O.T.?		1				
52	¿Las Órdenes de Trabajo se recopilan y analizan?	0					
53	¿Existen procedimientos para las intervenciones más habituales?		1				
54	¿Los operarios usan esos procedimientos?			2			
55	¿Se proponen mejoras desde el área de mantenimiento?		1				
56	¿Se recogen y analizan las mejoras que proponen los operarios?			2			
N.o de casillas marcadas con esa puntuación		8	5	2	0		
Puntos obtenidos		0	5	4	0		
CÁLCULOS: Puntuación máxima posible = 15 × 3 = 45							
Puntos obtenidos = 9							
Índice= 9 / 45 = 0.2							
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = 20 %							

Anexo 1.4 Materiales

N.º	CRITERIO	Desf.	1	2	Favo.
		0			3
MATERIALES					
57	¿Existe una lista de repuesto mínimo a mantener en stock?	0			
58	¿Los criterios para seleccionar ese repuesto mínimo son coherentes?				
59	¿Esa lista se actualiza y se mejora periódicamente?				
60	¿Se comprueba que los repuestos contenidos en la lista están realmente en la planta?	0			
61	¿Existe un sistema de registro de entradas y salidas del almacén que permita conocer los movimientos del almacén en un periodo determinado?	0			
62	¿Los materiales del almacén están colocados adecuadamente?		1		
63	¿La ubicación del/de los almacén/es es la adecuada?			2	
64	¿Existe algún sistema para realizar inventarios periódicos?	0			
65	¿Lo que se cree que se tiene coincide con lo que se tiene realmente?	0			
66	¿Hay indicadores para medir la eficacia del almacén?	0			
67	¿El sistema de compras es ágil?		1		
68	¿Existen indicadores para evaluar la eficacia del sistema de compras?	0			
69	¿Los materiales siempre alcanzan la calidad que se necesita?			2	
N.o de casillas marcadas con esa puntuación		7	2	2	0
Puntos obtenidos		0	2	4	0
CÁLCULOS: Puntuación máxima posible = 11 × 3 = 33					
Puntos obtenidos = 6					
Índice= 6 / 33 = 0.1818					
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = 18.18 %					

Anexo 1.5 Resultados Obtenidos

N.º	CRITERIO	Desf.			Favo.
		0	1	2	3
RESULTADOS OBTENIDOS					
70	La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada.			2	
71	La evolución de la disponibilidad es buena.		1		
72	Tiempo medio entre fallos en equipos significativos.		1		
73	Evolución del tiempo medio entre fallos.		1		
74	N.o de O.T de Emergencia o de prioridad máxima.		1		
75	Evolución de las O.T de emergencia.		1		
76	Tiempo medio de reparación.	0			
77	Evolución del tiempo medio de reparación.		1		
78	Número de averías repetitivas.		1		
79	Evolución del número de averías repetitivas.			2	
80	N.o de horas/hombre invertido en mantenimiento.		1		
81	Evolución de las horas en los últimos 4 años.			2	
82	Coste del Mantenimiento contratado a fabricantes.				3
83	Evolución del coste de mantenimiento contratado a fabricantes.			2	
84	Gasto en repuestos.		1		
85	Evolución del gasto en repuestos.		1		
86	Coste total de mantenimiento.		1		
87	Evolución del coste.			2	
88	¿El resto de los indicadores que se usan son adecuados?		1		
89	¿La evolución de todos ellos es positiva?		1		
	N.o de casillas marcadas con esa puntuación	1	13	5	1
	Puntos obtenidos	0	13	10	3
CÁLCULOS: Puntuación máxima posible = 20 × 3 = 60 Puntos obtenidos = 26 Índice= 26 / 60 = 0.4333					
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = 43.33 %					

