



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Implementación de mantenimiento productivo total para  
reducir el tiempo de inactividad no planificado en una empresa  
metalmecánica**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniera Industrial**

**AUTORAS:**

García Talledo Suzzet de los Milagros (Orcid.org/0000-0003-2604-6261)

Revolledo Nole Katherine Stefany (Orcid.org/0000-0002-6088-7956)

**ASESOR:**

Dr. Aranda Gonzales Jorge Roger (Orcid.org/0000-0002-0307-5900)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:** Desarrollo

económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

Dedicado a Dios y a nuestras familias que siempre nos han brindado su amor y apoyo incondicional para seguir concretando nuestras metas.

**Las autoras.**

## **Agradecimiento**

Se agradece a Dios por la oportunidad de seguir creciendo en conocimientos y Finalmente, deseamos expresar nuestro agradecimiento a los ingenieros de la Universidad César Vallejo que fueron nuestros asesores, por sus enseñanzas para lograr concretar el desarrollo de nuestro proyecto de investigación.

**Las autoras.**

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Variables y operacionalización .....	12
3.3. Población, muestra y muestreo .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	16
3.5. Procedimientos .....	16
3.6. Método de análisis de datos .....	17
3.7. Aspectos éticos .....	17
IV. RESULTADOS .....	18
V. DISCUSIÓN .....	52
VI. CONCLUSIONES .....	56
VII. RECOMENDACIONES .....	57
REFERENCIAS .....	58
ANEXOS .....	67

## Índice de tablas

<b>Tabla N° 01:</b> Interpretación de las respuestas en la entrevista.....	20
<b>Tabla N° 02:</b> Matriz Vester.....	23
<b>Tabla N° 03:</b> Grado de Efecto.....	23
<b>Tabla N° 04:</b> Tabla de frecuencia para un análisis de Pareto.....	23
<b>Tabla N° 05:</b> Tabla de frecuencia de la situación de las máquinas tomando los tiempos de inactividad (TI).....	25
<b>Tabla N° 06:</b> Tabla de Frecuencia de tiempo de inactividad por tipos de fallas.....	26
<b>Tabla N° 07:</b> Resultados de frecuencia de fallas de la máquina soldar MIG 03.....	27
<b>Tabla N° 08:</b> Resultados de frecuencia de fallas de la máquina soldar MIG 05.....	28
<b>Tabla N° 09:</b> Resultados de frecuencia de fallas de la plegadora hidráulica.....	29
<b>Tabla N° 10:</b> Resultados de frecuencia de fallas del oxicorte CNC plasma.....	30
<b>Tabla N° 11:</b> Resultados de frecuencia de fallas de la cizalla hidráulica.....	31
<b>Tabla N° 12:</b> Resultados de frecuencia de fallas de la máquina la cizalla STW.....	34
<b>Tabla N° 13:</b> Resultados de frecuencia de fallas del taladro de banco.....	35
<b>Tabla N° 14:</b> Resultados de frecuencia de fallas del compresor de aire.....	36
<b>Tabla N° 15:</b> Fórmulas.....	37
<b>Tabla N° 16:</b> Resultados de la disponibilidad, eficiencia y calidad de las máquinas antes del TPM.....	37
<b>Tabla N° 17:</b> Etapas del plan de implementación del TPM como simulación.....	37
<b>Tabla N° 18:</b> NPR.....	39
<b>Tabla N° 19:</b> Características del NPR.....	39
<b>Tabla N° 20:</b> AMEF.....	39
<b>Tabla N° 21:</b> Criterios de evaluación de las actividades principales ejecutadas del mantenimiento autónomo.....	41
<b>Tabla N° 22:</b> Fórmulas para obtener el nuevo OEE.....	42
<b>Tabla N° 23:</b> Costo de la MOD por contrato.....	42
<b>Tabla N° 24:</b> Actual.....	43
<b>Tabla N° 25:</b> Tema propuestos.....	43
<b>Tabla N° 26:</b> Activos fijos.....	43
<b>Tabla N° 27:</b> Materiales indirectos.....	43
<b>Tabla N° 28:</b> Pagos por asistencia de capacitación.....	44
<b>Tabla N° 29:</b> Costo que implica al asistente de Mantenimiento.....	44
<b>Tabla N° 30:</b> Costo que implica al técnicos.....	44
<b>Tabla N° 31:</b> Costo que implica a los operadores.....	44
<b>Tabla N° 32:</b> Costo del material para la capacitación.....	45
<b>Tabla N° 33:</b> Resumen del costo total que se asumen por la capacitación.....	45
<b>Tabla N° 34:</b> Flujo actual vs el Flujo de la propuesta.....	45
<b>Tabla N° 35:</b> VAN.....	46
<b>Tabla N° 36:</b> Resultados de la disponibilidad, eficiencia y calidad de las máquinas post TPM.....	47
<b>Tabla N° 37:</b> Nivel de OEE.....	47
<b>Tabla N° 38:</b> Comparación entre pre test y post test.....	50
<b>Tabla N° 39:</b> Tiempos Inactivos.....	51
<b>Tabla N° 40:</b> Pruebas de muestra T – Student.....	51

## Índice de gráficos y figuras

Figura N° 01 – Esquema del diseño de Investigación.....	11
Figura N° 02 - 8 Pilares del Mantenimiento Productivo Total.....	12
Figura N° 03: Organigrama de la empresa.....	17
Figura N° 04: Diagrama de Flujo para la fabricación de carrocería.....	19
Figura N° 05: Diagrama de Ishikawa.....	22
Figura N° 06: Diagrama de Pareto.....	24
Figura N° 07: Gráfico de la frecuencia de las máquinas tomando los tiempos de inactividad.....	25
Figura N° 08: Diagrama de Pareto.....	26
Figura N° 09: Gráfico correspondiente a la máquina de soldar MIG 03.....	27
Figura N° 10: Gráfico correspondiente a la máquina de soldar MIG 05.....	28
Figura N° 11: Gráfico correspondiente a la máquina plegadora hidráulica.....	29
Figura N° 12: Gráfico correspondiente a la máquina oxicorte CNC plasma.....	30
Figura N° 13: Gráfico correspondiente a la máquina cizalla hidráulica.....	31
Figura N° 14: Gráfico correspondiente a la máquina cizalla STW.....	34
Figura N° 15: Gráfico correspondiente a la máquina taladro de banco.....	35
Figura N° 16: Gráfico correspondiente a la máquina compresor de aire.....	36
Figura N° 17: Proceso de MC. de la empresa – Proceso de MP. como mejora.....	39

## Resumen

El presente proyecto de investigación ha tomado como referencia el área de habilitado de una empresa metalmeccánica que se encuentra ubicada en la ciudad de Trujillo, debido a que presentan diversos problemas como el retraso de la fabricación de sus productos a causa de las paradas no programadas y pérdidas de tiempo ocasionadas por fallas mecánicas como a la vez por fallas en la labor de los colaboradores responsables que tampoco cuentan con las herramientas adecuadas y no realizan sus labores con una orden de trabajo adecuada para ejecutar un buen mantenimiento y eso genera un retraso en la entrega de los productos.

Como solución al problema se ha planteado como objetivo general: Proponer una implementación del TPM para la reducción del tiempo inactivo no planificado en la empresa. Para ello, se realizó un diagnóstico para conocer la situación de las máquinas de la empresa tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad. Asimismo, tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad; se evidenció que las máquinas: plegadora hidráulica, cizalla hidráulica y la compresora de aire presentan mayores porcentajes de tiempos inactivos a comparación de las otras máquinas. También se determinó la frecuencia de fallas, la eficiencia, la calidad y la disponibilidad de las máquinas antes de la implementación. Luego se realizó un plan de implementación del TPM en dos etapas, las cuales contribuyen a la eliminación completa de los modos fallas existentes en ellas para así minimizar los tiempos inactivos. Y Finalmente se explicó la mejora de la reducción del tiempo de inactividad a un 30% para cada máquina, esto generó la mejora de la eficiencia global de las máquinas

**Palabras claves:** TPM, Mantenimiento productivo total, tiempo inactivo

## **Abstract**

This research project has taken as a reference the enabled area of a metalworking company that is located in the city of Trujillo, due to the fact that they present various problems such as the delay in the manufacture of their products due to unscheduled stops and Loss of time caused by mechanical failures as well as by failures in the work of the responsible collaborators who also do not have the appropriate tools and do not carry out their tasks with an adequate work order to execute good maintenance and that generates a delay in the delivery of the products.

As a solution to the problem, the general objective has been proposed: Propose an implementation of the TPM to reduce unplanned downtime in the company. For this, a diagnosis was made to know the situation of the company's machines taking into account the description of downtime. Also, taking into account the description of downtime; It was evidenced that the machines: hydraulic press brake, hydraulic shear and the air compressor present higher percentages of inactive times compared to the other machines. The frequency of failures, the efficiency, the quality and the availability of the machines were also determined before the implementation. Then a TPM implementation plan was carried out in two stages, which contribute to the complete elimination of existing failure modes in them in order to minimize downtime. And finally, the improvement in the reduction of downtime to 30% for each machine was explained, this generated the improvement of the global efficiency of the machines.

Keywords: TPM, Total productive maintenance, downtime

## I. INTRODUCCIÓN

El mercado está en constante evolución, lo que obliga a la industria a adoptar diferentes estrategias para adaptarse a los nuevos cambios con rapidez para todas las fases de los procesos productivos; eso conlleva una mejora en la productividad haciendo uso adecuado de los diversos recursos y reduciendo los tiempos de inactividad no planificada, así como los altos costos operativos.

Las empresas como las metalmecánicas que buscan ser más productivas y deciden trabajar con equipos, herramientas y máquinas tecnológicamente modernas a veces olvidan o encuentran problemas para hacer un adecuado mantenimiento debido a que no tienen una idea clara de cuál es el trabajo apropiado que se debe desarrollar para evitar fallas en la producción y garantizar la seguridad de los colaboradores. Es por ello, que la presente tesis se enfoca en la aplicación del tema “Mantenimiento Productivo Total” que se conoce por las siglas en inglés TPM.

(Acosta Martínez, y otros, 2017) Al implementar el TPM, se reducirá la cantidad de días de inactividad de las máquinas; así como el costo de la mano de obra, materiales entre otros; aplicando procesos de gestión como el uso de los formatos de mantenimiento, uso de paneles de control, capacitación al personal en búsqueda de disminuir las pérdidas y aumentando la eficiencia en el proceso. Los autores mencionados, sostienen que este tema es importante aplicarlo porque influye en la reducción de los tiempos inactivos por causa de las paradas fortuitas; como también influye en el incremento de la productividad por un control habitual de inspecciones generando un proceso de calidad de los colaboradores para que sea un lugar de trabajo óptimo.

(Terán Vázquez, 2018) recalca que debido a la necesidad de mejora continua en la gestión de todos los elementos que componen la empresa, surge el puesto de Total Product Management o Gestión Total del Producto, que genera una contribución en la participación de la elaboración cuidadosa del producto dentro de la calidad y seguridad exigida por el cliente, de igual manera se cumple efectivamente los procesos que así lo requieran y se opera de manera controlada.

(Carrillo, M. y Otros. 2019, p. 75) Con TPM, la responsabilidad no solo recae en el colaborador de mantenimiento, sino en todos los involucrados en la operación del proceso, quienes deben participar en algunas tareas del proceso como la lubricación, limpieza, reapriete de tornillo u otras reparaciones menores. Así se logrará una mejor participación en el mantenimiento de la maquinaria con el fin de minimizar las fallas.

El sector metalmecánico se caracteriza por tener una relación permanente con otros

sectores industriales a nivel nacional, ya que es el sector que les abastece de productos. Por esta razón, se puede asegurar que un país, el cual muestre un dinamismo notable en este sector alcance la mejor tasa de desarrollo industrial. (Mariategui, 2020) Cabe mencionar que en el 2017 la industria metalmecánica representó el 1.7% del PBI del Perú y su valor agregado representó el 13.6% de toda la industria manufacturera.

Sin embargo, la productividad de la industria metalmecánica siempre ha sido muy variable debido a la existencia de capacidad ociosa; la cual se entiende como la capacidad instalada no utilizada y se proyecta como improductiva de la empresa. La mala gestión del mantenimiento en las maquinarias puede provocar fallas, lo que resulta un tiempo de inactividad de la línea de producción. Es por eso que el TPM se aplica en las empresas para solucionar estos problemas.

(Conexión ESAN, 2020) TPM se define como los procedimientos que emplea una organización para prevenir y eliminar posibles fallas en el proceso de producción, con la finalidad de optimizar el funcionamiento de sus equipos y extender su vida útil.

Con lo citado se deduce que se puede conseguir muchas ventajas al aplicar el TPM como reducción de la severidad de las fallas y consecuencias.

(Castillo, A. y Otro. 2018, p.29) Un sistema TPM es una estrategia que consiste en una serie de tareas estructuradas que ayudan a mejorar la competitividad de una empresa. El Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta define TPM como un sistema diseñado para lograr cero accidentes, cero defectos y cero pérdidas.

En el nivel local, este proyecto de investigación toma como referencia una empresa metalmecánica que se ubica en Trujillo, dedicándose a fabricar diversos tipos de productos, teniendo en cuenta las necesidades y satisfacción del cliente. El campo de estudio para el desarrollo del presente proyecto es el área de habilitado ya que presentan diversos problemas como el retraso de la fabricación de sus productos a causa de las paradas no programadas y pérdidas de tiempo ocasionadas por fallas mecánicas como a la vez por fallas en la labor de los colaboradores responsables que tampoco cuentan con las herramientas adecuadas y no realizan sus labores con una orden de trabajo adecuada para ejecutar un buen mantenimiento y eso genera un retraso en la entrega de los productos. Es por ello, que se conlleva a formular la pregunta general: ¿Qué propuesta de mejora puede contribuir con la reducción del tiempo de inactividad no planificado en la empresa metalmecánica? También se realizaron las específicas: ¿Cuál es la situación de la empresa con respecto a sus máquinas, tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad?, ¿Cuál es la frecuencia de fallas y la

disponibilidad de las máquinas?, ¿Cuáles son los pasos estratégicos para que la propuesta de implementación del TPM sea viable para la empresa? y ¿cual es la mejora después de realizar la propuesta como simulación?

Como solución al problema se ha planteado objetivos; el objetivo general es proponer una implementación del TPM para la reducción del tiempo inactivo no planificado en la empresa. Asimismo, los objetivos específicos se plantearon de la siguiente manera:

- a) Realizar un diagnóstico de la situación actual de las máquinas según los datos históricos que tiene la empresa previamente con el permiso de la alta dirección, tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad.
- b) Determinar la frecuencia de fallas y la disponibilidad de las máquinas antes de la implementación del TPM.
- c) Realizar el plan de implementación del TPM con un análisis efectivo de averías de las máquinas que elimine completamente los modos fallas existentes en ellas.
- d) Explicar la mejora en la reducción del tiempo de inactividad post – test en el área de estudio de la empresa metalmecánica como una simulación.

La presente investigación se justifica en: El aspecto técnico, se debe analizar y evaluar las condiciones que están expuestas las máquinas y los colaboradores que las manipulan para evitar fallas a corto o largo plazo y que la empresa evite algún retraso en la producción y entrega del producto. En el aspecto metodológico, la investigación se basa en aplicar el TPM con la finalidad de reducir el tiempo de inactividad no planificado en la empresa. Y finalmente en el aspecto económico, la empresa podrá aumentar su productividad gracias a la reducción de tiempos inactivos a través de la aplicación adecuada del TPM para tomar las medidas correctivas a tiempo.

Como hipótesis general tenemos: (Hi) La propuesta de una implementación del TPM contribuirá a la reducción del tiempo inactivo no planificado en el área de estudio de la empresa. (Ho) La propuesta de una implementación del TPM no contribuirá a la reducción del tiempo inactivo no planificado en el área de estudio de la empresa. Y como hipótesis específicas tenemos: (a) La realización de un diagnóstico permitirá conocer la situación actual de las máquinas tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad. (b) Antes de la implementación se puede determinar la disponibilidad de las máquinas. (c) La elaboración del plan como propuesta de simulación ayudará a conocer si es viable el proyecto o no para la empresa.

## II. MARCO TEÓRICO

TPM es importante porque se centra en la mejora de la eficiencia operativa de las máquinas en una empresa, lo que resulta un incremento significativo en la producción, así como en la motivación y satisfacción de los colaboradores en el trabajo. Por ello, para dar más sustento al trabajo de investigación se tomó diversos antecedentes bibliográficos a nivel internacional y nacional que están relacionadas al tema propuesto:

A nivel internacional se encontró investigaciones realizadas como: En el capítulo 13 del libro “Gestión de la Calidad Total – Conceptos claves y estudios de casos” (D.R Kiran, 2017) se considera que la reactivación de las prácticas rutinarias de mantenimiento de máquinas llevadas a cabo por los propios operadores de máquinas en el siglo XVI logra una mejor calidad de producción. Los operadores no sólo son responsables del rendimiento y la calidad en la producción, sino también del buen funcionamiento de sus máquinas. También están motivados para asistir a las reuniones del círculo de calidad y presentar propuestas para mejorar el rendimiento de la máquina. Esta práctica moderna se llama acertadamente “Mantenimiento Productivo Total (TPM). Este capítulo revisa la historia del desarrollo de este concepto y destaca sus diferentes aspectos que están relacionadas con la filosofía TPM, la cual es parte integral de la ideología de la gestión de la calidad total.

La investigación “implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer” Vol 13, pág. 1128-1134 de P. Guariente et al., 2017. Tiene como objetivo principal implementar un pilar del TPM denominado mantenimiento autónomo en la línea de fabricación de los tubos de aire acondicionado para un sector de la automoción. Para ello, primero identificaron las causas principales del problema detectado en este sector con un diagnóstico, donde inicialmente una de las líneas presentó una efectividad total del equipo (OEE) del 74%, con respecto al 75% de disponibilidad de equipos. Luego se realizó la reducción de las tasas de paradas en las máquinas que se producen a partir de averías; desarrollando una técnica basada en 7 etapas: Limpieza inicial, Eliminación de fuentes de suciedad y áreas de difícil acceso, Estandarización de limpieza e inspección, Inspección general de equipos, Inspección general del proceso, Mantenimiento autónomo sistémico y Gestión autónoma. Y finalmente, se demostró que con la implementación se observó una reducción en las averías de la línea con un aumento del 10% (del 75% al 85%) en la tasa de disponibilidad de las máquinas en la línea de enero a abril de 2017. Por lo tanto, hubo un aumento significativo del 8% (de 74% a 82%) en OEE durante el mismo período de tiempo, lo que impactó directamente

en la eficiencia de producción de la línea. Además de estas mejoras, hubo un aumento en el tiempo medio entre fallas (MTBF) de las máquinas en la línea investigada, así como una reducción en el tiempo dedicado por los técnicos de mantenimiento en las reparaciones de averías. Todo esto se debió a las técnicas de análisis de registros históricos y a la técnica de observación aplicada a las máquinas, que permitieron al técnico de mantenimiento y al operador detectar rápidamente el mal funcionamiento. Para calcular estos datos, se registró el promedio, en horas, de MTBF y MTTR en todas las máquinas de la línea para cada mes. La conclusión de esa investigación fue las comparaciones entre el estado antes y después de la implementación del mantenimiento autónomo. La recomendación y aporte del artículo es que los operadores pueden desarrollar la responsabilidad de llevar a cabo actividades relacionadas con las acciones de limpieza, organización y verificaciones diarias de los puntos críticos en la estación de trabajo de forma autónoma, asegurando así que sus máquinas y equipos estén en buen estado de funcionamiento.

Ahmad, Hossen y Ali (2018) en su artículo “Mejora de la eficiencia general del equipo del marco del anillo del mantenimiento productivo total: un caso textil”, se planteó como finalidad aplicar el TPM por medio del pilar de mejoras enfocadas; para mejorar el OEE de una sección de anillo marco en la planta de hilatura. Se obtuvieron como resultados el tiempo de parada en la etapa inicial la cual fue de 37,5 min por turno, mientras que luego de aplicar el TPM disminuyó a 21,75 min. Por lo tanto, el OEE de los equipos incrementó de 75.09 a 86.02%. Finalmente, se concluyó que implementar TPM es muy beneficioso, porque mejora la eficiencia de las máquinas, disminuye los tiempos de parada.

En la investigación del autor Amir (2015) su finalidad fue incrementar la eficiencia de los equipos y el control del proceso de la fabricación de manera continua. El autor con su investigación demostró que se redujo la tasa de defectos del 8.49% en la producción del 14,61% al 6,12%. El tiempo de falla de la máquina se redujo de 2502 a 1161 minutos y la eficiencia se incrementó de 22.12% a 28.61%, es decir aumentó a un 6.49%.

Meca y Camello (2020) en su investigación “TPM y el impacto de cada pilar implementado en la Efectividad general de los equipos”, La finalidad principal fue analizar el impacto de cada pilar del TPM aplicado en la métrica del OEE. Los resultados evidenciaron que los pilares (mantenimiento planificado y mejoras enfocadas) al planificar su implementación en casi el total de las empresas encuestadas, las cuales pertenecen a diversos sectores; obtuvieron un incremento del OEE, mejorando entre un

rango 12,5% a 33,3%, esto permite evidenciar el gran beneficio que implica la aplicación de dichos pilares. En conclusión los pilares del TPM tienen una influencia positiva en la mejora en el OEE.

Revisando el artículo de Bataineh et al. (2019) titulado “Un esquema secuencial basado en el TPM para la mejora de la efectividad de la producción presentado como un estudio de caso”, la finalidad principal fue permitir la aplicación de los principios del TPM, por medio de un esquema secuencial que está en base a 13 pasos para el incremento de la efectividad de los equipos que intervienen en el proceso de producción. Como resultados se obtuvo el incremento de la eficiencia de los equipos de 55.1% a 74.18%, como también el incremento de la disponibilidad de 68.6% a 77.5% y la mejora de la calidad de 99.82% a 99.87%. Por lo tanto, se concluye en la mejora del OEE de 35.27%.

Revisando el artículo de los autores Vrignat, P. y otros (2019) se han escrito muchos artículos acerca de diversos indicadores financieros para evaluar el uso de estrategias de mantenimiento basadas en el Mantenimiento Productivo Total, mientras que otros han comparado resultados que muestran el impacto de criterios como el tiempo medio entre fallas. Este trabajo proporciona a los gerentes de mantenimiento los indicadores para evaluar la relevancia de las acciones realizadas y reajustar los programas de mantenimiento planificados. El conocimiento de estos indicadores puede llevarlos a revisar sus políticas de mantenimiento a largo plazo. Para lograr este propósito, se propone diversos indicadores de confiabilidad, diagnóstico y pronósticos para evaluar y mejorar las estrategias de mantenimiento basadas en el mantenimiento productivo total. Los métodos utilizados para obtener estos indicadores se basan únicamente en las actividades de mantenimiento operativo. Estos últimos se extrajeron de una base de datos generada por un sistema de información de gestión de mantenimiento computarizado. Este trabajo se enfoca en un proceso de mantenimiento basado en el TPM, donde los datos de sensores disponibles no representan el nivel de degradación alcanzado por el sistema.

Consultando la investigación de Guaján (2016) el propósito fue implementar el TPM en el parque automotor, para disminuir la desorganización, como también las paradas consecutivas y el costo en mantenimiento de los mismos. Los efectos fueron la reducción de costos de mantenimiento en un 13.12% en medio año, a la vez se hace base para el empleo de un método de proyección a un año en costos con un software de mantenimiento productivo total, logrando buenos resultados en mitigación de costos en un 24,96% del presupuesto anual. En conclusión, se controla las rutas en kilómetros y

horas diarias en movilidad, empleando la información del productor como también la experiencia del técnico en el cumplimiento de planes de mantenimiento en maquinarias y vehículos. La contribución es que la implementación también utiliza un análisis de reducción de costos de 6 meses para el mantenimiento de maquinaria y vehículos, que es un factor importante en el proceso de pago en el sector de transporte, para comprender los ahorros reales que se obtiene de los diferentes beneficios del software de mantenimiento productivo total.

En el artículo de Nallusamy et al. (2018) "Implementación del TPM para la mejora de la efectividad general del equipo en industrias de mediana escala", tuvieron como finalidad implementar el tema planteado en una industria de fabricación de tubos PVE para que el OEE llegue a un valor aproximado al estándar que corresponde al 85% para una empresa de clase mundial. Para ello, aplicaron los pilares de Mantenimiento autónomo, planificado y mejoras enfocadas para la mejora del OEE en el cual se obtuvo inicialmente un valor del 55.45% y después de la implementación presentaba un incremento de 68.04%. En conclusión, el TPM incrementa la eficiencia de las máquinas y reduce los tiempos muertos.

