



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Implementación de mantenimiento productivo total para mejorar  
la disponibilidad de máquinas en una empresa Metal Mecánica,  
2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Montoya Gutierrez, Jose Fernando ( r d r 0000-0002-6846-7171)

Segura Mendoza, Norman Santos ( r d r 0000-0001-7529-9738)

**ASESOR:**

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres que me apoyaron y contuvieron los momentos malos y buenos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y mi familia que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAR TULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2. Variables y operacionalización .....</b>	<b>12</b>
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo y unidad de análisis 12	
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>13</b>
<b>3.5. Procedimientos .....</b>	<b>13</b>
<b>3.6. Métodos de análisis de datos .....</b>	<b>14</b>
<b>3.7. Aspectos éticos.....</b>	<b>14</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>29</b>
RE FERRE	
E .....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inventario de Equipos.....	12
Tabla 2. Resumen de disponibilidad de equipos.....	15
Tabla 3. Indicadores TPM.....	16
Tabla 4. IPR de equipos.....	17
Tabla 5. Cronograma del plan de mantenimiento.....	18
Tabla 6. Impacto de la implementación TPM.....	19
Tabla 7. Gastos horas hombres de mantenimiento antes implementar plan.....	20
Tabla 8. Gastos horas hombres de mantenimiento luego implementar plan.....	21
Tabla 9. Gastos por reparaciones.....	21
Tabla 10. Flujo de caja.....	23
Tabla 11. Promedio IPR.....	40
Tabla 12. Horas no disponibles por equipo mensual.....	44
Tabla 13. AMEF CIZALLA ELECTROHIDRAULICA 1 QC2Y.....	46
Tabla 14. AMEF CIZALLA ELECTROHIDRAULICA RA11Y-13 X 600.....	46
Tabla 15. AMEF TORNILLO COMPRESOR.....	47
Tabla 16. AMEF PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000.....	48
Tabla 17. Programación para difusión de TMP.....	50
Tabla 18. Equipo TPM.....	52
Tabla 19. Fallas para el desarrollo del plan.....	52
Tabla 20. Componentes del proceso.....	53
Tabla 21. Redes de simulación.....	53
Tabla 22. Tabla de inspecciones.....	56
Tabla 23. Mediciones programadas.....	57
Tabla 24. Tabla de análisis y cambio de componentes.....	58
Tabla 25. Programación de capacitación.....	59

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Comparativo del IPR .....	16
Figura 2. Impacto del TPM .....	19
Figura 3. Horas no disponibles anualizado por mes.....	44
Figura 4. Componentes del proceso .....	54
Figura 5. Simulación en ejecución.....	55
Figura 6. Simulación de la disponibilidad de equipos.....	55
Figura 7. Inspección de equipos.....	56
Figura 8. Realizando mediciones .....	57
Figura 9. Equipo con cambios realizados.....	58
Figura 10. Cartillas de Uso Equipo.....	59
Figura 11. Resultados de turnitin.....	60

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de la implementación de TPM en la disponibilidad de máquinas en una empresa Metal Mecánica. El tipo de diseño de investigación fue pre-experimental y de nivel explicativo. En cuanto a la muestra de estudio, se contó con 11 equipos. Se usó como técnicas el análisis documental y la observación. La metodología utilizada correspondió al TPM. Entre los resultados que se obtuvieron en esta investigación tenemos que la disponibilidad de los equipos aumentó en 18.4%. Luego de realizar la evaluación de los resultados, se concluye que la implementación de TPM tuvo un impacto significativo en la disponibilidad de máquinas en una empresa Metal Mecánica.

**Palabras clave:** TPM, disponibilidad, metal mecánica.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to evaluate the impact of the implementation of TPM on the availability of machines in a Metal Mechanics company. The type of research design was pre-experimental and explanatory level. Regarding the study sample, there were 11 teams. Documentary analysis and observation were used as techniques. The methodology used corresponded to the TPM. Among the results obtained in this investigation we have that the availability of the equipment increased by 18.4%. After evaluating the results, it is concluded that the implementation of TPM had a significant impact on the availability of machines in a Metal Mechanics company.

**Keywords:** TPM, availability, metal mechanics.

## I. INTRODUCCIÓN

En el marco actual, donde se vive en un mundo globalizado, y en cual las empresas de tipo industrial, les es primordial mantener su equipamiento disponible cuando sea requerido, de tal forma que su producción sea constante.

La importancia de un mantenimiento preventivo de acuerdo a un estudio en 900 industrias, determinó como base mantener constantemente la disponibilidad de sus activos, dado que permite la correcta operatividad de la planta y ayudan a reducir los costos por paradas que puedan generarse en forma inesperada (Cabrera & Estrela, 2019).

Por la prioridad de tener el equipamiento con disponibilidad alta, se realizó un estudio el 2021 sobre la importancia del mantenimiento, identificando que aproximadamente el 42,5 % de las empresas en USA efectuaron inversiones en el rango del 21 al 40% en el total presupuestado en materiales con la finalidad de tener en funcionamiento su equipamiento y de esta forma realizar continuamente sus operaciones (STATISTA, 2022).

Un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo para América Latina sobre costos del mantenimiento correctivo indicó que son elevados, dado que existen altos costos de repuestos por compras inmediatas. Además, de los costos por mano de obra pagados por sobretiempo, donde al no encontrarse los equipos disponibles se generan horas no usadas en el activo, y se reduce la productividad de las empresas (Pastor, 2020).

La importancia de un adecuado mantenimiento de los equipos, permite que las organizaciones desarrollen sus actividades requeridas, y no se pierda tiempo por cualquier tipo de inconvenientes que pueda generarse en los equipos y de esta forma contar con una disponibilidad alta de los mismos (Rivas & Sotomayor, 2016).

En el Perú, las MYPES juega un papel importante en su desarrollo, donde en el año 2019, alcanzaron ventas equivalentes aproximadas a un 19% del PBI,

donde el 13% de ellas, se encuentran dedicadas al rubro de la producción. Lima concentra el 13.4% del total de las mypes (COMEXPERU, 2020)

Entre las causas identificadas con incidencia en la disponibilidad de la maquinaria y equipos, se puede evidenciar mayormente que no se cuenta con una adecuada gestión de mantenimiento o si se realiza, no se sigue una metodología adecuada o buenas prácticas (Canahua, 2021).

Entre las consecuencias más resaltantes tenemos la interrupción de actividades diarias, consumo de horas adicionales, sobre costos y bajas en la productividad, entre otras (Farida & Luftia, 2018).

La investigación alcanza relevante importancia desde el aspecto teórico, dado que ayudará a obtener un conjunto de conceptos y formas de realizar el mantenimiento de equipos con miras a asegurar la disponibilidad de los mismos, de la misma manera, desde la vista práctica, los artículos investigados ayudarán a determinar bajo que formas se podrá aplicar un mantenimiento, dependiendo de la organización, finalmente desde el aspecto metodológico, el presente estudio servirá como método de consulta para investigaciones futuras, con problemas que guarden relación.

En el contexto expresado, es necesario que las empresas puedan implementar un adecuado y acertado plan de mantenimiento, que les asegure la disponibilidad en máquinas que utilizan, y por consiguiente les permitirán desarrollar sus actividades de una manera adecuada.

De acuerdo a lo expresado se encuentra el sector metalmecánico demanda el cumplimiento de los pedidos, realizados por sus clientes, oportunamente y con la calidad adecuada, viene experimentando una serie de inconvenientes como: horas hombre para realizar el mantenimiento de los equipos, incidencias sobre paradas de equipos en forma constante, carencia de planes de mantenimiento, los repuestos para cambio de componentes, al detectarse fallas, no se encuentran en stock, cuando se desea realizar alguna reparación. Todo esto repercute una disponibilidad baja de sus equipos.

De acuerdo a los problemas indicados se requiere de un estudio adecuado para analizar las incidencias que se reportan continuamente y aseguren una mayor disponibilidad de sus equipos.

Lo anteriormente indicado, se resume al formular el problema:

¿Cuál es el impacto de la implementación de TPM en la disponibilidad de máquinas en una empresa Metal Mecánica?

Dentro de los problemas específicos se plantean: ¿cuál es la disponibilidad actual de los equipos de una empresa metalmecánica? ¿cómo implementar un plan del tipo TPM en una empresa metalmecánica? ¿cuál es la disponibilidad de los equipos luego de la implementación del plan de mantenimiento? ¿cuál es el beneficio costo de la implementación de TPM en la empresa metalmecánica?

A fin de justificar el proyecto, se analiza, desde la perspectiva teórica y se justifica dado que se aplicarán metodologías probadas con la finalidad de analizar las incidencias que actualmente se vienen generando y afectan a la disponibilidad de equipos con TMP; adicionalmente, desde la perspectiva operativa, se justifica, dado que permitirá disminuir el problema actual existente, mediante la propuesta del plan basado en TMP el cual permitirá implantar en forma ordenada y programada las actividades que ayuden a la solución del problema de la empresa en estudio, y desde la perspectiva económica, el plan del TMP ayudará a incrementar la disponibilidad en los equipos, reduciendo costos por correctivos aplicados y reduciendo también las horas hombre al verse reducidas las interrupciones respectivas.

De acuerdo a lo indicado, el objetivo general es: Evaluar el impacto de la implementación de TPM en la disponibilidad de máquinas en una empresa Metal Mecánica. Dentro de los objetivos específicos se plantean: i) Evaluar la disponibilidad actual de los equipos de una empresa metalmecánica

ii) Implementar un plan del tipo TPM en una empresa metalmecánica, (iii) Evaluar la disponibilidad de los equipos luego de la implementación del plan de mantenimiento, (iv) Evaluar el beneficio costo de la implementación de TPM en

la empresa metalmecánica.

Siendo la hipótesis: La implementación de TPM impacta significativamente en la disponibilidad de máquinas en una empresa Metal Mecánica.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En cuanto a los antecedentes tenemos:

Moreira, (2022) , estudia la gestión del mantenimiento incorporando la aplicación de TMP para mejorar procesos operativos en un taller de producción. Posterior a la aplicación de una variedad de mejoras, se mejora la eficiencia global (OEE) pasando de 58.75% y llegando a 82.2%; así mismo se logra un incremento de la disponibilidad en 15% (pasó de 71.38% a 86.88%) tomando en cuenta que con la distribución propuesta se determinaron diferentes tipos de trabajos. El autor resalta que en el marco de las mejoras que se aplicaron resalta las supervisiones y también el seguimiento que debe seguirán los colaboradores en función a un cronograma que se establece para cada equipo que fue elegido para el estudio realizado.

