



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

Implementar un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la
disponibilidad de los tornos en una empresa metalmecánica, Ancash,
2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Vasquez Gonzales, David Eduardo (orcid.org/0009-0004-6653-2971)

ASESOR:

Mg. Cuadros Camposano, Edwin Huber (orcid.org/0000-0001-6478-8130)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad de los Tornos en una Empresa Metalmeccánica, Ancash, 2024", cuyo autor es VASQUEZ GONZALES DAVID EDUARDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

TRUJILLO, 30 de Setiembre del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER DNI: 09599387 ORCID: 0000-0001-6478-8130	Firmado electrónicamente por: EHCUADROS el 16- 10-2024 09:01:24

Código documento Trilce: TRI - 0868928



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, VASQUEZ GONZALES DAVID EDUARDO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad de los Tornos en una Empresa Metalmecánica, Ancash, 2024", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
DAVID EDUARDO VASQUEZ GONZALES DNI: 70920889 ORCID: 0009-0004-6653-2971	Firmado electrónicamente por: DAVIDV el 09-04-2024 10:38:55

Código documento Trilce: TRI - 0742577

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se la dedicó a mis padres, asesores de la Universidad, donde siempre estuvieron acompañándome en los retos que se trazó dentro del trabajo.

Agradecimiento

Agradezco a la empresa que me brindaron el apoyo con la información de los datos para lograr los resultados que se evidencian en el presente trabajo de investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad del autor/autores	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	ix
Resumen	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	11
III. RESULTADOS	16
IV. DISCUSIÓN	72
V. CONCLUSIONES	76
VI. RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS	79
ANEXOS	86

Índice de tablas

Tabla 1 Técnicas e Instrumentos	13
Tabla 2 Torno 1, Marca Weisser Heilbron.....	16
Tabla 3 Torno 2, Marca Gornati Legoor 350	17
Tabla 4 Nivel de riesgos de los procesos.....	18
Tabla 5 Codificación de las áreas en la Empresa	20
Tabla 6 Codificación de los Tornos.....	20
Tabla 7 Stock de repuestos y accesorios.....	21
Tabla 8 Mantenimiento Rutinario de los Tornos.....	24
Tabla 9 Inspecciones periódicas.....	25
Tabla 10 Actividades predeterminadas.....	26
Tabla 11 Confiabilidad del torno 1	49
Tabla 12 Confiabilidad del torno 2	50
Tabla 13 Mantenibilidad del Torno 1	53
Tabla 14 Mantenibilidad del Torno 2.....	54
Tabla 15 Disponibilidad del torno 1	56
Tabla 16 Disponibilidad del torno 2.....	57
Tabla 17 Costos de mantenimiento por acciones correctivas	59
Tabla 18 Costos de mantenimiento por acciones preventivas y correctivas.....	60
Tabla 19 Estadística Descriptiva del MTBF (pre, post test) – Torno 1.....	61
Tabla 20 Estadística Descriptiva del MTBF (pre, post test) – Torno 2.....	62
Tabla 21 Estadística Descriptiva del MTTR (pre, post test) – Torno 1	62
Tabla 22 Estadística Descriptiva del MTTR (pre, post test) – Torno 2	63
Tabla 23 Estadística Descriptiva de la Disponibilidad (pre, post test) – Torno 1 ..	63
Tabla 24 Estadística Descriptiva de la Disponibilidad (pre, post test) – Torno 2 ..	63
Tabla 25 Prueba de normalidad MTBF Torno 1	64
Tabla 26 Prueba de normalidad MTBF Torno 2	65
Tabla 27 Prueba de normalidad MTTR Torno 1	65
Tabla 28 Prueba de normalidad MTTR Torno 2.....	66
Tabla 29 Prueba de normalidad Disponibilidad Torno 1	66
Tabla 30 Prueba de normalidad Disponibilidad Torno 2.....	67
Tabla 31 Prueba de hipótesis MTBF torno 1.....	68
Tabla 32 Prueba de hipótesis MTBF Torno 2.....	68

Tabla 33 Prueba de hipótesis MTTR Torno 1	69
Tabla 34 Prueba de hipótesis MTTR Torno 2	70
Tabla 35 Prueba de hipótesis disponibilidad Torno 1	70
Tabla 36 Prueba de hipótesis disponibilidad Torno 2.....	71

Índice de figuras

Figura 1 <i>Clasificación de fallas en equipos</i>	6
Figura 2 Modelo del torno.....	8
Figura 3 Matriz de riesgos de los procesos	9
Figura 4 Stock de repuestos y accesorios	23
Figura 5 MTBF (Pre - Postest). Torno 1	51
Figura 6 MTBF (Pre - Postest). Torno 2	52
Figura 7 MTTR (pre - postest). Torno 1	55
Figura 8 MTTR (pre - postest). Torno 2.....	55
Figura 9 Disponibilidad (Pre - Postest). Torno 1	58
Figura 10 Disponibilidad (Pre - Postest). Torno 2.....	58

Resumen

La investigación se centra en los tornos de una empresa metalmecánica en Ancash, con el objetivo de implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en actividades predeterminadas y condiciones básicas para mejorar la disponibilidad de los equipos. El estudio es aplicado, con diseño experimental pre-experimental, utilizando fichas de observación para recolectar datos y el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) para identificar fallas funcionales, proponiendo estrategias de mejora y actividades de mantenimiento, además tiene como objetivo de desarrollo sostenible el trabajo decente y desarrollo económico. Los resultados evidencian una mejora del 22.39% en la disponibilidad del Torno 1 y del 29.32% en el Torno 2 en las pruebas pre y post. La implementación del plan de mantenimiento se desarrolló en el año 2023, en la que el análisis económico muestra un beneficio de S/. 24 469.00, logrando un ahorro significativo. En conjunto, el plan de mantenimiento mejoró la disponibilidad de los tornos, optimizando el rendimiento, aumentando la eficiencia operativa y reduciendo los tiempos de inactividad, lo que impulsó el crecimiento económico de la empresa.

Palabras clave: Plan de mantenimiento preventivo, tornos, confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad.

Abstract

The research focuses on the lathes of a metalworking company in Ancash, with the objective of implementing a preventive maintenance plan based on predetermined activities and basic conditions to improve the availability of the equipment. The study is applied, with a pre-experimental experimental design, using observation sheets to collect data and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to identify functional failures, proposing improvement strategies and maintenance activities, as well as having the objective of sustainable development, decent work and economic development. The results show an improvement of 22.39% in the availability of Lathe 1 and 29.32% in Lathe 2 in the pre and post tests. The implementation of the maintenance plan was developed in the year 2023, in which the economic analysis shows a benefit of S/. 24,469.00, achieving significant savings. Overall, the maintenance plan improved the availability of the lathes, optimizing performance, increasing operating efficiency and reducing downtime, which boosted the company's economic growth.

Keywords: Preventive maintenance plan, lathes, reliability, availability, maintenance.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional, el sector de la metalmecánica en Colombia se encargó del procesamiento de acero en productos de laminaciones, tuberías, estructuras metálicas y equipos industriales. En ese momento, todo el país contaba con más de 680 plantas procesadoras de metales en toda la cadena productiva. Este sector se volvió importante para el desarrollo económico nacional debido a su gran potencial para satisfacer la expansión progresiva del requerimiento en el sector constructivo (Vela, Plazas Martinez, & Velandia Garzon, 2021).

El mantenimiento consistió en realizar inspecciones regulares de la maquinaria industrial, incluyendo verificación de funcionamiento, seguridad, calibración, limpieza y lubricación. Las empresas seguían un plan de mantenimiento periódico para asegurar el óptimo estado de las máquinas y programar reparaciones mayores cuando fuera necesario. Sin embargo, surgieron problemas debido a errores operativos y funcionales, exacerbados por la operación continua y, en ocasiones, desatendida. La falta de análisis de confiabilidad afectó la durabilidad de los componentes electromecánicos y la seguridad, reduciendo su vida útil (Vela, Plazas Martinez, & Velandia Garzon, 2021).

En el ámbito nacional, en el Perú se utilizaron estas máquinas llamadas tornos en el sector de la producción. El grado de dificultad en este pequeño mercado se caracterizó por la escasa información disponible, ya que la mayoría de los tornos eran de origen importado y tenían una baja cantidad de repuestos en el país (Espejo Zavaleta, 2018). En el desarrollo del trabajo interno de la industria, se enfrentaron diversos problemas día a día, tales como el déficit de personal calificado para el mantenimiento de cada máquina y las fallas de nivel técnico de las herramientas de trabajo (torno).

En el ámbito local, la empresa, enfrentó diversos problemas con las máquinas de producción llamadas "torno". En el área de maestranza, no se contó con un programa de mantenimiento preventivo fijo donde se pudieran registrar e inspeccionar las actividades de mantenimiento. Especialmente, las fallas en los tornos incluyeron el sobrecalentamiento del motor por falta de aceite, la rotura de dientes de engranajes por malos cambios de caja de transmisión, el desgaste de bancadas por falta de lubricación y el rompimiento de las cuchillas de desbaste. Las

paradas imprevistas se debieron a la falta de actividades de prevención, la falta de registros de las inspecciones por cada actividad de mantenimiento preventivo, un inadecuado procedimiento de los repuestos de los tornos y la falta de herramientas de gestión que ayudaran a controlar los riesgos y procedimientos correspondientes. Estas paradas no programadas retrasaron o incluso impidieron la entrega de trabajos a tiempo, los factores que generaron el desagrado de los usuarios e impidió contar con la disponibilidad inmediata o adecuada de las máquinas. Cuando estas máquinas se dañaron durante los procesos de producción o funcionamiento, retrasaron la orden de compra de los clientes y perjudicaron económicamente a la empresa, presentándose en gastos fortuitos y excesivos para realizar el mantenimiento correctivo. Por tales motivos, se llegó al requerimiento de establecer una estrategia de mantenimiento preventivo basado en actividades predeterminadas y condiciones básicas. Este plan incluyó el registro de las inspecciones, la programación de los repuestos en la empresa y el desarrollo de mecanismos de administración para fomentar el progreso de las actividades propuestas.