En la revista de Journal of Industrial Information Integration (2018, pág. 13 -22) trata sobre desarrollar e implementar paneles de mandos es común en grandes empresas. Sin embargo, estas prácticas deben adaptarse a las pequeñas y medianas empresas ya que difieren en varias características, incluso a nivel de sistema de información. Este artículo presenta un procedimiento para el desarrollo de cuadros de mando para PYMES destinados a mejorar el rendimiento de los equipos y procesos productivos a nivel de planta. El tablero desarrollado está diseñado con el fin de mejorar el desempeño proporcionando información de manera efectiva a las áreas de producción y convirtiendo esta información en conocimiento, planes y acciones que facilitan actividades eficientes en la planta de producción. Las principales etapas del proceso de la propuesta se definen de acuerdo con el proceso tradicional de desarrollo de productos. Una de las principales etapas, el desarrollo del diseño del tablero, se lleva a cabo teniendo en cuenta una gestión visual y de mejora continua, como kaizen y Mantenimiento Productivo Total. El proceso también considera el desarrollo de fuentes de datos adecuadas para alimentar los datos en el panel de control. Para lograr un tablero de mando eficaz, su desarrollo debe tener en cuenta el nivel de madurez de calidad de la empresa, así como la madurez de sus sistemas de información y comunicación. El procedimiento propuesto ayuda a las PYMES a lograr un tablero para mejorar el desempeño en el área de producción, mejorar

la información y comunicación productiva y promover una cultura de mejora continua a nivel de producción.

Otra referencia que se hace mención es acerca de la revista *Procedia Manufacturing* (2019, Pág. 1574 - 1581) donde la gestión del mantenimiento es un tema estratégicamente importante para los fabricantes de automóviles. De hecho, un proceso de mantenimiento efectivo y un procedimiento de mantenimiento preventivo pueden disminuir significativamente los riesgos de fallas en los equipos ocasionar tiempos de inactividad en las líneas de producción. Sin embargo, debido a la complejidad de los sistemas de producción de automóviles, el riesgo de falla en una pieza crucial del equipo de producción no se puede evitar por completo. La investigación realizada en esta revista tiene como propósito incrementar la disponibilidad de una línea de producción crítica con el apoyo de un enfoque de mantenimiento total de la producción apoyada con herramientas de Lean Maintenance. Se analiza el estado inicial de la línea de producción, utilizando varias herramientas para identificar los principales problemas como MTBF, MTTR, la eficiencia general del equipo llamado OEE y la disponibilidad en respuesta a los problemas reconocidos, se desarrolla e implementa el plan de acción para encontrar las causas raíz de numerosas fallas con el uso de las herramientas 5S, la gestión visual y el avance del mantenimiento, Así como desarrollar programas de preparación para mejorar las habilidades de los operadores. Los logros de estas acciones son positivos, debido a la línea que se vuelve más organizada, incrementando el valor de MTBF, disminuyendo el valor de MTTR. Por lo tanto, aumentó la disponibilidad general.

El artículo de Candra et al. (2017), tuvo como finalidad realizar una evaluación de la implementación del TPM en una máquina laminadora en un tiempo determinado de 10 meses. Como resultados se obtuvo la identificación de las pérdidas tales como averías, las cuales causaron el bajo valor del OEE inicial de la máquina, el cual fue 82.75%, pero después de la aplicación del TPM se encontró un nuevo valor concluyendo que el TPM contribuye en la mejora del OEE de la máquina y se puede continuar mejorando.

(Ibañez, C. 2016) el objetivo de su tesis fue desarrollar recomendaciones de apoyo en el área de producción, utilizando técnicas de mejora continua, manufactura esbelta, las 5's para aumentar la productividad. El método de investigación de campo es descriptivo. Por lo tanto, las propuestas de mejora se diseñan mediante la definición de actividades, procedimientos y la implementación y evaluación de acciones. En total, hubo un aumento de 3150 kg por mes con una reducción en pérdidas del 30% al 5%, lo que incrementará la productividad y la eficiencia. La contribución a esta investigación es que es importante

analizar el proceso a través de diagramas de flujo para identificar aspectos clave. Es importante destacar que la propuesta permitirá procesos estandarizados, tiempo de producción reducido, desperdicio minimizado y un mejor control sobre los procesos.

A nivel nacional se encontró investigaciones de tipo artículos y tesis como: Revisando el artículo de la autora Canahua, N. (2021) el propósito de la investigación fue demostrar la factibilidad de aplicar métodos de manufactura esbelta – TPM en pymes que fabrican piezas metálicas. La metodología que se utilizó como herramienta un diagnóstico para conocer la situación actual. La población seleccionada para este estudio fue la producción total de repuestos en el 2018 con 789 piezas fabricadas. Como logro final, se concluye que al mejorarse el cumplimiento de los MP (mantenimientos preventivos) y MA (mantenimientos autónomos) se mejora el factor calidad de un 49.44% a un 94.64%, El factor rendimiento de 76.68% a un 93.34% y por ende, se incrementó el factor disponibilidad de un 86.70% a un 96.88%, con lo que se logró incrementar el OEE de 32.86% a 85.58%. También se ha incrementado la relación de mantenimiento preventivo y correctivos.

El autor Colonia, E. (2017) en su investigación acerca del TPM para mejorar la productividad en el área de tintorería de telas en una empresa textil, la cual presenta como problemática un exceso de horas con fallas en las máquinas que provocan atrasos en la producción. El tema tratado por el autor lo enfoca como una herramienta de mejora para las condiciones de las maquinas interrelacionadas a la producción con mantenimiento; de esta manera se implementa mantenimientos autónomos para ser realizados por los operarios y las actividades preventivas para mejorar el estado de las máquinas. La implementación se realizó en las 29 máquinas del área de tintorería de tela, realizando recolección de datos antes del mes de enero 2017, la implementación se realizó durante los meses de febrero, marzo y abril. Se implementó el mantenimiento autónomo realizando las principales actividades como limpieza e inspección por medio de un check list y a la vez se desarrolló el mantenimiento preventivo para llevar el control de las intervenciones de las máquinas, logrando cumplir con el objetivo principal de mejorar la productividad en el área de tintorería en 17.19%. Los datos fueron recolectados por medio de instrumentos de medición que nos permitieron calcular los indicadores de la variable independiente y dependiente. De esta manera se logró mejorar la eficiencia de las máquinas en 4.2%.

En la investigación de Grados, C. (2020) con la población total es el porcentaje de la eficiencia total obtenida de las órdenes de producción de la línea de producción de pisos

que tiene 120 órdenes de producción como un estudio de prueba previa. Y el porcentaje total de eficiencia de las máquinas obtenidas de las ordenes de producción desde julio del año 2019 hasta diciembre, con 60 órdenes de producción como un Estudio Post - test. Con la finalidad de determinar en qué medida el Sistema global de Eficiencia de los equipos (OEE) afecta a la eficiencia de la línea de Producción de Pisos de una empresa maderera. El autor para llegar a concretar su objetivo aplicó Kaizen y SMED a las máquinas de la línea de producción.

Revisando la investigación de Ramos, A. y Otros (2020) la población fue 31 electrobombas Flygt ubicadas en el área de drenaje. Para lo cual, se propuso diseñar estrategias de mantenimiento utilizando el enfoque TPM para incrementar la disponibilidad de las electrobombas Flygt 2400; Uno de los métodos que utilizaron fue un diagnóstico como herramienta para conocer la situación acerca del mantenimiento que presentan las electrobombas. Los autores concluyeron que gracias a la aplicación de un diagnóstico se pudo identificar los factores que afectan la disponibilidad de las electrobombas Flygt 2400, debido a la ausencia de un mantenimiento determinado, elevando el número de fallas mecánicas, contaminación con sedimentos y una inadecuada lubricación; obteniendo como resultado una disponibilidad mensual promedio de 87.1%, es decir 3% menos que el target que establece la gerencia de mantenimiento, el cual corresponde al 90%.

Las teorías relacionadas al tema están en función de las variables y del análisis que se emplea en el desarrollo del trabajo:

Como variable independiente tenemos: Implementación de Mantenimiento Productivo Total, el cual (Terán, M. 2018) lo define como una herramienta adaptada a las condiciones y necesidades de cada empresa, forjando un estado de mejora y bienestar debido a la eliminación de las fallas más comunes; en diferentes modalidades en el ámbito de los procesos productivos de una empresa de cualquier sector.

Los autores Hardt, F y otros (2021) en su artículo mencionan los beneficios más significativos del TPM y son 4: Ausencia de mantenimiento no planificado, reducción del tiempo de inactividad del equipo, reducción de los altos costos de operación y refuerzo de la seguridad y el entorno en el lugar laboral.

Como variable dependiente tenemos: Reducción del tiempo de inactividad no planificado, son eventos o sucesos donde se presencia imprevistos en el proceso de producción, por ejemplo, las paradas no programadas de máquinas traen como consecuencia tiempos inactivos (Hardt, F y otros. 2021).

### III.METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### **Tipo de Investigación:**

Se define técnicamente a la investigación aplicada como aquella que tiene la finalidad de solucionar problemas concretos y prácticos en las empresas o sociedad utilizando conocimientos de ciencias para resolver problemas que se presenten (Hecklau et al. 2020,p,150).

Por consiguiente, se puede deducir que una investigación aplicada va a permitir dar soluciones a situaciones reales; apoyándose de una investigación básica para poder lograrlo, ya que le aporta conocimientos precisos para resolver o mejorar la calidad.

Por lo tanto, esta investigación corresponde según su finalidad aplicada, ya que tiene como finalidad proponer una implementación en base al TPM como solución viable al problema que presenta una empresa metalmecánica.

Según el autor Mata, L. (2019) en su artículo menciona al enfoque cuantitativo de una investigación, la cual se caracteriza por privilegiar la lógica empírico – deductiva, a partir de procedimientos rigurosos, métodos experimentales y el uso de técnicas de recolección de datos históricos o estadísticos.

El enfoque cuantitativo permite medir en un determinado contexto con la contribución de diversos indicadores para Finalmente obtener resultados numéricos. (Yang et al. 2020, p.3).

En base a la cita mencionada anteriormente, esta investigación según su enfoque es cuantitativa, ya que se va a recolectar datos numéricos a través de diversas técnicas e instrumentos para su análisis y evaluación a partir de diversos procedimientos experimentales.

El autor Ramos, C. (2020, Vol.9 pág. 03), hace referencia que al tratar del alcance de una investigación explicativa se busca una explicación y determinación de los fenómenos, es decir se busca establecer la relación causal entre las diversas variables de estudio. A la vez el autor menciona que los estudios experimentales, donde se puede generar una manipulación de la variable independiente, van a permitir demostrar hipótesis que expliquen el comportamiento de un determinado suceso o fenómeno.

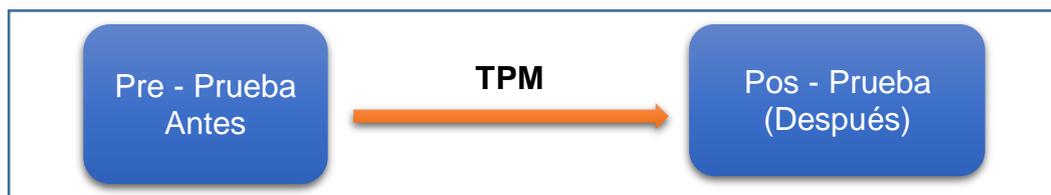
Por lo tanto, este proyecto de investigación tiene un alcance explicativo porque se va

a explicar y determinar la relación causa – efecto entre las variables de estudio.

### Diseño de Investigación:

El diseño en esta investigación es experimental – explicativo porque la investigación se realiza en un tiempo establecido donde se busca explicar la relación causa – efecto entre las dos variables de estudio, para luego hacer una comparación de un antes y un después y poder así ver si la propuesta del proyecto es viable o no.

Figura N° 1: Esquema del Diseño de Investigación



Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. Variables y operacionalización

Los autores Molina, M. y Ochoa, C. (2018) en su artículo explican que una variable es todo lo que puede medir un estudio, ya sea cantidad o categoría, y que los resultados de ese estudio en un momento dado pueden variar.

Las variables en este proyecto de investigación son 2:

Variable Independiente:

**X** = Implementación de Mantenimiento Productivo Total.

Variable Dependiente:

**Y** = Reducción del tiempo de inactividad no planificado.

La definición conceptual y teórica relacionadas con las variables son las siguientes según diversas fuentes bibliográficas:

La variable de estudio independiente en este proyecto de investigación, según Pérez, F. (2021) el TPM es una técnica aplicada en Japón en 1970, para mejorar la calidad de los productos y servicios; ya que fomenta un trabajo donde el personal, las máquinas y la empresa estén siempre unidas por un mismo objetivo.

La autora Gómez (2021) menciona que la finalidad del TPM se divide en tres aspectos fundamentales como: estratégico, organizativo y operativo. En el cual hace mención

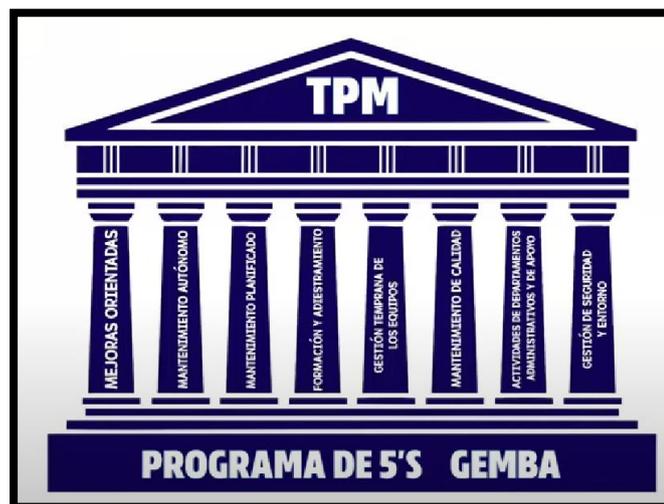
a las estrategias del TPM: Maximizar la producción horaria de la maquinaria o equipo para su mantenimiento y conservación, Involucrar a todo el personal de la organización de todas las áreas de la empresa y Promover la motivación de todo el personal.

El institute BSG en su artículo publicado en su web en el año 2019 recalca que los 8 pilares del TPM son la base principal ya que cada una nos indica un camino para lograr el objetivo de eliminar o disminuir las pérdidas, tales como: el tiempo de inactividad no programado, los ajustes de producción, las fallas de equipos y/o maquinarias que involucran los fallos del proceso, las pérdidas de producción, defectos de calidad. Por ende, para que se decida con qué pilar iniciar, el departamento de contabilidad de la planta debe analizar primero las pérdidas y luego con eso se puede guiar para definir con cuales y cuantos pilares se debe iniciar.

Los 8 pilares del TPM son:

- Mejoras Orientadas.
- Mantenimiento Planificado.
- Gestión temprana de los equipos.
- Formación y Adiestramiento.
- Mantenimiento Autónomo.
- Mantenimiento de Calidad.
- Actividades de departamentos administrativos y de apoyo.
- Gestión de Seguridad y Entorno.

Figura N° 02: Los 8 Pilares del Mantenimiento Productivo Total



Fuente: BSG Institute

Con respecto a la variable dependiente en esta investigación, el autor Nannenga, K. (2019) explica que los tiempos de inactividad no planificados se producen inesperadamente y son difíciles de predecir; provocando importantes alteraciones en las operaciones de la planta. Cuando ocurre un tiempo de inactividad no planificado,

el personal de la planta suele tener un solo propósito que es recuperar la producción lo más rápido posible. Por cada minuto que la planta está inactiva, las pérdidas pueden oscilar entre varios miles de dólares por hora hasta cientos de miles de dólares por hora.

El tiempo de inactividad no planificado es cualquier evento imprevisto que causa una interrupción en la calidad, el costo y el tiempo de producción, lo que reduce el retorno de la inversión. Si bien suele estar enmarcado por incidentes de equipos, como mantenimiento deficiente o errores de Software o también errores de hardware, errores operativos y el desempeño deficiente del operador, junto con cambios de formato y entradas lentas pueden resultar en pérdida de tiempo e ingresos a medida que los equipos no estén listos y disponibles para la producción (Canahua, N. 2021). Los tiempos de inactividad no planificados, ocurren inesperadamente y son difíciles de predecir; causando interrupciones significativas en las operaciones de la planta. Cuando se producen tiempos de inactividad no planificado, los empleados suelen tener un solo objetivo que corresponde a poner en marcha la producción lo antes posible; ya que por cada minuto que una fábrica deja de producir, las pérdidas pueden ser grandes desde unos miles de dólares por hora hasta cientos de miles de dólares por hora (Gómez, E. 2021).

La definición de operacional de las variables en la presente investigación por su grado de complejidad está inmersa en una idea abstracta y está descompuesta por dimensiones y cada dimensión se descomponen en diversos indicadores.

Estas dimensiones son las siguientes:

El mantenimiento autónomo, es aquel que se encarga de gestionar las actividades de Mantenimiento de rutina que deben realizar los operadores con las máquinas que tienen a cargo; es decir ejecutar pequeñas tareas para mantener en buen estado a las máquinas y/o equipos y así contribuir con el personal de mantenimiento calificado para que puedan enfocarse en las actividades más relevantes (Bilgin,2021 p.17).

Cuando se da una mayor responsabilidad a los operadores, que están conscientes de su trabajo para dar la garantía de la calidad del producto final como también el funcionamiento eficiente de cada máquina y así concretar una mejora significativa en la eficiencia de las máquinas, todo esto es gracias al mantenimiento autónomo. (Guariente, Antonioli, Ferreira, Pereira & Silva, 2017)

Cáceres, C. (2018) en su tesis define a OEE como herramienta de medición,

de análisis y de diagnóstico en la eficiencia de la productividad de los equipos, nos permite comprender la situación actual a través de indicadores porcentuales para tomar decisiones más acertadas para la mejora continua de los equipos o procesos productivos.

La eficiencia global es un indicador que sirve para diagnosticar la situación de las máquinas y así tomar la respectiva decisión de mejora en beneficio de la empresa (Ranjan y Mishra 2016 p.504).

La disponibilidad es un indicador que permite conocer si la máquina está o no disponible en un tiempo establecido. (García,2012 p.23).

La calidad tiene como finalidad observar los tiempos en que el producto se encuentra en funcionamiento Luego de encontrarse en el proceso de operación (Farahani y Tohidi 2021, p.389).

El autor Fonseca, J. y Otros (2015) explica acerca del “tiempo” y señala que, en todas las industrias, hay un período de tiempo en el que las actividades programadas en un proceso no ocurren. En las operaciones de fábrica, esto significa un período de tiempo específico cuando el equipo de producción está fuera de línea o no está disponible. Este fenómeno se conoce como tiempo de inactividad y puede ser muy costoso desde la perspectiva del equipo y la pérdida de tiempo de producción. Puede ser poco realista esperar que las fábricas funcionen sin problemas las 24 horas del día, los 7 días de la semana, los 365 días del año. Por lo tanto, el gerente de planta debe programar el tiempo para realizar el mantenimiento del sistema.

Un artículo virtual del centro de formación técnica para la industria menciona que el mantenimiento autónomo pone la responsabilidad de las actividades básicas de mantenimiento del lado del operador, liberando al personal de mantenimiento para tareas de mantenimiento más compleja. Las actividades de mantenimiento realizadas por el operador incluyen limpieza básica de máquina a su cargo, como a la vez de la lubricación, el engrase y el apriete de tuercas y tornillos, la inspección, el diagnóstico de posibles problemas y otras acciones que aumentan la vida productiva de las máquinas o equipos. Al realizar estas actividades de mantenimiento, los colaboradores son más responsables de su trabajo y hay menos tiempo de inactividad porque no hay necesidad de esperar al personal de mantenimiento ya que pueden corregir problemas no tan complejos que ocurren de vez en cuando.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

Díaz de León (2017, pág. 04) en las investigaciones, las poblaciones están formadas

por diversos elementos, ya sean personas, objetos u organismos, que intervienen en hechos que se definen y determinan en el análisis de la realidad en cuestión.

Para este proyecto de investigación el tamaño de la población depende del número de máquinas que posee el área de habilitado de la empresa que asciende a 30 en total.

La muestra corresponde a 08 máquinas seleccionadas y con respecto al muestreo no se hizo uso ya que la muestra es exacta.

En cuanto a la unidad de análisis, cada elemento que conforma un conjunto de datos viene a ser una unidad para analizar, y en esta investigación el conjunto de datos es la muestra; es decir cada uno de las 08 máquinas en el área de habilitado de la empresa serán consideradas para su respectivo análisis; que corresponderá a una unidad de análisis.

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

#### **Técnicas de recolección de datos**

Para el proceso de obtener datos e información se aplicará las técnicas de Análisis documental para analizar documentos históricos brindados por la empresa, a la vez de observación ya que se observarán el estado de las máquinas como también a los colaboradores manipulándolas para el desarrollo de sus actividades, las cuales fueron tomados como muestra; como también se colocará como evidencias fotografías y por último se aplicó una técnica de entrevista.

En referencia a la información recolectada se utiliza como instrumentos la guía de análisis documental, la guía de observación y la guía de entrevista para obtener la información adecuada y poder así desarrollar los objetivos.

Los instrumentos de investigación mencionados en el anterior párrafo se encuentran ubicados en el anexo N° 02 y la validez de ellos ubicada en el anexo N° 03, los cuales fueron otorgados por 3 expertos profesionales de la especialidad; lo cual permitirá acumular información confiable para la empresa y próximas investigaciones

### **3.5. Procedimientos**

El desarrollo de esta investigación se realizará con los respectivos instrumentos en base a los objetivos específicos para llegar a concretar el objetivo general que consiste en proponer una implementación del TPM para la reducción del tiempo inactivo no planificado en la empresa.

Con referencia al primer objetivo específico, el cual consiste en realizar un diagnóstico de la situación actual de las máquinas según los datos históricos que tiene la empresa,

tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad; primero se envió la solicitud de permiso al jefe de mantenimiento para así poder acceder a la información requerida, dicha información se recolectará utilizando dos guías una de análisis documental y una entrevista (Anexo 3).

El segundo objetivo es realizar un análisis efectivo de averías de las máquinas que elimine completamente los modos de fallas existentes en ellas, para esta actividad se utilizó como instrumento la guía de Análisis documental y de observación (Anexo 3) en base a un formato, el cual permitirá determinar la presencia de averías de las máquinas.

El tercer objetivo específico consiste en determinar si existe o no la relación entre las consecuencias de las fallas de las máquinas y el tiempo de inactividad; para esto se utilizará como instrumento la guía de análisis documental y una guía de entrevista en base a un formato (Anexo 3). Finalmente, el último objetivo específico es realizar la propuesta de implementación del TPM en la empresa metalmecánica; para que se concrete el objetivo principal

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para obtener los datos, se procede de acuerdo a los tipos de instrumentos, los cuales ayudarán a obtener la información adecuada, utilizando evidencias fotografías, retroalimentaciones y medios digitales como Excel 2019 y SPSS software, los cuales permitirán representar los resultados que se van a obtener mediante tablas y gráficos para tener un análisis e interpretación más objetiva y clara.

### **3.7. Aspectos éticos**

En el aspecto ético, abarca el respeto a la autonomía de las personas y de la información brindada por la empresa.

Acerca de la beneficencia, en este proyecto se toma en cuenta el respeto de la diversidad y la confidencialidad de la información que se obtuvo del encuestado para obtener un adecuado análisis de la problemática en estudio.

Y por último, la investigación se basa en la justicia, es decir se respeta la confidencialidad y el manejo de la información brindada sin alterarla y sin usarla con algún interés en particular, también se hace justicia a los autores utilizados en la realidad problemática y en el marco teórico con sus referentes citas para obtener un adecuado análisis de investigación con fundamentos, respetando las directrices éticas de evaluación como la autenticidad de los resultados que se van a obtener a través de los instrumentos aplicados en el procedimiento de la investigación.