Tenemos la tesis de Marquez y Mora (2022) que tuvo como objetivo la propuesta del desarrollo de un plan de mantenimiento, tomando como base al TPM (Mantenimiento Productivo Total) para incrementar la disponibilidad. Fue pre experimental, de tipo aplicada, teniendo como muestra los procesos del departamento de mantenimiento. En cuantos a los resultados el implementar el TPM ayudó a la organización, a incrementar la disponibilidad desde 56% hasta 71% , y el OEE sube desde 40% hacia el 66%. El autor concluye que la propuesta del programa basada en TMP ayuda a mejorar las operaciones del área de mantenimiento, mejorando la disponibilidad.

Se tiene el estudio efectuado por Vera (2019), quien evaluó la disponibilidad de, en los equipos y unidades existentes, en una fábrica, y propuso un plan de mantenimiento a fin de mejorar el proceso productivo, aplicando TPM

(Mantenimiento Productivo Total). Realizó una revisión documentaria de las interrupciones generadas, obteniendo información de la disponibilidad, fallas reparadas y paradas. Se encontró a la sopladora Sidel con una disponibilidad de 76.9% y 82% en la llenadora Mesal. Con esta información propone un plan de mantenimiento por 6 meses. Posterior a la implantación del plan la Sopladora llegó al 90.1% y la llenadora alcanzó 95% de disponibilidad.

En un trabajo de investigación los autores (Esteves, 2020) tuvieron como objetivo la mejora en la disponibilidad de los equipos, disminuyendo las paradas que no se programaron, su estudio fue aplicado. Establecieron un análisis de fallas usando Pareto. Efectuaron un análisis de los equipos para determinar su criticidad y aplicando como instrumento AMFE (análisis modal de falla y efectos) a los equipos críticos encontrados. En cuanto a los resultados obtenidos luego de implementar el plan, se logró: disminuir el número de fallas de 56 bajando a 36, el MTTR (tiempo medio para reparar averías) bajó de 98 a 33 horas, aumentando el MTBF (tiempo medio entre fallos) de 1343 a 1389 horas, y mejorando la disponibilidad de 93.20% a 97.72%.

(Aponte & Silva, 2021) tuvieron como objetivo proponer mejoras en base a TPM, para aumentar la calidad del servicio . El estudio fue cuantitativa y pre-experimental, y propusieron mediciones en base a sensores, planes de mantenimiento y un programa de capacitación, entre los resultados financieros logrados, resalta: el 1.98 del el B/C, 12,690 en el VAN y un 14.34% para el TIR. El estudio concluye que la aplicación de TPM, mejora la calidad del servicio.

Según (Canahua, 2021) en su artículo buscó la gestión del mantenimiento tomando como base el TPM (Mantenimiento Productivo Total) a fin de aumentar la disponibilidad en maquinaria usada. El estudio fue cuantitativa y pre-experimental. En cuanto a las mejoras que se propusieron destaca la incorporación de KPIs, y la actualización de procedimientos para la gestión del mantenimiento. Entre los resultados logrados, se incrementó el indicador de calidad, llegando a 94.64%, partió de 49.44%, y también aumentó el indicador de disponibilidad de equipos hasta 96.88%, partió de 86.70% . Se tuvo como conclusión que aplicando TPM a la gestión de mantenimiento, ayuda a incrementar la disponibilidad del equipamiento de la institución.

Gaspar y Ayala (2021) en el estudio que realizó, buscó incrementar la disponibilidad de las máquinas. Su estudio efectuado fue cuantitativo y tuvo como diseño el no-experimental. Para el desarrollo de su propuesta, inició el diagnóstico usando Ishikawa y Pareto; luego aplicó TPM en cada equipo y también para los componentes utilizados. En cuanto a los valores obtenidos por la gestión de mantenimiento, resalta el incremento en 17.69% en la disponibilidad de los equipos. Se tiene como conclusión que una gestión adecuada permite aumentar la disponibilidad de los equipos.

Se tiene los siguientes Tipos de Mantenimiento: *preventivo*, donde se ejecutan acciones que se programan en forma periódica para reducir incidencias presentadas en forma aleatoria, se disminuyen costos en posibles reparaciones; otro tipo es el *correctivo*, el cual se ejecuta cuando se presenta la incidencia, inesperadamente, resultado en muchas ocasiones costoso; y se tiene el tipo *predictivo* en donde de acuerdo a las inspecciones se identifica el estado técnico del equipo y desde ella se define que tan conveniente es desarrollar una corrección inmediata, sugiriendo un límite de uso del equipo analizado (D'Addario, 2020).

Por otra parte, la disponibilidad de un equipo es una medida que ayuda a evaluar el rendimiento de los equipos que realizan operaciones, en un específico momento, basándose en los conceptos de confiabilidad, mantenibilidad y soporte con la finalidad de para realizar en los equipos el mantenimiento respectivo (Cervantes, 2019)

Así mismo, la disponibilidad se relaciona con el tiempo aprovechado para una producción continua de un determinado equipo y los tiempos en donde hayan existido paradas producidas por algún mantenimiento realizados. Se calcula, desde la diferencia del tiempo: disponible y mantenimiento. Así se realiza el cálculo (Ardila & Rodriguez, 2016). La disponibilidad se considerada: porcentaje del tiempo en que el equipo se encuentra operando sin dificultad alguna (Gallesi & Velarde, 2020)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas Parada por Mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

Dentro de las dimensiones de la disponibilidad tenemos:

Tiempo medio entre paradas (MTEF): se identifica el tiempo medio que transcurre en las paradas generadas por mantenimiento, para calcular su valor se divide las horas totales del periodo con la cantidad de paradas. De acuerdo a Mesa at al. (2006) se calcula de esta manera:

$$\text{MTEF} = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de paradas}}$$

Tiempo medio hasta puesta en marcha (TMPR): Es una división del tiempo de duración de una parada con respecto a las fallas tenidas en un período determinado. De acuerdo a Mesa at al. (2006) esta es la fórmula de cálculo.

$$\text{TMPR} = \frac{\text{Tiempo Total de Mantenimiento Correctivo}}{\text{Numero de Acciones de Reparacion}}$$

El **TMPR** muestra una que tan rápido el mantenimiento responde para poder reparar fallas no planificadas (Gasca, 2017). El **MTEF** se usa en sistemas reparables (Peyman & Farshid, 2019); es considerada como un indicador poder el cálculo del tiempo promedio cuando ocurre la falla y la siguiente vez que ocurre nuevamente otra falla (IRibeiroa & Godinab, 2019).

El Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF) es un instrumento de mucho uso, dado que permite identificar variables que inciden en el proceso, desde donde se identifican y priorizan riesgos que los equipos suelen tener por el uso intensivo que tienen (Arenas, 2017).

Por otra parte, el Análisis de fallas: permite definir, analizar y desarrollar una respuesta para mitigar o desaparecer fallas por averías de un equipo (Bataineh & Al-Hawari, 2019). Así mismo, el aplicar algoritmos, sobres los

datos históricos permiten la predicción de fallas en los equipos (Filip, Volna, & Jarusek, 2021).

Así, (Mercado & Peña, 2016) sugieren el uso metodológico del RCM (Mantenimiento basado en la Confiabilidad) y el TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Por otro lado, el TPM es una estrategia desplegada por medio de la mejora efectiva del equipo, tiene como bases el establecer un mantenimiento productivo, implantarlo por múltiples departamentos, involucrar a personas y promocionarlo por medio de actividades autónomas que se realizan en pequeños grupos (Nakajima, 1998).

También se considera que el TPM: es parte de Lean Manufacturing, y está preparado para asegurar una adecuada disponibilidad y confiabilidad, en las operaciones que los equipos realizan, teniendo como estandarte: cero defectos y la participación de los colaboradores que se relacionen al defecto (Azid & Shamsudin, 2019). Sus ventajas son: aumenta la productividad, aumenta la calidad, con la reducción de costos y gastos (Salazar, 2019).

Así mismo, el TPM promueve la participación del personal de la empresa, motivando a aplicar sus destrezas y conocimiento. Busca incorporar el mantenimiento en las operaciones diarias de una institución específica (Pinto & Silva, 2020). El TPM busca el logro de una producción óptima y de eliminar por completo fallas que aparezcan, buscando una mejoran en la confiabilidad de los equipos en general (Thorat & Mahesha, 2020).

Se indican también los pilares del TPM: ayudan a lograr lo que el TPM propone, y deben desarrollarse para poder mejorar la gestión integral del mantenimiento de una empresa, estos son (Zhang & Chin, 2021):

Mejoras enfocadas o kobetsu kaizen: centradas en conocer causas del problema originado (Guedes & Figueiredo, 2021).

Mantenimiento autónomo o jishu hozen: se valora el nivel de conocimiento del responsable de mantener operativo la maquinaria.

Busca tener un personal altamente capacitado para que pueda utilizar satisfactoriamente el uso de los equipos (Lozada & Lara, 2021).

Mantenimiento planificado: son las actividades exclusivas que desarrolla las personas involucradas con el mantenimiento, los mismo que definen tiempos en que se desarrollarán los mantenimientos previamente planificados (Palomino & Wong, 2020).

Mantenimiento de calidad o hinshitsu hozen: busca garantizar que los productos que la empresa produzca sean altamente aceptados por los clientes que la demandan. Se requiere un adecuado cuidado en las instalaciones y también en los equipos que forman parte de ella, con miras a disminuir posibles defectos que se puedan generar como parte de la operatividad que realizan (Singh & Singh, 2018).

Prevención del mantenimiento: permite reducir gastos por los mantenimientos que puedan realizarse. Se recomienda seguir al pie de las letras las especificaciones que los fabricantes de equipo sugieren y que lo expresan en manuales (Zhang & Chin, 2021).

Actividades de áreas administrativas y apoyo: lo realizan los departamentos de administración, que generan documentos con incidencias y posteriormente las analizan. Esta información es de mucha ayuda para el personal de mantenimiento (Ondra, 2022).

Formación y adiestramiento: se determina el grado de temas y habilidades del personal, y de ser el caso, se realizan entrenamientos sobre la correcta operación del equipo (Akhtar & Bashar, 2022).