El objetivo de la investigación fue implementar un plan de mantenimiento preventivo en los tornos de una empresa metalmecánica para mejorar su disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad. Esto redujo los tiempos de inactividad, optimizó el rendimiento y aumentó la eficiencia operativa, fomentando el aumento de la rentabilidad de la organización al fortalecer su capacidad productiva y modernizar sus procesos. Con base en el problema identificado, se plantea el problema de la siguiente manera. ¿Qué efecto produce la implementación del plan de mantenimiento preventivo a la disponibilidad de los tornos en una Empresa Metalmecánica, Ancash, 2023?,

En la justificación de estudio se tiene algunos tipos las cuales son: justificación económica referente al mantenimiento preventivo puede mejorar la posibilidad de provisión de torno por parte de la empresa, mejorará la parte económica, disminuirá los costes de operación y aumentando las producciones. La justificación tecnológica en la adaptación de las tecnologías del mantenimiento aumenta la disponibilidad de la máquina donde ayuda a disminuir la falla grave y contribuirá con la provisión de dicha máquina, este estudio nos ofrece una guía para todos los

involucrados en máquinas de procedo de metal. La justificación ambiental se mejoró y amplió el proceso de diseño a fin de maximizar la disponibilidad de la organización y crear materiales más sostenibles, reduciendo así el medio ambiente y los desechos metálicos en la zona.

Asimismo, se tiene como objetivo general implementar el plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los tornos antes y después de su implementación en una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023. Luego se observa los objetivos específicos donde el primero es: realizar el análisis de riesgo para identificar causas de falla y establecer estrategias de mantenimiento preventivo que mejoren su disponibilidad en una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023. La segunda es: Implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad en una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023, la tercera es: Evaluar la confiabilidad de los tornos antes y después de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo y su impacto en la disponibilidad en una Empresa Metalmecánica, Áncash 2023, la cuarta es: Evaluar la mantenibilidad de los tornos antes y después de su implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo y su impacto en la disponibilidad en una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023, la quinta es : Evaluar los costos generados por el mantenimiento preventivo propuesto para analizar su impacto económico y su relación con la disponibilidad de los tornos, en una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023.

Los antecedentes internacionales se detallan a continuación según Ben et al. (2021) en su artículo analizaron el impacto del mantenimiento preventivo en la confiabilidad de equipos en una planta embotelladora, usando datos de seis meses para calcular el MTBF, MTTR y tasa de fallas. Identificaron como críticas la empacadora de botellas, el inspector de botellas vacías (EBI) y el paletizador. Tras implementar un programa de mantenimiento autónomo (AM), la confiabilidad de la empacadora aumentó del 55,30% al 70,80%, y la del EBI y el paletizador subió del 89,20% y 87,20% al 92% y 90,50%, respectivamente. Concluyeron que un mantenimiento preventivo bien diseñado mejora significativamente la confiabilidad de los equipos.

Al-Duais et al. (2022) cuyo objetivo de este artículo fue que desarrollaron una fórmula para determinar los intervalos óptimos de mantenimiento preventivo,

utilizando la distribución de Weibull para modelar fallas. Su metodología incluyó la derivación de la función de confiabilidad y el cálculo del tiempo promedio entre fallas antes y después del mantenimiento. Los resultados mostraron que el mantenimiento preventivo mejoró significativamente la confiabilidad y extendió el tiempo de operación entre fallas, demostrando su eficacia para mejorar el rendimiento de las máquinas.

Raghav et al. (2022) en este artículo, optimizaron el intervalo de mantenimiento preventivo en un sistema en serie-paralelo para maximizar la disponibilidad y minimizar los costos. Utilizaron un modelo multiobjetivo resuelto con técnicas como GP, FGP, GA y PSO, y realizaron simulaciones con R y MATLAB. Los resultados mostraron que el algoritmo PSO fue el más eficaz, mejorando significativamente la disponibilidad del sistema y disminuyendo los gastos de mantenimiento, ofreciendo una solución robusta para la gestión eficiente del mantenimiento preventivo en sistemas de operación continua.

Khalili et al. (2023) El objetivo del artículo fue evaluar la efectividad del mantenimiento preventivo planificado (PPM) en una planta dosificadora, centrándose en la mejora del Índice de Eficiencia General del Equipo (OEE). Se compararon datos del OEE antes y después de implementar el PPM para medir su impacto. Utilizando SPSS 25 y Excel para el análisis, se encontró que el OEE mejoró del 68,3% al 57,5%, indicando que el PPM aumentó la disponibilidad del equipo, la efectividad operativa y la fiabilidad de los productos, confirmando así su impacto positivo en el desempeño de la planta.

Los antecedentes nacionales se detallan a continuación, según Uribe (2020) este artículo se centró en mejorar la disponibilidad de la máquina remalladora en una empresa textil mediante un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad. La metodología incluyó un análisis de criticidad y un análisis de modo y efecto de fallas para diseñar un programa de mantenimiento que optimizara los procedimientos preventivos y predictivos. Los datos revelaron un crecimiento considerable en el funcionamiento de la máquina y una reducción en las paradas prolongadas por mantenimiento correctivo, optimizando la efectividad y el desempeño productivo de la organización. La conclusión destaca que un enfoque estructurado en el análisis

de fallas puede mejorar notablemente la disponibilidad y confiabilidad de equipos críticos

Cadena y Vásquez (2021) en este artículo mejoraron la productividad de una empresa de hielo industrial mediante un plan integral que incluyó un análisis de situación con herramientas como el método Ishikawa, un plan de mantenimiento, un programa de repuestos y la automatización del llenado de cubetas. Como resultado, la productividad aumentó un 14.3% y la eficiencia operativa un 8.27%. El análisis de costo-beneficio mostró un valor de 1.17, indicando que cada sol invertido generó un retorno adicional de S/.0.17. Las acciones implementadas demostraron ser efectivas y rentables, apoyando el crecimiento y competitividad de la empresa.

Cari y Fernández (2020), demostraron que la optimización de tornos en una empresa industrial en Lima se logró mediante una planificación de mantenimiento, aumentando la disponibilidad de los tornos del 82.17% al 92.32%. Utilizando un enfoque cuantitativo, no experimental y correlacional, el estudio evidenció una mejora significativa en la eficiencia operativa, adaptándose bien a las necesidades y capacidades del personal y mostrando que el plan tuvo un impacto positivo en la productividad general de la empresa.

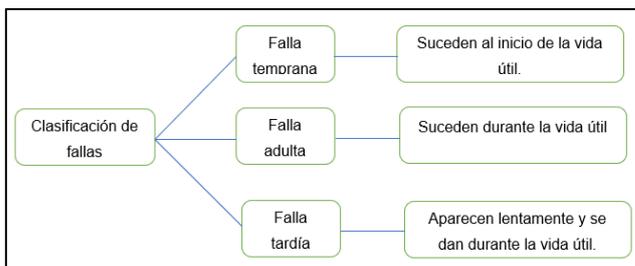
Valencia (2021), realizó un estudio centrado en las máquinas CNC de corte en sierra cinta en la Compañía Comercial Industrial Peruano Sueca S.A.-Cipesa. La metodología incluyó la evaluación de las deficiencias en la operación de corte y la evaluación del estado de las máquinas y la falta de mantenimiento. Los resultados mostraron que la ausencia de mantenimiento regular provocaba tiempos muertos y paradas imprevistas, afectando la productividad. Valencia concluyó que un plan de mantenimiento preventivo anual era crucial para mejorar la efectividad del proceso de corte y aumentar la productividad al reducir tiempos muertos y paradas inesperadas

Moreira (2022), investigó el impacto de técnicas de mantenimiento en equipos CNC en un taller mecánico de una unidad educativa en Ecuador. Utilizando un enfoque exploratorio y descriptivo, el estudio mostró un aumento del 15% en la disponibilidad, del 71,38% al 86,88%, y una mejora general del 32,20% en la efectividad del mantenimiento, evidenciando que la implementación de estas técnicas optimizó significativamente la eficiencia y rendimiento de los equipos.

El mantenimiento preventivo se implementa principalmente con el propósito de evitar, mediante una planificación y programación adecuadas de las acciones periódicas, las fallas anticipadas en dispositivos, sistemas e instalaciones que podrían interrumpir tanto el procedimiento productivo como el funcionamiento normal de los elementos afectados. Este enfoque de mantenimiento, a diferencia del correctivo, busca preservar en óptimas estipulaciones las instalaciones, equipos, sistemas, maquinaria y cualquier otro componente sujeto a este tipo de mantenimiento (Arroyo & Obando, 2022).

Figura 1

Clasificación de fallas en equipos



Nota. Tipos de fallas que suceden en los equipos. Tomado de Alarcón et al., 2020, p. 37.