#### IV. RESULTADOS

Los resultados presentados a continuación están en base a los objetivos específicos planteados; los cuales se obtuvieron con una adecuada información a través de los diversos instrumentos que ayudaron a indicar el cumplimiento de los indicadores que miden las variables de estudio:

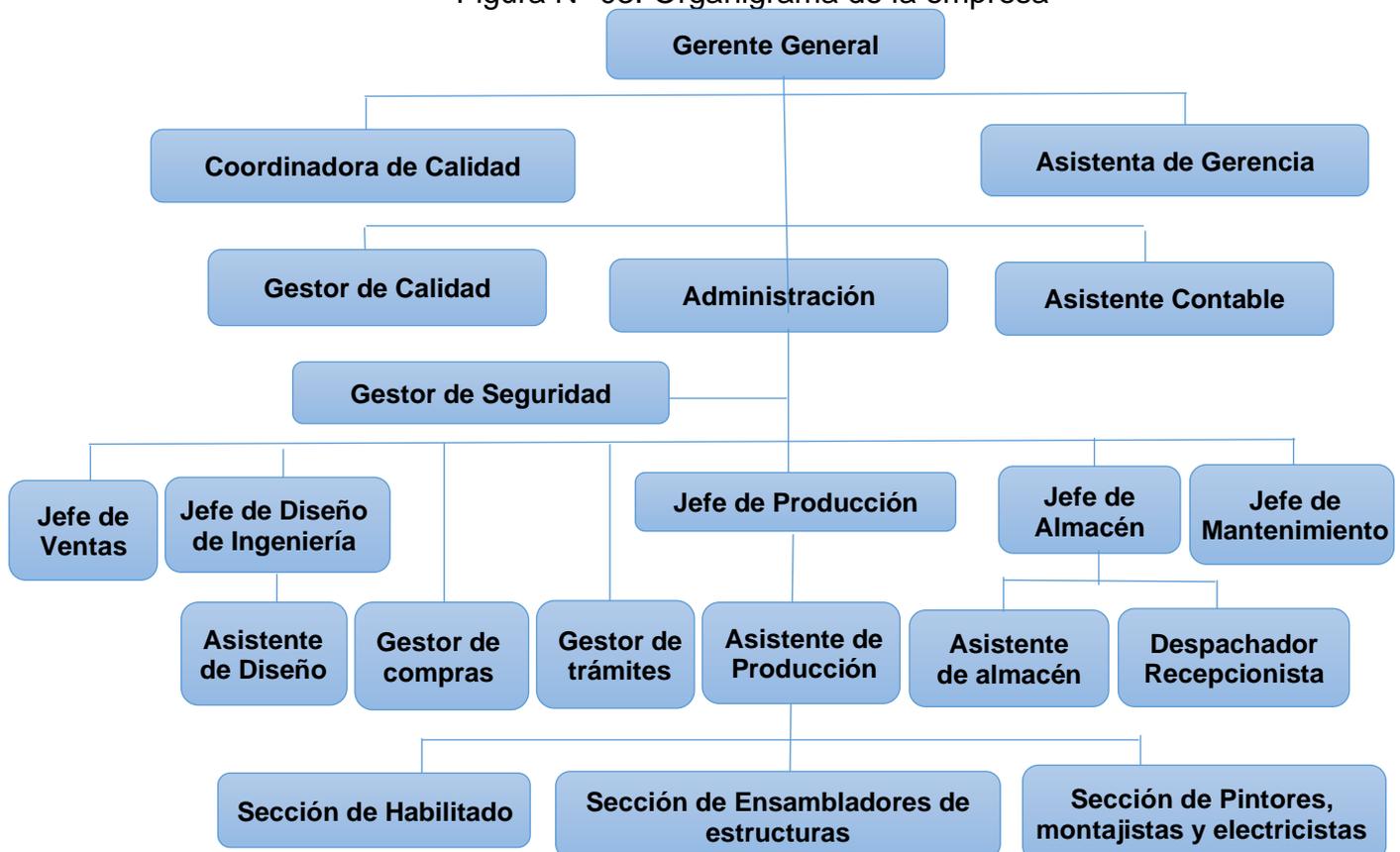
##### 4.1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de las máquinas según los datos históricos que tiene la empresa, tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad.

A través de una entrevista se pudo conocer algunos aspectos importantes con respecto a la empresa y la situación actual de sus máquinas, como se muestra a continuación:

- Reseña histórica de la empresa:

La empresa que se ha tomado como campo de estudio, fue creada en los años 90 por la alta demanda que se tenía en la región La Libertad por productos como: carrocerías para diversos tipos de vehículos industriales, estructuras metálicas y plásticas para paredes y techos; entre otros. La empresa está organizada de la siguiente manera:

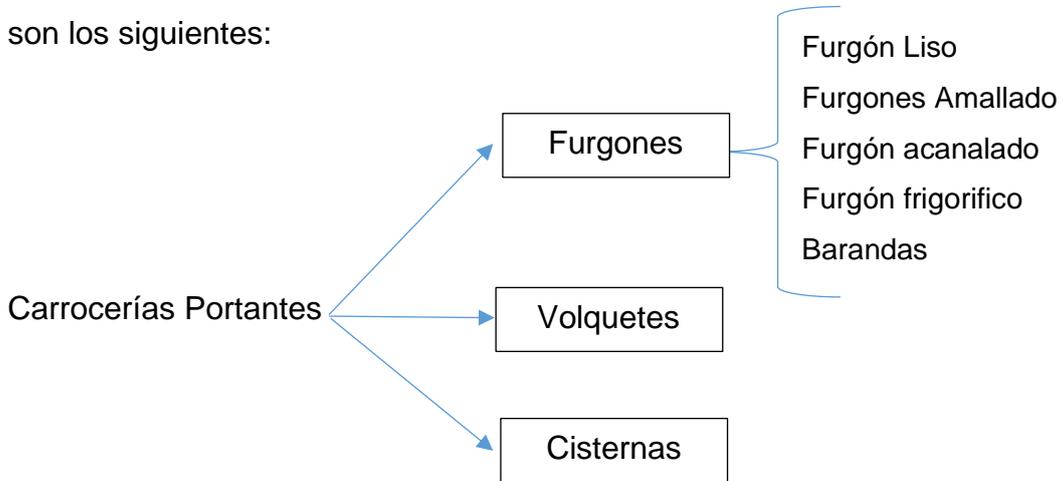
Figura N° 03: Organigrama de la empresa



Fuente: Área de administración de la Empresa

El organigrama presentado, se puede visualizar el área o sección de habilitado donde se encuentran ubicadas la muestra tomada para el desarrollo del presente estudio de investigación.

Los productos de la empresa metalmeccánica tomada como campo de investigación son los siguientes:



Carrocerías Auto portantes

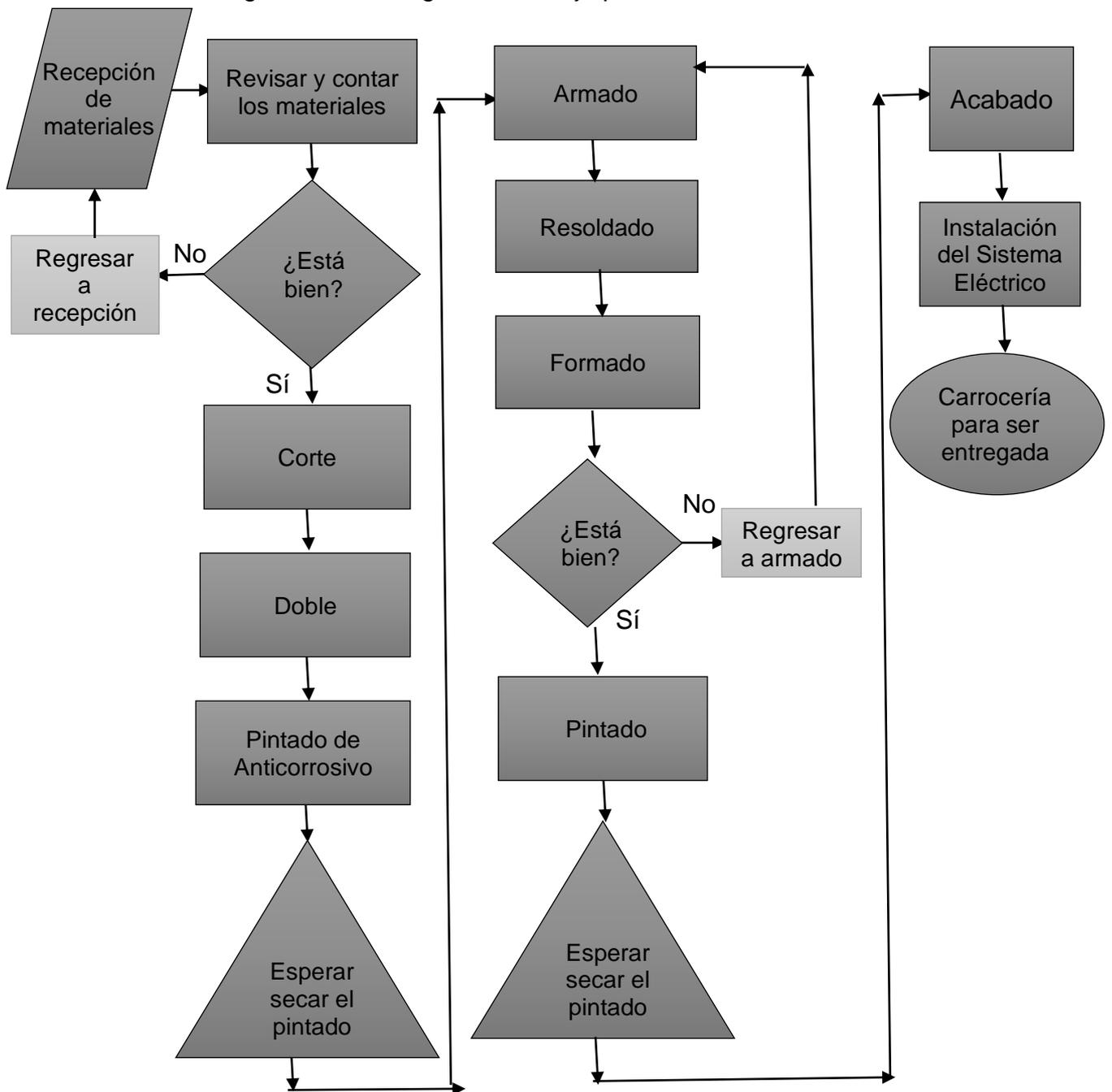
- Semirremolque volquete de dos ejes
- Semirremolques cama baja
- Semirremolque plataforma



- Diagrama de Flujo:

En base a la información obtenida por la empresa, se ha realizado el siguiente diagrama de flujo para la fabricación de carrocerías:

Figura N° 04: Diagrama de Flujo para la fabricación de carrocería



Fuente: Elaboración Propia

- Resultados de la entrevista: A continuación, se ha realizado las respectivas interpretaciones de las respuestas que se dieron durante la entrevista.

Tabla N° 01: Interpretación de las respuestas en la entrevista

N° de Pregunta	Respuestas	Interpretación
Pregunta N° 01	Mantenimiento Correctivo	Se aplica este mantenimiento, sin planificación, sólo cuando existen fallas en las máquinas.
Pregunta N° 02	Las fallas en algunas maquinarias y el polvo que se presenta en el ambiente	En área los problemas son: la existencia de polvo que es frecuente y las fallas de algunas maquinarias por la misma existencia de polvo o por otros factores
Pregunta N° 03	Por mala manipulación, por antigüedad, por el polvo que tiene el ambiente y por algunas roturas o cortes.	Existen muchos factores que influyen y uno de ellos es por las roturas o cortes en algunos cables por ejemplo cuando se da el corte del cable de un pedal de una máquina generado por la caída de una plancha metálica sobre él y eso es perjudicial.
Pregunta N° 04	No, porque sí se les da el mantenimiento a las máquinas cuando se requiere.	Las maquinas reciben el mantenimiento que aplica la empresa, pero cuando se requiere; es decir los responsables de dar mantenimiento solo actúan cuando hay fallas en las máquinas.
Pregunta N° 05	Alta Rotación del personal debido por el contagio del Covid – 19	Por el contagio del covid – 19 se hacen altas rotaciones no sólo en el área de investigación y eso percute en las actividades de la empresa
Pregunta N° 06	Se genera un mal reporte de las unidades (máquinas).	Al no contar con inducciones o capacitaciones frecuentes al personal se genera que se realice un mal reporte del estado de las máquinas
Pregunta N° 07	Se genera un orden de trabajo de la unidad y se elabora el reporte.	El orden de trabajo que se genera es para informar al de producción y al gerente lo que se debe realizar como actividades en dicha área
Pregunta N° 08	Anual	La frecuencia que se mide la disponibilidad de las máquinas actualmente es anual por motivo a un cálculo exacto en la inversión del mantenimiento que aplican y tambien debido a que las maquinas operan las 8 horas.
Entrevistado:	Jefe de Mantenimiento.	Alumnas de Ingeniería Industrial
Intérpretes:		

Fuente: Elaboración Propia

- A continuación, se hace presente el FODA de la empresa

<b>Fortalezas:</b> - Experiencia en la Actividad. - Costos competitivos.	<b>Oportunidades:</b> - Aumento de la demanda. - Rápida adaptación a los diversos requerimientos solicitados por los clientes.
<b>Debilidades:</b> - Tamaño de la planta. - Dificultades para capacitar y formar buenos oficiales soldadores, de corte entre otras actividades.	<b>Amenazas:</b> - La crisis económica a nivel mundial. - Competencia desleal.

- Descripción de las máquinas tomadas como muestra

- ✓ Plegadora Hidráulica:

Su función principal es doblar las planchas metálicas; las cuales son de diverso tamaño y espesor. El motor principal es de modelo NT3 G25F con una potencia de 11kw y una velocidad de 1440r/min. Y el motor de ajuste del pistón es de modelo YU 80M 6B3 con una potencia de 0.18kw. y la temperatura de almacenamiento que presenta esta máquina es de -20 a 70° Celsius.

- ✓ Cizalla STW:

Esta máquina es de corte circular, es decir su finalidad es realizar cortes en forma circular de diversos diámetros o también en "L" y cortes en ángulos.

- ✓ Cizalla Hidráulica

Su motor principal es de modelo Y160L 4 con una potencia de 15kw y una velocidad de 1460r/min. La finalidad de esta máquina es realizar cortes a planchas metálicas con espesores diferentes (La máquina corta un espesor mínimo de 1/40 pulgadas y espesor máximo es de 1 pulgada).

- ✓ Taladro de banco:

Su finalidad es realizar agujeros con distintos grosores de brocas a diversas planchas metálicas.

- ✓ Máquina de soldadura MIG n° 03 y Máquina de soldadura MIG n° 05

Estas máquinas tienen como finalidad unir las piezas habilitadas para dar una adecuada forma a la estructura de las diversas clases de carrocerías. Utilizan

balón de Argón o Argo Mix y alambra de cobre.

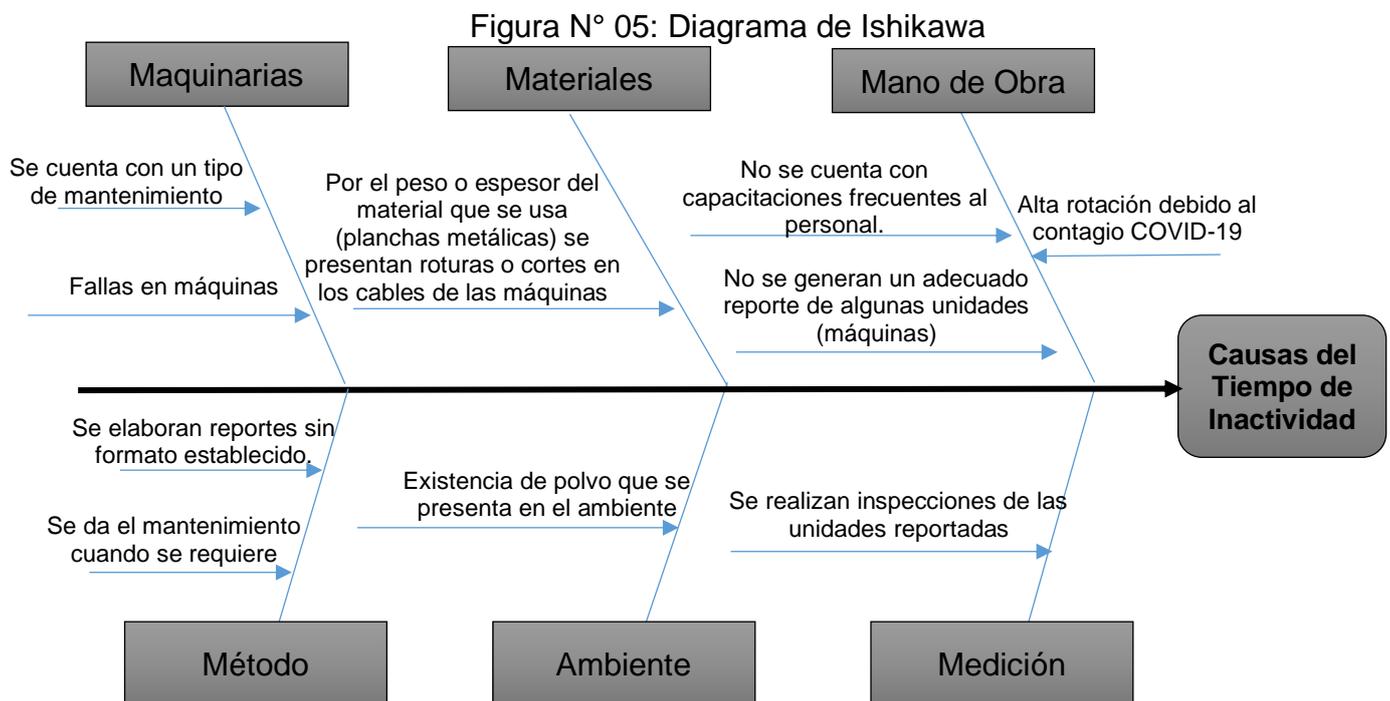
✓ Compresor de aire:

Su finalidad es incrementar la presión del aire o gas y trabaja todas las 8 horas.

✓ Oxicorte CNC:

Su finalidad es realizar un proceso térmico de cortes de diversas figuras por ejemplo el logo de la empresa o también otros diseños. Cuenta con un sistema computarizado permitiendo así trabajara automáticamente.

• Causas del tiempo de inactividad:



Fuente: Elaboración Propia

La situación actual de las máquinas es la existencia de fallas en ellas debido a diversas causas como se muestra en el diagrama; donde se puede deducir que se realizan inadecuadamente los reportes de las máquinas y mal manipulación debido a una falta de capacitación adecuada y frecuente debido a una alta rotación del personal que por motivos de contagio del virus Covid-19 se genera; ocasionando así tiempos de inactividad.

Después de realizar el diagrama de Ishikawa, se procedió a desarrollar la matriz Vester en base a las causas; las cuales han sido calificadas de acuerdo al grado de efecto que se les ha otorgado.

Tabla N°02: Matriz Vester

Ítem	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total activos
1	Fallas en maquinas		3	1	0	0	0	0	3	0	3	10
2	Existencia de un solo tipo de mantenimiento sin planificación	3		3	1	0	0	1	0	0	2	10
3	Roturas o cortes	3	0		0	0	0	0	3	0	2	8
4	Sin capacitaciones frecuentes al personal	3	0	3		1	3	3	0	0	0	13
5	Alta Rotación debido al contagio COVID – 19	2	0	0	0		0	0	0	0	0	2
6	No se generan un adecuado reporte de algunas unidades	3	0	0	0	0		0	2	1	3	9
7	Se elaboran reportes sin formato establecido.	3	0	2	0	0	3		0	0	0	8
8	Se da el mantenimiento a la unidad cuando se requiere	3	0	2	0	0	0	0		1	2	8
9	Existencia de polvo que se presenta en el ambiente	3	0	2	0	0	0	0	0		0	5
10	Se realizan inspecciones de las unidades reportadas	2	2	0	0	0	0	0	3	0		7
<b>TOTAL PASIVOS</b>		25	5	13	1	1	6	4	11	2	12	<b>80</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°03: Grado de Efecto

GRADO DE EFECTO	
No existe efecto	0
Leve	1
Medio	2
Fuerte	3

Fuente: Elaboración Propia

Luego de realizar la matriz Vester, se procedió a desarrollar el análisis de Pareto para observar las causas con mayores impactos:

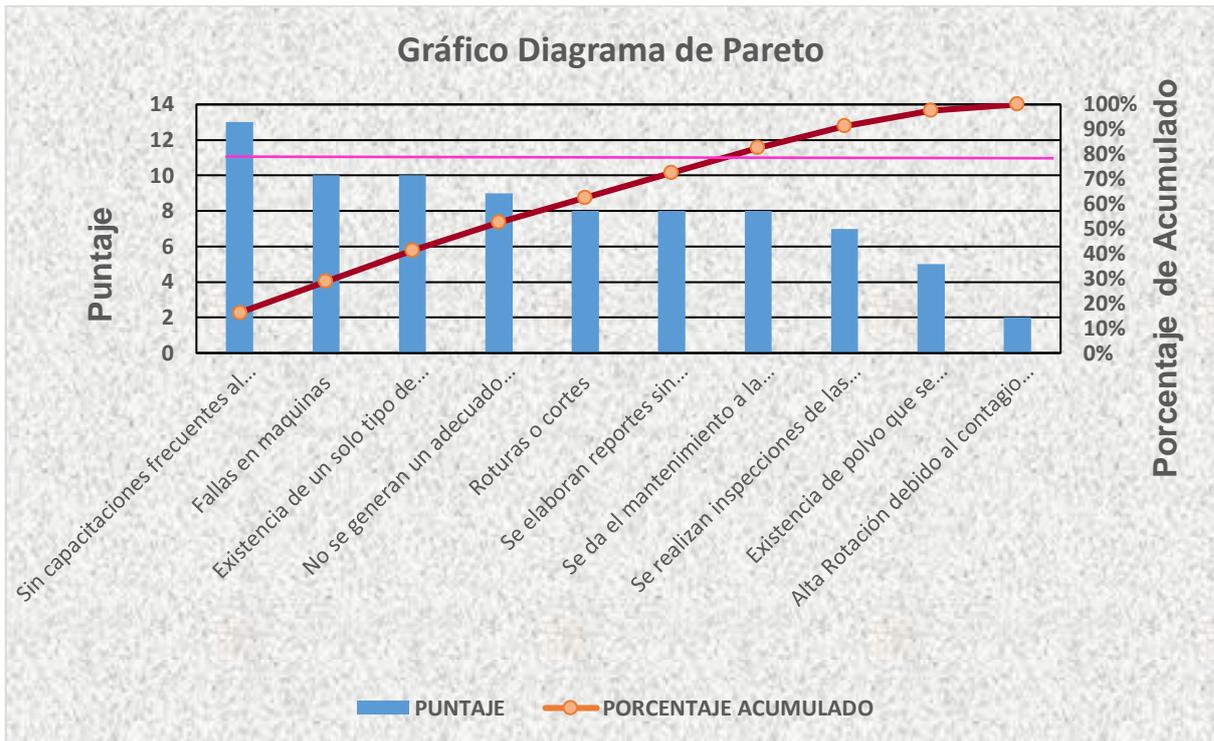
Tabla N°04: Tabla de frecuencia para un análisis de Pareto

ÍTEM	PUNTAJE	FRECUENCIA (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
4	13	16%	16%
1	10	13%	29%
2	10	13%	41%
6	9	11%	53%
3	8	10%	63%
7	8	10%	73%
8	8	10%	83%
10	7	9%	91%
9	5	6%	98%
5	2	3%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó la tabla de frecuencia para un respectivo análisis de Pareto en base a la matriz Vester y poder así conocer cuáles son las causas con mayores impactos.

Figura N° 06: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 06 se observa las causas con mayores impactos, las cuales son seis:

- “Sin capacitaciones frecuentes al personal” con una frecuencia de 16%
- “Fallas en máquinas” con una frecuencia de 13%
- “Existencia de un solo tipo de mantenimiento sin planificación” con una frecuencia de 13%.
- “No se genera un adecuado reporte de algunas unidades (máquinas)” con una frecuencia del 11%
- “Roturas o cortes” con un 10% en frecuencia.
- Y finalmente tenemos a la “Elaboración de reportes sin formato establecido” con un 10% de frecuencia.

A la vez, se realizó la aplicación de otro instrumento como una guía de análisis documental llamada “detalles de las fallas y tiempo de inactividad” en la cual se ha diagnosticado la situación de las máquinas tomadas como muestra tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad:

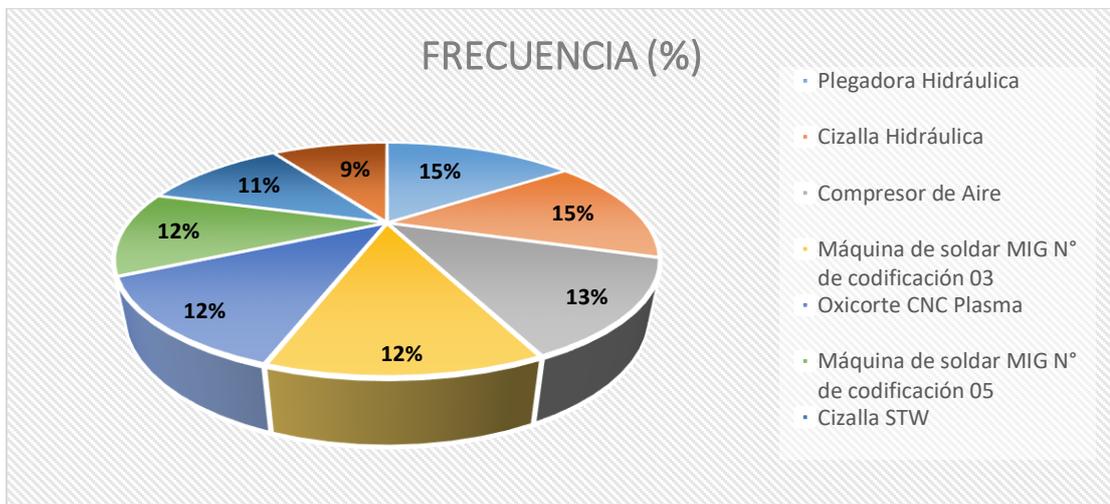
Tabla N° 05: Tabla de frecuencia de la situación de las máquinas tomando los tiempos de inactividad (TI)

Máquina	TI por reparación (hr/año)	FRECUENCIA (%)
Plegadora Hidráulica	195	15%
Cizalla Hidráulica	190	15%
Compresor de Aire	170	13%
Máquina de soldar MIG N° de codificación 03	160	12%
Oxicorte CNC Plasma	160	12%
Máquina de soldar MIG N° de codificación 05	151	12%
Cizalla STW	145	11%
Taladro de banco	120	9%
<b>TOTAL</b>	<b>1291</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó la tabla de frecuencia para un respectivo análisis con respecto a la situación de las máquinas tomadas como muestra, para conocer cuáles de éstas tienen mayor porcentaje de impacto con respecto al tiempo de inactividad y poder así representarlas a través de la siguiente figura:

Figura N° 07: Gráfico de la frecuencia de las máquinas tomando los T.I.



Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 07 se observa que las máquinas plegadora hidráulica, cizalla hidráulica y la compresora de aire presentan mayores porcentajes de tiempos inactivos a comparación de las otras máquinas; esto quiere decir que en dichas máquinas se pierde más tiempo en repararlas.

A continuación, se muestra la tabla N° 06 llamada tabla de frecuencia en la cual se

realizó en base al tiempo de inactividad por cada tipo de fallas que presentan las 8 máquinas tomadas como muestras:

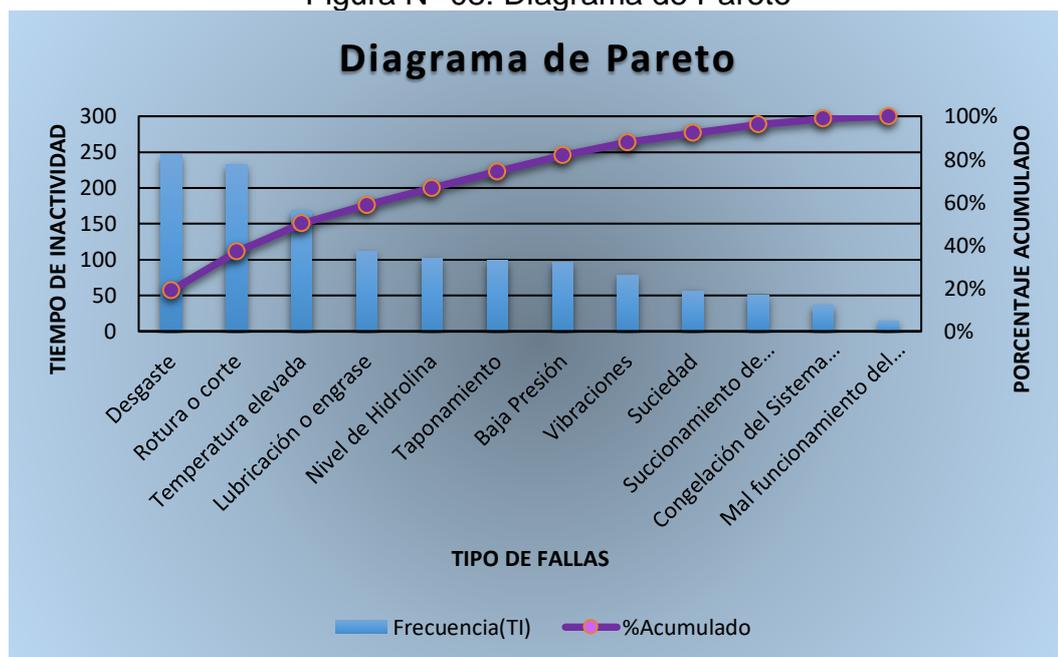
Tabla N° 06: Tabla de Frecuencia de tiempo de inactividad por tipos de fallas

TIPOS DE FALLAS	Frecuencia(TI)	%	Acumulado	%Acumulado
Desgaste	246	19%	246	19%
Rotura o corte	233	18%	479	37%
Temperatura elevada	168	13%	647	50%
Lubricación o engrase	111	9%	758	59%
Nivel de Hidrolina	102	8%	860	67%
Taponamiento	99	8%	959	74%
Baja Presión	97	8%	1056	82%
Vibraciones	78	6%	1134	88%
Suciedad	56	4%	1190	92%
Succionamiento de Combustible	51	4%	1241	96%
Congelación del Sistema computarizado	36	3%	1277	99%
Mal funcionamiento del sistema eléctrico	14	1%	1291	100%
<b>TOTAL</b>	<b>1291</b>	<b>100%</b>		

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó la tabla de frecuencia para un respectivo análisis con respecto al tiempo de inactividad por los diversos tipos de fallas en las máquinas tomadas como muestra, para conocer cuáles tienen mayor porcentaje de impacto y poder así representarlas a través de la siguiente figura:

Figura N° 08: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración Propia

El 74% de los tiempos inactivos son generados por los 6 primeros tipos de fallas de las máquinas que corresponden a desgaste, rotura o corte, temperatura elevada, taponamiento, lubricación o engrase y suciedad; siendo éstas las más críticas y de mayor cuidado ya que se han presentado mayores tiempos de inactividad por reparación.

#### 4.2. Determinar la frecuencia de fallas como también la disponibilidad, la eficiencia y la calidad de las maquinas antes de la implementación del TPM.

Para el desarrollo de este segundo objetivo específico se ha aplicado dos guías de análisis documental, los cuales ayudaron a:

- Primero, demostrar los resultados obtenidos con respecto a la de la frecuencia de fallas de la de cada máquina tomadas como muestra antes de la implementación del TPM:

➤ Estado de la máquina de soldar MIG 03:

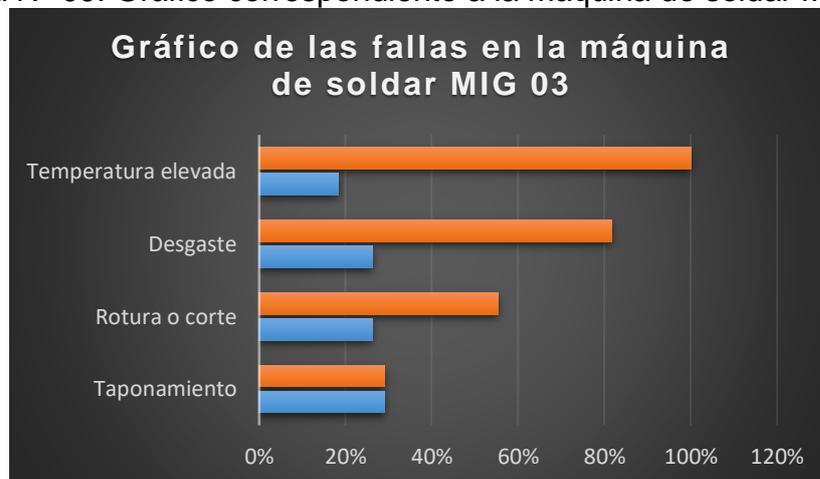
Tabla N° 07: Resultados de la frecuencia de fallas de la máquina soldar MIG 03

Máquina	Tipo de fallas	Frecuencia	%	Acumado (%)
<b>Máquina de soldar MIG N° 03</b>	Taponamiento	11	29%	<b>29%</b>
	Rotura o corte	10	26%	<b>55%</b>
	Desgaste	10	26%	<b>82%</b>
	Temperatura elevada	7	18%	<b>100%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla N° 07 se realizó la siguiente figura para explicar gráficamente la frecuencia de fallas de la máquina en estudio:

Figura N° 09: Gráfico correspondiente a la máquina de soldar MIG 03



Fuente: Elaboración Propia

La máquina soldar MIG N° 03 antes de la implementación del TPM, presenta un total de 38 fallas acumuladas en la máquina en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "taponamiento" con un 29% esto indica que la máquina ha fallado por causa de taponamiento 11 veces y se debe a la existencia de escoria dentro de la antorcha y la tobera ocasionando un mal funcionamiento de la máquina.

➤ Estado de la máquina de soldar MIG 05:

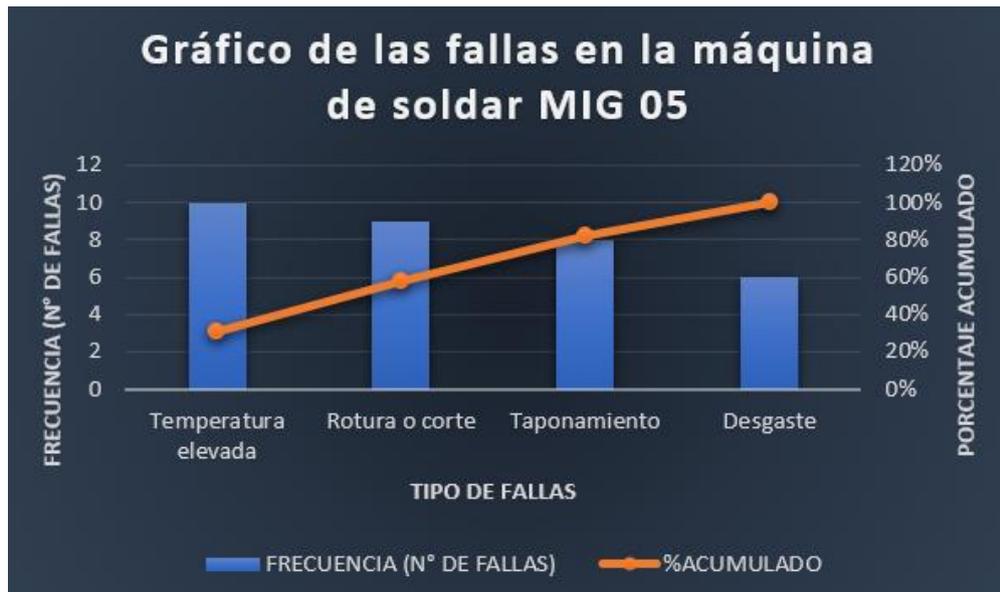
Tabla N° 08: Resultados de la frecuencia de fallas de la máquina de soldar MIG 05

Máquina	Tipo de fallas	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado (%)
<b>Máquina de soldar MIG N° 05</b>	Temperatura elevada	10	30%	<b>30%</b>
	Rotura o corte	9	27%	<b>58%</b>
	Taponamiento	8	24%	<b>82%</b>
	Desgaste	6	18%	<b>100%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>33</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla N° 08 se realizó la siguiente figura para explicar gráficamente la frecuencia de fallas de la máquina en estudio:

Figura N° 10: Gráfico correspondiente a la máquina de soldar MIG 05



Fuente: Elaboración Propia

La máquina soldar MIG N° 05 antes de la implementación, presenta un total de 33 fallas acumuladas la máquina en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "Temperatura elevada" con un 30% esto indica que la máquina presentó 10 veces esa falla debido a la variación de corriente y al tiempo excesivo de soldar continuamente.

➤ Estado de la máquina plegadora hidráulica:

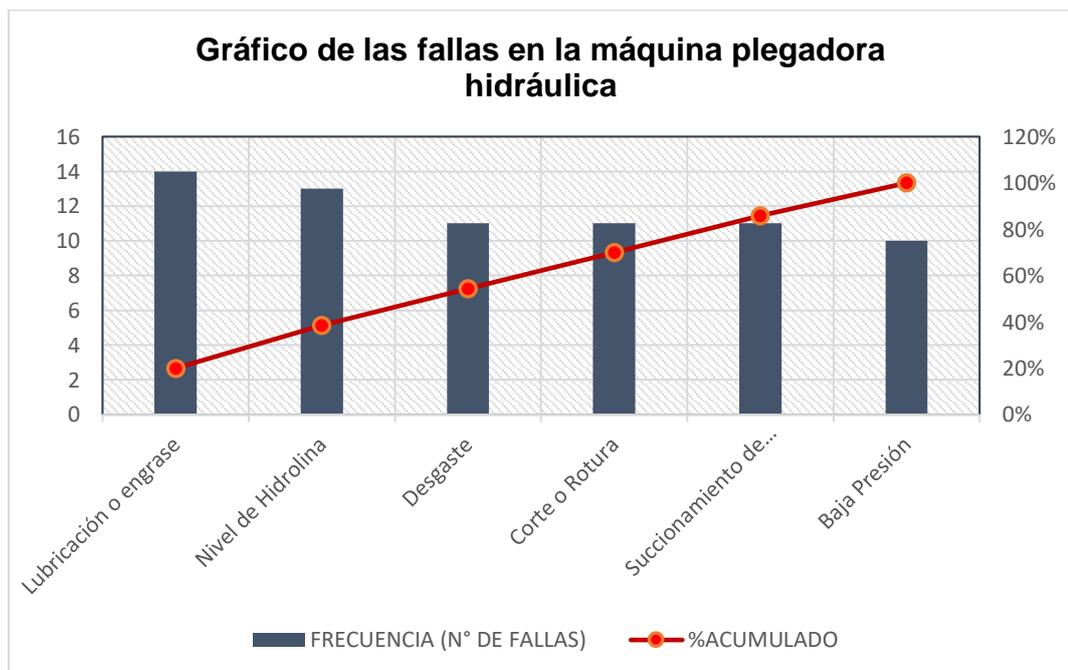
Tabla N° 09: Resultados de la frecuencia de fallas de la plegadora hidráulica

Máquina	Tipo de fallas	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado
<b>Plegadora Hidráulica</b>	Lubricación o engrase	14	20%	20%
	Nivel de Hidrolina	13	19%	39%
	Desgaste	11	16%	54%
	Corte o Rotura	11	16%	70%
	Succionamiento de Combustible	11	16%	86%
	Baja Presión	10	14%	100%
<b>TOTAL</b>		<b>70</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla N° 09 se realizó la siguiente figura para explicar gráficamente la frecuencia de fallas de la máquina en estudio:

Figura N° 11: Gráfico correspondiente a la máquina plegadora hidráulica



Fuente: Elaboración Propia

El estado de la máquina plegadora hidráulica antes de la implementación del TPM, presenta un total de 70 fallas acumuladas en la máquina en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "Lubricación o engrase" con un 20% esto indica que la máquina presentó 14 veces una falta de lubricación en la matriz y cuchilla de doblez generando de esta manera el desgaste y daño por fricción.

- Estado de la máquina oxicorte CNC Plasma:

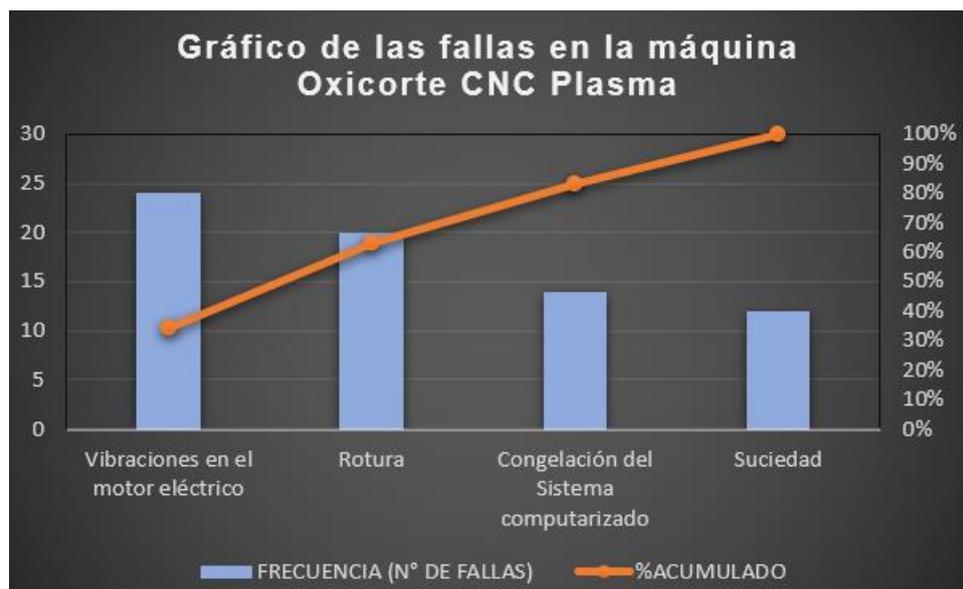
Tabla N° 10: Resultados de la frecuencia de fallas del oxicorte CNC plasma

MÁQUINA	TIPO DE FALLAS	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado (%)
<b>Oxicorte CNC Plasma</b>	Vibraciones en el motor eléctrico	24	34%	34%
	Rotura	20	29%	63%
	Congelación del Sistema computarizado	14	20%	83%
	Suciedad	12	17%	100%
<b>TOTAL</b>		<b>70</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla N° 10 se realizó la siguiente figura para explicar gráficamente la frecuencia de fallas de la máquina en estudio:

Figura N° 12: Gráfico correspondiente a la máquina oxicorte CNC plasma



Fuente: Elaboración Propia

El estado de la máquina Oxicorte CNC Plasma antes de la implementación del TPM, presenta un total de 70 fallas acumuladas en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "Vibraciones en el motor" con un 34% esto indica que la máquina presentó 24 veces la falla.

➤ Estado de la máquina cizalla hidráulica:

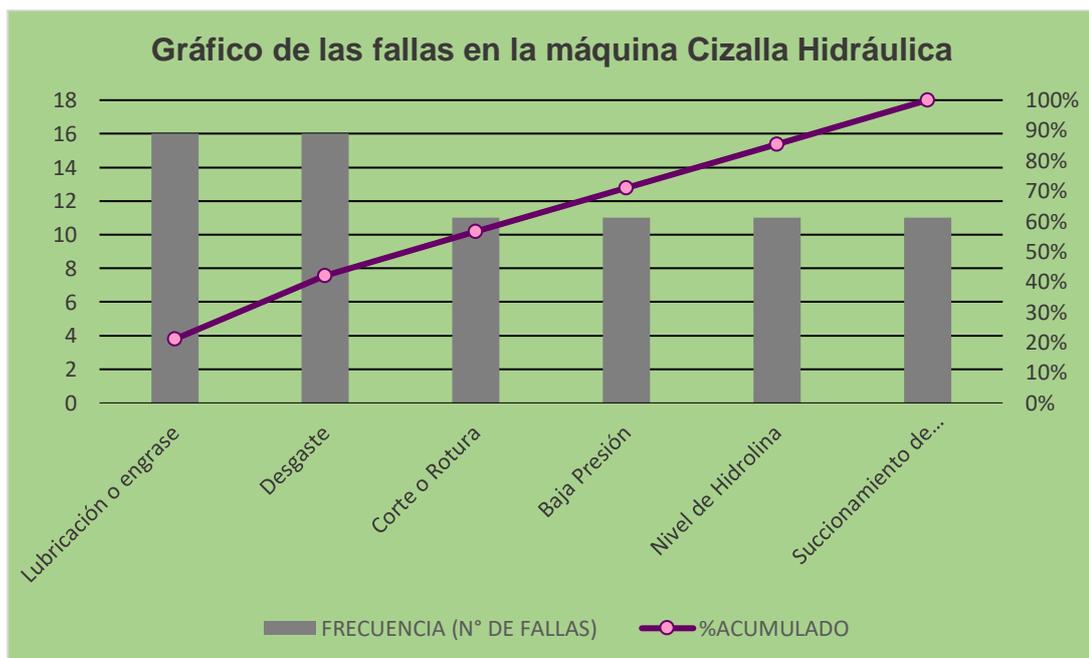
Tabla N° 11: Resultados de la frecuencia de fallas de la cizalla hidráulica

MÁQUINA	Tipo de fallas	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado (%)
<b>Cizalla Hidráulica</b>	Lubricación o engrase	16	21%	<b>21%</b>
	Desgaste	16	21%	<b>42%</b>
	Corte o Rotura	11	14%	<b>57%</b>
	Baja Presión	11	14%	<b>71%</b>
	Nivel de Hidrolina	11	14%	<b>86%</b>
	Succionamiento de Combustible	11	14%	<b>100%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>76</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla N° 11 se realizó la siguiente figura para explicar gráficamente la frecuencia de fallas de la máquina en estudio:

Figura N° 13: Gráfico correspondiente a la máquina cizalla hidráulica



Fuente: Elaboración Propia

El estado de la máquina Cizalla Hidráulica antes de la implementación del TPM, presenta un total de 76 de fallas acumuladas en su totalidad; en la cual los tipos de fallas más frecuentes es la "Lubricación o engrase" y "Desgaste" ambas con 21% esto indica que la máquina presentó 16 veces ambas fallas debido a la falta de engrase y lubricación hace que el calibrador no gire adecuadamente y exista desgaste. Por lo tanto, hay dificultad al manipular.

➤ Estado de la máquina cizalla STW:

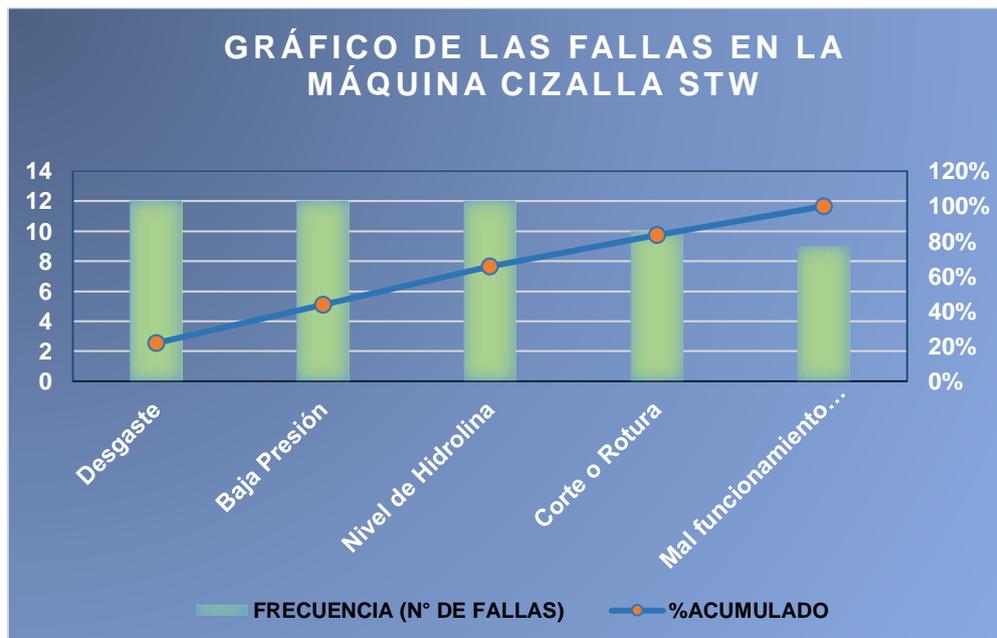
Tabla N° 12: Resultados de la frecuencia de fallas de la cizalla STW

Máquina	Tipo de fallas	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado (%)
<b>Cizalla STW</b>	Desgaste	12	22%	<b>22%</b>
	Baja Presión	12	22%	<b>44%</b>
	Nivel de Hidrolina	12	22%	<b>65%</b>
	Corte o Rotura	10	18%	<b>84%</b>
	Mal funcionamiento del sistema eléctrico	9	16%	<b>100%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>55</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla N° 12 se realizó la siguiente figura para explicar gráficamente la frecuencia de fallas de la máquina en estudio:

Figura N° 14: Gráfico correspondiente a la máquina cizalla STW



Fuente: Elaboración Propia

El estado de la máquina Cizalla STW antes de la implementación del TPM, presenta 55 fallas acumuladas en su totalidad; en la cual existe 3 tipos de tipos de fallas más frecuente y son: "Desgaste", "Baja Presión" y "Nivel de Hidrolina" las tres con un 22% esto indica que la máquina presentó 12 veces cada falla mencionada.