Gestión de seguridad: son investigaciones que se realizan por una empresa, a fin de garantizar una adecuada operatividad en las instalaciones, priorizando la seguridad de los colaboradores de la empresa (Chaurey & Kalpande, 2023).

Dentro de los factores claves de desempeño del mantenimiento se relacionan con la planeación, mejora, control y evaluación, cada uno de los cuales, son medidos con una serie de indicadores que permiten tomar decisiones para el logro de los objetivos propuestos (Clark, 2013)

Las dimensiones del TPM, de acuerdo a Clark (2013) son:

Planeación: es un proceso donde se sienta las bases para las actividades siguientes. Se identifican los objetivos, también los activos físicos que ayudan a cumplir los objetivos, se analizan riesgos y consecuencias asociados a los activos, definiendo los requisitos de desempeño que den soporte a lograr objetivos planteados. Algunos indicadores para este proceso son: Número de inspecciones programadas (NIP) y Número de mantenimientos programados (NMP).

*NIP = Número de Inspecciones Programadas*

*NMP = Número de Mantenimientos Programados*

Mejora : consiste en desarrollar un programa de mantenimiento técnicamente con validez en los activos que se identificaron en la fase de "Planeación". Para ello deben aplicarse metodologías existentes como el RCM o similares, analizar acciones de mantenimiento y para conocer los activos críticos se efectúa el análisis causa-raíz. Algunos indicadores son: Número de fallas identificadas (NFI), Porcentaje planes de mantenimiento que se implementan (PPI) y Número de inspecciones que se implementan (NII), Planes de acción implementadas (PAI)

*NFI = Número de fallas identificadas*

*PAI = Planes de acción implementadas*

$$\mathbf{TMPR} = \frac{\text{Número de mantenimientos Implementados}}{\text{Numero de Mantenimientos Programados}}$$

**TMPR** = *Número de inspecciones que se implementan*

Control: va referido a que un programa de mantenimiento es ejecutado efectivamente y eficientemente. Un mantenimiento significa planear, programar, ejecutar y dar seguimiento a fin de efectuar mejoras continuas, conocida como “curva sustentada de mantenimiento”. En cuanto a los indicadores tenemos: Cantidad de ordenes de trabajo (COT) y Porcentaje en cumplir del mantenimiento preventivo (PPP)

$COT = \text{Cantidad de ordenes de trabajo}$

$$PPTT = \frac{\text{Número de Ordenes Atrazadas}}{\text{Numero de Ordenes Programadas}}$$

Evaluación: se establece una comparación del desempeño con los objetivos que se propone la organización, a fin de conocer en que lugar se requieres establecer mejoras. Se aplican una serie de indicadores como el MTBF. Cuando son procesos por lotes se observa mayormente las tasas de retraso o estándares de producción. Entre los indicadores tenemos: Cantidad de reclamos diarios (CRD)

$CRD = \text{Cantidad de reclamos diarios}$

En cuanto a los indicadores de evaluación económica se tiene:

Beneficio-Costo (B/C): compara beneficios o ahorros con los costos que involucra un proyecto determinado, si el valor es mayor a uno, el proyecto tiene un beneficio. (Sosa, 2021)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

**Tipo:** se usó la aplicada: dado que el conocimiento adquirido se aplicó para la solución de problemas del entorno, en este caso la disponibilidad

**Diseño de investigación:** pre-experimental y de alcance explicativo. Dado que se promueve la manipulación de la variable independiente, por medio de la mejora aplicando TPM, a fin de aumentar la disponibilidad de los equipos

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **3.2.1. Definición de variables**

##### **Variable 1: Disponibilidad**

La disponibilidad es la proporción de tiempo que lleva una máquina, equipo o instalación que se encuentra en estado de ser utilizada (Burgos et al, 2022)

##### **Variable 2: TPM**

El TPM es una estrategia desplegada por medio de la mejora efectiva del equipo, tiene como bases el establecer un mantenimiento productivo, implantarlo por múltiples departamentos, involucrar a personas y promocionarlo por medio de actividades autónomas que se realizan en pequeños grupos (Nakajima, 1998).

#### **3.2.2. Operacionalización de variables (Ver Anexo 01)**

### **3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo y unidad de análisis**

**Población:** Son 11 equipos eléctricos

**Muestra:** La muestra estará constituida 11 equipos eléctricos

*Tabla 1. Inventario de Equipos*

<b>Código</b>	<b>Equipo</b>
CFX010	CIZALLA ELECTROHIDRAULICA 1 QC12Y
CAX010	CIZALLA ELECTRO HIDRAULICA 3 RA11Y-13 X 6000
CAX012	TORNILLO COMPRESOR
CAY014	PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000
CAY018	PLEGADORA ELECTROHIDRAULICA 2 PPT 135/50
CAZ020	CIZALLA ELECTROHIDRAULICA 2
GRX030	COMPRESOR 1
GRX033	CORTADORA CNC
RCY020	TALADRO DE BANCO
CEY025	PRENSA ELECTRO HIDRAULICA
CAY001	COMPRESOR 2

Fuente: elaboración propia

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

Para el desarrollo de esta investigación se usó como técnica el análisis documental de los archivos que la empresa tiene.

#### **Instrumentos**

Se usó como instrumentos la hoja de registro de fallas.

### **3.5. Procedimientos**

Para evaluar la disponibilidad, se procedió a recolectar los datos desde las hojas de registro de las interrupciones efectuadas por cada equipo y luego se realizaron los cálculos respectivos que incluye conocer el TMR, el MTBF y el indicador de disponibilidad actual. Para evaluar la criticidad se tomó como referencia los equipos con baja disponibilidad y realizará la evaluación de su criticidad de los equipos basado en las fallas y tiempos inoperativos. Luego se desarrolló un plan de mantenimiento del

tipo TPM de los equipos más críticos, donde se definió el tipo de acciones a realizar, las fechas y los responsables que ejecutarán las actividades. Así mismo para evaluar la disponibilidad luego de la implementación del plan de mantenimiento, se recurrió a las hojas de registro de interrupciones de la empresa y se realizaron los cálculos respectivos que incluye conocer el TMPR , el MTBF y el indicador de disponibilidad actual.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Luego de la recolección de datos efectuada, se procedió a realizar los cálculos respectivos de la disponibilidad como son: los promedios, desviaciones estándar, máximo y mínimos, presentando la información en forma de tablas y figuras, usando Excel. Para la prueba de hipótesis.

### **3.7. Aspectos éticos**

Está basado en el Código de Ética establecido por la universidad. La presente investigación cumplió los principios estipulados en la norma como son: justicia, beneficencia y honradez (UCV, 2017, pág. 12). El estudio buscó un trato justo y desarrollando un trato igual con todos los participantes, evitando preferencias de tipo alguno; el estudio se enfoca en beneficiar a la persona, y evitó cualquier tipo de daño, y se respetó la integridad de los participantes; finalmente respecto a la honradez, se trabajó con transparencia, manteniendo los resultados encontrados que ayuden a investigaciones futuras.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Evaluación de la disponibilidad actual de los equipos de una empresa metalmeccánica.

La información brindada, corresponde al 2022, período de enero a junio en donde se puede apreciar un detalle por equipo mensual de horas no disponibles, y corresponde a la disponibilidad de los 11 equipos.

*Tabla 2. Resumen de disponibilidad de equipos*

No.	EQUIPO	Horas de trabajo	Tiempo de paradas (Hrs)	N° de fallas	Mantenimiento preventivo programado	TMPR	MTEF (Hrs Fallas)	DISPONIBILIDAD
1	CFX010	2184	507.26	42	54	12.08	38.64	74.3%
2	CAX010	2184	503.66	40	54	12.59	40.66	74.5%
3	CAX012	2184	444.82	39	54	11.41	43.21	77.2%
4	CAY014	2184	337.51	38	54	8.88	47.17	82.1%
5	CAY018	2184	324.77	34	54	9.55	53.10	82.7%
6	CAZ020	2184	267.09	33	54	8.09	56.45	85.3%
7	GRX030	2184	247.44	33	54	7.50	57.05	86.2%
8	GRX033	2184	188.90	33	54	5.72	58.82	88.9%
9	RCY020	2184	187.40	18	54	10.41	107.92	88.9%
10	CEY025	2184	64.27	15	54	4.28	137.72	94.6%
11	CAY001	2184	22.92	11	54	2.08	191.55	96.5%
<b>TOTAL</b>			<b>3096.04</b>	<b>336</b>	<b>594</b>	<b>8.42</b>	<b>75.66</b>	<b>84.64%</b>

Fuente: elaboración propia

Note que existen 5 equipos con disponibilidad por debajo del 85%. En cuanto a los valores del TMPR, el promedio fue de 8.42. Así mismo la disponibilidad más alta es de 96.5% (equipo CAY001) y el promedio de disponibilidad de los equipos evaluados es 84.64%.

En el anexo 9.1 se puede apreciar detalles adicionales de la disponibilidad.

##### 4.2. Implementación de un plan del tipo TPM en una empresa metalmeccánica.

#### 4.2.1. Análisis AMEF e Índice de Previsión de Fallos (IPR)

##### a. Análisis AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallos)

Se pueden observar el análisis AMEF por equipo en el Anexo 9.2.

##### b. Resumen del Análisis del IPR (Índice Previsión de Riesgos)

Luego de analizar el AMEF se obtuvo el IPR.

Tabla 3. IPR de equipos

EQUIPOS	IPR	ESTADO
CFX010	894	ALTO RIESGO DE FALLA
CAX010	836	ALTO RIESGO DE FALLA
CAX012	654	ALTO RIESGO DE FALLA
CAY014	340	MEDIANO RIESGO

Como se puede apreciar existen 3 equipos con alto riesgo de falla.



Figura 1. Comparativo del IPR

El equipo CAY014 (PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000) obtuvo un IPR con mediano riesgo

La aplicación del TPM, se trabajará con los 3 equipos de alto riesgo.

En cuanto a los indicadores TPM, se tiene los siguientes valores obtenidos, de acuerdo a los cálculos que fueron recopilados desde la información proporcionada por la empresa.