La tarea de mantenimiento es una actividad efectiva que busca mejorar aspectos operativos importantes de una instalación, como su funcionamiento, seguridad, productividad, comodidad, imagen corporativa, salud e higiene. Además, proporciona la oportunidad de optimizar los costos de operación. El mantenimiento debe ser constante y regular, abarcando tanto medidas preventivas como correctivas (Vela, Plazas Martínez, & Velandia Garzon, 2021).

Se requiere mantenimiento del equipo para realizar la función para la cual se diseñó, desde los inicios de la industrialización, el mantenimiento se ha entendido como parte integral del buen desempeño de las máquinas, con el avance de la tecnología, han surgido diferentes formas de gestionar estas actividades. Todos se proponen halla la opción más rentable y efectiva de garantizar que la función esperada se realice conforme a los criterios establecidos a través de la aplicación de recursos y tácticas que simplifiquen la revisión y la elección de decisiones (Mago Ramos & Rocha Pachón, 2021).

El propósito del mantenimiento es establecer una metodología que permita gestionar de manera descentralizada el mantenimiento preventivo, mejorando así la objetividad en la implementación de los programas de mantenimiento y creando una estructura accesible y fácil de usar. Esto busca mitigar los problemas que afectan la optimización de los procedimientos de mantenimiento preventivo, como la falta de registro de equipos en la base de datos, variaciones en la base de datos, desequilibrio en la carga horaria entre períodos, rutinas de mantenimiento inadecuadas para las máquinas o frecuencias inadecuadas, entre otros (Pillado, Castillo, & Riva, 2022).

El mantenimiento preventivo ofrece ventajas significativas, como la optimización de gastos de producción y el incremento en la operatividad de equipos, al permitir una planificación efectiva y una previsión adecuada de repuestos. Requiere conocimientos detallados de la maquinaria y un análisis adecuado para su correcta implementación y mejora continua. Sin embargo, las desventajas incluyen la posibilidad de desmotivación por la rutina prolongada de las tareas y la necesidad de sistemas creativos para mantener el compromiso del personal. Además, implica un capital preliminar en instalaciones y mano de obra, y la planificación debe ser realizada por profesionales especializados para garantizar su éxito. (Molina Rodríguez, Blanco Blandón, & Sánchez Figueroa, 2018).

Respecto a la formulación de un plan de mantenimiento preventivo se debe tener tomando en consideración los aspectos operativos y las circunstancias de funcionamiento de los equipos, los cuales son parámetros que ajustan procedimientos y ayudan a la exactitud de intervenciones y estos son: condiciones actuales, estas hacen referencia a estudiar y entender condiciones de funcionamiento de equipos como cantidad de los mismos, número de trabajadores en áreas de producción y mantenimiento, horarios de producción y áreas para mantenimiento además se debe tener en cuenta la recopilación de información técnica, esto consiste en tener catálogos, fichas técnicas de equipos que indiquen funciones de funcionamiento estándar o normales en parámetros como potencia, medidas, repuestos (Benel, 2017).

La disponibilidad se refiere al tiempo porcentual durante el cual un equipo está listo y apto para desempeñarse bajo un protocolo establecido. Medir con precisión

estos tiempos es crucial para evaluar la efectividad operativa de los activos industriales y determinar oportunidades de mejora en su mantenimiento y operación. Hoy por hoy, hay compañías que no realizan una planificación adecuada del mantenimiento, o simplemente se limitan al mantenimiento correctivo, excluyendo enfoques de mantenimiento que se apoyan en la evaluación de importancia y disponibilidad.

Para diseñar un plan de mantenimiento preventivo se debe tener en cuenta en primer lugar la planificación, donde se consideran los equipos de criticidad para la producción, la meta es lograr reducir gastos de mantenimiento, en segundo lugar se tiene la organización, donde se sugiere la implementación de un área específica para realizar mantenimientos dentro de la empresa mediante programaciones, luego se tiene la ejecución para llegar a mantener y mejorar la disponibilidad de equipo mediante propuestas, se tiene en cuenta los tiempos de actividades, por último tenemos al control, donde se lleva un seguimiento al mantenimiento de las máquinas y equipos a través de documentos por ejemplo de programación de calibración y lubricación (Aquino & Atalaya, 2020).

La confiabilidad se refiere a la seguridad y certeza de que un equipo, elemento o sistema funcionará de manera adecuada durante un período de tiempo específico. También se puede decir que la confiabilidad se examina dependiendo del número y el tiempo de las interrupciones que se presentan (Vigo Roque, 2020). Según Buenaño y otros (2019), La confiabilidad de un equipo se puede medir a través de la frecuencia de fallas que experimenta. Si no hay averías, el dispositivo se considera 100% confiable.

Figura 2

Modelo del torno



Nota. Imagen tomada de (Ramirez, 2018).

Los costos de mantenimiento asociados con fallas de equipos se dividen en dos categorías principales: costos directos, que abarcan mano de obra y gastos administrativos, y pérdidas de producción, que incluyen la reducción en la producción y el efecto que tiene en la excelencia del producto. Estos costos subrayan la importancia de mantener la operatividad continua de los equipos para evitar interrupciones costosas y garantizar altos estándares de rendimiento, lo que es crucial para la satisfacción del cliente y la eficiencia general de la producción. Mantener equipos en buen estado no solo minimiza gastos inmediatos, sino que también asegura una producción fluida y un producto de alta calidad, contribuyendo así a la estabilidad y competitividad de la empresa (Mauricio Rimachi & Olarte Rojas, 2020).

El análisis de la matriz de riesgos de las causas principales que afectan la disponibilidad de los tornos, con la finalidad de evaluar el nivel de riesgo de cada causa, valorando la frecuencia con que se presenta y el nivel de ocurrencia (Casas Roque, 2017).

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} \times \text{Ocurrencia}$$

Ecuación 1

Figura 3

Matriz de riesgos de los procesos

		Ocurrencia				
		1	2	3	4	5
Frecuencia	nivel					
	1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
	2	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
	3	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto
	4	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
	5	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto
	6	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto
	7	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto
	8	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
	9	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
10	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	

El tiempo medio entre fallas (MTBF), representa el lapso durante el cual una máquina, equipo o sistema puede funcionar sin presentar interrupciones de forma óptima. Este indicador presenta una métrica que proporciona una evaluación indirecta de la confiabilidad de la máquina o equipo en consideración (Casas Roque, 2017).

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo de uso}}{\# \text{ de fallas}} \quad \text{Ecuación 2}$$

El tiempo medio para reparar (MTTR), es el tiempo promedio necesario para reparar una máquina, equipo o sistema una vez que se haya presentado la falla. Este indicador se calcula considerando el tiempo transcurrido desde el momento en que se presenta o detecta la falla hasta que el equipo vuelva a su estado operativo, es decir, las horas de fallos equivalen al tiempo requerido para efectuar la reparación (Casas Roque, 2017).

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\# \text{ de fallas}} \quad \text{Ecuación 3}$$

La disponibilidad se entiende a la probabilidad de una máquina esté en condiciones de operar adecuadamente cuando se requiere, lo cual puede resultar una repercusión favorable en la productividad, rentabilidad y eficiencia de la institución. Una máquina o equipo altamente disponible disminuye los tiempos de inactividad, por lo que aumenta su rendimiento y fortalece a seguir produciendo en la empresa, es por eso que la disponibilidad es fundamental para el éxito operativo y comercial de cualquier organización (Casas Roque, 2017).

$$D = \frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} + \text{MTTR})} \quad \text{Ecuación 4}$$

II. METODOLOGÍA

En términos de la naturaleza de la investigación, el presente estudio cumple con todas las características necesarias para ser considerado una investigación aplicada, que busca abordar un problema social, dado que se centra en resolver problemas sociales en este caso la mejor productividad y disponibilidad en sus tornos en una empresa para el servicio de la población donde se encuentra (Baena, 2017).

Gutiérrez y Salazar (2008) menciona que este diseño se enfoca en realizar modificaciones planificadas en el proceso con el fin de generar señales beneficiosas. Se puede afirmar que será una investigación experimental para evaluar las estrategias de mantenimiento preventivo en los tornos en una Empresa Metalmecánica, por lo que se realizará una revisión de los registros de fallos de los equipos de tornos con el fin de identificar causas de falla y establecer estrategias específicas que mejoren la disponibilidad operativa, alineándose así con el plan de mantenimiento preventivo propuesto.

Respecto al Plan de Mantenimiento Preventivo, este es un mantenimiento con fines de prever fallas implica una serie de tareas planificadas previamente que se realizan para abordar las fuentes conocidas de fallas potenciales de la función para la cual se creó el activo. Se puede programar según el tiempo, el uso y el estado del dispositivo.

Además, la disponibilidad ocurre siempre que el equipo del torno esté en funcionamiento continuo a través de la confiabilidad durante la vida útil especificada y la capacidad de servicio, como el tiempo de reparación durante la vida útil.

Para Hernández y Mendoza (2018) la población se establece como el conjunto completo donde tiene influencia la investigación, donde los individuos comparten similares características. La población de estudio está compuesta por los dos tornos específicos ubicados en una Empresa Metalmecánica en Áncash. Estos tornos serán el foco del estudio donde se implementará el plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de mejorar su disponibilidad y asegurar su buen estado operativo

Como criterios de inclusión, se tomó como población las 2 máquinas de tornos presentes en una Empresa Metalmecánica. Y como criterios de exclusión, No se

consideró como población las demás máquinas del área de maestra de una Empresa Metalmecánica.