➤ Estado de la máquina taladro de banco:

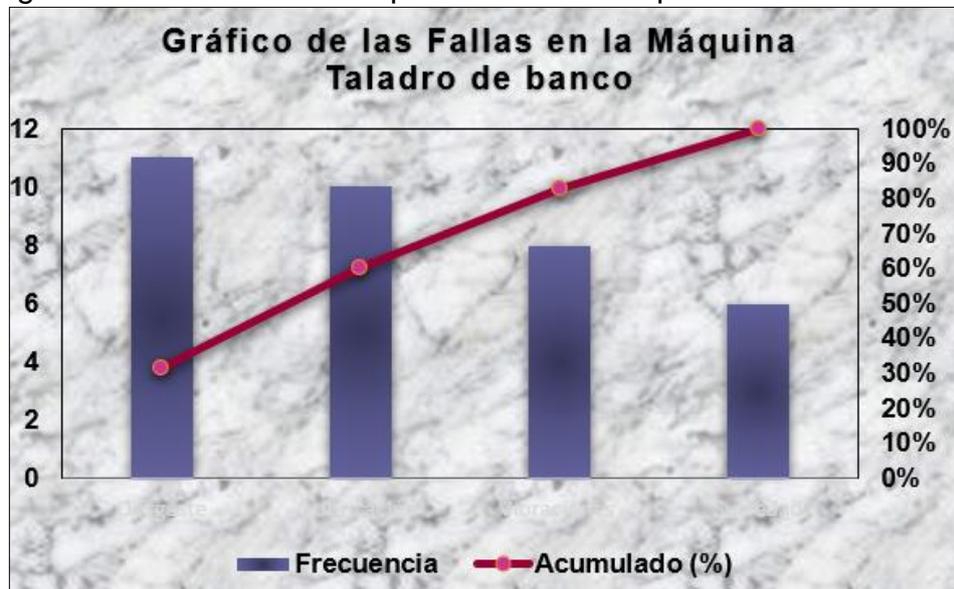
Tabla N° 13: Resultados de la frecuencia de fallas del taladro de banco

Máquina	Tipo de fallas	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado (%)
<b>Taladro de banco</b>	Desgaste	11	31%	<b>31%</b>
	Lubricación	10	29%	<b>60%</b>
	Vibraciones	8	23%	<b>83%</b>
	Suciedad	6	17%	<b>100%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>35</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla N° 13 se realizó la siguiente figura para explicar gráficamente la frecuencia de fallas de la máquina en estudio:

Figura N° 15: Gráfico correspondiente a la máquina taladro de banco



Fuente: Elaboración Propia

El estado de la máquina Taladro de banco antes de la implementación del TPM, presenta 35 de fallas acumuladas en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es el "Desgaste" con un 31% esto indica que la máquina presentó 11 veces la falla debido a que en el buje de mando del husillo se produce el desgaste y eso

provoca un mal movimiento de la broca y a la vez existe un desgaste en los dientes y engranaje del carril elevador de la mesa de banco.

➤ Estado de la máquina compresor de aire:

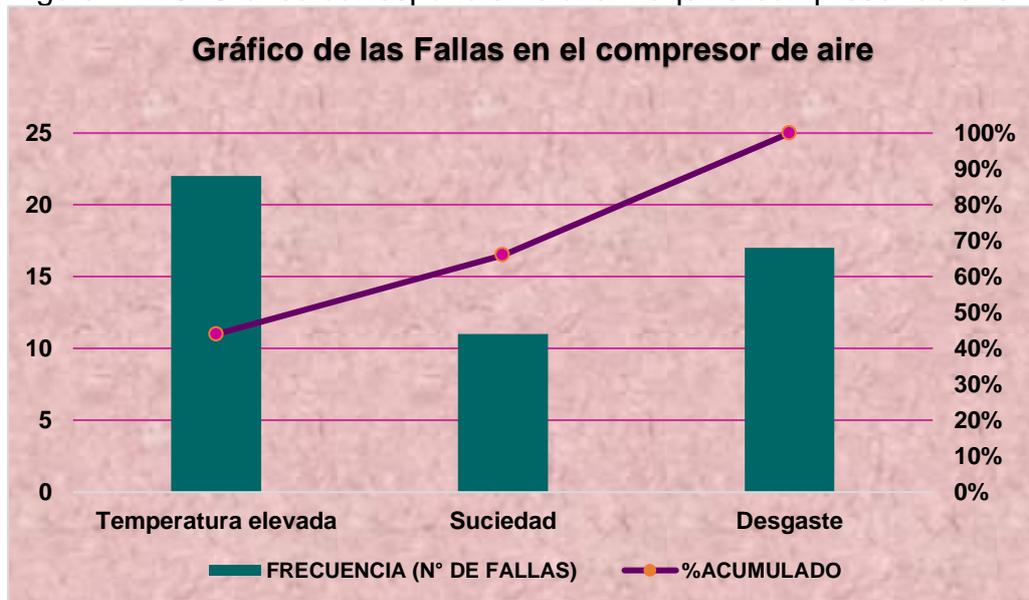
Tabla N° 14: Resultados de la frecuencia de fallas del compresor de aire

Máquina	Tipo de fallas	Frecuencia	%	Acumulado (%)
<b>Compresor de Aire</b>	Temperatura elevada	22	44%	<b>44%</b>
	Suciedad	11	22%	<b>66%</b>
	Desgaste	17	34%	<b>100%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla N° 14 se realizó la siguiente figura para explicar gráficamente la frecuencia de fallas de la máquina en estudio:

Figura N° 16: Gráfico correspondiente a la máquina compresor de aire



Fuente: Elaboración Propia

El estado de la máquina "Compresor de Aire" antes de la implementación del TPM, presenta 50 fallas acumuladas en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "Temperatura elevada" con un 44% esto indica que la máquina presentó 22 veces la falla debido a la fuga de hidrolina y pérdida de viscosidad.

- Segundo, demostrar los resultados obtenidos de la disponibilidad de las máquinas

tomadas como muestra antes de la implementación del TPM a través de la aplicación de una guía de análisis documental como instrumento llamado “Detalles de tiempos para obtener la disponibilidad de las máquinas” (información brindados por la empresa correspondiente al año 2021) ubicado en el Anexo N°02 y en base a esa información se pudo hallar primero el “Tiempo medio entre fallas” y el “Tiempo medio de reparación” a través de las siguientes fórmulas:

Tabla N°15: Fórmulas

$MTBF = \frac{\text{Tiempo de Funcionamiento}}{\text{N}^\circ \text{ de Fallas}}$	$MTTR = \frac{\text{Tiempo inactivo por reparación}}{\text{N}^\circ \text{ de Fallas}}$
$\text{Disponibilidad} = ((MTBF - MTTR) / MTBF)$	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°16: Resultados de la disponibilidad, eficiencia y calidad de las máquinas antes del TPM

Máquinas	Tiempo programado	Tiempo inactivo (hr/año)	Tiempo Operativo (hr/año)	Cant. planificadas (piezas/h)	Producidas	Eficiencia (%)	Piezas en buen Estado	Calidad	N° Fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	OEE
Plegadora Hidráulica	1728	195	1533	215	164	76.28%	80	48.78%	70	21.90	2.79	87.28%	32.48%
Cizalla Hidráulica	1728	190	1538	185	135	72.97%	64	47.41%	76	20.24	2.50	87.65%	30.32%
Compresor de Aire	2304	170	2134	152	120	78.95%	63	52.50%	50	42.68	3.40	92.03%	38.15%
Máquina de soldar MIG N° de codificación 03	1440	160	1280	195	142	72.82%	64	45.07%	38	33.68	4.21	87.50%	28.72%
Oxicorte CNC Plasma	1728	160	1568	144	119	82.64%	65	54.62%	70	22.40	2.29	89.80%	40.53%
Máquina de soldar MIG N° de codificación 05	1440	151	1289	153	125	81.70%	63	50.40%	33	39.06	4.58	88.29%	36.35%
Cizalla STW	1440	145	1295	196	146	74.49%	71	48.63%	55	23.55	2.64	88.80%	32.17%
Taladro de banco	1152	120	1032	205	152	74.15%	75	49.34%	35	29.49	3.43	88.37%	32.33%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 16 se tomó en cuenta la información otorgada por la empresa que corresponde al año 2021 como el tiempo programado para el funcionamiento de cada máquina, el tiempo inactivo por reparación, el tiempo operativo, la cantidad de unidades de piezas planificadas, las cantidades producidas y las cantidades de piezas en buen estado para así calcular el tiempo medio entre fallas, el tiempo medio de reparación como también la disponibilidad, la eficiencia y la calidad de cada máquina antes del TPM; obteniendo primero como resultado los indicadores del OEE para cada máquina y así finalmente obtener el total del OEE de cada una de ellas. Dichos

resultados demuestran que se debe incrementar para ello se tiene que disminuir los tiempos inactivos.

#### 4.3. Realizar el plan de implementación del TPM con un análisis efectivo de averías de las máquinas que elimine completamente los modos fallas existentes en ellas

A continuación, se procedió a realizar el plan de implementación del TPM como se muestra en la tabla N° 17, en base a los resultados obtenidos en el desarrollo de los primeros objetivos específicos, enfocándonos en las causas con mayor impacto del tiempo de inactividad que son causados por las fallas existentes en ellas:

Tabla N° 17: Etapas del Plan de implementación del TPM como simulación

N° de Etapas	Descripción	
01	Implementación	Inicio de la capacitación y formación al personal acerca del TPM
		Establecer las actividades del mantenimiento planificado: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento preventivo para reducir las fallas en las máquinas.</li> </ul>
		Establecer las actividades del mantenimiento autónomo: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inspección</li> <li>✓ Limpieza</li> <li>✓ Lubricación</li> </ul>
02	Consolidación	Establecer las mejoras enfocadas, es decir transcribir los pasos a seguir para calcular el nuevo OEE.
03	Presupuesto	Establecer el presupuesto a través de un análisis económico.

Fuente: Elaboración Propia

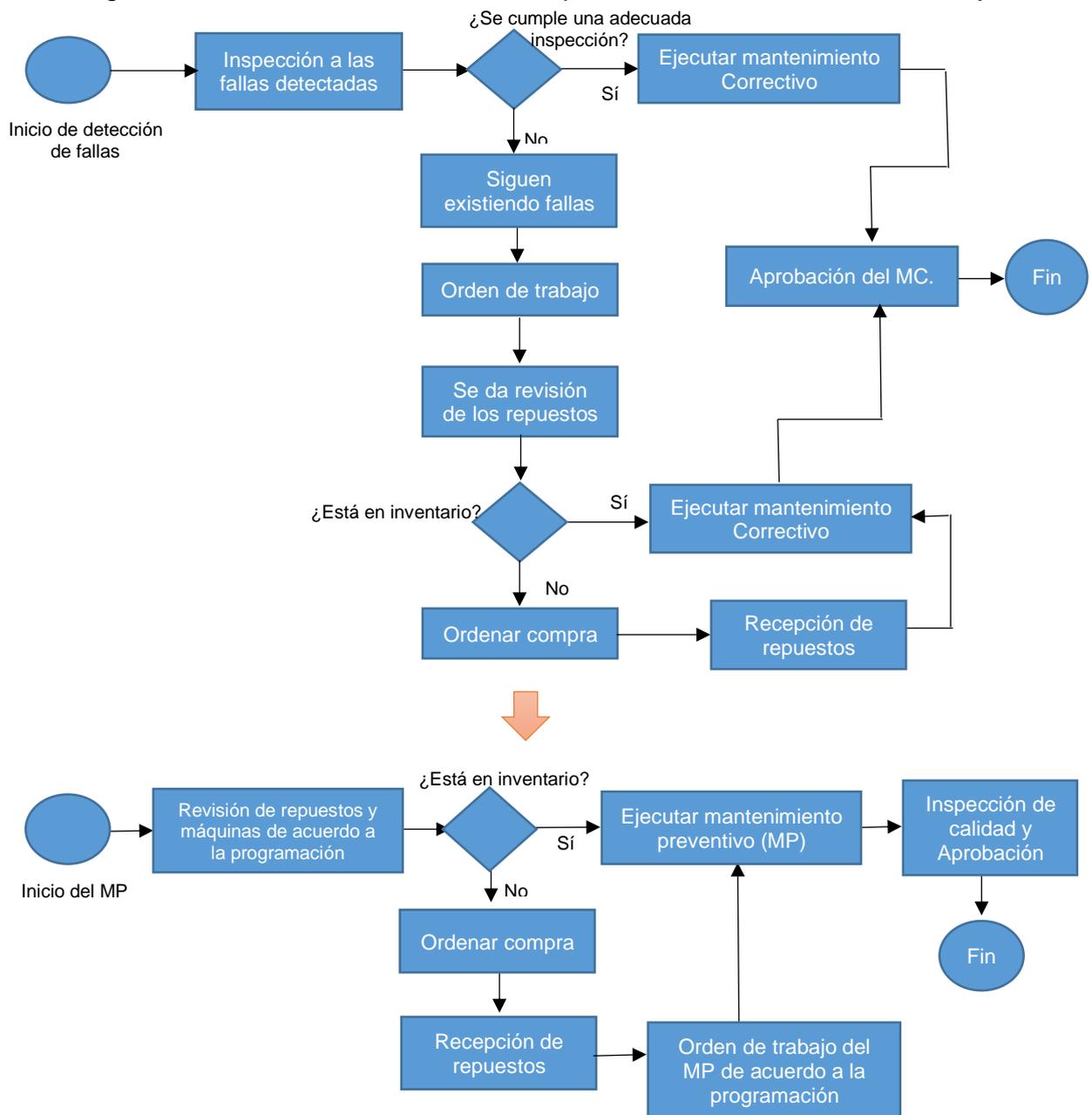
En la Tabla N°17, se ha detallado 2 etapas para la implementación del TPM como simulación, en la cual se puede visualizar que, en la primera etapa las respectivas acciones tomadas fueron:

- Se realizaron las capacitaciones acerca de este tema a los colaboradores de la empresa tomada como campo de estudio de investigación; las evidencias de esta actividad se pueden visualizar en el Anexo N°04
- Se estableció las actividades que corresponde al Mantenimiento planificado para las máquinas tomadas como muestra para generar el aumento de la eficiencia,

calidad y disponibilidad de las máquinas. Para ello, se ha enfocado en el mantenimiento preventivo que permite reducir el tiempo de inactividad por reparación causadas por las fallas.

El actual mantenimiento que se da a las máquinas en el área de habilitado es correctivo; este tipo de mantenimiento tiene la tendencia de generar elevados costos y elevados tiempos de inactividad. Por ello, dentro del mantenimiento planificado se consideró cambiar el proceso de mantenimiento actual por el proceso del mantenimiento preventivo, asegurando el normal funcionamiento de las máquinas y su disponibilidad.

Figura N° 17: Proceso de MC de la empresa – Proceso de MP como mejora



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se realizó el análisis de modo y efecto de fallas de las máquinas tomadas como muestra:

Tabla N° 18: NPR

	Número de Prioridad de Riesgo			Puntaje
	Gravedad (G)	Ocurrencia (O)	Dificultad de Detección (D)	
Sin efecto		Falla en más de 2 años	obvio	1
Menor falla		Una falla cada 2 años	Escasa	2--3
Inminente la falla		Una falla cada 1 año	Moderado	4--5
Falla pero no para el sistema		Una falla entre 6 meses y un año	Frecuente	6--7
Fallas críticas		Una falla entre 1 a 6 meses	Elevado	8--9
Fallas muy elevadas con problemas de seguridad		Falla al mes	Muy elevado	10

Fuente: Ford Motor Company y General Motors (2018)

Tabla N° 19: Características del NPR

Características del NPR	
Alto riesgo de falla	500 -- 1000
Riesgo de falla medio	125 -- 499
Riesgo de falla bajo	1 -- 124
No existe riesgo de falla	0

Fuente: Ford Motor Company y General Motors (2018)

Las tablas 18 y 19 son necesarias para poder realizar el análisis de modo y efecto de falla de cada máquina que se ha tomado como muestra.

Tabla N° 20: AMEF de las 8 máquinas

Máquina	N° Fallas	Pieza	Tiempo inactivo(por reparación)	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales de fallo	Condiciones existentes				
							Actual control	G	O	D	NRP
Plegadora Hidráulica	7	Cable pedal	10	circuito abierto	la cuchilla falla al bajarla	Por rotura		3	3	27	422
	9	Cuchilla	10	Desgaste	Marcas en la plancha	Mal uso		4	5	40	
	7	Depósito hidráulico	10	Fuga de aceite	Sobrecalentamiento	Por rotura del tapón del depósito	Inspección	5	5	75	
	10	Matriz	9	Por fricción	Marcas al doblar	Por desgaste de la matriz	visual	4	4	80	
	6	Motor de la bomba hidráulica	9	Ausencia de bombeo de aceite	Se paraliza el motor	Existe un desgaste de la válvula check por eso hay fuga de aceite		4	5	40	
	6	Pistón	10	La compresión es baja	Falla cuando se presiona	Por el nivel bajo de nitrógeno		5	4	40	
Cizalla Hidráulica	8	Pistones	9	La compresión es baja	Falla cuando se presiona	Por el nivel bajo de nitrógeno		4	5	40	378
	10	Calibrador	7	Grasa reseca	Hay obstrucción al mover la calibración	Por suciedad		5	6	120	
	8	Motor de la bomba hidráulica	11	Los pintones no funcionan	Se paraliza el motor	Fuga de aceite	Inspección	3	3	27	
	10	Cuchillas	9	Desgaste	Rebabas	Se da mal uso de la calibración	visual	4	4	64	
	8	Depósito hidráulico	13	Fuga de aceite	Presión baja	Por el nivel bajo de hidrolina		5	4	60	
	8	Cable de pedal	8	circuito abierto	El efecto que se da la falla al bajar la cuchilla	Por rotura		3	3	27	
Compresor de Aire	7	Embobinados	13	es elevada la succión	Sobrecalentamiento	La temperatura del gas es elevada		3	4	36	200
	8	Fajas	15	Voltaje bajo	Calentamiento en los devanados	Elevación de amperaje	Inspección	5	4	40	
	8	Pistón	10	Taponamiento	La pérdida de compresión	Por suciedad	visual	4	4	48	
	7	Poleas	13	La falta de refrigeración	Sobrecalentamiento	Por la mala operación		4	3	36	
Máquina de soldar MIG N° 03	5	Tobera de pistola	9	Taponamiento	El efecto es el percance que se da al momento de soldar	Por obstrucción de conducto de gas		4	4	64	238
	3	Transformador	9	La variación de la corriente	Sobrecalentamiento	Por la mala operación		3	3	27	
	3	Antorcha	7	Inadecuado uso	inadecuado funcionamiento de soldar	Desgaste de la vida útil de los accesorios	Inspección	3	4	36	
	4	cable de antorcha	8	Abierto el circuito	El efecto es el percance que se da al momento de soldar	Por rotura	visual	4	3	36	
	2	Cable de pinzas	8	circuito abierto	No hay presencia de contacto	Por rotura		4	4	48	
Oxicorte CNC Plasma	5	Antorcha	7	Taponamiento	El efecto es el percance que se da al momento de soldar	Por obstrucción de la antorcha		3	3	27	321
	10	Caja reductora de velocidad	13	Los dientes de engranajes sufren rotura	Se paraliza el motor	Por desgaste		5	5	125	
	11	Contactores con selenoide	11	Restricción de gas	No se activa la electroválvula	Por suciedad	Inspección	3	4	36	
	11	Motor Eléctrico	13	Ruido	Detonaciones	Por cable a tierra	visual	5	4	40	
Máquina de soldar MIG N° 05	13	Servomotor	11	Bugs por tensión	el efecto son las fallas al momento de cortar	Variaciones de tensión		4	5	40	491
	3	Transformador	10	Variación de Corriente	Sobrecalentamiento	Por la mala operación		4	5	40	
	2	Cable de pinzas	7	Circuito abierto	No hay presencia de contacto	Por rotura		3	4	36	
	2	Tobera de pistola	10	Taponamiento	El efecto es el percance que se da al momento de soldar	Por obstrucción de conducto de gas	Inspección	5	6	150	
	3	Antorcha	4,30	Taponamiento	El efecto es el percance que se da al momento de soldar	Por obstrucción de la antorcha	visual	5	6	150	
	2	Antorcha	7	Inadecuado uso	inadecuado funcionamiento de soldar	Desgaste de la vida útil de los accesorios		4	4	48	
Cizalla STW	3	cable de antorcha	7	circuito abierto	El efecto es el percance que se da al momento de soldar	Por rotura		3	3	27	356
	8	Motor hidráulico	9	Ausencia de bombeo de aceite	Se paraliza el motor	Existe un desgaste de la válvula check por eso hay fuga de aceite		4	5	40	
	8	Matriz	8,50	Desgaste	Trabamiento	Por mal uso		4	4	64	
	6	Pistones	9	La compresión es baja	Falla al Presionar	Por el nivel bajo de nitrógeno	Inspección	5	5	100	
	6	Cable pedal	8	circuito abierto	Falla al bajar la matriz	Por rotura	visual	4	4	48	
	7	Depósito hidráulico	9	Fuga de aceite	Sobrecalentamiento	Por rotura del tapón del depósito		4	4	64	
Taladro de banco	6	Columna del taladro	10	La falta de lubricación en cremalleras	Inadecuada movilidad	Por suciedad		3	4	36	350
	4	Motor eléctrico	9	La falta de lubricación	el motor no enciende	Por suciedad	Inspección	4	4	64	
	6	Sistema de velocidad	9	Vibración y desgaste	La presencia de rotura	Por suciedad	visual	4	5	100	
	4	Mesa	8	Desajuste de prisioneros	Se mueve la pieza cuando se está taladrando	Por mal uso		5	6	150	
<b>Total</b>	<b>264</b>		<b>386,8</b>								

Con los resultados obtenidos en la tabla 20, se puede mencionar que las 8 máquinas tomadas como muestra tienen un riesgo de falla medio, por lo cual se puede decir que al aplicar el MP con el AMEF se disminuyen las fallas y esto conlleva a la reducción de tiempos inactivos por reparación debido a que las fallas no son de alto nivel que perjudiquen su funcionamiento.

➤ A la vez se estableció las actividades del mantenimiento autónomo para que los colaboradores del área estén en capacidad de mantener las máquinas en orden, limpios y lubricados; también mantener una fluida comunicación con el encargado directo del mantenimiento.

Para llevar a cabo este proceso, primero se realizó el respectivo entrenamiento y/o capacitación al personal operativo encargados de las máquinas tomadas como muestra en esta investigación. Desde que la empresa accedió a brindarnos la información y realizar la simulación del tema del presente proyecto, se asignó 2 horas a la semana (8 horas al mes) para el desarrollo de la capacitación, con el visto bueno del líder del área, lo cual está asignado a los operadores encargados de las máquinas donde las actividades principales son:

- ✓ Inspección de las máquinas.
- ✓ Lubricación de las máquinas
- ✓ Limpieza de las máquinas.

La aplicación de este tipo de mantenimiento, radica en el desarrollo de la cultura de inspeccionar las máquinas como también conocer su correcto funcionamiento. Por ello, se ha realizado las actividades mencionadas en el párrafo anterior, las cuales estuvieron a cargo los operadores que son los que se encargan del funcionamiento de las máquinas tomadas en cuenta en la investigación.

Al realizar este mantenimiento se utilizó un formato de check list, el cual ha contribuido en una inspección constante. Dicho formato se encuentra ubicado en el anexo n°02. Llevando a cabo este mantenimiento en los meses de septiembre, octubre y noviembre del presente año; en base a esto se pudo realizar una evaluación tomando como criterio las actividades principales del Mantenimiento autónomo en la siguiente tabla:

Tabla N° 21: Criterios de evaluación de las actividades principales del Mantenimiento autónomo ejecutadas

Máquina	Criterio de Evaluación	Frecuencia				Total
		Malo	Regular	Bien	Excelente	
Máquina de soldar MIG N° de codificación 03	Inspección					1
	Limpieza General			X		
	Lubricación General					
Máquina de soldar MIG N° de codificación 05	Inspección					1
	Limpieza General			X		
	Lubricación General					
Plegadora hidráulica	Inspección					1
	Limpieza General			X		
	Lubricación General					
Oxicorte CNC Plasma	Inspección					1
	Limpieza General		X			
	Lubricación General					
Cizalla Hidráulica	Inspección					1
	Limpieza General			X		
	Lubricación General					
Cizalla STW	Inspección					1
	Limpieza General			X		
	Lubricación General					
Taladro de banco	Inspección					1
	Limpieza General		X			
	Lubricación General					
Compresor de Aire	Inspección					1
	Limpieza General		X			
	Lubricación General					
Total		0	3	5	0	<b>8</b>
<b>Porcentaje</b>		<b>0%</b>	<b>38%</b>	<b>63%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Durante los meses de septiembre, octubre y noviembre que los encargados de las máquinas realizaron las actividades principales del mantenimiento autónomo utilizando un formato de check list para registrar lo ejecutado, se hizo una evaluación tomando como criterios las actividades principales de este tipo de Mantenimiento como se muestra en la tabla N° 21, en la cual podemos visualizar que dichas actividades se ejecutaron bien con 63% y existe una ejecución regular del 38%.