Tabla 4. Indicadores TPM

Dimensión	Indicadores	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Planear	Inspecciones programadas	48	40	56	60	68	72
	Numero Mantenimientos programados	12	10	14	15	17	18
Mejora	Cantidad de modos de falla detectados	324	335	330	348	361	370
	Planes de acción de mantenimiento implementados	11	9	13	14	16	17
	Cantidad de inspecciones implementadas	43	36	50	54	61	65
	% planes de acción de mantenimiento implementados / Cantidad de inspecciones de condición implementadas	25.6%	25.0%	26.0%	25.9%	26.2%	26.2%
	Cantidad órdenes de trabajo atrasadas	9	7.00	11.00	10.00	12.00	14.00
Control	Cantidad de ordenes de trabajo	12	10	14	15	17	18
	Porcentaje de órdenes de trabajo atrasadas por ejecutar	75%	70%	79%	67%	71%	78%
Evaluación	Tasa de trabajo	160	163	166	170	173	177
	Reclamos por día	4	5	45	5	8	9

#### 4.2.2. Actividades Programadas del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Estas pueden observarse en el Anexo 9.2

#### 4.2.3 Cronograma de Actividades TPM

Este es el cronograma propuesto

Tabla 3. Cronograma del plan de mantenimiento

Equipo	Actividad	5-Jun	6-Jun	7-Jun	8-Jun	9-Jun	10-Jun	11-Jun	12-Jun	13-Jun	14-Jun	15-Jun	16-Jun	17-Jun	18-Jun	19-Jun	20-Jun	21-Jun	22-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	26-Jun	27-Jun	28-Jun	29-Jun	30-Jun	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul	
CFX010	Preparar inspección de equipo	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■
	Realizar mediciones							■						■							■								■			
	Revisar sistema nitrógeno										■											■										■
	Prepara Análisis y Cambios de Componentes						■									■							■							■		
CAX010	Preparar inspección de equipo		■		■		■				■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■	
	Realizar mediciones							■					■								■							■				
	Prepara Análisis y Cambios de Componentes: SOLD_X02						■															■										
CAX012	Preparar inspección de equipo	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■
	Realizar mediciones							■					■								■							■				
	Prepara Análisis y Cambios de Componentes							■						■								■						■				
TODOS	Capacitar al personal en desarrollo mantenimiento											■								■												

Fuente: elaborado por autores

#### 4.2.4. Detalle de Programación Actividades del Plan de Mantenimiento

Estas pueden verse en el Anexo 9.2.4.

#### 4.3. Evaluar la disponibilidad de los equipos luego de la propuesta del plan de mantenimiento

Luego de realizar la simulación de la disponibilidad de los equipos en estudio, con el software ProModel 9.3.0.1 (ver detalles en el Anexo 9.3), se evaluaron los equipos luego de la implementación del plan.

Tabla 4. Impacto de la implementación TPM

Equipo	Disponibilidad Pretest	Disponibilidad Posttest	Mejora
CFX010	74.3%	91.07%	16.77%
CAX010	74.5%	93.67%	19.20%
CAX012	77.2%	96.27%	19.11%
Impacto	75.3%	93.70%	18.40%

Fuente: elaboración propia

Esto se puede ver en forma gráfica

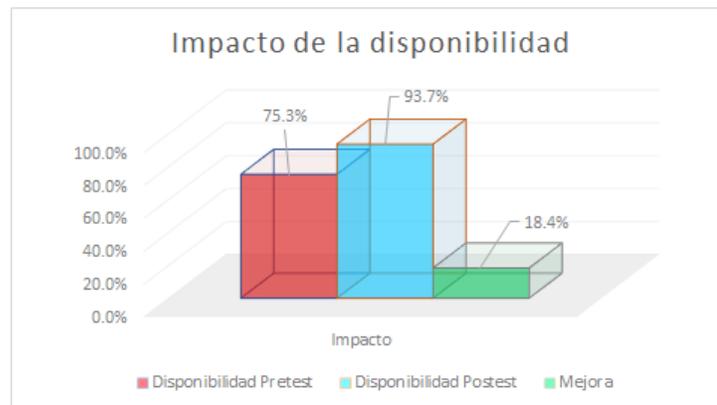


Figura 2. Impacto del TPM

Fuente: elaboración propia

Se observa una mejora promedio de 18.4% en la disponibilidad luego de implementar TPM

#### 4.4. Evaluación del beneficio costo de la implementación de TPM en la empresa metalmecánica.

Se consideraron 2 tipos de gastos para realizar la evaluación:

- Gastos de horas hombre por mantenimiento
- Gastos de reparaciones

La misma que se aplicó: antes de la implementación del plan (Pretest) y posterior a la implementación del plan (Postest).

Además, se evaluó la inversión inicial que conlleva el estudio y la propuesta de las mejoras como parte de la implementación del plan de mantenimiento.

De acuerdo a lo indicado se procedió al cálculo respectivo obteniendo los valores siguientes:

##### a. Gastos de Horas hombre por mantenimiento

Se pueden observar en la tabla siguiente, donde las horas esperadas de trabajo al mes son 364. A partir de las cuales se obtuvieron las horas sin trabajo (multiplicando horas esperadas de trabajo con el % no disponible de los equipos).

*Tabla 5. Gastos horas hombres de mantenimiento antes implementar plan*

Concepto	CFX010	CAX010	CAX012	Promedio	TOTAL, S/.
% Disponibilidad	74.30%	74.47%	77.16%	75.31%	
% No Disponible	25.70%	25.53%	22.84%	24.69%	
Horas sin Trabajo	93.54	92.94	83.14		
Costo hora trabajo	20.83	20.83	20.83		
Gastos por mano de obra	<b>1,949</b>	<b>1,936</b>	<b>1,732</b>		<b>5,617</b>

Fuente: elaboración propia.

Se observa un gasto promedio mensual de S/. 5,617 en los equipos en estudio, antes de la implementación del plan de mantenimiento.

Con el aumento de la disponibilidad, luego de implementar el plan, se tiene la tabla siguiente:

Tabla 6. Gastos horas hombres de mantenimiento luego implementar plan

Concepto	CFX010	CAX010	CAX012	Promedio	TOTAL, S/.
% Disponibilidad	91.07%	93.67%	96.27%	93.67%	
% No Disponible	8.93%	6.33%	3.73%	6.33%	
Horas sin Trabajo	32.51	46.08	27.15		
Costo hora trabajo	20.83	20.83	20.83		
Gastos por mano de obra	<b>677</b>	<b>960</b>	<b>566</b>		<b>2,203</b>

Fuente: elaboración propia

Se observa un gasto promedio mensual de S/. 2,203 en los equipos en estudio, después de la implementación del plan de mantenimiento.

a. Gastos por reparaciones

Se tomó un promedio mensual de gastos antes de implementar el plan y se estimó el promedio mensual de gastos después de implementar el plan, en función a la mejora de la disponibilidad y el número de fallas tenidas registradas.

Tabla 7. Gastos por reparaciones

<b>PRESTEST</b>				
Concepto	CFX010	CAX010	CAX012	TOTAL, S/.
% Disponibilidad	74.30%	74.47%	77.16%	
% No Disponible	25.70%	25.53%	22.84%	
Número Fallas	42	40	39	
Gastos por Reparaciones	423	342	303	
Gastos por Reparaciones	<b>423</b>	<b>342</b>	<b>303</b>	<b>1,068</b>
<b>POSTEST</b>				
Concepto	CFX010	CAX010	CAX012	TOTAL, S/.
% Disponibilidad	91.07%	93.67%	96.27%	
% No Disponible	8.93%	6.33%	3.73%	
Número Fallas	15	10	6	
Gastos por Reparaciones	151	85	47	
Gastos por Reparaciones	<b>151</b>	<b>85</b>	<b>47</b>	<b>283</b>

Fuente: elaboración propia

Se diseñó el Flujo de Caja, obteniendo los indicadores siguientes:  $B/C=2.69$ ,  $VAN=26,992$  y el  $TIR=259.21\%$ . Como se detalla a continuación:



## V. DISCUSIÓN

En el marco actual, donde se vive en un mundo globalizado, y en cual las empresas de tipo industrial, les es primordial mantener su equipamiento disponible cuando sea requerido, de tal forma que su producción sea constante.

Bajo esta perspectiva se analizan los resultados, basados en los objetivos específicos alcanzados:

Para el primer objetivo específico, que incluyó la presente investigación y que consistió en efectuar la evaluación en la disponibilidad que presentan actualmente los equipos de la organización en estudio, se obtuvo un valor de 84.64% de disponibilidad, para esto se realizó el análisis documental que proporcionado por el área en estudio y a partir de las hojas de incidencia ( que es el instrumento usado) se analizaron las fallas reportadas en el período de 6 meses, a los 11 equipos que actualmente poseen. El procedimiento mencionado *coincide* con el estudio que desarrolló Moreira (2021) quien, por medio de la revisión del análisis de los registros de incidencia, obtuvo como cálculo inicial de 58.75% de disponibilidad, también se puede mencionar a la propuesta desarrollada por Marquez y Mora (2022) quien al usar la misma técnica alcanzó un 56% en la disponibilidad de los equipos que analizó, también resalta la investigación que realizó Vera (2019), quien luego de recolectar los datos de las incidencias proporcionadas por la empresa, obtuvo un 76.9% de disponibilidad y finalmente, también existen coincidencias con Canagua (2021) quien en su artículo propuesto, obtuvo, a partir de la revisión documentaria un 49.44%. En cuanto a las bases conceptuales sobre la definición de disponibilidad tenemos el concepto desarrollado por Cervantes (2019) que indica que la disponibilidad de un equipo es una medida que ayuda a evaluar el rendimiento de los equipos que realizan

operaciones, en un específico momento, basándose en los conceptos de confiabilidad, mantenibilidad y soporte con la finalidad de para realizar en los equipos el mantenimiento respectivo y también se tiene la definición de Ardila y Rodriguez (2026), quienes indican que la disponibilidad se relaciona con el tiempo aprovechado para una producción continua de un determinado equipo y los tiempos en donde hayan existido paradas producidas por algún mantenimiento realizados. Se calcula, teniendo como referencia a la diferencia del tiempo: disponible y mantenimiento.