De la misma manera referenciando a Hernández y Mendoza (2018) se representa la muestra a un pequeño grupo representativo de la población sin perder la esencia que la caracteriza. Será aquella cantidad reducida correspondiente que ha sido estipulada por la población el cual se ejecutará el mantenimiento preventivo, La muestra estará constituida por las dos máquinas de tornos ubicadas en el área de maestranza de una Empresa Metalmecánica en Áncash. Estos equipos específicos fueron seleccionados como muestra debido a su importancia estratégica dentro del proceso productivo de la empresa y la necesidad de implementar mejoras a través de un plan de mantenimiento preventivo. La elección de estas máquinas se basa en criterios técnicos y operativos relevantes para el estudio, asegurando así la representatividad adecuada de la muestra poblacional

Respecto al muestreo, es una técnica probabilística, debido a que se centra en la ejecución práctica y operativa del plan diseñado, utilizando observaciones directas del proceso de mantenimiento para evaluar su efectividad. Se establecen procedimientos específicos y se monitorea el impacto del plan en términos de confiabilidad y disponibilidad de los equipos, asegurando ajustes oportunos para optimizar los resultados obtenidos.

Para Ñaupas et al. (2018) las unidades de análisis comparten características similares y se ubican en un contexto similar. La unidad de análisis es el torno que es los equipos de maquinaciones de producción del área de maestranza el cual se va a medir los problemas donde se analizaron en la investigación, estas máquinas son aquellos llamados tornos de una empresa metal mecánica.

En esta investigación, se recopilaron datos mediante la observación directa de las labores de mantenimiento, incluyendo la recopilación de datos sobre los antecedentes de fallos de los equipos y situaciones perceptibles a través de una serie de aspectos y medidas. Para realizar el proceso de mantenimiento preventivo en el estudio, se empleó la observación directa de los equipos de torno basándose en las órdenes de trabajo y registros de mantenimiento de años anteriores y del presente, siguiendo el plan de mantenimiento preventivo establecido. Además, se realizó una entrevista no estructurada al personal encargado de las acciones de corrección de los equipos de torno en la empresa metal-mecánica.

El instrumento empleado es, las fichas de observación utilizadas en este estudio son registros que documentan las actividades de las máquinas de torno previo y posterior de la ejecución del mantenimiento preventivo. Estas fichas tienen como objetivo controlar las condiciones de las máquinas y equipos que se utilizan regularmente, con el fin de identificar situaciones que puedan causar fallas y un desgaste perjudicial para los equipos.

Se hace referencia a todos los recursos empleados para procesar los datos obtenidos durante la observación. La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere a la consistencia de los resultados obtenidos a través de la medición, lo cual certifica su confiabilidad. Un instrumento es considerado fiable cuando sus resultados son coherentes y aplicables en múltiples contextos. En el presente informe de investigación, se asegura que los datos recopilados son fidedignos, ya que han sido proporcionados por la misma empresa.

En la Tabla N° 1, se puede evidenciar las técnicas e instrumentos los cuales sirvieron para la recolección y la toma de datos para el periodo establecido y los indicadores que se calculó.

Tabla 1

Técnicas e Instrumentos

INSTRUMENTO	TÉCNICA	Objetivo
Ficha técnica	Análisis documental	Determinar los datos, planos y características de los tornos
Ficha técnica	Análisis documental	Determinar el plan de mantenimiento preventivo predeterminado y basado en condición
Ficha de registro del tiempo de paradas, tiempo de operación y número de fallas	Observación directa	Calcular confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

Nota. Elaboración propia

Con el fin de cumplir los objetivos trazados se cumplió una serie de pasos:

Se llevó a cabo un análisis inicial de la disponibilidad de las máquinas mediante visitas a la empresa para revisar los registros existentes de los operarios de las máquinas, con el objetivo de optimizar las herramientas esenciales para cumplir con los procesos establecidos. Este análisis permitió identificar áreas críticas y deficiencias en el mantenimiento actual de los equipos, fundamentales para la implementación efectiva del plan de mantenimiento preventivo.

Se implementó un plan de mantenimiento el cual se rige por prever posibles inconvenientes con el correcto funcionamiento de las máquinas: Se creó un plan con los fines anteriores para las dos máquinas de torno en la organización, tomando en cuenta las diversas prácticas de manutención indicadas en sus guías de funcionamiento, así como solicitando la opinión de los operarios acerca de los mantenimientos más necesarios.

Se evaluó la disponibilidad de las máquinas después de implementar el plan de mantenimiento preventivo, estimando el número de fallos detectados y las mejoras necesarias para optimizar el funcionamiento de las máquinas. También se analizó el tiempo proyectado en el que podrían estar fuera de servicio. Este análisis fue crucial para evaluar el impacto del plan implementado en la disponibilidad operativa de los tornos en la empresa metalmecánica.

Terminando los pasos, se comparó los datos obtenidos antes de la implementación de estas medidas con las actuales después de haber implementado un tratamiento en este caso el mantenimiento de las maquinas enfocándose en los puntos de como cambio en la disponibilidad y su optimización de los procesos llevados a cabo en la empresa.

Para analizar los datos en este estudio, se empezó usando Excel 2019 para recopilar toda la información que íbamos a procesar. Luego, entró en acción SPSS V.25, que nos echó una mano para analizar los datos ya recogidos. Con este software, pudimos observar cómo se distribuyen los datos y su relevancia en el estudio.

En este estudio, se prioriza la transparencia y la calidad de los datos recolectados, garantizando que el conocimiento no sea distorsionado. Se lleva a cabo un proceso

riguroso que asegura la integridad de la información, siguiendo estrictamente los lineamientos del código de ética de la Universidad César Vallejo. Este compromiso con la ética busca contribuir al avance de la investigación y resaltar la importancia de la integridad en la práctica científica.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los siguiente:

3.1. Realizar el análisis de riesgo para identificar causas de falla y establecer estrategias de mantenimiento preventivo que mejoren su disponibilidad en una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023

Análisis de riesgo

- Situación actual de la Empresa

En esta empresa metalmecánica, se identificó la situación actual mediante un análisis detallado de los problemas que afectan la disponibilidad de los equipos, específicamente los Tornos 1 y 2. Se utilizó un enfoque de evaluación centrado en el Torno 1 para estudiar su disponibilidad.

En la tabla N° 2 se presenta la descripción del Torno 1, el cual ha sido seleccionado para la evaluación de la disponibilidad del estudio.

Tabla 2

Torno 1, Marca Weisser Heilbron

Tipo: Junior

Construido en 1980

Altura central 210 mm

Circulación sobre la mesa 420 mm

Distancia entre centros 1500 mm.

Accionamiento 5KW

Velocidad del husillo 20-2000 rpm

Nota. Especificaciones y características del Torno 1, Adaptada de los registros y reportes de la empresa.

En la tabla N° 3 se visualiza la descripción del Torno número 2, para la evaluación de su disponibilidad.

Tabla 3

Torno 2, Marca Gornati Legoor 350

Año de construcción: 1970

País de Origen: Italia

Altura del centro: 350 mm

Distancia entre puntas: 2500 mm

Paso de barra: 104 mm

Velocidad del husillo: 1500 rpm, 310 mm

Nota. Especificaciones y características del Torno 2, Adaptada de los registros y reportes de la empresa.

La evaluación de los aspectos técnicos de los tornos, a través de su descripción y características, permitió analizar sus componentes, sistemas y tomar las referencias de los catálogos y fichas de fabricación. Además, facilitó la identificación de las actividades predeterminadas que deben llevarse a cabo mediante una programación previa según el equipo de mecanizado.

- Matriz de riesgo de las causas principales

En este estudio, se ha realizado una evaluación de los niveles de riesgo asociados con cada causa identificada en el mantenimiento de tornos, utilizando una metodología basada en una matriz de doble entrada. Esta matriz permite calcular el nivel de riesgo multiplicando las frecuencias de ocurrencia y las consecuencias asociadas a cada causa específica.

La frecuencia de cada causa se determinó mediante un análisis detallado de la ocurrencia histórica y proyectada en el entorno operativo definido. Estas frecuencias se expresaron en números específicos que representan la cantidad estimada de veces que cada causa puede ocurrir durante un período de tiempo determinado.

Por otro lado, la evaluación de las consecuencias se realizó considerando las repercusiones posibles sobre la seguridad operativa, la eficiencia del mantenimiento y la disponibilidad de recursos críticos para el mecanizado. Las

consecuencias fueron evaluadas numéricamente según su severidad y su capacidad para afectar las operaciones diarias de mantenimiento y producción.

Al multiplicar las frecuencias de ocurrencia por las consecuencias calculadas, se obtuvo un nivel de riesgo numérico para cada causa identificada. Estos niveles de riesgo se clasificaron en tres categorías: bajo, medio y alto, lo cual proporcionó una base sólida para priorizar las acciones de mitigación y mejora continua en el mantenimiento de tornos.

En la Tabla N° 4 se muestra el nivel de riesgo de las causas principales, valoradas según el criterio de evaluación de la matriz.