- La segunda trata acerca de la consolidación:

En esta etapa se va a establecer las mejoras enfocadas, es decir transcribir los pasos a seguir para calcular el nuevo OEE y así conocer si se pudo o no reducir el tiempo de inactividad y las fallas de las máquinas a través de la verificación de la eficiencia, calidad y la disponibilidad de cada una de ellas. Para ello, primero se debe calcular lo siguiente:

Tabla N° 22: Fórmulas para obtener el nuevo OEE

$\text{Eficiencia} = (\text{Cant. Unid producidas} / \text{Cant. Unid planificadas}) * 100$
$\text{Calidad} = (\text{Cant de piezas procesadas bien} / \text{Cant de piezas totales}) * 100$
$\text{Disponibilidad} = ((\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo perdido de máquina o proceso}) / \text{Tiempo disponible}) * 100$
$\text{OEE} = \text{Eficiencia} * \text{Calidad} * \text{Disponibilidad}$

Fuente: Elaboración Propia

- Tercera y última etapa trata del presupuesto del proyecto, el cual se ha realizado a través de un análisis económico como a continuación se muestra en las siguientes tablas:

El costo de la mano de obra directa (MOD), la empresa al no contar con un adecuado mantenimiento en el área que se ha tomado como campo de investigación para reducir los tiempos inactivos por reparación; por lo que se ve conveniente la aplicación del TPM, en el cual se tiene que capacitar a los colaboradores del área para el apoyo en las actividades de mantenimiento los cuales se detallan a continuación:

Tabla N° 23: Costo de la MOD por contrato

<b>Cargo</b>	<b>Sueldo Mensual</b>	<b>Sueldo Anual</b>
Asistente de Mantenimiento	S/1,500.00	S/18,000.00
Técnico	S/1,200.00	S/14,400.00
<b>Total</b>		<b>S/32,400.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 23 se observa el costo que genera contratar nuevo personal (total de la MOD) con un monto de S/. 32,400.00 soles; teniendo como proyección para los 5 años siguientes considerando para ambos casos un costo fijo por pagar una jornada regular durante todo el año. Por lo tanto, S/. 32,400.00 soles por los 365 días se

obtiene un total de S/. 11826000.00 soles por año como a continuación se muestra

Tabla N° 24: Actual

Descripción	1	2	3	4	5
Emergencias	43286	45908	48530	50892	53343
Hora extra	1030	1000	980	980	890
Costo extra	S/33,372,000.00	S/32,400,000.00	S/31,752,000.00	S/31,752,000.00	S/28,836,000.00
Costo fijo	S/11,826,000.00	S/11,826,000.00	S/11,826,000.00	S/11,826,000.00	S/11,826,000.00
<b>Total</b>	<b>S/45,198,000.00</b>	<b>S/44,226,000.00</b>	<b>S/43,578,000.00</b>	<b>S/43,578,000.00</b>	<b>S/40,662,000.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 25: Tema propuestos

Descripción	1	2	3	4	5
Emergencias	3117	26269	20888	15589	12077
Hora extra	90	60	0	0	0
Costo extra	S/2,916,000.00	S/1,944,000.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
Costo fijo	S/11,826,000.00	S/11,826,000.00	S/11,826,000.00	S/11,826,000.00	S/11,826,000.00
<b>Total</b>	<b>S/14,742,000.00</b>	<b>S/13,770,000.00</b>	<b>S/11,826,000.00</b>	<b>S/11,826,000.00</b>	<b>S/11,826,000.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Activos fijos, se ha requerido la compra de algunos activos para la aplicación de la propuesta como se detalla a continuación:

Tabla N° 26: Activos fijos

Concepto	Cantidad	Total
Accesorios	1	S/9,000.00
Herramientas	3	S/800.00
Instalación de reflectores para mejorar iluminación	2	S/600.00
<b>Total</b>		<b>S/10,400.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 26 se observa el total de los activos fijos que corresponde a S/.10,400.00. A la vez se calculó los materiales indirectos en la siguiente tabla:

Tabla N° 27: Materiales indirectos

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Lubricantes hidráulicos	120	S/160.00	S/19,200.00
Herramientas percederas	10	S/ 80.00	S/800.00
Equipos de protección	10	S/ 550.00	S/5,500.00
<b>Total</b>			<b>S/25,500.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó el cálculo de los materiales indirectos en la tabla 27 que corresponde a un monto de 25,500.00 nuevos soles.

Con respecto a los gastos administrativos, se calculó lo siguiente:

Tabla N° 28: Pagos por asistencia de capacitación

<b>Pagos de la empresa por asistencia de capacitación</b>				
Descripción	Cantidad de personal	Días de asistencia	Precio Unit.	Costo
Técnico	1	1	S/90.00	S/90.00
Asistente de mantenimiento	1	1	S/120.00	S/120.00
Operador	8	1	S/120.00	S/960.00
<b>Costo total</b>				<b>S/1,170.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 28, se tomó en cuenta la capacitación de los colaboradores; se asume el pago como un equivalente a un día de sueldo siendo el total de S/. 1,170.00 soles.

Para el cálculo del costo de capacitación se aplicó una formula, la cual se aplicará para cada colaborador, tomando en cuenta el total de horas por esta actividad que corresponde a 6 horas como a continuación se muestra en la siguientes tablas:

**Cant. de colaboradores \* Cant. de horas \* Costo H-h**

Tabla N° 29: Costo que implica al asistente de Mantenimiento

Cant. de colaborador	Horas por capacitación	Costo H-h
1	6	120
<b>Total</b>		<b>S/720.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°30: Costo que implica al técnicos

Cant. de colaborador	Horas por capacitación	Costo H-h
1	6	90
<b>Total</b>		<b>S/540.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°31: Costo que implica a los operadores

Cant. de colaborador	Horas por capacitación	Costo H-h
8	6	120
<b>Total</b>		<b>S/5,760.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

También se hizo el calculo del costo del material para las capacitaciones:

Tabla N°32: Costo del material para la capacitación

<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Formatos de capacitación	S/800.00
Material de escritorio	S/900.00
<b>Total</b>	<b>S/1,700.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, se muestra el resumen total del costo necesaria por la capacitación, en la siguiente tabla:

Tabla N° 33: Resumen del costo total que se asumen por la capacitación

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Capacitación	S/7,020.00
Pagos a los colaboradores por la asistencia	S/1,170.00
Materiales para la capacitación	S/1,700.00
<b>Total</b>	<b>S/9,890.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo S/. 9,890.00 soles como costo necesario por capacitación.

Luego de hacer los respectivos cálculos de los costos; se procedió a comparar el flujo actual versus el de la propuesta aplicada en la tabla 34:

Tabla N° 34: Flujo actual vs el Flujo de la propuesta

Tabla N° 34.1: Actual

<b>Descripción</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
M.O.D						
Fijo	0.00	11,826,000.00	11,826,000.00	11,826,000.00	11,826,000.00	11,826,000.00
Adicional	0.00	33,372,000.00	32,400,000.00	31,752,000.00	31,752,000.00	28,836,000.00
<b>Total</b>	<b>S/0.00</b>	<b>S/45,198,000.00</b>	<b>S/44226,000.00</b>	<b>S/43578,000.00</b>	<b>S/43,578,000.00</b>	<b>S/40,662,000.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 34.2: De la propuesta

<b>Descripción</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
M.O.D						
Fijo		11,858,400.00	11,858,400.00	11,858,400.00	11,858,400.00	11,858,400.00
Adicional		2,916,000.00	1,944,000.00	0.00	0.00	0.00
C.I.		25,500.00	25,500.00	25,500.00	25,500.00	25,500.00
Gasto Administrativo		9,890.00	9,890.00	9,890.00	9,890.00	9,890.00
Activo Fijo	10,400.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>S/10400.00</b>	<b>S/14809,790.00</b>	<b>S/13837,790.00</b>	<b>S/11893,790.00</b>	<b>S/11893,790.00</b>	<b>S/11893,790.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se realizó el cálculo del VAN actual y el VAN de la propuesta tomando en cuenta una tasa del 15%:

Tabla N° 35: VAN

Descripción	0	1	2	3	4	5
Actual	S/0.00	S/45,198,000.00	S/44,226,000.00	S/43,578,000.00	S/43,578,000.00	S/40,662,000.00
Propuesta	S/10,400.00	S/14,809,790.00	S/13,837,790.00	S/11,893,790.00	S/11,893,790.00	S/11,893,790.00
VAN actual	S/146,529,124.25					
VAN propuesta	S/43,885,824.25					
<b>Diferencia</b>	<b>S/102,643,300.00</b>					

Fuente: Elaboración Propia

El presupuesto realizado en base a un análisis económico nos garantiza el beneficio obtenido por la aplicación del tema tratado que corresponde a S/. 102,643,300.00 para reducir los tiempos inactivos, esto significa que el proyecto es viable por generar un ahorro.

#### **4.4. Explicar la mejora en la reducción del tiempo de inactividad post test en el área de estudio de la empresa metalmeccánica como una simulación.**

Para el desarrollo del último objetivo específico se estimó inicialmente que se obtenga una reducción del tiempo de inactividad de un 30%; tomando en cuenta una investigación realizada por la autora Canahua, N. (2021), la cual realizó una implementación del TPM para disminuir los tiempos inactivos en un 50% e incrementando las mejoras enfocadas (OEE); es decir incrementando la vida útil de las máquinas; donde se desarrolló un 95% de eficiencia, 99% de calidad y 90% disponibilidad. Es por ello, que se tomó esos porcentajes como base para así desarrollar una proyección para el año 2023 como se muestra en la tabla 36.

Cabe resaltar, que al aplicar el mantenimiento autónomo y el mantenimiento planificado para las máquinas tomadas como muestra se genera un aumento de la eficiencia, calidad y disponibilidad de las máquinas. Para ello, se ha enfocado en el mantenimiento preventivo que permite reducir el tiempo de inactividad por reparación causadas por las fallas.

Tabla N° 36: Resultados de la disponibilidad, eficiencia y calidad de las máquinas post TPM

Máquinas	Tiempo programado	Tiempo inactivo (hr/año)	Tiempo Operativo (hr/año)	Cant. planificadas (piezas/h)	Producidas	Eficiencia (%)	Piezas en buen Estado	Calidad	N° Fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	OEE (%)
Plegadora Hidráulica	1728	58.50	1670	215	200	93.02%	180	90.00%	45	37.10	1.30	96.50%	80.79%
Cizalla Hidráulica	1728	57.00	1671	185	166	89.73%	148	89.16%	52	32.13	1.10	96.59%	77.27%
Compresor de Aire	2304	51.00	2253	152	135	88.82%	119	88.15%	30	75.10	1.70	97.74%	76.52%
Máquina de soldar MIG N° de codificación 03	1440	48.00	1392	195	175	89.74%	154	88.00%	22	63.27	2.18	96.55%	76.25%
Oxicorte CNC Plasma	1728	48.00	1680	144	130	90.28%	118	90.77%	45	37.33	1.07	97.14%	79.60%
Máquina de soldar MIG N° de codificación 05	1440	45.30	1395	153	139	90.85%	122	87.77%	15	92.98	3.02	96.75%	77.15%
Cizalla STW	1440	43.50	1397	196	178	90.82%	147	82.58%	35	39.90	1.24	96.89%	72.66%
Taladro de banco	1152	36.00	1116	205	188	91.71%	160	85.11%	20	55.80	1.80	96.77%	75.53%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 36 se tomó en cuenta el mismo tiempo programado para el funcionamiento de cada máquina, la misma cantidad de unidades planificadas; estimando una reducción del tiempo de inactividad de un 30% para así calcular la disponibilidad, la eficiencia y la calidad de cada máquina post test del TPM; obteniendo finalmente un incremento en el OEE de cada una de ellas debido a que el tiempo de inactividad disminuyó. Dichos resultados se pueden interpretar de la siguiente manera tomando en cuenta la tabla 37:

Tabla N° 37: Nivel de OEE (Eficiencia global de equipos)

OEE	Nivel	Observación
OEE < 65%	Inaceptable	Muy baja competitividad; eso implica importantes pérdidas económicas debido a que la eficiencia global de los equipos es inaceptable
65% < OEE < 75%	Regular	Cuando es regular también habrá pérdidas económicas, pero es un poco aceptable siempre y cuando se continua el proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Existe ligeras pérdidas económicas, pero es aceptable ya que se puede continuar mejorando para así superar el 85%
85% < OEE < 95%	Buena	Existencia de una buena eficiencia global de los equipos o máquinas en la empresa. Por lo tanto, existe buena competitividad
OEE > 95%	Excelente	Existencia de una excelente eficiencia global de los equipos o máquinas en la empresa.

Fuente: Woehl 2011

Al mejorar el tipo de mantenimiento que se le brinda a las máquinas, se disminuyó los tiempos inactivos a un 30% para cada máquina, mejorando también la calidad, la

eficiencia y la disponibilidad y, por ende, se logró incrementar el OEE de cada una de ellas. A continuación, se explica la mejora comparando los resultados obtenidos post test con los resultados del pre test:

- El nivel de eficiencia global de la máquina plegadora hidráulica es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 80.79%. Para lograr este resultado primero se tuvo que calcular la eficiencia la cual resultó ser un 93.02%, con respecto a la calidad se obtuvo un 90% y por ende se calculó también la disponibilidad obteniendo un 96.50%. Por lo tanto, el nivel de eficiencia global de esta máquina ha mejorado ya que antes de la aplicación del TPM existía mucho tiempo inactivo. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable ya que el resultado era 32.48%.
- El nivel de eficiencia global de la máquina cizalla hidráulica es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 77.27%. Para lograr este resultado primero se tuvo que calcular la eficiencia la cual resultó ser un 89.73%, con respecto a la calidad se obtuvo un 89.16% y por ende se calculó también la disponibilidad obteniendo un 96.59%. Por lo tanto, el nivel de eficiencia global de esta máquina ha incrementado ya que antes de la aplicación del TPM existía mucho tiempo inactivo. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable debido al resultado que correspondía a un 30.32%.
- El nivel de eficiencia global de la máquina compresor de aire es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 76.52%. Para lograr este resultado primero se tuvo que calcular la eficiencia la cual resultó ser un 88.82%, con respecto a la calidad se obtuvo un 88.15% y por ende se calculó también la disponibilidad obteniendo un 97.74%. Por lo tanto, el nivel de eficiencia global de esta máquina ha incrementado ya que antes de la aplicación del TPM existía mucho tiempo inactivo. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable debido al resultado que correspondía a un 38.15%.
- El nivel de eficiencia global de la máquina MIG N° 03 es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 76.25%. Para lograr este resultado primero se tuvo que calcular la eficiencia la cual resultó ser un 89.74%, con respecto a la calidad se obtuvo un 88.00% y por ende se calculó también la disponibilidad obteniendo un 96.55%. Por lo tanto, el nivel de eficiencia global de esta máquina ha incrementado ya que antes de la aplicación del TPM existía mucho tiempo

inactivo. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable debido al resultado que correspondía a un 28.72%.

- El nivel de eficiencia global de la máquina oxicorte CNC plasma es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 79.60%. Para lograr este resultado primero se tuvo que calcular la eficiencia la cual resultó ser un 90.28%, con respecto a la calidad se obtuvo un 90.77% y por ende se calculó también la disponibilidad obteniendo un 97.14%. Por lo tanto, el nivel de eficiencia global de esta máquina ha incrementado ya que antes de la aplicación del TPM existía mucho tiempo inactivo. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable debido al resultado que correspondía a un 40.53%.
- El nivel de eficiencia global de la máquina MIG N° 05 es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 77.15%. Para lograr este resultado primero se tuvo que calcular la eficiencia la cual resultó ser un 90.85%, con respecto a la calidad se obtuvo un 87.77% y por ende se calculó también la disponibilidad obteniendo un 96.75%. Por lo tanto, el nivel de eficiencia global de esta máquina ha incrementado ya que antes de la aplicación del TPM existía mucho tiempo inactivo. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable debido al resultado que correspondía a un 36.35%.
- El nivel de eficiencia global de la máquina cizalla STW es regular debido al resultado obtenido que corresponde a un 72.66%. Para lograr este resultado primero se tuvo que calcular la eficiencia la cual resultó ser un 90.82%, con respecto a la calidad se obtuvo un 82.58% y por ende se calculó también la disponibilidad obteniendo un 96.89%. Por lo tanto, el nivel de eficiencia global de esta máquina ha incrementado ya que antes de la aplicación del TPM existía mucho tiempo inactivo. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable debido al resultado que correspondía a un 32.17%.
- El nivel de eficiencia global del taladro de banco es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 75.53%. Para lograr este resultado primero se tuvo que calcular la eficiencia la cual resultó ser un 91.71%, con respecto a la calidad se obtuvo un 85.11% y por ende se calculó también la disponibilidad obteniendo un 96.77%. Por lo tanto, el nivel de eficiencia global de esta máquina ha incrementado ya que antes de la aplicación del TPM existía mucho tiempo inactivo. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable debido al resultado que correspondía a un 32.33%.

A continuación, en la tabla 38 se puede visualizar la comparación de los tiempos inactivos pre test y post test de cada máquina como resumen de los que se ha desarrollado y mencionado anteriormente:

Tabla N° 38: Comparación entre pre test y post test

<b>Comparación de los tiempos inactivos de cada máquina</b>		
<b>Máquinas</b>	<b>Tiempos inactivos</b>	
	<b>Pre test</b>	<b>Post test</b>
Plegadora Hidráulica	195.00	58.50
Cizalla Hidráulica	190.00	57.00
Compresor de Aire	170.00	51.00
Máquina de soldar MIG N° 03	160.00	48.00
Oxicorte CNC Plasma	160.00	48.00
Máquina de soldar MIG N° 05	151.00	45.30
Cizalla STW	145.00	43.50
Taladro de banco	120.00	36
<b>Total</b>	<b>1291.00</b>	<b>387.30</b>

Fuente: Elaboración Propia

Al comparar el total de los tiempos inactivos del antes y después, se estima una reducción de un 30%. Por lo tanto, se puede decir que al mejorar el tipo de mantenimiento que se les brinda a las máquinas, se puede disminuir los tiempos inactivos, mejorando así la calidad, la eficiencia y la disponibilidad de cada una de ellas.

Para finalizar el cuarto capítulo, se contrastó la hipótesis de la investigación planteada por medio de las pruebas estadísticas para conocer si la variable independiente logró o no reducir el tiempo de inactividad no planificado:

Tabla N° 39: Tiempos Inactivos

Tiempos inactivos	
Pre test	Post Test
195.00	58.50
190.00	57.00
170.00	51.00
160.00	48.00
160.00	48.00
151.00	45.30
145.00	43.50
120.00	36.00

Fuente: Elaboración Propia

Se puede visualizar en la tabla N° 39 los tiempos inactivos del antes y después de la implementación del TPM y tomar estos resultados como base para realizar la prueba T-Student como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 40: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>Pre test</i>	<i>Post Test</i>
Media	161.375	48.4125
Varianza	587.9821429	52.9183929
Observaciones	8	8
Coefficiente de correlación de Pearson	1	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	7	
Estadístico t	18.82344808	
P(T<=t) una cola	0.00000014839280	
Valor crítico de t (una cola)	1.894578605	
P(T<=t) dos colas	0.00000029678560	
Valor crítico de t (dos colas)	2.364624252	

Fuente: Elaboración Propia

La diferencia es significativa porque la prueba está muy por debajo del margen de error que equivale a un 5% y con una confiabilidad del 95%, esto demuestra que se rechaza el  $H_0$  pero aceptando el  $H_1$ . Por lo tanto, la implementación del TPM reduce el tiempo inactivo no planificado y así se demuestra que el proyecto es viable.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos al desarrollar el primer objetivo específico coinciden con la investigación realizada por los autores P. Guariente et al (2017), donde se realizó primero un análisis situacional a través de un diagnóstico para identificar las causas principales del problema; todo esto se debió a las técnicas de análisis de registros históricos y a la técnica de observación aplicada a las máquinas de línea, que permitieron al técnico de mantenimiento y al operador detectar rápidamente el mal funcionamiento, con el propósito de evitar paradas de máquinas, permitiendo que estas laboren continua y eficazmente, reduciendo el tiempo de reparación de las mismas. Todo lo mencionado con la finalidad de ser partícipe en el alto nivel competitivo que existe en la actualidad aprovechando todos los recursos con la maquinaria adecuada a través del uso de nuevas tecnologías o empleando casos de estudios exitosos.

En el párrafo anterior se mencionó que los resultados obtenidos al desarrollar del primer objetivo coinciden con los autores P. Guariente et al (2017), debido a que en esta presente investigación también se realizó un diagnóstico para conocer la situación actual del problema, en el cual se obtuvo la existencia de fallas debido a diversas causas donde las que tienen mayores impactos son: “Sin capacitaciones frecuentes al personal” con una frecuencia de 16%, “Fallas en máquinas” con una frecuencia de 13%, “Existencia de un solo tipo de mantenimiento sin planificación” con una frecuencia de 13%, “No se genera un adecuado reporte de algunas unidades (máquinas)” con una frecuencia del 11%, “Roturas o cortes” y “Se elaboran reportes sin formato establecido” ambas con un 10% de frecuencia.

A la vez, se realizó la aplicación de otro instrumento, en la cual se ha diagnosticado la situación de las máquinas tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad. Por lo tanto, las máquinas: plegadora hidráulica, cizalla hidráulica y la compresora de aire presentan mayores porcentajes de tiempos inactivos a comparación de las otras máquinas; esto quiere decir que en dichas máquinas se pierde más tiempo en repararlas.

El 74% de los tiempos inactivos son generados por los 6 primeros tipos de fallas de las máquinas que corresponden a desgaste, rotura o corte, temperatura elevada, taponamiento, lubricación o engrase y suciedad; siendo éstas las más críticas y de mayor cuidado ya que se han presentado mayores tiempos de inactividad por reparación.

Con respecto al segundo objetivo de la presente investigación, se puede mencionar que coincide con el estudio realizado en el artículo de Bataineh et al. (2019) titulado "Un esquema secuencial basado en el TPM para la mejora de la efectividad de la producción presentado como un estudio de caso", la cual tuvo como finalidad principal permitir la aplicación de los principios del TPM, por medio de un esquema secuencial para el incremento de la efectividad de los equipos que intervienen en el proceso de producción. Como resultados se obtuvo el incremento de la eficiencia de los equipos de 55.1% a 74.18%, como también el incremento de la disponibilidad de 68.6% a 77.5% y la mejora de la calidad de 99.82% a 99.87%. Por lo tanto, se concluye en la mejora del OEE de 35.27%. Por lo tanto, la coincidencia con el segundo objetivo de la presente investigación radica en que se determinó la frecuencia de fallas como también la disponibilidad, la eficiencia y la calidad de las máquinas antes de la implementación del TPM; como se detalla a continuación:

El estado de las máquinas: Soldar MIG N° 03 antes de la implementación, presenta un total de 38 fallas acumuladas en la máquina en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "taponamiento" con un 29%. Soldar MIG N° 05 antes de la implementación, presenta un total de 33 fallas acumuladas en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "Temperatura elevada" con un 30%. Plegadora hidráulica antes de la implementación, presenta un total de 70 fallas acumuladas en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "Lubricación o engrase" con un 20%. Oxicorte CNC Plasma antes de la implementación, presenta un total de 70 fallas acumuladas en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "vibraciones en el motor" con un 34%. Cizalla Hidráulica antes de la implementación, presenta un total de 76 de fallas acumuladas en su totalidad; en la cual los tipos de fallas más frecuentes es la "lubricación o engrase" y "desgaste" ambas con 21%. Cizalla STW antes de la implementación, presenta 55 fallas acumuladas en su totalidad; en la cual existe 3 tipos de tipos de fallas más frecuente y son: "desgaste", "baja presión" y "nivel de hidrolina" las tres con un 22%. Taladro de banco antes de la implementación, presenta 35 fallas acumuladas en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es el "desgaste" con un 31%. Compresor de aire antes de la implementación, presenta 50 fallas acumuladas en su totalidad; en la cual el tipo de falla más frecuente es la "temperatura elevada" con un 44%.

A la vez se demostró el resultado de la eficiencia, la calidad y la disponibilidad de las máquinas tomadas como muestra antes de la implementación para obtener el total del OEE de cada una de ellas. Dichos resultados demuestran que es inaceptable el resultado. Por lo tanto, se debe incrementar el OEE para e se tiene que disminuir los tiempos inactivos.

El tercer objetivo de la presente investigación coincide con el estudio de los autores Meca y Camello (2020) porque planificaron e implementaron los pilares mantenimiento planificado y mejoras enfocadas en casi el total de las empresas que iniciaron su proyecto; obteniendo así un incremento del OEE, esto permite evidenciar el gran beneficio que implica la aplicación de dichos pilares. En conclusion los pilares del tema tratado tienen una influencia positiva en la mejora de la eficiencia general de las máquinas.

En el párrafo anterior se mencionó que los resultados obtenidos al desarrollar el tercer objetivo coinciden con los autores en mención, debido a que en esta presente investigación también se realizó un plan de implementación del tpm que elimine completamente los modos fallas existentes en las máquinas, dicho plan se dividió en dos etapas.

Finalmente, el cuarto objetivo coincide con la investigación de los autores Ahmad, Hossen y Ali (2018) ya que se planteó como finalidad aplicar el TPM por medio del pilar de mejoras enfocadas; para mejorar el OEE de una sección de anillo marco en la planta de la empresa. Se obtuvieron como resultados el tiempo de parada en la etapa inicial, mientras que luego de aplicar el TPM disminuyó el tiempo de parada. Por lo tanto, el OEE de los equipos incrementó de 75.09 a 86.02%. concluyendo que implementar este tema en una empresa resulta beneficioso, ya que mejora la eficiencia de las máquinas y disminuye los tiempos de parada. Por lo tanto, la coincidencia con este último objetivo de la presente investigación radica en la explicación que se dio con respecto a la mejora de la reducción del tiempo de inactividad a un 30% para cada máquina gracias al TPM; como se detalla a continuación:

El nivel de eficiencia global de la máquina plegadora hidráulica es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 80.79%. esto significa que el nivel del OEE de esta máquina ha mejorado ya que antes de la aplicación existía mucho tiempo inactivo. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable ya que el resultado era 32.48%.