Para el desarrollo del segundo objetivo específico correspondiente a la implementación de un plan del tipo TPM en una empresa metalmecánica, se identificaron las fallas constantes de los 4 equipos seleccionados, por medio del AMFE, donde luego de calcular el valor del IPR se identificaron 3 equipos de alto riesgo, donde a partir de los mismos se desarrolló el Plan TMP donde resalta la conformación del equipo TPM, con la propuesta del cronograma y actividades de mantenimiento a realizar, para un período de 30 días. El presente estudio, tiene coincidencias con la propuesta investigativa que preparó, en su estudio, Vera (2019), quien también propone la gestión el TMP partiendo de la identificación de las fallas frecuentes, pero a diferencia de la presente investigación utilizó el diagrama de Pareto para identificar los equipos con mayor inconvenientes y fallas frecuentes como parte de sus operaciones, también existen coincidencia en la elección del TPM en los autores Marquez y Mora (2022) quienes también conformaron un equipo mixto para el desarrollo de la propuesta. En cuanto a las bases conceptuales se tiene la propuesta conceptual de Pinto y Silva (2020), quienes indican que el TPM promueve la participación del personal de la empresa, motivando a aplicar sus destrezas y conocimiento, busca incorporar el mantenimiento en las operaciones diarias que una institución específica desarrolla como parte del core de su negocio, así mismo tenemos a los autores Thorat y Mahesha (2020), quienes señalan que el TPM busca el logro de una producción óptima y de eliminar por completo fallas que puedan ir apareciendo como parte del procesamiento de un producto en su proceso de fabricación, buscando una mejora en la confiabilidad de los equipos en general, de

esta manera asegura un funcionamiento continuo de los equipos que dan soporte a la gestión de producción, con la calidad deseada.

Para el desarrollo del tercer objetivo específico correspondiente a la evaluación de la disponibilidad de los equipos luego de la implementación del plan de mantenimiento, se obtuvo una disponibilidad de 93.7%, en los equipos a los que se les aplicó TPM, lo cual significó una mejora de 18.40%, existen coincidencias con la propuesta que desarrolló Moreira (2022) quien logró un 15% de disponibilidad (pasó de 71.38% a 86.88%), luego de aplicar también mejoras en base a la aplicación del TPM, así mismo resalta la propuesta que desarrollaron Marquez y Mora (2022), quienes aumentaron a 71% el indicador de disponibilidad, igualmente aplicando el TMP como metodología de mejora del mantenimiento. Para las definiciones conceptuales de la disponibilidad tenemos el concepto desarrollado por los autores Ardila y Rodriguez (2026), quienes indican que la disponibilidad se relaciona con el tiempo aprovechado para una producción continua de un determinado equipo y los tiempos en donde hayan existido paradas producidas por algún mantenimiento realizados, se calcula, desde la diferencia del tiempo: disponible y mantenimiento, así mismo se tiene la definición de Cervantes (2019) que indica que la disponibilidad de un equipo es una medida que ayuda a evaluar el rendimiento de los equipos que realizan operaciones, en un específico momento, basándose en los conceptos de confiabilidad, mantenibilidad y soporte con la finalidad de para realizar en los equipos el mantenimiento respectivo.

Para el desarrollo del cuarto objetivo específico correspondiente a la evaluación el beneficio costo de la implementación de TPM en la empresa metalmecánica, se lograron los siguientes resultados  $B/C=2.69$ ,  $VAN=26,992$  y el  $TIR=259.21\%$ , para un período de 12 meses. Existen coincidencias con la propuesta que realizaron los autores Aponte y Silva (2021), en su propuesta, quienes luego de proyectar su flujo de caja para 12 meses, obtuvieron los siguientes indicadores financieros: 1.98 del el  $B/C$ , 12,690 en el  $VAN$  y un 14.34% para el  $TIR$ . En cuanto a las bases

conceptuales compara beneficios o ahorros con los costos que involucra un proyecto determinado, si el valor es mayor a uno, el proyecto tiene un beneficio (Sosa, 2021).

## VI. CONCLUSIONES

- 5.1 Se evaluó la disponibilidad actual de los equipos de una empresa metalmecánica, obteniendo una disponibilidad promedio de 86.64% en los 11 equipos estudiados.
- 5.2 Se implementó un plan de mantenimiento del tipo TPM en una empresa metalmecánica, resaltando los puntos desarrollados por el TPM, que incluyeron la propuesta del cronograma, las actividades de mantenimiento a desarrollar y las fechas respectivas, con la aprobación del equipo TMP.
- 5.3 Se evaluó la disponibilidad de los equipos luego de la implementación del plan de mantenimiento, obteniéndose como resultado, un 93.70%, lo que significó un incremento de 18.4%.
- 5.4 Se evaluó el beneficio costo de la implementación de TPM en la empresa metalmecánica, a partir del cual se obtuvieron los indicadores  $B/C=2.69$ ,  $VAN=26,992$  y el  $TIR=259.21\%$ .

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda al jefe de Mantenimiento, la actualización del cronograma de mantenimiento, para períodos de los meses que vienen, liderando la ejecución del mismo en forma coordinada con las personas que laboran en el área
- Se recomienda al jefe de Mantenimiento, la asignación de un asistente, a fin de, efectúe un monitoreo de las actividades programadas y realice un informe de los avances respectivos.
- Se recomienda que el asistente, prepare informes con un mínimo de quince días y resalte los logros y limitantes encontrados. El caso de este último, se hagan los correctivos del caso.
- Se recomienda que el personal, involucrado en el proceso mantenga su nivel de participación constante y ayude a la disponibilidad de los equipos que se usan en forma constante.

## REFERENCIAS

- Akhtar, A., & Bashar, A. (2022). Linkage between TPM, people management and organizational performance . *Journal of Quality in Maintenance*, DOI 10.1108/JQME-11-2019-0105.
- Aponte, S., & Silva, V. (2021). *Propuesta de mejora en la calidad de suministro eléctrico, mediante TPM en el distrito de Usquil, otuzco, la libertad*. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86900/Aponte\\_SSR-Silva\\_BVD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86900/Aponte_SSR-Silva_BVD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ardila, J., & Rodriguez, D. (2016). MAINTENANCE MANAGEMENT: A REVIEW. *Dimensión Empresarial*, <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v14i2.480>. Obtenido de <https://prezi.com/hn4h962ww9so/disponibilidad-confiabilidad-mantenibilidad-y-capacidad/>
- Arenas, M. (2017). Strategies to increase patient safety in Hemodialysis: Application of the modal analysis system of errors and effects (FEMA system). *Nefrología (Madrid)*, <https://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2017.04.007>
- Azid, A., & Shamsudin, S. (2019). Conceptual Analysis and Survey of Total Productive Maintenance (TPM) and Reliability Centered Maintenance (RCM) Relationship. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 10.1088/1757-899X/530/1/012050.
- Bataineh, O., & Al-Hawari, T. (2019). A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study. *JQME*, 10.1108/JQME-07-2017-0045.
- Cabrera, E., & Estrela, T. (2019). Desalination in Spain. Past, present and future. *Ingeniería del Agua*, 23(3), 199-214. ISSN: 1886-4996.
- Canahua, N. (2021). Implementation of the TPM-Lean Manufacturing Methodology to Improve the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Spare Parts Production at a Metalworking Company. *Industrial Data*, 49-76. <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>.
- Cervantes, Y. (2019). APLICABILIDAD DE LA CRITICIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS. *PDM*, 10.35992/mlspdm.v1i1.168.
- Chaurey, S., & Kalpande, S. (2023). A review on the identification of total productive maintenance critical success factors for effective implementation

in the manufacturing sector. *Journal of Quality in Maintenance Engineering; Bradford*, <https://doi.org/10.1108/JQME-11-2020-0118>.

Clark, D. (2013). *INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO DE MANTENIMIENTO*. Obtenido de <https://cmc-latam.com/2016/08/23/indicadores-clave-de-desempeno-de-mantenimiento/>

COMEXPERU. (2020). *Las micro y pequeñas empresas en el Perú Resultados en 2019*. Lima: COMEXPERU.

D'Addario, M. (2020). *Gestión del Mantenimiento Preventivo - Correctivo*. Virginia: Safe Creative.

Díaz, A. (2016). Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos. *Ingeniería Mecánica*, 33-43. ISSN 1815-5944.

Esteves, A. (2020). *dspace.unitru.edu.pe*. Obtenido de [lan de mantenimiento basado en la Norma ISO 9001:2015 para incrementar la disponibilidad de la maquina sopladora JH-04 de la Empresa Laboratorios SMA S.A.C.:](https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16595?show=full) <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16595?show=full>

Farida, H., & Luftia, N. (2018). Performance analysis of TPM implementation through. *IOP*, DOI:10.1088/1757-899X/453/1/012061.

Filip, M., Volna, E., & Jarusek, R. (2021). Innovative approach to preventive maintenance of production equipment based on a modified tpm methodology for industry 4.0. *Applied Science*, <https://doi.org/10.3390/app11156953>.

Galesi, A., & Velarde, A. (2020). Maintenance Management Model under the TPM approach to Reduce Machine Breakdowns in Peruvian Giant Squid Processing SMEs. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 10.1088/1757-899X/796/1/012006.

Gasca, M. (2017). System to Assess the Reliability of Critical Equipment in the Industrial Sector. *Información tecnológica*, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400014> .  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.010>

Gaspar, E., & Ayala, J. (2021). *repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de [Implementación del TPM para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Tecnología Fabricación Mantenimiento SAC:](https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82394) <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82394>

Guedes, M., & Figueiredo, P. (2021). The role of motivation in the results of total productive maintenance. *Production*, <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20200057> .

- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación*. Mexico DC: Mc Graw Hill.
- IRibeiroa, I., & Godinab, R. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38(1), 574-1581.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>
- Lozada, J., & Lara, C. (2021). Maintenance Plan Based on TPM for Turbine Recovery . *Journal of Physics: Conference Series*, 10.1088/1742-6596/1878/1/012034.
- Marquez, E., & Mora, J. (2022). *repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de Aplicación del mantenimiento productivo total para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa LV&C SAC, Chimbote - 2022: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/112180>
- Mercado, V., & Peña, J. (2016). MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ENFOCADO EN LA EFICIENCIA Y OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA. *Saber*, 99-105. ISSN 2343-6468.
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia Et Technica*, pp. 155-160, ISSN: 0122-1701.
- Moreira, O. (2022). *Aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del talle mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22961/1/UPS-GT003900.pdf>
- Nakajima, S. (1998). *Introduccion Al TPM*. Massachusetts: Cambridge.
- Ondra, P. (2022). The Impact of Single Minute Exchange of Die and Total Productive Maintenance on Overall Equipment Effectiveness. *AIP Conference Proceedings*, <https://doi.org/10.7441/joc.2022.03.07>.
- Palomino, A., & Wong, T. (2020). TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector. *The 9th AIC 2019 on Sciences & Engineering (9thAIC-SE)*, DOI:10.1088/1757-899X/796/1/012008.
- Pastor, C. (2020). EL MANTENIMIENTO como herramienta para conseguir infraestructura de alta calidad y durabilidad. *BID*, 1-18.