Tabla 4

Nivel de riesgos de los procesos

Causas	Letra	Frecuencia	Ocurrencia	Riesgo	Nivel
Falta de registros de mantenimiento	A	9	5	45	Alto
Inadecuado mantenimiento por condiciones básicas	B	10	5	50	Alto
Escasez de repuestos para los tornos	C	7	5	35	Alto
Inadecuado mantenimiento predeterminado	D	10	5	50	Alto
Altas horas de mantenimiento	E	3	2	36	Alto
Falta de inventario de los recursos	F	4	4	16	Medio
Suciedad en el área de mecanizado	G	5	3	15	Bajo
Falta de inspecciones periódicas	H	8	5	40	Alto
Falta capacitaciones a los operarios	I	5	4	20	Medio
Forzar tornos en mal estado	J	6	4	24	Medio
Desorden en el área de mecanizado	K	4	4	16	Bajo
Inadecuada supervisión de las actividades	L	9	4	36	Alto
Negligencia por parte de los operarios	M	9	3	24	Medio
Falta Herramientas de Gestión	N	7	5	35	Alto
Operario no calificado	Ñ	5	3	15	Medio
Exposición a contaminantes	O	3	1	2	Bajo
TOTAL	16	104			

Nota. Elaboración propia

Se identificó el nivel de riesgo para cada causa, tomando como escala Alta, media y Baja, donde se concluye lo siguiente: las causas más riesgosas, tales como: Inadecuado mantenimiento por condiciones básicas y predeterminadas, Falta de registros de mantenimiento, Falta de inspecciones periódicas, Inadecuada supervisión de las actividades, Altas horas de mantenimiento, Escasez de repuestos para los tornos y la falta de Herramientas de Gestión.

Por esta razón es necesario proponer un plan de mantenimiento preventivo basadas en actividades predeterminadas y por condiciones básicas, conjuntamente los registros de mantenimiento, realizar un diagrama de flujo y stock de repuestos y proponer aquellas herramientas de gestión que ayuden prevenir posibles riesgos, accidentes y peligros de las actividades de mantenimiento y de esta manera mejorar la disponibilidad de los equipos.

3.2. Implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad en una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023

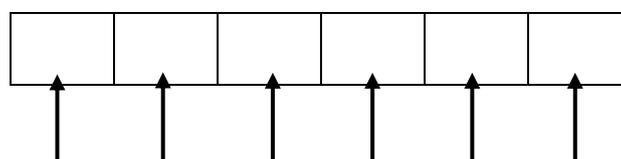
- Codificación de los Tornos

Se asignaron códigos para los Tornos, ya que en la Empresa no se cuenta con un registro de códigos por cada equipo.

Según García (2010) , "Después de completar la lista de equipos, resulta de suma importancia asignar a cada uno de ellos un código único. Esta acción simplifica su identificación, su mencionamiento en órdenes de trabajo y planos, habilita la creación de registros históricos de incidentes y mantenimiento, posibilita la evaluación de métricas relacionadas con áreas, equipos, sistemas y componentes, y viabiliza el control de los gastos asociados."

La información que debe estar presente en el código de un equipo debe incluir los siguientes aspectos: la planta a la que está asignado, el área específica dentro de la planta a la que pertenece, el tipo de equipo en cuestión.

Código para los Tornos



Área Equipo - N° correlativo

Tal como se representa en la Tabla N° 5, la delimitación del área de la Planta donde se encuentra el equipo se lograría mediante el uso de dos caracteres alfanuméricos, mientras que la identificación del tipo de equipo se efectuaría mediante dos caracteres alfabéticos, y el número secuencial se representaría a través de dos caracteres numéricos.

Tabla 5

Codificación de las áreas en la Empresa

Área	Código
Logística	LO
Mecanizado	ME
Acabados	AC
Mantenimiento	MN
Almacén	AL

Nota. Proceso de codificación de los tornos, adaptado de (Garcia, 2010).

Los tornos pertenecen al área de mecanizado dentro de la empresa. Entonces a continuación se codifican los equipos según el área y marca que se describen, tal como se plasma en la Tabla N° 6.

Tabla 6

Codificación de los Tornos

Torno	Marca - Descripción	Código
1	Marca Weisser Heilbronn	MEWH-01
2	Marca Gornati Legoor 350	MEGL- 02

Nota. Proceso de codificación de los tornos, adaptado de (Garcia, 2010).

- Stock de repuestos y accesorios.

Para facilitar la identificación de las piezas, podemos categorizar los repuestos desde diversas perspectivas: considerando su rol en el funcionamiento del equipo,

evaluando si deben mantenerse en stock de manera continua en la planta y también en base a su método de aprovisionamiento. (García, 2010).

En la Tabla N° 7, se muestra el Stock de repuestos y accesorios necesarios para el área donde se encuentren los Tornos.

Tabla 7

Stock de repuestos y accesorios

Categorías	Repuestos	Función principal	Cantidad
Piezas sometidas a desgaste	Cojinetes	Apoyo para el movimiento líneas de ejes.	6
	Cuchillas	Cortar el material	12
	Abrazaderas	Fijar los componentes enlazados	1
	contrapuntos	Proporcionar soporte adicional a los extremos	1
Consumibles	Filtros	Retener partículas o sustancias no deseadas	2
	Lubricantes	Reducir la fricción y proteger contra el desgaste	6
	Adhesivos, guantes desechables	Proteger contra contaminantes peligrosos	12
	Materiales de limpieza	Desinfectar el área de mecanizado	1
	Discos de ruptura, lijas	Asegurar la sobrepresión de los componentes	6
	Lámparas, bombillas	Iluminar espacios reducidos	6
	Piezas móviles	Engranajes	Transmitir fuerza mecánica, potencia y movimiento
Ejes		Soportar una estructura y transmitir potencia	1
Correas		Transmitir el movimiento, regulando la velocidad	2
Cadenas, poleas		Transmitir movimiento rotatorio	1

	reductores	Reducir la velocidad de rotación del motor	1
Componentes electrónicos	Cables y conectores	Transmitir electricidad	6
	Tarjetas de circuitos	Permite la conexión y el aislamiento eléctrico	2
	Sensores y transductor	Detectar o medir cambios convirtiendo la señal en una información.	2
	Componentes de iluminación	Enfocan la luz en direcciones específicas	5
Piezas estructurales	Elementos de fijación	Mantener la estructura o ensamblaje unidas y seguras	1
	Guardas de seguridad y protección	Proporcionar protección, regulaciones y control de acceso.	1
	Plato de garras	Sujetar las piezas de mecanizado	1
	Soportes del torno	Guiar el desplazamiento y reducir las vibraciones soportando de manera constante la estructura del torno.	1

Nota. Stock y cantidad de repuestos para los tornos, adaptado de (García, 2010).

Se ha seleccionado a los repuestos y accesorios en 5 categorías: Piezas sometidas a desgaste, los consumibles, piezas móviles, componentes electrónicos y piezas estructurales, especificando las funciones principales de cada una de ellas con la cantidad necesaria que se requiere dentro del área.

A continuación, se clasificó a los repuestos y accesorios según el nivel de prioridad, ello ayuda en el momento de presentarse una falla correctiva o preventiva dentro del área de mecanizado, podemos clasificar los repuestos en tres categorías:

REPUESTO A: Componentes que deben mantenerse en inventario en el área de almacén.

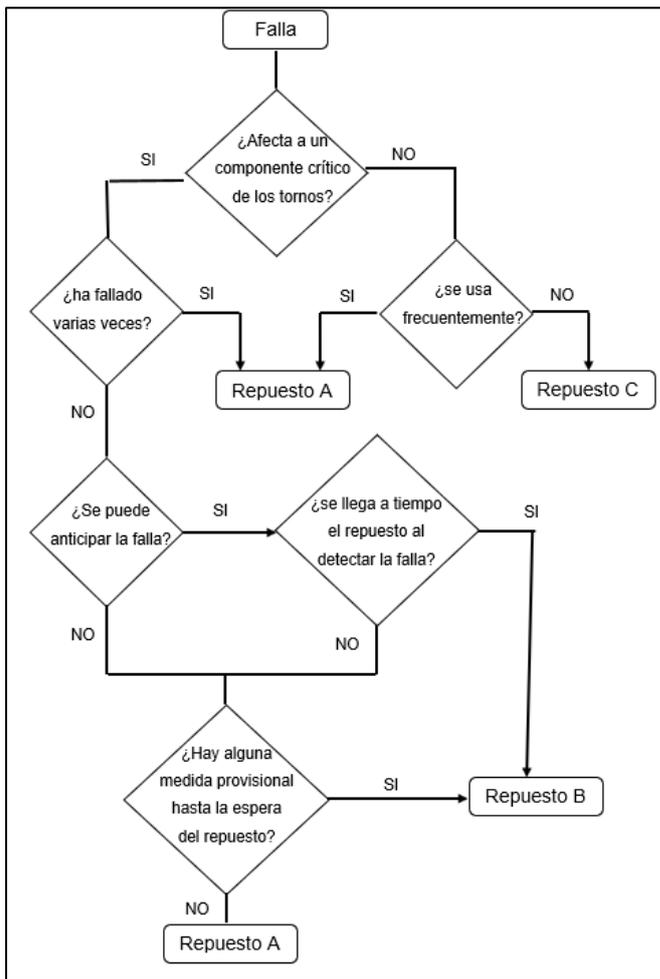
REPUESTO B: Componentes que deben tenerse registrados con información de proveedores, números de teléfono y tiempos de entrega.

REPUESTO C: Componentes para los cuales no es necesario realizar previsiones, ya que su falla no impacta significativamente en la operación de la planta (en el peor de los casos, pueden causar inconvenientes menores).

En la figura N° 4, se presenta el flujo de los repuestos para poder categorizarlos dentro de los niveles A, B y C.

Figura 4

Stock de repuestos y accesorios



Nota. Imagen del flujograma para el proceso de disposición de los repuestos de los tornos, adaptado de (Garcia, 2010).