El nivel de eficiencia global de la máquina cizalla hidráulica es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 77.27%. Por lo tanto, el nivel del OEE de esta máquina ha incrementado ya que antes de la aplicación existía también mucho tiempo inactivo. Entonces, la eficiencia global anterior era inaceptable porque el resultado era 30.32%.

El nivel de eficiencia global de la máquina compresor de aire es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 76.52%. Por ende, el nivel de eficiencia global del OEE de esta máquina ha incrementado ya que antes de la aplicación existía mucho tiempo inactivo y como consecuencia la eficiencia global anterior era inaceptable debido al resultado que correspondía a un 38.15%.

El nivel de eficiencia global de la máquina MIG N° 03 es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 76.25%. en comparación al resultado 28.72% obtenido antes de la implementación que era de un nivel inaceptable.

El nivel de eficiencia global de la máquina oxicorte CNC plasma es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 79.60%. Por lo tanto, el nivel de esta máquina ha incrementado ya que antes de la implementación el resultado era 40.53% que es un nivel inaceptable.

El nivel de eficiencia global de la máquina MIG N° 05 es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 77.15%. en comparación al resultado 36.35% obtenido antes de la aplicación. Por lo tanto, el nivel anterior del OEE era inaceptable.

El nivel del OEE de la máquina cizalla STW es regular debido al resultado obtenido que corresponde a un 72.66%. pero igual ha incrementado en comparación del resultado obtenido antes de la implementación que fue un 32.17%. Por lo tanto, la eficiencia global anterior era inaceptable.

El nivel de eficiencia global del taladro de banco es aceptable debido al resultado obtenido que corresponde a un 75.53%. en comparación al resultado inaceptable obtenido antes de la implementación que fue de 32.33% por las fallas ocurridas en dicha máquina.

## VI. CONCLUSIONES

Se propuso una implementación del TPM para la reducción del tiempo inactivo no planificado. Para ello, se desarrollaron los siguientes objetivos:

En el diagnóstico realizado para conocer la situación de las máquinas de la empresa tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad; se pudo evidenciar las causas con mayor impacto las cuales son: sin capacitaciones frecuentes al personal, fallas en máquinas, existencia de un solo tipo de mantenimiento sin planificación, no se genera un adecuado reporte de algunas unidades (máquinas), roturas o cortes y se elaboran reportes sin formato establecido. Asimismo, tomando en cuenta la descripción de los tiempos de inactividad; se evidenció que las máquinas: plegadora hidráulica, cizalla hidráulica y la compresora de aire presentan mayores porcentajes de tiempos inactivos a comparación de las otras máquinas; esto quiere decir que en dichas máquinas se pierde más tiempo en repararlas y el 74% de los tiempos inactivos son generados por los 6 primeros tipos de fallas de las máquinas que corresponden a desgaste, rotura o corte, temperatura elevada, taponamiento, lubricación o engrase y suciedad; siendo éstas las más críticas y de mayor cuidado.

Se determinó la frecuencia de fallas y la disponibilidad de las máquinas antes de la implementación. Demostrando que por las fallas frecuentes ocasionadas en las máquinas la eficiencia general de ellas es inaceptable. Por lo tanto, el OEE de las máquinas se tiene que incrementar disminuyendo los tiempos inactivos.

Se realizó un plan de implementación del TPM en dos etapas, las cuales contribuyen a la eliminación completa de los modos fallas existentes en ellas para así minimizar los tiempos inactivos como a continuación se detalla:

La 1era etapa trata de dar inicio a la capacitación y formación acerca del TPM, como a la vez se establece las actividades de los dos tipos de Mantenimiento tomados en cuenta en la investigación, en la cual se destaca al mantenimiento preventivo para la reducción de las fallas de las máquinas.

La última etapa es la consolidación donde se establecen los pasos a seguir para conocer cuáles son las mejoras enfocadas.

Se explicó la mejora de la reducción del tiempo de inactividad a un 30% para cada máquina, esto generó la mejora de la eficiencia global de las máquinas.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda como metodología de información utilizar adecuadamente los criterios de búsqueda confiables para un proceso de selección de diversas referencias que traten acerca del TPM y poder profundizar mejor los conocimientos de los pilares que se tomaron en cuenta en la presente investigación; las cuales se deben analizar y comprender para tomarlas como herramientas de mejora en las futuras investigaciones que se realicen, respetando siempre el derecho de autor.

A la vez se recomienda a la empresa cumplir con las actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo y autónomo para disminuir los tiempos inactivos, lo cual esto va a generar mejoras en el factor de calidad, eficiencia y disponibilidad de las máquinas y/o equipos. Por lo tanto, se incrementará la eficiencia global de ellas y esto implica alta competitividad de la organización es decir genera grandes beneficios económicos.

Otra recomendación importante que plantea es indagar más otras investigaciones que traten de los otros pilares del TPM que no se tomaron en cuenta en esta presente investigación; las cuales no solo deben ser estudios de nivel nacional y local sino también de nivel internacional especialmente de países del habla inglesa ya que están más actualizados con respecto a las nuevas herramientas tecnológicas que van de la mano con el tema que se ha tratado en esta investigación para obtener mejores conocimientos del tema que es de suma importancia para cualquier sector empresarial.

Tomar en cuenta la importancia de evaluar constantemente la eficiencia general de los equipos y máquinas en todas las empresas, para conocer el comportamiento en el tiempo y así poder dar las respectivas mejoras para el beneficio de toda la organización.

Finalmente, se recomienda tomar en cuenta esta investigación para futuros estudios, debido a que es de alta fiabilidad y la información obtenida son confiables y verdaderos.

## REFERENCIAS

**ACOSTA MARTINEZ, SANDRA LILIANA Y GONZALEZ AVENDAÑO, LAURA. 2017.** Propuesta de mantenimiento productivo total (tpm), en el proceso de sacrificio de equinos en la empresa finca los cristales ltda ubicada en Mosquera. Facultad de Ingenieria - Escuela de Ingenieria Industrial, Universitaria Agustiniana. Bogota D.C. :

Repositorio de la Institución, 2017. pág. 194.

**AMIR, AZIZI. 2015.** Evaluation Improvement of Production Productivity Performance using Statistical Process Control, Overall Equipment Efficiency, and Autonomous Maintenance. Bali Indonesia : 2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference, MIMEC2015, 2015. 2351-9789.

[https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013046268&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance&sid=5d1a347d19a144027f4338d0cbd00c88&sot=b&sdt=b&sl=168&s=TITLE-ABS-KEY%28Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance%29&relpos=0&citeCnt=40&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1#)

[85013046268&origin=resultslist&sort=plf-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013046268&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance&sid=5d1a347d19a144027f4338d0cbd00c88&sot=b&sdt=b&sl=168&s=TITLE-ABS-KEY%28Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance%29&relpos=0&citeCnt=40&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1#)

[f&src=s&st1=Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance&sid=5d1a347d19a144027f4338d0cbd00c88&sot=b&sdt=b&sl=168&s=TITLE-ABS-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013046268&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance&sid=5d1a347d19a144027f4338d0cbd00c88&sot=b&sdt=b&sl=168&s=TITLE-ABS-KEY%28Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance%29&relpos=0&citeCnt=40&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1#)

[KEY%28Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance%29&relpos=0&citeCnt=40&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1#](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013046268&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance&sid=5d1a347d19a144027f4338d0cbd00c88&sot=b&sdt=b&sl=168&s=TITLE-ABS-KEY%28Evaluation+Improvement+of+Production+Productivity+Performance+using+Statistical+Process+Control%2c+Overall+Equipment+Efficiency%2c+and+Autonomous+Maintenance%29&relpos=0&citeCnt=40&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1#)

**D.R Kiran. 2017.** Total Quality Management - Key Concepts and Case Studies. Elsevier Butterworth Heinemann. s.l. : BSP - BH Elsevier Butterworth Heinemann, 2017. pág. 545. 978-0-12-811035-5.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128110355000131>

**VRIGNAT PASCAL, AGGAB TOUFIK, AVILA MANUEL, DUCULTY FLORENT, KRATZ FRÉDÉRIC. 2019.** Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy [Artículo]

Control Engineering Practice [Revista] Volume 82, Pages 86-96

ISSN 0967-0661. DOI.: <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.09.019>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066118305665>

**TERÁN VÁZQUEZ, MARÍA FERNANDA. 2018.** “TPM” Total Product Management/Manejo Total Del Producto. Negocios Internacionales, Universidad Autónoma del Estado de México unidad Académica Profesional Cuautitlán Izcalli. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México se encuentran a disposición en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0), 2018. pág. 96, MEMORIA DE EXPERIENCIA LABORAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN NEGOCIOS INTERNACIONALES.

**CASTILLO FLORES, ÁNGELA LILIANA, FERNÁNDEZ GARCÍA, LUIS GUILLERMO Y ÁNGELES RESENDIZ, LUIS ALFREDO. 2018.** Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas. Revista de Ingeniería Industrial. Vol.2 No.4, 29-35  
[https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Industrial/vol2num4/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Industrial\\_V2\\_N4\\_4.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol2num4/Revista_de_Ingenieria_Industrial_V2_N4_4.pdf)

**MARTHA SOFÍA CARRILLO LANDAZÁBAL, CARMEN GIARMA ALVIS RUIZ, YANIRIS YANETH MENDOZA ÁLVAREZ, HAROLD ENRIQUE COHEN PADILLA. 2019.** Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. Investigación en sistemas de gestión, Vol. 11 N°1, pág. 71-86. ISSN 2145-1389. DOI: <https://doi.org/10.15332/s2145-1389-4934>.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6786515>

**HARDT, FILIP, MARTIN KOTYRBA, EVA VOLNA, AND ROBERT JARUSEK. 2021.** "Innovative Approach to Preventive Maintenance of Production Equipment Based on a Modified TPM Methodology for Industry 4.0"  
Revista Applied Sciences. Vol. 11, no. 15: 6953.  
DOI.: <https://doi.org/10.3390/app11156953>  
<https://www.mdpi.com/2076-3417/11/15/6953#cite>

**CLAUDIO MARTIN CÁCERES CARBAJAL. 2018.** Propuesta de Mejora de la

eficiencia global de los equipos orientado en el Tpm para una empresa envasadora de bebida gasificada no alcohólica.

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Facultad de Ingeniería - Carrera de Ingeniería Industrial

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623002/CACERE\\_S\\_CC.pdf?sequence=5](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623002/CACERE_S_CC.pdf?sequence=5)

**FONSECA JUNIOR, MILTON; HOLANDA BEZERRA, UBIRATAN; CABRAL LEITE, JANDECY AND REYES CARVAJAL, TIRSO L. 2019.** Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas - Artículo

ISSN 0012-7353. DOI.: <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n194.47642>.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532015000600018&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532015000600018&lang=es)

**GUAJÁN MORÁN ANDRÉS PAÚL. 2016.** Programa de mantenimiento productivo total para la maquinaria del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotacachi.

Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte.

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5717>

**CHRISTOPHER ERMIN IBÁÑEZ NIKLITSCHK. 2016.** Diseño de Propuestas de Mejora para el Área de Producción en la empresa Puerto de Humos S.A.

Repositorio Institucional de la Universidad Austral de Chile.

([https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwit\\_uSyj9P4AhWxALkGHV4DCQQFnoECAQQAQ&url=http%3A%2F%2Fcybertesis.uach.cl%2Ftesis%2Fuach%2F2016%2Fbpmfcii.12d%2Fdoc%2Fbpmfcii.12d.pdf&usg=AOvVaw2B7ZIGUycXc-wmN1fwCdw1](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwit_uSyj9P4AhWxALkGHV4DCQQFnoECAQQAQ&url=http%3A%2F%2Fcybertesis.uach.cl%2Ftesis%2Fuach%2F2016%2Fbpmfcii.12d%2Fdoc%2Fbpmfcii.12d.pdf&usg=AOvVaw2B7ZIGUycXc-wmN1fwCdw1))

**NOHEMY MIRIAM CANAHUA APAZA. 2021.** Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica.

Revista Industrial Data 24(1): 49-76

ISSN: 1560-9146 (Impreso) / ISSN: 1810-9993 (Electrónico) Facultad de Ingeniería Industrial - UNMSM. DOI: <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/18402>

**GRADOS ROBLES, CARLOS GLICERIO. 2020.** Implementación del Sistema OEE en una línea de producción de pisos de una empresa maderera.  
Repositorio institucional de la Universidad Ricardo Palma. Perú  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3538>

**RAMOS CORREA, ANTENOR, VILLAR SALDAÑA DE RAMOS, HEYLLI NOEMI. 2020.** Diseño de estrategias de mantenimiento con la metodología TPM para mejorar la disponibilidad de las electrobombas Flygt 2400 en el área de drenaje de una empresa minera en Cajamarca Descripción del Artículo.  
Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. Perú  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24849>.

**MARÍA FERNANDA TERÁN VÁZQUEZ. 2018.** “TPM” TOTAL PRODUCT MANAGEMENT/MANEJO TOTAL DEL PRODUCTO”.  
Repositorio Institucional UAEM.  
<http://hdl.handle.net/20.500.11799/94572>

**ESEOGHENE, D. y AYOOLA, S., 2020.** Sustenance of zero-loss on production lines using Kobetsu Kaizen of TPM with hybrid models. Total Quality Management and Business Excellence [en línea], vol. 31, no. 1-2, pp. 112-136.  
ISSN 14783371. DOI 10.1080/14783363.2017.1415754.  
<https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=150c349f-d962-4812-98bb-de949befae1b%40redis>.

**HARDT FILIP, KOTYRBA MARTÍN, VOLNA EVA Y JARUSEK ROBERTO. 2021** Innovative approach to preventive maintenance of production equipment based on a modified tpm methodology for industry 4.0.  
Applied Sciences. Vol. 11, no. 15: 6953.  
ISSN 20763417  
<https://doi.org/10.3390/app11156953>

**ARTÍCULO DE QUESTIONPRO. 2016.** Investigación no Experimental.  
<https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-no-experimental/>

**GUAJÁN MORÁN ANDRÉS PAÚL. 2016.** Programa de mantenimiento productivo total para la maquinaria del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotacachi. Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5717>

**RAMOS GALARZA CALOS, 2020.**

LOS ALCANCES DE UNA INVESTIGACIÓN - Vol. 9 Página 02  
Investigación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.  
Biblioteca virtual de la Institución

**OCHOA SANGRADOR, C. Y MOLINA ARIAS, M. 2018.** En su artículo MBE| Fundamentos de Medicina basada en la Evidencia - Estadística -Tipos de variables - escalas de medida (Versión en inglés y español).  
[https://evidenciasenpediatria.es/files/41-13363-RUTA/Fundamentos\\_29.pdf](https://evidenciasenpediatria.es/files/41-13363-RUTA/Fundamentos_29.pdf)

**DÍAZ DE LEÓN, M. NEFTALI. (2017)** Técnicas de Investigación Cualitativas y Cuantitativas. Facultad de Arquitectura y Diseño Administración y Promoción de la Obra Urbana. Universidad Autónoma del Estado de México  
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63099/secme-26877.pdf?sequence=1>

**FERNÁNDEZ GARCÍA LUIS GUILLERMO, CASTILLO FLORES ÁNGELA LILIANA Y ÁNGELES RESENDIZ, LUIS ALFREDO. 2018.** Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas. Revista de Ingeniería Industrial. Vol.2 No.4, 29-35  
[https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Industrial/vol2num4/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Industrial\\_V2\\_N4\\_4.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol2num4/Revista_de_Ingenieria_Industrial_V2_N4_4.pdf)

**P. GUARIENTE, I. ANTONIOLLI, L. PINTO FERREIRA, T. PEREIRA, F.J.G. SILVA. 2017.** Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer.

Procedia Manufacturing, Volume 13. Pages 1128-1134.

ISSN 2351-9789. DOI.: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917308120>.

#### **E. COLONIA, 2017**

Aplicación del TPM para mejorar la productividad en el área de tintorería de telas en la empresa textiles camones, Puente Piedra-2017, Lima: Universidad Cesar Vallejo.

**BİLGİN SARI, E., 2021.** Fuzzy Based Failure Mode and Effect Analysis Towards to Risks of Autonomous Maintenance Activities: As a TPM Implementation. Ege Akademik Bakis (Ege Academic Review) [en línea], Vol. 17, pp. 17-27.

ISSN 1303-099X

DOI 10.21121/eab.873999

<https://www.proquest.com/docview/2521122540/fulltextPDF/41ACFDC1120947EBPQ/1?accountid=37408>

**AHMAD, N., HOSSEN, J. y ALI, S.M., 2018.** Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case. International Journal of Advanced Manufacturing Technology [en línea], vol. 94, N° 1-4, pp. 239-256.

ISSN 14333015.

DOI 10.1007/s00170-017-0783-2

<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=ade26af8-60e5-4342-be55-9dc17924ec0a%40redis>.

#### **PARDEEP, G. y SACHIT, V., 2016.**

Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study. International Journal of Production Research [en línea], vol. 54, N° 10, pp. 2976–2988. [Consulta: 17 Mayo 2022].

DOI 10.1080/00207543.2016.1145817

<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=16&sid=d13b5acd-62ed-46c3-85a7-ffe04d7fb6b9%40redis>.

**BATAINEH, O., AL-HAWARI, T., ALSHRAIDEH, H. y DALALAH, D., 2019.** A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering [en línea]*, vol. 25, N° 1, pp. 144-161.

ISSN 13552511.

DOI 10.1108/JQME-07- 2017-0045

<https://www.proquest.com/docview/2187589414/fulltextPDF/1F99B64F2A8F42A4PQ/1?accountid=37408>

**MECA VITAL, J. y CAMELLO LIMA, C., 2020.** Total Productive Maintenance and the Impact of Each Implemented Pillar in the Overall Equipment Effectiveness. *International Journal of Engineering and Management Research [en línea]*, vol. 10, N° 2, pp. 142-150.

ISSN 23946962

DOI 10.31033/ijemr.10.2.17

[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3590948](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3590948)

**NALLUSAMY, S., KUMAR, V., YADAV, V., PRASAD, U.K. y SUMAN, S.K., 2018.** Implementation of total productive maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development [en línea]*, vol. 8, N° 1, pp. 1027-1038.

ISSN 22498001.

DOI 10.24247/ijmperdfeb2018123

[https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85041799966&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=Implementation+of+total+pr)

[85041799966&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=Implementation+of+total+pr](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85041799966&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=Implementation+of+total+pr)

[oductive+maintenance+to+enhance+](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85041799966&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=Implementation+of+total+pr)

[the+overall+equipment+effectiveness+in+medium+scale+industries.&sid=809](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85041799966&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=Implementation+of+total+pr)

[3cdbf71742cb0367ec00fb32db51b&sot=b&sdt=b&sl=136&s=TITLE-ABSKEY%28Implementation+of+total+productive+maintenance+to+enhance+the+overall+equipment+effectiveness+in+medium+scale+industries.%29&relpos](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85041799966&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=Implementation+of+total+pr)

=1&citeCnt=27&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\_NEW\_DOC\_DET  
AILS\_EXPORT:1

**RANJAN, R. y MISHRA, A. 2016.** Evaluation and optimization of overall equipment effectiveness on a pasting machine in a battery manufacturing industry. International Journal of Performability Engineering. Vol. 12, N° 6, pp. 503-512.

ISSN 09731318.

<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=21&sid=d13b5acd-62ed-46c3-85a7-ffe04d7fb6b9%40redis>.

**GARCÍA PALENCIA, O., 2012.** Gestión moderna del mantenimiento industrial: Principios fundamentales [en línea]. 1a edición de la U. ISBN 9587623169.

[https://books.google.com.pe/books?id=lyejDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=lyejDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

**HECKLAU, F., KIDSCHUN, F., KOHL, H. y TOMINAJ, S., 2020.** Analyzing the role of research and technology organizations (RTOs) in national innovation systems (NIS). Proceedings of the 16th European Conference on Management Leadership and Governance [en línea]. Berlin: Academic Conferences International, pp. 95-105. [Consulta: 16 octubre 2021].

ISBN 9781912764761.

DOI 10.34190/ELG.20.057

<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=d13b5acd-62ed-46c3-85a7-ffe04d7fb6b9%40redis>.

**YANG, D., LIU, C., QUAN, P. y FANG, L., 2020.** A systematic approach to determination of permeation enhancer action efficacy and sites: Molecular mechanism investigated by quantitative structure–activity relationship. Journal of Controlled Release [en línea], vol. 322, pp. 1-12. [Consulta: 16 octubre 2021]. ISSN 1873-4995. DOI 10.1016/j.jconrel.2020.03.014. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168365920301668>.

**GUARIENTE, ANTONIOLLI, FERREIRA, PEREIRA. 2018.** Eficacia y Eficiencia.

<http://www.scribd.com/doc/4898585/Eficacia-y-Eficiencia>.

**CASTILLO, C. y RODRIGO, J., 2016.** Análisis de la gestión del mantenimiento en una empresa del sector metalmecánico [en línea]. Universidad ECCI - Bogotá [https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/292/Trabajo de grado?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/292/Trabajo_de_grado?sequence=1&isAllowed=y).

**BİLGİN SARI, E., 2021.** Fuzzy Based Failure Mode and Effect Analysis Towards to Risks of Autonomous Maintenance Activities: As a TPM Implementation. Ege Akademik Bakis (Ege Academic Review) [en línea], vol. 17, pp. 17-27. ISSN 1303-099X. DOI 10.21121/eab.873999 <https://www.proquest.com/docview/2521122540/fulltextPDF/41ACFDC1120947EBPQ/1?accountid=37408>

**FARAHANI, A. y TOHIDI, H., 2021.** Integrated optimization of quality and maintenance: A literature review. Computers and Industrial Engineering [en línea], vol. 151, pp.1-24. [Consulta: 29 septiembre 2021]. ISSN 03608352. DOI 10.1016/j.cie.2020.106924. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835220306082>.

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 01: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

VARIABLES	DEF. CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULAS	ESCALA
Variable Independiente		Julca L. (2018) El mantenimiento planificado, también conocido como mantenimiento programado o mantenimiento preventivo, es el tercer pilar del TPM y corresponde a las mejoras incrementales y continuas de los equipos, instalaciones y sistemas en general para lograr el objetivo de "cero fallas".	Mantenimiento Planificado	Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo	(hr dedicadas a capacitación o formación / hr totales de trabajo de mant. preventivo)*100	
					(N° de Mant. Preventivo Ejecutado/N° de Mant. Preventivo Programado)*100	
Implementación del TPM	(Terán, M. 2018) lo define como una herramienta adaptada a las condiciones y necesidades de cada empresa, forjando un estado de mejora y bienestar debido a la eliminación de las fallas más comunes; en diferentes modalidades en el ámbito de los procesos productivos de una empresa de cualquier sector.	Un artículo virtual del Centro de Formación Técnica para la Industria menciona que el mantenimiento autónomo pone la responsabilidad de las actividades básicas de mantenimiento del lado del operador, liberando al personal de mantenimiento para tareas de mantenimiento más compleja. Las actividades de mantenimiento realizadas por el operador incluyen limpieza básica de máquina a su cargo, como a la vez de la lubricación, el engrase y el apriete de tuercas y tornillos, la inspección, el diagnóstico de posibles problemas y otras acciones que aumentan la vida productiva de las máquinas o equipos. Al realizar estas actividades de mantenimiento, los colaboradores son más responsables de su trabajo y hay menos tiempo de inactividad porque no hay necesidad de esperar al personal de mantenimiento ya que pueden corregir problemas no tan complejos que ocurren de vez en cuando.	Mantenimiento Autónomo	Indicador de Limpieza y de Lubricación	(Limpieza y Lubricación ejec./Limpieza y Lubricación total progr)*100	RAZÓN
					(hr dedicadas a formación o capacitación/ hr totales de trabajo)*100	

<b>Variable Dependiente:</b> “Reducción del tiempo de inactividad no planificado”	Tiempo de Inactividad No planificado, son eventos o sucesos donde se presencia imprevistos en el proceso de producción, por ejemplo, las paradas no programadas de máquinas traen como consecuencia tiempos inactivos (Hardt, F y otros. 2021).	Cáceres, C. (2018), define a OEE como herramienta de medición, de análisis y de diagnóstico en la eficiencia de la productividad de los equipos, permitiendo comprender la situación actual a través de indicadores porcentuales para tomar decisiones acertadas en la mejora continua de los equipos o procesos productivos.  La disponibilidad es uno de los factotes del OEE, la cual es una herramienta de medición, de análisis y de diagnóstico de los equipos para comprender la situación actual de ellas para así tomar decisiones acertadas. Cáceres, C. (2018)	OEE	Eficiencia	$\frac{\text{Cant. Unid producidas}}{\text{Cant. Unid planificadas}} * 100$	<b>RAZÓN</b>
				Calidad	$\frac{\text{Cant de piezas procesadas bien}}{\text{Cant de piezas totales}} * 100$	
				Disponibilidad	$\frac{((\text{MTBF} - \text{MTTR}) / \text{MTBF}) * 100}{1}$	
		Tiempo	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Tiempo de funcionamiento / N° de fallas		
			Tiempo medio de reparación (MTTR)	Tiempo muerto por fallas / N° de fallas		
		Fonseca, J. y Otros (2015) en todas las industrias hay un período en el cual las actividades programadas en un proceso no ocurren, esto significa un período de tiempo específico cuando el equipo de producción no está disponible. Este fenómeno se conoce como tiempo de inactividad y puede ser muy costoso.				