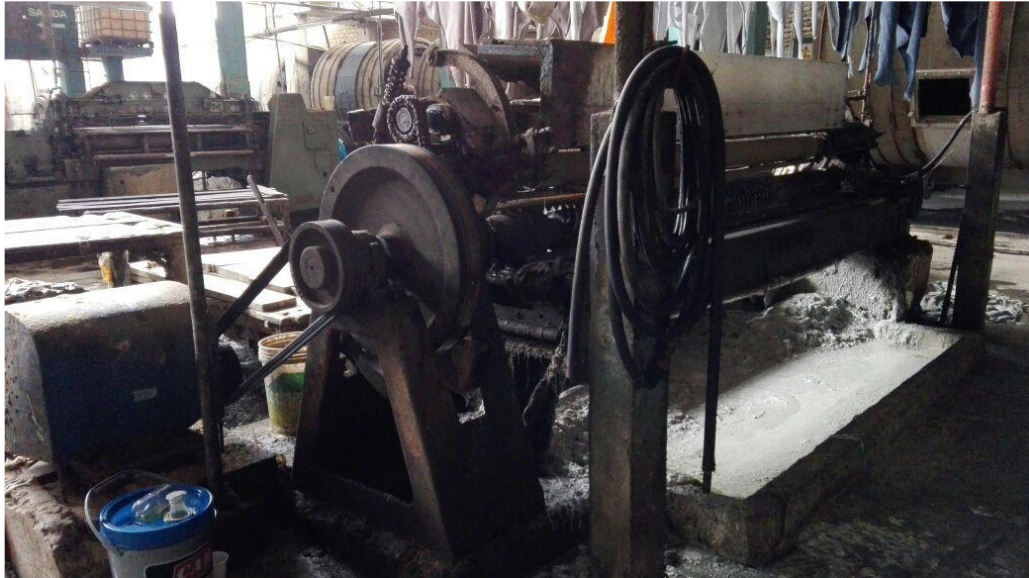
Anexo 1.6 Seguridad y Medio Ambiente

N.º	CRITERIO	Desf.	1	2	Favo.
		0			3
SEGURIDAD					
90	¿Se ha efectuado la evaluación de riesgos?			2	
91	¿Hay un Plan de Seguridad?			2	
92	¿El plan resulta adecuado?			2	
93	¿La inspección visual de la planta hace pensar que se trata de una instalación segura?		1		
94	¿Los trabajadores reciben de forma periódica formación en seguridad?			2	
95	¿Los trabajadores usan habitualmente los medios de protección individual?			2	
96	¿El nivel de accidentalidad es bajo?			2	
	N.o de casillas marcadas con esa puntuación	0	1	6	0
	Puntos obtenidos	0	1	12	0
CÁLCULOS: Puntuación máxima posible = 7 × 3 = 21					
Puntos obtenidos = 13					
Índice= 13 / 21 = 0.6190					
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = 61.90 %					
MEDIO AMBIENTE					
97	¿Existe un Plan Medioambiental?			2	
98	¿En este plan se analizan adecuadamente los aspectos medioambientales y su significación?			2	
99	¿Este plan se lleva a cabo correctamente?			2	
100	El personal está mentalizado y actúa de acuerdo con el Plan Medioambiental?			2	
	N.o de casillas marcadas con esa puntuación	0	0	4	0
	Puntos obtenidos	0	0	8	0
CÁLCULOS: Puntuación máxima posible = 4 × 3 = 12					
Puntos obtenidos = 8					
Índice= 8 / 12 = 0.6667					
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = 66.67 %					

Anexo 1.7 Índice de conformidad de la empresa

GENERAL						
N.o de casillas marcadas con esa puntuación			29	29	26	5
Puntos obtenidos			0	29	52	15
CÁLCULOS: Puntuación máxima posible = 89 × 3 = 267						
Puntos obtenidos = 96						
Índice= 96 / 267 = 0.3596						
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) = 35.96 %						

Anexo 2 Máquina descarnadora TURNER-0140.



Anexo 3 Máquina de dividir cueros RIZZ.