- Actividades por Condición (Programa Básico).

Se realizó una reunión conjuntamente con los Dirigentes, Supervisores, Operarios de los tornos para detallar todas las Actividades que serán necesarias para el mantenimiento preventivo basada en condición.

En la Tabla N° 8 se muestra las actividades por condiciones básicas, mediante las revisiones se llevan a cabo considerando las indicaciones y sugerencias de los fabricantes, junto con la experiencia de los operadores y del equipo encargado del mantenimiento. Asimismo, se tiene en cuenta la visión del creador del plan de mantenimiento para garantizar un enfoque completo y eficaz.

Tabla 8

Mantenimiento Rutinario de los Tornos.

Actividad	Descripción	RUTINA
Verificación visual	Inspeccionar visualmente el estado general del torno y busca signos de desgaste o daño evidente.	diario
Limpieza	Antes de cada uso, el torno debe limpiarse de virutas, lubricantes y otros residuos.	diario
Registro de mantenimiento	Actualizar y registrar todas las actividades que se realizaron y las que están pendientes.	diario
Lubricación	Verificar y, si es necesario, lubrica los puntos de lubricación según las especificaciones del fabricante.	diario
Verificación de niveles	Comprobar los niveles de aceite, refrigerante y otros fluidos y rellenar si es necesario.	diario
Inspección de Herramientas	Verificar la condición de las herramientas de corte y reemplazar las que estén desgastadas.	diario
Alineación	Verificar la alineación de las guías y los carriles para asegurar que estén correctamente ajustados.	diario
Calibración de sensores	Si el torno está equipado con sensores y sistemas de medición, verificar y calibrar las precisiones.	semanal
Limpieza de filtros	Limpieza o reemplazo de los filtros de aire y refrigerante según las recomendaciones del fabricante.	semanal
Verificación de la geometría	Verificar la geometría y la alineación del torno, si es necesario realizar ajustes.	semanal

Inspección de los cables y conexiones eléctricas	Inspeccionar y apriete las conexiones eléctricas y verificar el estado de los cables.	semanal
Verificación de tolerancias	Verificar la precisión y las tolerancias de las guías y los carriles.	mes
Desmontaje y limpieza profunda	Desmonta partes clave del torno, como el cabezal y el carro, para realizar una limpieza profunda y una inspección minuciosa.	Según fabricante

Nota. Elaboración propia

Se han propuesto actividades rutinarias basadas en condiciones fundamentales, contando con la colaboración de los trabajadores y supervisores del sector donde se ubican los tornos. Esto se realiza con el objetivo de mejorar las prácticas de mantenimiento y garantizar un funcionamiento eficiente de los Tornos (Ver Anexo 9).

En la Tabla N° 9, se refleja un resumen de todas las inspecciones periódicas que se tiene que realizar y son fundamentales dentro del área de mecanizado para garantizar un funcionamiento apropiado de los equipos.

Tabla 9

Inspecciones periódicas

Actividad	Código	Procedimiento	Frecuencia
Cambio de aceite	MEWH-01	Se desenrosca la parrilla protectora en la pata de la máquina y sacar fuera el grupo hasta que salgue el aire de la boca de carga. Destornillar el tornillo de purga y dejar salir el aceite antiguo.	Cada 2000 Horas de servicio
Cambio de aceite	MEGL- 02	Los procedimientos descritos para el proceso de cambio de aceite.	2000 horas de servicio
Engrase de cambio	MEWH-01	Preparación de seguridad, identificar los puntos de lubricación.	Cada 8 Horas

Engrase del carro contrapunto (cojinetes y husillos)	MEWH-01	Limpieza del área de lubricación, selección del lubricante según catalogo del torno, Aplicación del lubricante, ya sea operación manual con las repeticiones periódicas.	Cada 8 horas
Engrase central del carro	MEWH-01	Verificar el registro de mantenimiento, limpieza, selección del lubricante y la aplicación al punto.	Cada 8 horas

Nota. Elaboración propia

Se han propuesto aquellas actividades predeterminadas acerca de los cambios de aceites y engrase de los componentes de los Tornos con la ayuda de los catálogos, guías y formatos que se debe tener en cuenta desde el diseño y operación de los equipos (Ver Anexo 9).

- Actividades Predeterminados

Cambio de sus componentes, mantenimiento de los componentes, previa revisión del manual de los tornos, en busca de las instrucciones y recomendaciones del fabricante, cosa que hasta la fecha no se estaba cumpliendo con ello, más aún se tomaba como referencia la experiencia de los operadores torneros, tal como se plasma en la Tabla N° 10.

Tabla 10

Actividades predeterminadas

Componente	Código	Cada, cuantas horas / Días
Cambiar Rodamientos	MEGL- 02	5000 horas
Cuchillas	MEGL- 02	desgaste
Plato	MEWH-01	desgaste
Cabeza fija	MEWH-01	desgaste

Cambiar caja de ruedas de rosca	MEWH-01	Cada 2000 Horas
Cambiar cabezal	MEWH-01	Cada 2000 Horas
Cambiar el delantal	MEWH-01	Cada 2000 Horas
Cambiar caja de ruedas de rosca	MEGL- 02	Cada 2000 horas
Cambiar cabezal	MEGL- 02	Cada 2000 Horas
Cambiar el delantal	MEGL- 02	Cada 2000 horas

Nota. Elaboración propia

Se han sugerido las acciones previamente establecidas relacionadas con la sustitución de los elementos en los tornos, aprovechando la asistencia de catálogos, manuales y documentos que deben considerarse tanto en la fase de diseño como durante la operación de los equipos. Esto se realiza con el objetivo de garantizar una estrategia metódica y efectivo en la gestión de los elementos de los tornos (Ver Anexo 10).

- Herramientas de Gestión

Las fichas de Inspección para los componentes de los Tornos es aquella herramienta de gestión que sirve para registrar y llevar un control de las inspecciones realizadas durante un periodo de tiempo a los componentes de los Tornos (Ver Anexo 7)

La ficha de Inspección para los sistemas de los Tornos es aquella herramienta de gestión que sirve para registrar y llevar un control de las inspecciones realizadas durante un periodo de tiempo a los sistemas de los Tornos (Ver Anexo 8).

El Análisis de Trabajo Seguro (ATS), es una herramienta de gestión que nos ayuda a evaluar los niveles de riesgos de aquellas actividades cotidianas, de procesos y novedosas. Donde se puede verificar la validez del trabajo bajo inspecciones previas y responsabilidades de los que forman parte de la actividad con la aprobación de supervisores, la colaboración de los operarios y el V.B. del responsable de la actividad (Ver Anexo 11).

Formatos de Inducción, capacitación y entrenamiento, que constituye como un mecanismo de administración que facilita llegar a conocer todos los procedimientos, estándares y normas que se hayan plasmado en la empresa a todos los trabajadores, empleados y personal nuevo, con ello se puede garantizar la seguridad, los conocimientos, desarrollo de las habilidades, la eficiencia de la empresa y la adherencia a las normativas que regulan al sector Industrial (Ver Anexo 12).

Matriz de Identificación de peligros y evaluación de riesgos, en la que, la matriz IPERC, es aquella herramienta de gestión que ayuda a detectar los riesgos posibles que puedan surgir en las actividades cotidianas y nuevas, donde gracias a ello se puede evaluar el nivel de riesgo y permite tomar decisiones frente a la posible materialización del peligro. (Ver anexo 13).

3.3. Evaluar la confiabilidad de los tornos antes y después de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo y su impacto en la disponibilidad en una Empresa Metalmeccánica, Áncash 2023

En las siguientes tablas 11 y 12, se evaluó la Confiabilidad de los tornos (probabilidad de asegurarse que el equipo continúe operando)

Tabla 11

Confiabilidad del torno 1

PRE					POST				
Mes - Año	Cantidad de muestras	Tiempo de operación (Horas)	Número de fallas	MTBF (Torno 1)	Mes - Año	Cantidad de muestras	Tiempo de operación (Horas)	Número de fallas	MTBF (Torno 1)
Octubre (2022)	1	53	3	17.67	Mayo (2023)	1	68	1	68.00
	2	54	3	18.00		2	69.47	1	69.47
	3	54	3	18.00		3	69.87	1	69.87
	4	56	3	18.67		4	68	1	68.00
Noviembre (2022)	5	54	3	18.00	Junio (2023)	5	69	1	69.00
	6	54	3	18.00		6	69.47	1	69.47
	7	54	3	18.00		7	69.66	1	69.66
	8	53	3	17.67		8	70	1	70.00
Diciembre (2022)	9	54	3	18.00	Julio (2023)	9	68.47	1	68.47
	10	54	3	18.00		10	68.47	1	68.47
	11	53	3	17.67		11	69	1	69.00
	12	55	3	18.33		12	69	1	69.00
Enero (2023)	13	54	3	18.00	Agosto (2023)	13	69	1	69.00
	14	54	3	18.00		14	69	1	69.00
	15	53	3	17.67		15	70	1	70.00
	16	54	3	18.00		16	70	1	70.00
Febrero (2023)	17	55	3	18.33	Setiembre (2023)	17	70	1	70.00
	18	54	3	18.00		18	70	1	70.00
	19	54	3	18.00		19	70	1	70.00
	20	55	3	18.33		20	70	1	70.00
Promedio				18.02	Promedio				69.32