- Peyman, A., & Farshid, K. (2019). *A new model for reliability-centered maintenance prioritisation of distribution feeder* (Vol. 171). Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.040>
- Pinto, G., & Silva, F. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study. *Procedia Manufacturing*, 51, 1423-1430. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>
- Rivas, P., & Sotomayor, M. (2016). Design of a multivariable GPC based on an industrial PC for control of a reverse osmosis unit of a pharmaceutical industry. *Revista mexicana de ingeniería química*, 15(1), 259-273 .ISSN 1665-2738.
- Salazar, B. (2019). *ingenieriaindustrialonline.com*. Obtenido de Mantenimiento Productivo Total (TPM): <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Singh, J., & Singh, H. (2018). Justification of TPM pillars for enhancing the performance of manufacturing industry of Northern India. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 10.1108/IJPPM-06-2018-0211.
- Sosa, G. (2021). Real options in the financial evaluation of coffee investment projects. *Pensamiento & Gestión*, ISSN 2145-941X.
- STATISTA. (2022). *statista.com*. Obtenido de Facility management: budget spent on cleaning/maintenance equipment and supplies in the United States 2017-2021: <https://www.statista.com/statistics/799977/share-of-operating-budget-spent-on-cleaning-or-maintenance-equipment-and-supplies/>
- Thorat, R., & Mahesha, G. (2020). Improvement in productivity through TPM Implementation. *Materials today. Proceedings*, 24(2), 1508-1517. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.470>
- Vera, J. (2019). *repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de Plan de mantenimiento basado en la metodología del tpm para la optimización de la producción de bebidas gasificadas de la empresa Ajeper s.a: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47299/Vera\\_AJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47299/Vera_AJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Zhang, X., & Chin, F. (2021). Implementing Total Productive Maintenance in a Manufacturing Small or Medium-Sized Enterprise. *Journal of Industrial Engineering and Management*, <https://doi.org/10.3926/jiem.3286>.



# ANEXOS

## Anexo 01. Matriz de Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
<b>(Variable 1)</b> <b>Disponibilidad</b>	La disponibilidad es la proporción de tiempo que lleva una máquina, equipo o instalación que se encuentra en estado de ser utilizada ( Burgos et al, 2022)	La disponibilidad se puede definir como la relación entre el tiempo medio entre fallas (TMEF) y entre el tiempo medio de reparación (TMPR) (Mesa et al, 2006)	Tiempos de falla (TMEF)	Indicador de Fallas (TMEF)	Razón
			Reparaciones (TMPR)	Indicador de reparaciones (TMPR)	
<b>(Variable 2)</b> <b>Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM)</b>	Estrategia que se despliega a través del mejoramiento de la efectividad del equipo, el establecimiento de un sistema de mantenimiento productivo, la implantación por varios departamentos, el involucramiento de los empleados y la promoción a través de actividades autónomas realizadas por grupos pequeños (Nakajima, 1998)	Los factores claves de desempeño del mantenimiento se relacionan con la planeación, mejora, control y evaluación, cada uno de los cuales, son medidos con una serie de indicadores que permiten tomar decisiones para el logro de los objetivos propuestos (Clark, 2013)	Planeación (MA)	Inspecciones programadas Numero Mantenimientos programados	Razón
			Mejora	Cantidad de modos de falla detectados Porcentaje de los planes de acción de mantenimiento implementados / Cantidad de inspecciones de condición implementadas	
			Control	Porcentaje de órdenes de trabajo atrasadas por ejecutar  Horas-hombre planeadas vs reales Porcentaje de órdenes de trabajo con interrupción de la operación completadas / Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento preventivo	
			Evaluación	Tasa de trabajo Reclamos por día	

## Anexo 02. Modelo de consentimiento

### AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Magno Delgado Pizarro .....  
(Nombre del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)  
identificado con DNI ..... en mi calidad de Gerente .....  
(Nombre del puesto del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)  
del área de Gerencia .....  
(Nombre del área de la empresa)  
de la empresa HALCON S.A .....  
(Nombre de la empresa)  
con R.U.C N° 20254180911 ..... ubicada en la ciudad de Trajillo .....

### OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor (a, ita,) José Fernando Montoya Gutiérrez .....  
Norman Santos Sepuza Manáza .....  
(Nombre completo del o los estudiantes)

Identificado(s) con DNI N° 71139828 ..... de la ( ) Carrera profesional Contabilidad / Administración, para que utilice la siguiente información de la empresa:  
Datos de paradas por fallas y/o mantenimiento de máquinas que la empresa utiliza para su producción.....  
(Detallar la información a entregar)

con la finalidad de que pueda desarrollar su ( ) Informe estadístico, ( ) Trabajo de Investigación, (x) Tesis para optar el Título Profesional.

( ) Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

( x ) Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o  
( ) Mencionar el nombre de la empresa.

  
Ing. Magno R. Delgado Pizarro  
DIRECTOR GERENTE  
Firma y sello del Representante Legal  
DNI: 17831807

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

  
Firma del Estudiante  
DNI: 71139828

Firma del Estudiante  
DNI: 42663667

## Anexo 03. Instrumentos

### Hoja de Registro de Interrupciones de Equipo

ITEM	EQUIPO	TIEMPO DE PARADAS (Horas)	FECHA	OBSERVACIONES
1	CIZALLA ELECTRO HIDRAULICA 3 RA11Y-13 X 6000	18.62	11/04/2022	
2	CIZALLA ELECTRO HIDRAULICA 3 RA11Y-13 X 6000	21.36	11/05/2022	
3	CIZALLA ELECTRO HIDRAULICA 3 RA11Y-13 X 6000	15.15	10/01/2022	
4	COMPRESOR 1	7.09	11/04/2022	
5	COMPRESOR 1	8.17	11/05/2022	
6	COMPRESOR 1	8.7	11/06/2022	
7	COMPRESOR 1	9.36	11/05/2022	
8	COMPRESOR 1	11	11/06/2022	
9	COMPRESOR 1	5.71	10/01/2022	
10	PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000	13.7	10/01/2022	
11	PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000	16.5	10/02/2022	
12	PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000	15.1	11/03/2022	
13	PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000	9.61	11/04/2022	
14	PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000	11.05	11/05/2022	

## Anexo 05. Tablas AMEF

### a. Gravedad

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítica que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.	9-10

### b. Ocurrencia

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy Baja	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

### c. Detectabilidad

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción.	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

## Anexo 06

### Tabla promedio IPR

*Tabla 9. Promedio IPR.*

<b>IPR</b>	<b>ACCIONES</b>
500 – 1000	Alto riesgo de falla.
125 – 499	Riesgo de falla medio o normal.
1 – 124	Bajo riesgo de falla.

*Fuente. Parámetros AMEF*

## Anexo 07. Formatos de inspección

### A. CHECKLIST DE INSPECCIÓN

<b>PLANES DE MANTENIMIENTO</b>	<b>RUTA DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPO CRÍTICOS</b>
	<b>EQUIPO:</b>

INSPECTOR	
SEMANA	

Componente	Observado	Observación

Fuente: elaboración propia

B. HOJA DE CAMBIOS

**HOJA DE CAMBIOS**

Equipo		
Fecha Programada		
Fecha Ejecutada		
Motivo de Cambio		
Responsable		
Componente Cambiado	Nombre:	
	Marca:	
	Modelo	
Resultado		
Observación		

## Anexo 08. Mediciones

### HOJA DE MEDICIONES Y OTROS

<b>PLANES DE MANTENIMIENTO</b>	<b>RUTA DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPO CRÍTICOS</b>
	<b>TABLERO DE PRESION CONSTANTE</b>

INSPECTOR	
SEMANA	

EQUIPOS	LUN	MAR	MIER	JUEV	VIE	SAB	DOM	
								OBSERVACIONES
<b>VARIADOR DE FRECUENCIA</b>								
VOLTAJE								
AMPERAJE								
VENTILADOR								
BORNERAS								
FRECUENCIA (40-60 Hz)								
<b>V°B° ING. RESIDENTE</b>								OBSERVACIONES

## ANEXO 09. Desarrollo de Objetivos

### 9.1 Disponibilidad actual de equipos

Se tiene una distribución mensual por equipos

Tabla 10. Horas no disponibles por equipo mensual

Horas Falla	Mes						Total general
Equipo	1	2	3	4	5	6	Total general
CIZALLA ELECTROHIDRAULICA 1 QC12Y	95	95	76.99	76.99	88.5	74.78	507.26
CIZALLA ELECTRO HIDRAULICA 3 RA11Y-13 X 6000	93.85	93.85	79.7	80.4	89.76	66.1	503.66
TORNILLO COMPRESOR	78.65	79.33	78.65	63.18	72.95	72.06	444.82
PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000	59.45	53.45	54.85	56	55.53	58.23	337.51
PLEGADORA ELECTROHIDRAULICA 2 PPT 135/50	51.34	51.34	51.34	51.34	59.09	60.32	324.77
CIZALLA ELECTROHIDRAULICA 2	40.96	49.85	40.96	40.96	47.18	47.18	267.09
COMPRESOR 1	41.72	41.72	41.72	41.72	41.66	38.9	247.44
CORTADORA CNC	40.49	33.79	28.97	29.35	24.9	31.4	188.9
TALADRO DE BANCO	33.1	35.8	29	25.3	32.5	31.7	187.4
PRENSA ELECTRO HIDRAULICA	15.18	9.23	9.23	9.23	10.7	10.7	64.27
COMPRESOR 2	4.61	4.29	4.29	4.29	2.72	2.72	22.92
<b>Total general</b>	<b>554.35</b>	<b>547.65</b>	<b>495.7</b>	<b>478.76</b>	<b>525.49</b>	<b>494.09</b>	<b>3096.04</b>

Fuente: elaboración propia

Veamos en forma gráfica



Figura 3. Horas no disponibles anualizado por mes.