Anexo 4 Máquina de lijar aletti



Anexo 5 Documentando falla de Máquina de desempolvar



Anexo 6 inspección de la de la Máquina de lijar



Anexo 7 hoja de indicadores de actuales de las máquinas de la empresa

MÁQUINAS	Frecuencia de falla	Tiempo perdido en Reparación		Tiempo Neto de Producción	DISPONIBILIDAD			Confiabilidad			Mantenibilidad		
	Veza/año	MTTR (Hrs/falla)	Hrs/ año	Hrs/ año	MTTR (Hrs/falla)	MTTF (Hrs/falla)	D	λ tasa de falla	t	Rt	μ tasa de repar.	t	Mt
CALDERO	6	8	48	4662	8	777	98.98%	0.00129	800	35.71%	0.125	6	52.76%
COMPRESORA	2	8	16	4184	8	2092	99.62%	0.00048	2100	36.65%	0.125	6	52.76%
MÁQ. SECADO EN VACIO	18	4	72	4128	4	229.33	98.29%	0.00436	240	35.12%	0.25	3	52.76%
MÁQ. DE ESCURRIR	20	16	320	1864	16	93.2	85.35%	0.01073	100	34.20%	0.0625	14	58.31%
MÁQ. REBAJAR	12	4	48	2640	4	220	98.21%	0.00455	230	35.15%	0.25	3	52.76%
MÁQ. DESCARNADORA	12	48	576	1512	48	134	73.63%	0.00746	140	35.18%	0.02083	40	56.54%
MÁQ. DIVIDIR	12	48	576	1512	48	134	73.63%	0.00746	140	35.18%	0.02083	40	56.54%
MÁQ. LIJAR ALLETI	2	16	32	976	16	488	96.83%	0.00205	500	35.89%	0.0625	12	52.76%
MÁQ. DESEMPOLVAR	2	16	32	976	16	488	96.83%	0.00205	500	35.89%	0.0625	14	58.31%
MÁQ. PRENSA HIDRAUL.	2	16	32	1984	16	992	98.41%	0.00101	1000	36.49%	0.0625	14	58.31%
MÁQ. CARPETEADORA	6	16	96	1920	16	320	95.24%	0.00313	350	33.50%	0.0625	14	58.31%
MÁQ. ABLANDADORA	10	48	480	784	48	86.4	64.29%	0.01157	90	35.29%	0.02083	40	56.54%

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE DATOS

La Secretaría de operaciones de la empresa Piel Trujillo S.A.C, suscribe:

Por la presente dejamos constancia que el señor OSWALDO YANPIER MORALES LUJAN, identificado con DNI: 74576351, estudiante de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo Filial Trujillo, se le está brindando toda la información referente a fallas de Maquinarias y requerimiento de insumos, de la empresa Piel Trujillo S.A.C.

Dicha recolección de datos tiene como finalidad, el desarrollo de tesis titulada "PLAN DE GESTIÓN MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BASE A AUDITORÍA EN CURTIEMBRE PIEL TRUJILLO S.A.C PARA AUMENTAR DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS Y REDUCIR COSTOS DE FALLAS"

Conferimos la presente constancia, para fines prescritos.

Trujillo, 08 de noviembre de 2017

PIEL TRUJILLO S.A.C.

.....
Vladimir de la Roca Morán
GERENTE GENERAL

Yo Oswaldo Yanpier Morales Lujan, identificado con DNI N° 74576351, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizó la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo en base a Auditoría en curtiembre Piel Trujillo SAC para aumentar Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad de equipos y reducir Costos de Fallas."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA

DNI: 74576351

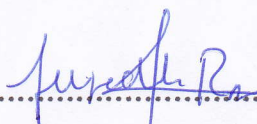
FECHA: 12 de diciembre del 2017

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Yo, FELIPE DE LA ROSA BOCANEGRA, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional Ing. Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo sede Trujillo, revisor de la tesis titulada "Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo en base a Auditoría en curtiembre Piel Trujillo SAC para aumentar Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad de equipos y reducir Costos de Fallas", del estudiante MORALES LUJAN OSWALDO YANPIER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 18 de diciembre de 2017



Firma

FELIPE DE LA ROSA BOCANEGRA

DNI: 17824219...

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------