Nota. Elaboración propia

Tabla 12

Confiabilidad del torno 2

PRE					POST				
Mes - Año	Cantidad de muestras	Tiempo de operación (Horas)	Número de fallas	MTBF (Torno 2)	Mes - Año	Cantidad de muestras	Tiempo de operación (Horas)	Número de fallas	MTBF (Torno 2)
Octubre (2022)	1	49	3	16.33	Mayo (2023)	1	68	1	68.00
	2	49	3	16.33		2	69.47	1	69.47
	3	48	3	16.00		3	69.87	1	69.87
	4	52	3	17.33		4	68	1	68.00
Noviembre (2022)	5	51	3	17.00	Junio (2023)	5	69	1	69.00
	6	50	4	12.50		6	69.47	1	69.47
	7	50	4	12.50		7	69.66	1	69.66
	8	52	3	17.33		8	70	1	70.00
Diciembre (2022)	9	48	4	12.00	Julio (2023)	9	68.47	1	68.47
	10	50	4	12.50		10	68.47	1	68.47
	11	49	4	12.25		11	69	1	69.00
	12	51	4	12.75		12	69	1	69.00
Enero (2023)	13	52	3	17.33	Agosto (2023)	13	69	1	69.00
	14	52	4	13.00		14	69	1	69.00
	15	52	3	17.33		15	70	1	70.00
	16	50	4	12.50		16	70	1	70.00
Febrero (2023)	17	52	4	13.00	Setiembre (2023)	17	70	1	70.00
	18	52	4	13.00		18	70	1	70.00
	19	51	4	12.75		19	70	1	70.00
	20	52	4	13.00		20	70	1	70.00
Promedio				14.34	Promedio				69.32

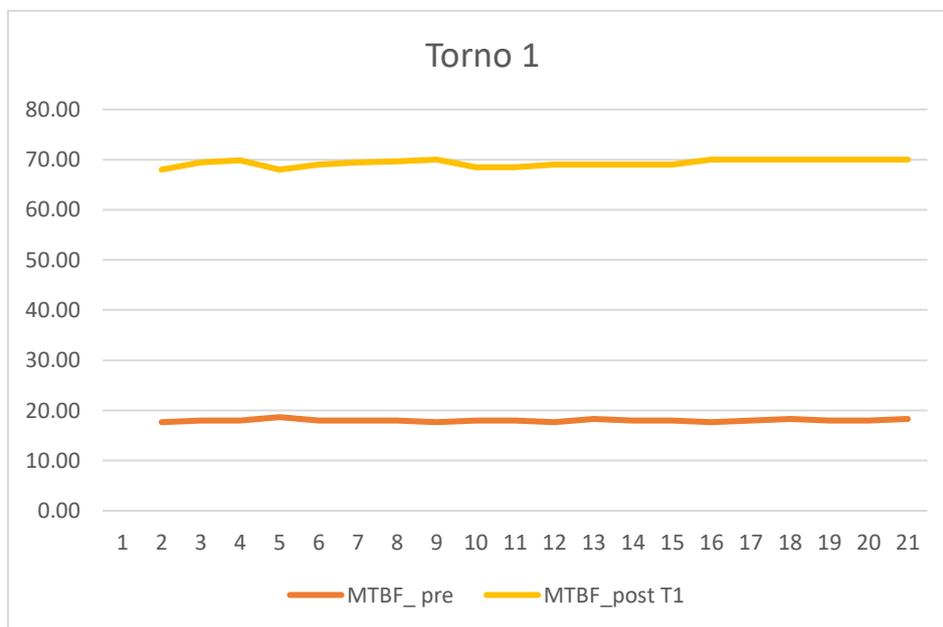
Nota. Elaboración propia

Se visualiza que se aplicó en octubre del 2022 a febrero del 2023 para el pre test, donde se identificaron promedios de MTBF de 18.02 horas en el torno 1 y 14.34 horas en el torno 2 y en los meses de marzo y abril del 2023 – se realizó la implementación del plan de mantenimiento preventivo, lo que corresponde a evaluar durante los meses de mayo a setiembre del 2023 para el post test con valores de 69.32 horas en el torno 1 y 69.32 horas en el torno 2.

A continuación, en la figura N° 5 se presentan los gráficos de tendencias lineales del indicador MTBF del Torno 1, estos datos fueron tomados de octubre del 2022 hasta setiembre del 2023.

Figura 5

MTBF (Pre - Postest). Torno 1



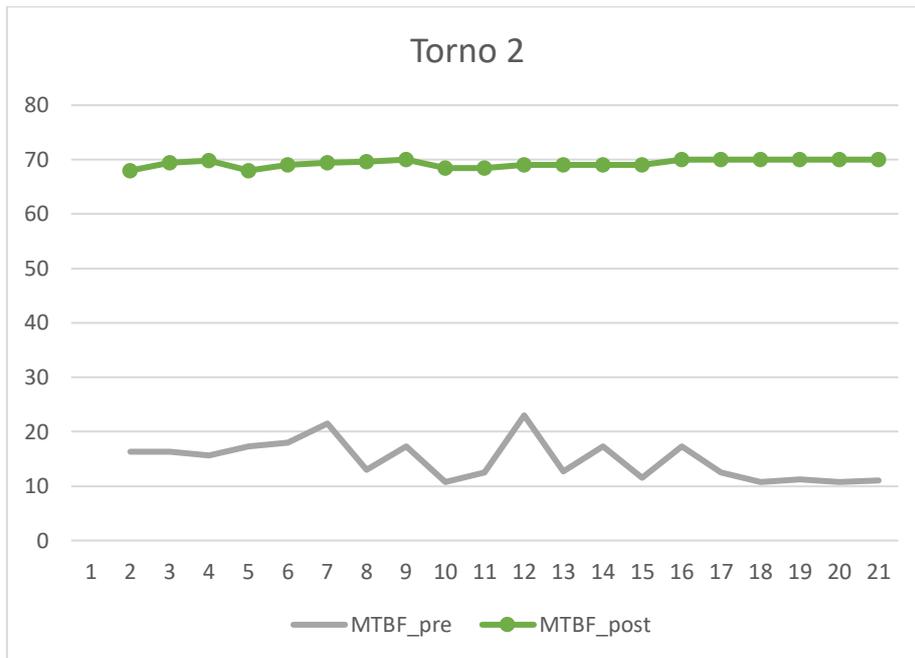
Nota. Elaboración propia

Se evidencia una mejoría en las líneas de tendencia longitudinal durante el periodo de evaluación antes y después de la propuesta del indicador MTBF para el torno 1, con un promedio de 18.02 a 69.32 horas, presentando una variación de 51.3 horas.

En la figura N° 6 se presentan los gráficos de tendencias lineales del indicador MTBF del Torno 2, estos datos fueron tomados de octubre del 2022 hasta setiembre del 2023.

Figura 6

MTBF (Pre - Postest). Torno 2



Nota. Elaboración propia

Se evidencia una mejoría en las líneas de tendencia longitudinal durante el periodo de evaluación antes y después de la propuesta del indicador MTBF para el torno 2, con un promedio de 14.34 a 69.32 horas, presentando una variación de 54.98 horas.

3.4. Evaluar la mantenibilidad de los tornos antes y después de su implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo y su impacto en la disponibilidad en una Empresa Metalmeccánica, Áncash, 2023.

En las siguientes tablas 13 y 14, se evaluó la mantenibilidad de los tornos (probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas)

Tabla 13

Mantenibilidad del Torno 1

PRE					POST				
Mes - Año	Cantidad de muestras	Tiempo de reparaciones (Horas)	Número de fallas	MTTR (Torno 1)	Mes - Año	Cantidad de muestras	Tiempo de reparaciones (Horas)	Número de fallas	MTTR (Torno 1)
Octubre (2022)	1	19	3	6.33	Mayo (2023)	1	2.34	1	2.34
	2	18	3	6.00		2	2.12	1	2.12
	3	18	3	6.00		3	2.16	1	2.16
	4	16	3	5.33		4	2.00	1	2.00
Noviembre (2022)	5	18	3	6.00	Junio (2023)	5	2.00	1	2.00
	6	18	3	6.00		6	2.00	1	2.00
	7	18	3	6.00		7	2.00	1	2.00
	8	19	3	6.33		8	2.00	2	1.00
Diciembre (2022)	9	18	3	6.00	Julio (2023)	9	3.00	2	1.50
	10	18	3	6.00		10	2.00	1	2.00
	11	19	3	6.33		11	3.00	2	1.50
	12	17	3	5.67		12	2.00	1	2.00
Enero (2023)	13	18	3	6.00	Agosto (2023)	13	3.00	2	1.50
	14	18	3	6.00		14	2.00	1	2.00
	15	19	3	6.33		15	3.00	2	1.50
	16	18	3	6.00		16	2.00	1	2.00
Febrero (2023)	17	17	3	5.67	Setiembre (2023)	17	2.00	1	2.00
	18	18	3	6.00		18	3.00	2	1.50
	19	18	3	6.00		19	3.00	2	1.50
	20	17	3	5.67		20	3.00	2	1.50
Promedio				5.98	Promedio				1.81