Fuente: elaboración propia

## **Anexo 9.2 Plan TMP**

### **9.2.1. Análisis AMEF**

Los equipos con menor porcentaje de disponibilidad fueron seleccionados, procediéndose a aplicar el AMEF con al experto de mantenimiento, y a luego se realizó el cálculo del IPR bajo tres criterios

- Gravedad de Fallas: los valores del 1 al 10 que elegidos correspondieron a la tabla de Gravedad de Fallos del anexo 6.
- Ocurrencia de Falla: los valores del 1 al 10 que elegidos correspondieron a la tabla de Ocurrencia de Fallos del anexo 6.
- Detección de Fallas: los valores del 1 al 10 que elegidos correspondieron a la tabla de Detección de Fallos del anexo 6.

Los equipos que presentaron una disponibilidad menor a 80% fueron:

- CFX010
- CAX010
- CAX012
- CAY014

Veamos el AMEF de cada uno de ellos:

Tabla 11. AMEF CIZALLA ELECTROHIDRAULICA 1 QC2Y

<b>ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)</b>						<b>Area:</b>				
						Mantenimiento de Equipos				
<b>AREA:</b>						<b>PRODUCCION</b>				
<b>DPTO:</b>						<b>MANTENIMIENTO</b>				
<b>EQUIPO:</b>						<b>CFX010</b>				
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas	
<b>Labores diversas</b>	Dificultad al operar	Rotura cuchillas	Desgaste en filos de cuchilla	Mecánicas	Desgaste	7	5	6	210	Establecer frecuencias para inspección y cambios.
		Rotura pedal	Desgastes en contactos de pedal	Mecánicas	Desgaste, baja supervisión	8	3	4	96	Establecer frecuencias de inspección y cambios
		Escases de nitrógeno	Falta de presión de nitrógeno	Mecánicas	Falta control	8	6	5	168	Establecer frecuencias para actualización y capacitación personal
		Rotura de pistones	Desgaste rotura de pistones	Mecánicas	Uso elevado, falta de cambio	7	5	4	140	Revisar ajuste de pernos al finalizar alineamiento
	Falla arranque	Falla en Motor	Alto consumo de corriente	Eléctricas	componentes desgastados	7	5	4	140	Capacitar personal al revisión inyectores
		Caída de tensión	Inconveniente en arrancador, sin transmisión de energía	Eléctricas	Cables	7	5	4	140	Revisión general de cablearía

Tabla 12. AMEF CIZALLA ELECTROHIDRAULICA RA11Y-13 X 600

<b>ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)</b>						<b>Area:</b>				
						Mantenimiento de Equipos				
						<b>Fecha:</b>				
<b>AREA:</b>		<b>PRODUCCION</b>								
<b>DPTO:</b>		<b>MANTENIMIENTO</b>								
<b>EQUIPO:</b>		<b>CAX010</b>								
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas	
<b>Labores diversas</b>	Dificultad al operar	Rotura cuchillas	Desgaste en filos de cuchilla	Mecánicas	Desgaste	6	4	7	168	Establecer frecuencias para inspección y cambios.
		Rotura pedal	Desgastes en contactos de pedal	Mecánicas	Desgaste, baja supervisión	8	4	6	192	Establecer frecuencias de inspección y cambios
		Escases de nitrógeno	Falta de presión de nitrógeno	Mecánicas	Falta control	7	4	5	140	Establecer frecuencias para actualización y capacitación personal
	Se detiene de improviso	Falla en Motor	Alto consumo de corriente	Eléctricas	Baja supervisión	7	4	5	196	Realizar mediciones de tensión y cambiar componente
	Falla arranque	Caída de tensión	Inconveniente en arrancador, sin transmisión de energía	Eléctricas	Mala configuración, baja supervisión	7	4	5	140	Realizar mediciones de tensión y cambiar componente

Tabla 13. AMEF TORNILLO COMPRESOR

<b>ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)</b>							<b>Area:</b>			
							Mantenimiento de Equipos			
							<b>Fecha:</b>			
<b>AREA:</b>		<b>PRODUCCION</b>								
<b>DPTO:</b>		<b>MANTENIMIENTO</b>								
<b>EQUIPO:</b>		<b>CAX012</b>								
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas		Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
<b>Labores diversas</b>	Dificultad en desplazamiento	Fuga de aceite	Aceite en línea de aire	Mecánicas	cable desgastado	6	5	6	180	Establecer una frecuencia de inspección y lubricación.
		Rotura de ejes	Deslizamiento y desgaste de correa	Mecánicas	Atoro desgaste	7	4	6	144	Establecer frecuencias de inspección y cambios
	Se detiene de improviso	Presión	Baja presión de aire	Mecánicas	Baja inspección, revisión mangueras	6	5	5	150	Capacitar al personal en uso de parámetros
	Falla arranque	Caída de tensión	Alto consumo de corriente	Eléctricas	Sobrecarga y desgaste de componentes	6	5	6	180	Realizar mediciones de tensión y cambiar componente

Tabla 14. AMEF PLEGADORA ELECTRO HIDRAULICA RA67Y450T/6000

<b>ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)</b>										
AREA:	<b>PRODUCCION</b>								Preparado por:	
DEPARTAMENTO:	<b>MANTENIMIENTO</b>								Revisado por:	
EQUIPO:	<b>CAY014</b>								Fecha	
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas		Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas
<b>Realizar el pre secado del bagazo para alimentación de la caldera</b>	Dificultad al operar	Rotura cuchillas	Desgaste en filos de cuchilla	Mecánicas	Desgaste	4	5	5	100	Establecer frecuencias para inspección y cambios.
		Desgaste de cables	Fugas de aceite	Mecánicas	Desgaste, cambios	3	5	4	120	Establecer frecuencias para inspección y cambios.
		Desgaste de fajas	Fallas en finales de carrera	Mecánicas	Supervisión, cambios	3	5	4	60	Capacitar al personal de inspección
	Fallas de arranque	Falla en Motor	Alto consumo de corriente	Eléctricas	componentes desgastados	3	4	5	60	Mediciones y cambios

Fuente: Elaboración propia

## 9.2.2. Plan de actividades TPM

### a. Decisión de Aplicar TMP

La empresa desea reducir las interrupciones de sus equipos y se plantea incrementar la disponibilidad en base a la implementación de un plan integral de mantenimiento.

### b. Difusión del Programa de Mantenimiento

Para realizar la difusión de la aplicación del TPM, la dirección de mantenimiento, capacitará al personal a fin de motivar la colaboración de todos. Bajo la siguiente programación

*Tabla 15. Programación para difusión de TMP*

Fase	Actividad	Fecha	Responsable
1	Difusión mediante mail	22/05/2023	Gerencia general
2	Elaboración de dípticos digitales	23/05/2023	Mantenimiento y Diseñadores
3	Preparar periódico mural	29/05/2023	Mantenimiento y Diseñadores
4	Crear y difundir video	30/05/2023	Mantenimiento e Imagen
5	Realizar charlas informativas	03/06/2023	Mantenimiento y recursos humanos

### c. Conformación de Equipo TPM:

Para realizar los miembros que conformarán el equipo de TPM, se convocó a un equipo mixto, el cual estuvo integrado por personal del área de mantenimiento y el personal del área de producción, lo cual ayuda a responsabilidades comunes y a identificar en forma más directa los posibles riesgos que los equipos se interrumpan, como se indica a continuación:

- Determinar los usuarios que demandan la disponibilidad continua del equipamiento, el cual correspondió al Área de Producción, donde fueron convocados el jefe de operaciones y los supervisores.
- Determina personal de mantenimiento: en este caso se propuso al responsable directo del área, contando con el apoyo de supervisores y operarios.

Este es el organigrama de conformación del equipo de trabajo TPM:

Organigrama: este es el organigrama acordado por el equipo TPM

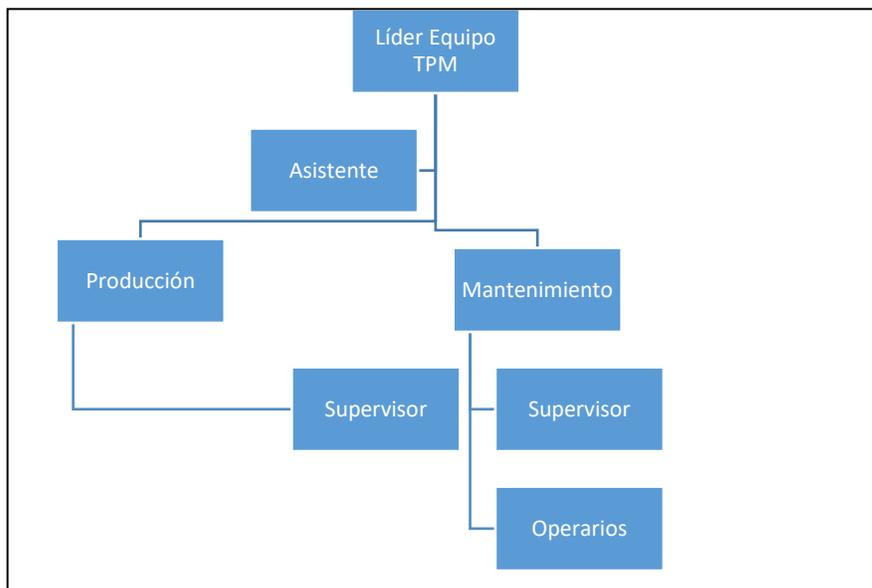


Tabla 16. Equipo TPM

Área	Cargo	Cantidad
Producción	Jefe de Operaciones	1
	Supervisores de línea	2
Mantenimiento	Responsable (Líder)	1
	Supervisores	2
	Operarios	2

Fuente: elaboración propia

d. Objetivos del Plan

Se procedió a lo siguiente:

- Desarrollar el plan propuesto de mantenimiento en la institución.
- Fomentar una cultura del mantenimiento, con participación masiva de los involucrados en el plan.
- Implementar el uso de los formatos propuestos para realizar las tareas de inspecciones, lubricación y cambio de componentes de los equipos.

e. Definición de Actividades principales del Plan de Mantenimiento

Tabla 17. Fallas para el desarrollo del plan

FALLAS	PLAN MANTENIMIENTO
Rotura cuchillas	Definir período de cambios, inspección.
Rotura de pedales	Definir el período de cambios, inspección.
Escasez de Nitrógeno	Capacitar personal y reabastecer
Caída de tensión	Establecer mediciones y cambio de componentes.
Rotura de pistones	Capacitar al personal sobre operación y mantenimiento de tractores.
Fuga aceite	Definir cambios de componentes, inspección.
Baja presión	Capacitar al personal y revisión de sistema.
Falla de motor	Establecer mediciones y cambio de componentes