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 02: INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

- Guía de entrevista:

**ENTREVISTA AL JEFE DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA METALMECÁNICA**

La presente tiene el fin de recopilar la información acerca del tipo de mantenimiento que tiene la empresa para sus maquinarias entre otra información acerca del área de habilitado.

**CIUDAD:**

**FECHA:**

**INTRODUCCIÓN:**

El presente proyecto de investigación corresponde a la escuela de ingeniería industrial de la Universidad César Vallejo. La información brindada en esta entrevista es de carácter confidencial y será solamente utilizada para el propósito de la investigación. Agradecemos por su cordial colaboración.

**1) ¿Qué tipo de mantenimiento tienen actualmente las maquinarias en el área de habilitado?**

.....

**2) ¿Cuáles son las fallas más frecuentes en el área?**

.....  
.....

**3) ¿Cuáles son las causas que generan las fallas en las maquinarias?**

.....  
.....

**4) ¿se incumple la actividad de mantenimiento que la empresa dispone para las máquinas?**

.....  
.....

**5) ¿En el área de habilitado, cuáles son los problemas más comunes que presenta la mano de obra?**

.....  
.....

**6) ¿Cuáles son los problemas más comunes con respecto a los métodos de trabajo?**

.....  
.....

**7) ¿Con qué frecuencia miden el desempeño de la mano de obra que tiene contacto directamente con el funcionamiento de las máquinas y que medidas toman al respecto?**

.....  
.....

**8) ¿Con qué frecuencia miden la disponibilidad de la maquinaria?**

.....  
.....

## Guía de Análisis Documental: Detalles de las fallas y tiempo de inactividad

NOMBRE Y FOTO DE LA MÁQUINA	TIPOS DE FALLAS	N° DE FALLAS	TIEMPO INACTIVO POR REPARACIÓN (hr/año)	DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS
	Desgaste			
	Rotura			
	Taponamiento			
	Temperatura elevada			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Desgaste			
	Rotura			
	Taponamiento			
	Temperatura elevada			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Desgaste			
	Rotura			
	Taponamiento			
	Temperatura elevada			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Nivel de Hidrolina			
	Desgaste			
	Corte o Rotura			
	Lubricación o engrase			
	Succionamiento de Combustible			
	Baja Presión			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Vibraciones en el motor eléctrico			
	Congelación del Sistema computarizado			
	Rotura			
	Impedimento del pase de gas			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Desgaste			
	Corte o Rotura			
	Nivel de Hidrolina			
	Lubricación o engrase			
	Succionamiento de Combustible			
	Baja Presión			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Temperatura elevada			
	Desgaste			
	Lubricación			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Desgaste			
	Corte o Rotura			
	Baja Presión			
	Nivel de Hidrolina			
	Succionamiento de Combustible			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Desgaste			
	Vibraciones			
	Suciedad			
	Lubricación			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Suciedad			
	Temperatura elevada			
<b>SUB -TOTAL</b>				
	Roturas			
	Lubricación o engrase			
	Suciedad			
<b>SUB -TOTAL</b>				



<b>CHECK LIST</b>				
Mantenimiento Autónomo			Fecha:	
Actividad :	Inspección para reajuste			
Máquina:				
FOTO	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/> Estado Actual	FOTO	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/> Estado de Mejora	
Descripción:		Solución:		
Actividad :	Limpieza y Lubricación General			
Criterios de Observación	Nulo 1	Regular 2	Bastante 3	Observaciones
Existencia de polvo, suciedad, aceite sucio, materias extrañas adheridas a la máquina				
Existencia de tuberías y mangueras limpias y libres de fugas				
Existencia de piezas desprendidas, rotas o cortadas por desgaste				
Existencia de un orden y organización adecuado en el área				
Existencia de una adecuada limpieza de los alrededores de la máquina				
Se observó el estado de los mecanismos de la máquina				
Se verifica el nivel de aceite				
Se aplicó aceite nuevo hasta el nivel de referencia				

## **ANEXOS DE VALIDACIONES Y APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS**

### Anexo 03: Validaciones

#### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS QUE MIDEN LAS DOS VARIABLES DEL PROYECTO:

“Implementación de Mantenimiento Productivo Total para reducir el tiempo de inactividad no planificado en una empresa metalmecánica”

Yo, Karol Stephany Paredes Acosta identificada con DNI N° 71268912 de profesión Ingeniera de Seguridad Industrial y Minera ejerciendo actualmente como Supervisora de Mantenimiento por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos, a los efectos de su aplicación para un Proyecto de Investigación realizada a una empresa metalmecánica ubicada en la ciudad de Trujillo.

Luego de realizar las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Descripción	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de Ítems			X	
Redacción de los Ítems			X	
Claridad y Precisión			X	
Pertinencia			X	

Comentario: *Mantiene una redacción clara, concreta y precisa, comunica al lector el objetivo planteado.*

Trujillo, 27 de Junio del 2022



KAROL STEPHANY PAREDES ACOSTA  
INGENIERA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MINERA

FIRMA DEL PROFESIONAL

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS QUE MIDEN LAS DOS  
VARIABLES DEL PROYECTO:**

"Implementación de Mantenimiento Productivo Total para reducir el tiempo de inactividad  
no planificado en una empresa metalmeccánica"

Yo, Luycho Huig Ricardo Orlando identificado con DNI N° 41126985 Técnico en Mantenimiento Industrial y con una profesión universitaria en Ingeniera Industrial, ejerciendo actualmente como Gerente Técnico en la empresa Overhaul Mining E.I.R.L por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos, a los efectos de su aplicación para un Proyecto de Investigación realizada a una empresa metalmeccánica ubicada en la ciudad de Trujillo.

Luego de realizar las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Descripción	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de Items		X		
Redacción de los Items		X		
Claridad y Precisión		X		
Pertinencia		X		

Trujillo, 27 de Junio del 2022

   
.....  
**Ricardo Orjando Luycho Huig**  
SNT - TC - 1A - LEVEL II (UT, MT, PT, VT)  
CIC# N° P-12792 OCHIT, BRIT, MGIT ACIT  
GERENTE TÉCNICO  
FIRMA DEL PROFESIONAL

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS QUE MIDEN LAS DOS  
VARIABLES DEL PROYECTO:**

“Implementación de Mantenimiento Productivo Total para reducir el tiempo de inactividad  
no planificado en una empresa metalmecánica”

Yo, Soto Ríos Milward identificado con DNI N° 42597696 de profesión Ingeniera Industrial con especialidad en Gestión del Mantenimiento Industrial, ejerciendo actualmente como Asistente de Confiabilidad, por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos, a los efectos de su aplicación para un Proyecto de Investigación realizada a una empresa metalmecánica ubicada en la ciudad de Trujillo.

Luego de realizar las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Descripción	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de Ítems		X		
Redacción de los Ítems		X		
Claridad y Precisión		X		
Pertinencia		X		

Trujillo, 28 de Junio del 2022

  
MILWARD-CÁRIEL SOTO RÍOS  
Ingeniero Industrial  
CIP N° 236212

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL PROFESIONAL

- Aplicación de los instrumentos de investigación antes de la implementación del TPM:

## **ENTREVISTA AL JEFE DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA METALMECÁNICA**

La presente tiene el fin de recopilar la información acerca del tipo de mantenimiento que tiene la empresa para sus maquinarias entre otra información acerca del área de habilitado.

**CIUDAD :** Trujillo

**FECHA:** 02/08/22

### **INTRODUCCIÓN:**

El presente proyecto de investigación corresponde a la escuela de ingeniería industrial de la Universidad César Vallejo. La información brindada en esta entrevista es de carácter confidencial y será solamente utilizada para el propósito de la investigación. Agradecemos por su cordial colaboración.

**1) ¿Qué tipo de mantenimiento tienen actualmente las maquinarias en el área de habilitado?**

Mantenimiento correctivo

**2) ¿Cuáles son las fallas más frecuentes en el área?**

Fallas en algunas maquinarias y el polvo que se presenta en el ambiente.

**3) ¿Cuáles son las causas que generan las fallas en las maquinarias?**

Por mala manipulación, antigüedad de la máquina o también debido a que surgen algunas roturas o cortes en los cables por ejemplo el corte del cable del pedal de una cizalla, eso es perjudicial y es generado por que caen planchas metálicas sobre el.

**4) ¿Se incumple la actividad de mantenimiento que la empresa dispone para las máquinas?**

No, porque sí se les da el mantenimiento cuando se requiere.

**5) ¿En el área de habilitado, cuáles son los problemas más comunes que presenta la mano de obra?**

En estos últimos años hay una alta rotación del personal debido por el contagio del Covid - 19

**6) ¿Cuáles son los problemas más comunes con respecto a los métodos de trabajo?**

En estos momentos se está generando un mal reporte de las unidades; debido a la alta rotación que se ha dado dentro del área por motivos de salud.

**7) ¿Con qué frecuencia miden el desempeño de la mano de obra que tiene contacto directamente con el funcionamiento de las máquinas y que medidas toman al respecto?**

Se elabora el reporte y se genera un orden de trabajo de la unidad; a través de ello se mide el desempeño de la MO.

**8) ¿Con qué frecuencia miden la disponibilidad de la maquinaria?**

Anual, pero si se da el caso de una falla de la unidad, se reporta las condiciones en la que se encuentra.

NOMBRE Y FOTO DE LA MÁQUINA	TIPOS DE FALLAS	N° DE FALLAS	TIEMPO INACTIVO POR REPARACIÓN (hr/año)	DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS
<i>Máquina de soldar MIG N° de codificación 03</i>	Desgaste	10	26	El desgaste se da en la antorcha de soldar y en la máquina MIG debido a que se terminó su vida útil y no permite soldar adecuadamente.
	Rotura o corte	10	38	Se presentó una rotura en el cable de pinza a tierra y la antorcha ocasionado por la caída de objetos con perfil metálico (planchas)
	Taponamiento	11	55	Se origina por la escoria existente dentro de la antorcha y la tobera ocasionando un mal funcionamiento de la máquina
	Temperatura elevada	7	41	Afecta al transformador y se debe a la variación de corriente y al tiempo excesivo de soldar continuamente
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>38</b>	<b>160</b>	
<i>Máquina de soldar MIG N° de codificación 05</i>	Desgaste	6	22	El desgaste se da en la antorcha de soldar y en la máquina MIG debido a que se terminó su vida útil y no permite soldar adecuadamente.
	Rotura	9	38	Se presentó una rotura en el cable de pinza a tierra y la antorcha ocasionado por la caída de objetos con perfil metálico (planchas)
	Taponamiento	8	44	Se origina por la escoria existente dentro de la antorcha y la tobera ocasionando un mal funcionamiento de la máquina
	Temperatura elevada	10	47	Afecta al transformador y se debe a la variación de corriente y al tiempo excesivo de soldar continuamente.
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>33</b>	<b>151</b>	
<i>Plegadora Hidráulica</i>	Nivel de Hidrolina	13	27	Se origina a las fugas de hidrolina en las mangueras y depósito hidráulico conllevando a un bajo nivel de hidrolina ocasionando un inadecuado funcionamiento de la máquina.
	Desgaste	11	33	Se produce desgaste de cuchillas por motivo de mal uso de las calibradas adecuadas del espesor del material (plancha) y también de la "V" (matriz)
	Corte o Rotura	11	36	Se produce en el cable del pedal de accionamiento de la cuchilla de doblez que se genera por la caída de planchas metálicas al doblar.
	Lubricación o engrase	14	49	La falta de lubricación frecuente en la matriz y cuchilla de doblez generando de esta manera el desgastey daño por fricción
	Succionamiento de Combustible	11	26	Debido al bajo nivel de hidrolina ya que no existe suficiente bombeo de aceite por motivo de alto consumo.
	Baja Presión	10	24	La baja presión se debe al desgaste de sellos y retenes de pistones ocasionando pérdida de fuerza al bajar la cuchilla ya que la presión es menor a 25 mpa
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>70</b>	<b>195</b>	
<i>Oxicorte CNC Plasma</i>	Vibraciones en el motor eléctrico	24	38	Las vibraciones se deben a la corrosión de las piezas del motor
	Congelación del Sistema computarizado	14	36	La congelación del sistema computarizado se debe cuando la memoria pasa el límite de capacidad de almacenamiento ocasionando que se apague automáticamente y eso daña e interfaza los nombres de los dibujos que están grabados en la memoria.
	Suciedad	12	20	Esta falla impide el paso del gas, por motivo de suciedad en los contactores de selenoide ocasionado por el ambiente.
	Rotura	20	66	Existencia de desgaste de los dientes de los engranajes debido a la falta de lubricación y limpieza en los engranajes
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>70</b>	<b>160</b>	
<i>Cizalla Hidráulica</i>	Desgaste	16	36	Existe mucho desgaste en la cuchilla de corte por motivo que no utilizan las calibradas adecuadas para su respectivo espesor. Por lo tanto, el desgaste a las cuchillas producen rebabas dando así una mala calidad de corte en la plancha metálica
	Corte o Rotura	11	27	La rotura o corte en el cable del pedal de accionamiento de la cuchilla es perjudicial y es generado por caída de planchas metálicas sobre él.
	Nivel de Hidrolina	11	37	El bajo nivel de hidrolina se debe a que hay fugas en el depósito hidráulico y en los tubos de alimentación acoplados a los pistones y eso ocasiona que la maquina no trabaje adecuadamente
	Lubricación o engrase	16	29	Falta de engrase y lubricación hace que el calibrador no gire adecuadamente y haya dificultad al manipular.
	Succionamiento de Combustible	11	25	Falta de bombeo de aceite por motivo que no succiona lo suficiente, debido al bajo nivel de combustible en tanque por el consumo.
	Baja Presión	11	36	La presión no es la correcta en los pistones que ayudan a bajar la cuchilla de doblar debido a que es menor a 25 Mpa.
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>76</b>	<b>190</b>	
<i>Cizalla STW</i>	Desgaste	12	28	El desgaste se da en la cuchilla, punzón y matriz debido al inadecuado uso al cortar el material ya que no es el espesor adecuado por ser mayor a lo que corresponde.
	Corte o Rotura	10	28	Se presentó un corte en el cable del pedal ocasionado por la caída de planchas metálicas sobre la máquina.
	Baja Presión	12	37	Los pistones no presentan una adecuada presión debido a la pérdida de fuerza al momento de corte del material y esto no permite bajar la cuchilla adecuadamente.
	Nivel de Hidrolina	12	38	La máquina no trabaja bien debido a que presenta un nivel bajo de hidrolina y esto se debe a la existencia de fugas en el sistema hidráulico y a la vez en las mangueras de alimentación que se encuentran acoplados en los pistones.
	Mal funcionamiento del sistema eléctrico	9	14	El mal funcionamiento del sistema eléctrico se da por la existencia de polvo en el ambiente.
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>55</b>	<b>145</b>	
<i>Taladro de banco</i>	Desgaste	11	35	En el buje de mando del husillo se produce el desgaste y eso provoca un mal movimiento de la broca y a la vez existe un desgaste en los dientes y engranaje del carril elevador de la mesa de banco.
	Vibraciones	8	40	Desgaste del rodaje en el motor debido por antigüedad
	Suciedad	6	12	La existencia de polvo en el ambiente.
	Lubricación	10	33	No existe una frecuente lubricación en la columna y en el carril elevador de la mesa de banco.
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>35</b>	<b>120</b>	
<i>Compresor de Aire</i>	Suciedad	11	24	La existencia de polvo en el ambiente.
	Temperatura elevada	22	80	Fuga de hidrolina y pérdida de viscosidad
	Desgaste	17	66	Existencia de desgaste en las fajas, poleas, en el cabezal del pistón y el pistón debido al trabajo continuo que realiza la máquina y por la falta de cambio de hidrolina en el compresor.
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>50</b>	<b>170</b>	
<b>TOTAL</b>		<b>427</b>	<b>1291</b>	

**Guía de Análisis Documental Aplicado: Detalles de tiempos para obtener la disponibilidad de las máquinas**

**Detalles de tiempos para obtener la disponibilidad- AÑO 2021**

<b>N°</b>	<b>NOMBRE DE LA MÁQUINA</b>	<b>Tiempo Programado</b>	<b>Tiempo de Funcionamiento (Hr/año)</b>	<b>N° de Fallas</b>	<b>Tiempo Inactivo por Reparación (hr/año)</b>
1	Máquina de soldar MIG N° de codificación 03	1440	1100	38	160
2	Máquina de soldar MIG N° de codificación 05	1440	1250	33	151
3	Plegadora hidráulica	1728	1500	70	195
4	Oxicorte CNC Plasma	1728	1387	70	160
5	Cizalla Hidráulica	1728	1677	76	190
6	Cizalla STW	1440	1250	55	145
7	Taladro de banco	1152	1130	35	120
8	Compresor de Aire	2304	1599	50	170

Anexo N° 04: Fotografías como evidencias de las capacitaciones realizadas y evaluadas

REGISTRO DE ASISTENCIA A LA CAPACITACIÓN				Versión	1
Empresa Metalmecánica				Fecha:	13/08/2022
				Página	1--1
Nombre de los expositores:		Ing. Ticlia Toribio Henry, Revolledo Nole Katherine y García Talledo, Suzzet			
Autorizado por:		Jefe de Mantenimiento			
Lugar:	SALÓN DE REUNIÓN	Área	HABILITADO		
Hora de Inicio	4:00 p.m	Hora de término:	6:00 p.m	Tema: TPM.	
Objetivo del evento: CAPACITAR AL PERSONAL SOBRE LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).					
TIPO DE EVENTO					
Charla inducción		Charla de 5 minutos		Curso especial	
Charla de seguridad		Capacitación	X	Otros	
N°	Apellidos y Nombre	Firma		Nota	
1	Marín Salgado Julio			15	
2	Salinas Rebaza Días Luis			18	
3	Beltrán Pérez Enrique			14	
4	Cruz Baltodano Feliz			—	
5	Sáenz Miranda Carlos			17	
6	Reyes Milla Pedro José			—	
7	Serpa García José			—	
8	Aguilar Bacilio Armando			16	
9	Díaz Sánchez Ronaldo			15	
10	Tapia García William			17	
Observación:					

REGISTRO DE ASISTENCIA A LA CAPACITACIÓN		Versión	1
Empresa Metalmecánica		Fecha:	20/08/2022
		Página	1--1
Nombre de los expositores:	Ing. Ticia Toribio Henry, Revollo Nole Katherine y García Talledo, Suzet		
Autorizado por:	Jefe de Mantenimiento		
Lugar:	SALÓN DE REUNIÓN	Área	HABILITADO
Hora de Inicio	4:00 p.m	Hora de término:	6:00 p.m Tema:
Objetivo del evento: CAPACITAR AL PERSONAL SOBRE LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).			
TIPO DE EVENTO			
Charla inducción		Charla de 5 minutos	<input type="checkbox"/> Curso especial
Charla de seguridad		Capacitación	<input checked="" type="checkbox"/> Otros
N°	Apellidos y Nombre	Firma	Nota
1	Marin Salgado Julio		16
2	Salinas Rebaza Días Luis		18
3	Beltrán Pérez Enrique		14
4	Cruz Baltodano Feliz		16
5	Sáenz Miranda Carlos		17
6	Reyes Milla Pedro José		16
7	Serpa García José		—
8	Aguilar Bacilio Armando		16
9	Díaz Sánchez Ronaldo		15
10	Tapia García William		17
Observación:			

Anexo N° 05: Fotografías de las máquinas tomadas como muestra en esta investigación



Operador operando la máquina plegadora hidráulica



Máquina Cizalla Hidráulica



Cizalla STW





Taladro de banco



Compresor de aire



Máquina Soldar MIG 5



Máquina soldar MIG 3

Trujillo, 12 de Abril de 2022

**Ing. Henry Ticlia Toribio**  
**Jefe de Mantenimiento**

Presente.-

Es grato dirigirnos a usted para saludarlo, y a la vez manifestarle que dentro de nuestra formación académica en la experiencia curricular de investigación del IX ciclo de la escuela profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada César Vallejo – PFA – Sede Trujillo, se contempla la realización de una investigación con fines netamente académicos para la obtención del título profesional al finalizar la carrera.

En tal sentido, considerando la relevancia de la organización, solicito su colaboración, para poder realizar nuestra investigación en el área de la empresa que está a su cargo y obtener la información necesaria para poder desarrollar la investigación que se basa en una propuesta titulada: **“Implementación de Mantenimiento Productivo Total optimizado para reducir el tiempo de inactividad no planificado en una empresa metalmecánica”**. En dicha investigación nos comprometemos a mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, salvo que se crea a bien su socialización.

Se adjunta la carta de autorización de uso de información y publicación, en caso que se considere la aceptación de esta solicitud para ser llenada por el representante del área de estudio para la investigación de la empresa.

Agradeciéndole anticipadamente por vuestro apoyo en favor de nuestra formación profesional, hacemos propicia la oportunidad para expresar las muestras de nuestra especial consideración.

Atentamente,



---

García Talledo Suzzet de los Milagros  
Estudiante de la Escuela de Ing. Industrial  
PFA – UCV – sede Trujillo  
DNI N° 44550628



---

Revolledo Nole Katherine Stefany  
Estudiante de la Escuela de Ing. Industrial  
PFA – UCV – sede Trujillo  
DNI N° 72388511

## CARTA DE ACEPTACIÓN

Yo, Ingeniero Henry Javier Ticia Toribio identificado con DNI N° 70656749 en mi calidad de Jefe de Mantenimiento del área de Mantenimiento de la \_\_\_\_\_ con R.U.C N° \_\_\_\_\_ con domicilio legal en Km 572 – 573 El Milagro – Trujillo - Perú.

### OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

A las señoritas GARCIA TALLEDO SUZZET DE LOS MILAGROS identificada con DNI N° 44550628 Y REVOLLEDO NOLE KATHERINE STEFANY identificada con DNI N° 72388511; estudiantes de la carrera profesional de Ingeniería Industrial, para que utilicen la información que se le brindará con la finalidad de que puedan desarrollar su investigación y publicar los resultados en el repositorio de su institución para optar el Título Profesional.

Asimismo, hago de conocimiento que las estudiantes en mención deben respetar lo acordado en el no utilizar el nombre de la empresa en su investigación y no alterar la información brindada por mi persona como jefe de mantenimiento.

Se expide la presente a solicitud de los interesados, para los fines que crea conveniente ante las autoridades correspondientes.

Trujillo, 14 de Abril del 2022.

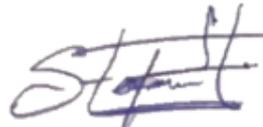
  
Henry Javier Ticia Toribio  
ING. MECANICO ELECTRICISTA  
R. CIP. N° 220616

Firma y sello del Jefe de Mantenimiento  
de la empresa  
DNI N° 70656749

Las Estudiantes declaran que los datos emitidos en esta carta y en su Investigación para su Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, las estudiantes serán sometidas al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirán toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que el jefe de mantenimiento de la empresa, otorgante de la información, pueda ejecutar sino se respeta lo acordado en la presente carta.



García Talledo Suzzet de los Milagros  
Estudiante de la Escuela de Ing. Industrial  
PFA – UCV – sede Trujillo  
DNI N° 44550628



Revolledo Nole Katherine Stefany  
Estudiante de la Escuela de Ing. Industrial  
PFA – UCV – sede Trujillo  
DNI N° 72388511



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **Declaratoria de Autenticidad de los Asesores**

Nosotros, ARANDA GONZALEZ JORGE ROGER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesores de Tesis titulada: "Implementación de mantenimiento productivo total para reducir el tiempo de inactividad no planificado en una empresa metalmecánica", cuyos autores son GARCÍA TALLEDO SUZZET DE LOS MILAGROS, REVOLLEDO NOLE KATHERINE STEFANY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

Hemos 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, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ARANDA GONZALEZ JORGE ROGER <b>DNI:</b> 18072194 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0307-5900	Firmado electrónicamente por: JARANDA el 21-12- 2022 23:01:44
LINARES LUJAN GUILLERMO ALBERTO <b>DNI:</b> 40026086 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3889-4831	Firmado electrónicamente por: GLINARESL el 09-12- 2022 15:41:38

Código documento Trilce: TRI - 0476298