Fuente: elaboración propia

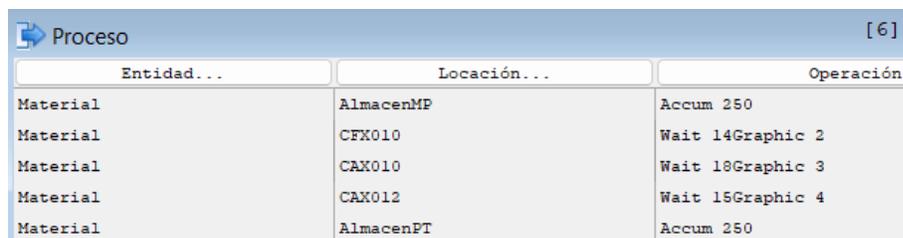
### Anexo 9.3. Simulación en el Promodel 9.3.0.1

#### a. Configuración previa

Para la evaluación de la disponibilidad de los 3 equipos, se trabajó con el software Promodel 9.3.0.1, en donde se pueden visualizar el siguiente esquema general:

Estos valores se ingresan al simulador, con una producción semanal de 250 componentes:

Tabla 18. Componentes del proceso



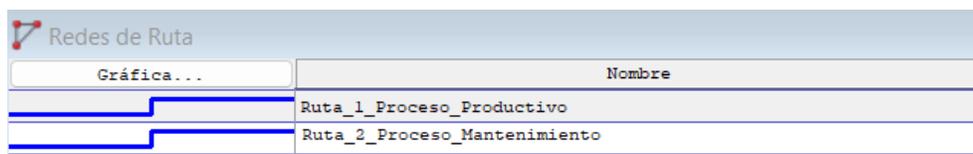
Entidad...	Locación...	Operación.
Material	AlmacenMP	Accum 250
Material	CFX010	Wait 14Graphic 2
Material	CAX010	Wait 18Graphic 3
Material	CAX012	Wait 15Graphic 4
Material	AlmacenPT	Accum 250

Fuente: Promodel 9.3.01

Se establecieron para cada equipo un tiempo de procesamiento, para la CFX010: 14 minutos, para la CAX010: 18 minutos y para la CAX012: 15 minutos, que son los tiempos

Así mismo, se establecieron 2 redes (rutas para la simulación):

Tabla 19. Redes de simulación



Gráfica...	Nombre
	Ruta_1_Proceso_Productivo
	Ruta_2_Proceso_Mantenimiento

Fuente: Promodel 9.3.01

Existe la Ruta1, que es el uso de los equipos de producción y la Ruta 2, que es la ruta de mantenimiento para cada equipo.

b. Proceso diseñado

Este es el proceso diseñado, con las rutas establecidas

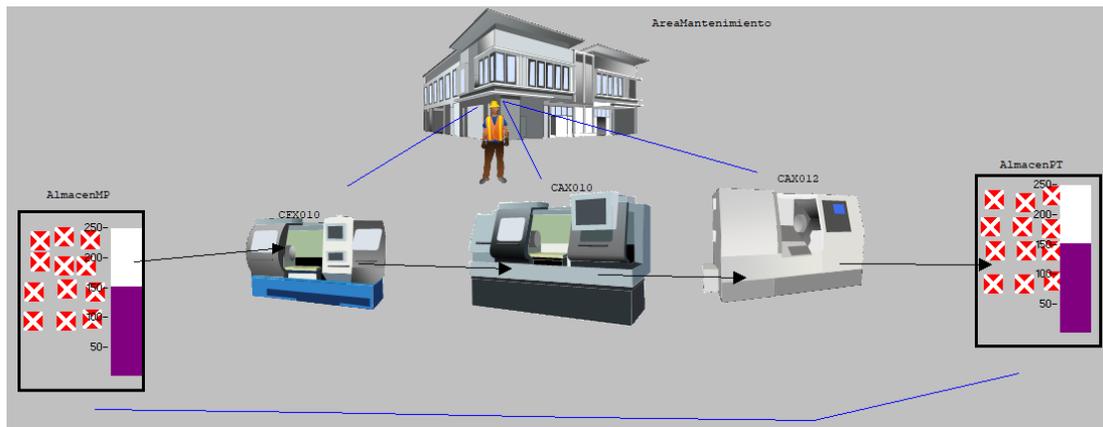


Figura 4. Componentes del proceso

Fuente: Promodel 9.3.01

Se observan AlmacenMP, que es el almacén de materiales, luego los 3 equipos que se enlazan con el AlmacenPT, que es el almacén de productos terminados. Así mismo se puede observar el área de mantenimiento, quien realizará las actividades inherentes al trabajo.

c. Valores de la simulación

Luego de aplicar los parámetros respectivos se ejecutó la corrida de la simulación, de acuerdo al siguiente diagrama

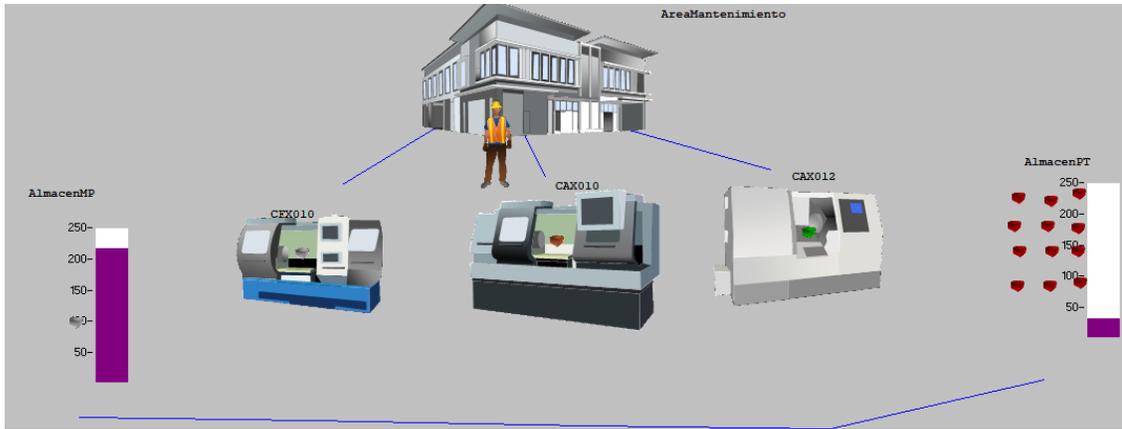


Figura 5. Simulación en ejecución

Fuente: Promodel 9.3.01

El cual arrojó los siguientes valores, en la disponibilidad para los 3 equipos configurados:



Figura 6. Simulación de la disponibilidad de equipos

Fuente: Promodel 9.3.01

### 9.2.3 Detalle de Ejecución de Actividades

#### a. Detalle de Programación Actividades del Plan de Mantenimiento

#### **Inspecciones**

Estas fueron efectuadas en las fechas programadas y utilizando el Anexo A2 propuesto.

Tabla 20. Tabla de inspecciones

<b>MAQUINAS</b>	<b>FECHAS DE INSPECCIÓN</b>
CFX010	Programado días lunes y miércoles desde el 05 de junio
CAX010	Programado días martes y junio desde el 06 de junio
CAX012	Programado días lunes y miércoles desde el 05 de junio

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Inspección de equipos

### Mediciones.

Se realizó de acuerdo al cronograma que se propuso en las fechas indicadas

Tabla 21. Mediciones programadas

<b>MAQUINAS</b>	<b>FECHAS DE MEDICION</b>
CFX010	Programado cada 10 días desde el 11 de junio
CAX010	Programado cada 10 días desde el 09 de junio
CAX012	Programado cada 10 días desde el 11 de junio

Fuente: elaboración propia



Figura 8. Realizando mediciones

## Análisis y Cambios de Componentes

De acuerdo a la programación que se estableció y con el del formato del Anexo A2 se efectuó la tarea respectiva.

Tabla 22. Tabla de análisis y cambio de componentes

EQUIPOS	FECHAS DE INSPECCIÓN
CFX010	Programado cada 10 días desde el 10 de junio
CAX010	Programado cada 10 días desde el 10 de junio
CAX012	Programado cada 10 días desde el 11 de junio

Fuente: elaboración propia



Figura 9. Equipo con cambios realizados

## Capacitación

De acuerdo a la programación que se estableció y con el formato del Anexo A2 se efectuó la tarea respectiva.

Tabla 23. Programación de capacitación

PERSONAL	FECHAS DE INSPECCIÓN
Personal del área de mantenimiento	Programado para el 15 de junio
	Programado para el 01 de julio

Fuente: elaboración propia

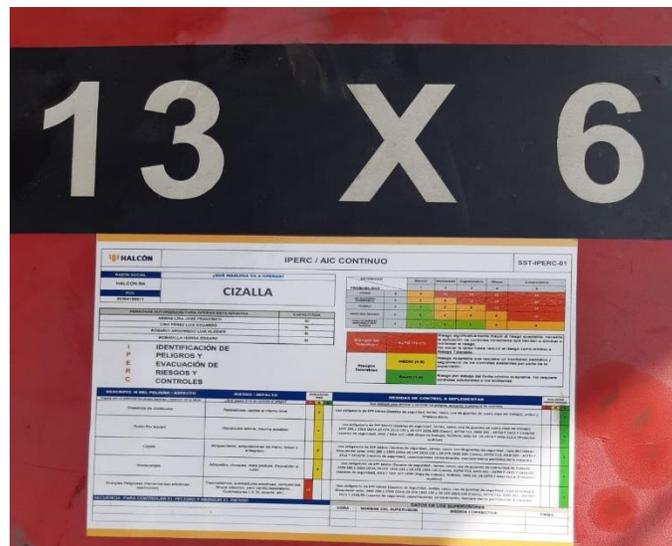


Figura 9. Cartillas de Uso Equipo



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Implementación de mantenimiento productivo total para mejorar la disponibilidad de máquinas en una empresa Metal Mecánica, 2023", cuyos autores son MONTOYA GUTIERREZ JOSE FERNANDO, SEGURA MENDOZA NORMAN SANTOS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo 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.

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 vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 12 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO <b>DNI:</b> 17897692 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 25-07- 2023 16:16:59

Código documento Trilce: TRI - 0587594