Tabla 14

Mantenibilidad del Torno 2

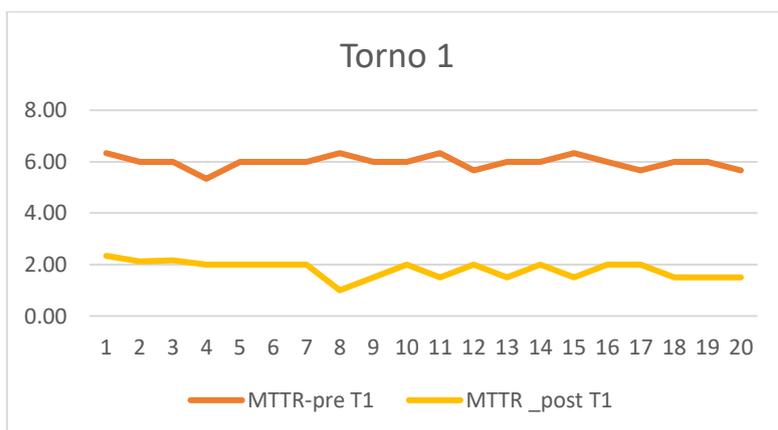
PRE					POST				
Mes - Año	Cantidad de muestras	Tiempo de reparaciones (Horas)	Número de fallas	MTTR (Torno 2)	Mes - Año	Cantidad de muestras	Tiempo de reparaciones (Horas)	Número de fallas	MTTR (Torno 2)
Octubre (2022)	1	23	3	7.67	Mayo (2023)	1	4.00	1	4.00
	2	23	3	7.67		2	2.53	1	2.53
	3	24	3	8.00		3	2.13	1	2.13
	4	20	3	6.67		4	4.00	1	4.00
Noviembre (2022)	5	21	3	7.00	Junio (2023)	5	3.00	1	3.00
	6	22	4	5.50		6	2.53	1	2.53
	7	22	4	5.50		7	2.34	1	2.34
	8	20	3	6.67		8	2.00	1	2.00
Diciembre (2022)	9	24	4	6.00	Julio (2023)	9	3.53	1	3.53
	10	22	4	5.50		10	3.53	1	3.53
	11	23	4	5.75		11	3.00	1	3.00
	12	21	4	5.25		12	3.00	1	3.00
Enero (2023)	13	20	3	6.67	Agosto (2023)	13	3.00	1	3.00
	14	20	4	5.00		14	3.00	1	3.00
	15	20	3	6.67		15	2.00	1	2.00
	16	22	4	5.50		16	2.00	1	2.00
Febrero (2023)	17	20	4	5.00	Setiembre (2023)	17	2.00	1	2.00
	18	20	4	5.00		18	2.00	1	2.00
	19	21	4	5.25		19	2.00	1	2.00
	20	20	4	5.00		20	2.00	1	2.00
Promedio				6.06	Promedio				2.68

Se visualiza que se aplicó en octubre del 2022 a febrero del 2023 para el pre test, donde se identificaron promedios del MTTR de 5.98 horas en el torno 1 y 6.06 horas en el torno 2 y en los meses de marzo y abril del 2023 – se realizó la implementación del plan de mantenimiento preventivo, lo que corresponde a evaluar durante los meses de mayo a setiembre del 2023 para el post test con valores de 1.81 horas en el torno 1 y 2.68 horas en el torno 2.

A continuación, en la figura N° 7 se presentan los gráficos de tendencias lineales del indicador MTTR del Torno 1, estos datos fueron tomados de octubre del 2022 hasta setiembre del 2023.

Figura 7

MTTR (pre - postest). Torno 1



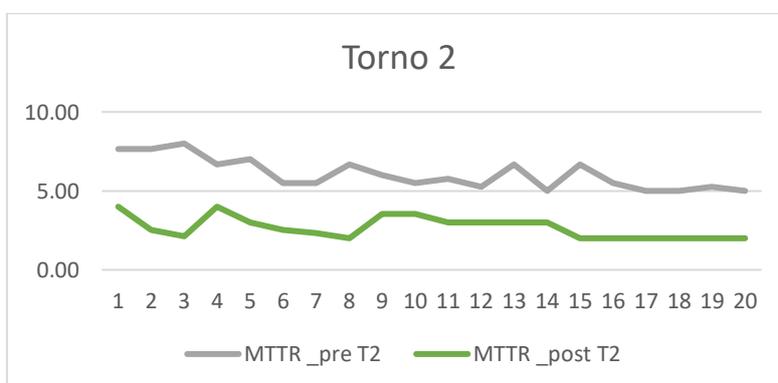
Nota. Elaboración propia

Se evidencia una mejoría en las líneas de tendencia longitudinal durante el periodo de evaluación antes y después de la propuesta del indicador MTBF para el torneo 1, con un promedio de 5.98 a 1.81 horas, presentando una variación de 4.17 horas.

En la figura N° 8 se presentan los gráficos de tendencias lineales del indicador MTBF del Torno 2, estos datos fueron tomados de octubre del 2022 hasta setiembre del 2023.

Figura 8

MTTR (pre - postest). Torno 2



Nota. Elaboración propia

Se evidencia una mejoría en las líneas de tendencia longitudinal durante el periodo de evaluación antes y después de la propuesta del indicador MTBF para el torneo 2, con un promedio de 6.06 a 2.68 horas, presentando una variación de 3.38 horas.

Por lo tanto, obtenido el MTBF y el MTTR se realiza la disponibilidad obteniendo los siguientes resultados.

La Disponibilidad de los Tornos se visualizan en la siguiente tabla, previamente, identificando las fallas funcionales, proponiendo un plan de mantenimiento basado en condiciones básicas y actividades predeterminadas para mejorar o reducir aquellas fallas, finalmente analizar la Disponibilidad de los equipos tanto previamente y posterior de la implementación de esta manera verificar si es factible o no mediante comparaciones, tablas y gráficos.

Tabla 15

Disponibilidad del torno 1

PRE					POST				
Mes - Año	Cantidad de muestras	MTTBF (Torno 1)	MTTR (Torno 1)	Disponibilidad	Mes - Año	Cantidad de muestras	MTTBF (Torno 1)	MTTR (Torno 1)	Disponibilidad
Octubre (2022)	1	17.67	6.33	73.61%	Mayo (2023)	1	68.00	2.34	96.67%
	2	18.00	6.00	75.00%		2	69.47	2.12	97.04%
	3	18.00	6.00	75.00%		3	69.87	2.16	97.00%
	4	18.67	5.33	77.78%		4	68.00	2.00	97.14%
Noviembre (2022)	5	18.00	6.00	75.00%	Junio (2023)	5	69.00	2.00	97.18%
	6	18.00	6.00	75.00%		6	69.47	2.00	97.20%
	7	18.00	6.00	75.00%		7	69.66	2.00	97.21%
	8	17.67	6.33	73.61%		8	70.00	1.00	98.59%
Diciembre (2022)	9	18.00	6.00	75.00%	Julio (2023)	9	68.47	1.50	97.86%
	10	18.00	6.00	75.00%		10	68.47	2.00	97.16%
	11	17.67	6.33	73.61%		11	69.00	1.50	97.87%
	12	18.33	5.67	76.39%		12	69.00	2.00	97.18%
Enero (2023)	13	18.00	6.00	75.00%	Agosto (2023)	13	69.00	1.50	97.87%
	14	18.00	6.00	75.00%		14	69.00	2.00	97.18%
	15	17.67	6.33	73.61%		15	70.00	1.50	97.90%
	16	18.00	6.00	75.00%		16	70.00	2.00	97.22%
Febrero (2023)	17	18.33	5.67	76.39%	Setiembre (2023)	17	70.00	2.00	97.22%
	18	18.00	6.00	75.00%		18	70.00	1.50	97.90%
	19	18.00	6.00	75.00%		19	70.00	1.50	97.90%
	20	18.33	5.67	76.39%		20	70.00	1.50	97.90%
Promedio				75.07%	75.07%				97.46%

Tabla 16

Disponibilidad del torneo 2

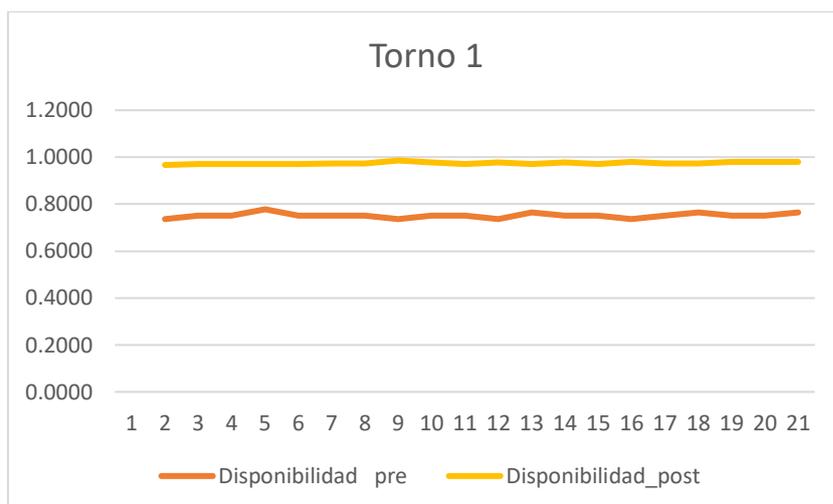
PRE					POST					
Mes - Año	Cantidad de muestras	MTTBF (Torneo 2)	MTTR (Torneo 2)	Disponibilidad	Mes - Año	Cantidad de muestras	MTTBF (Torneo 2)	MTTR (Torneo 2)	Disponibilidad	
Octubre (2022)	1	16.33	7.67	68.05%	Mayo (2023)	1	68.00	4.00	94.44%	
	2	16.33	7.67	68.00%		2	69.47	2.53	96.49%	
	3	16.00	8.00	65.00%		3	69.87	2.13	97.04%	
	4	17.33	6.67	72.00%		4	68.00	4.00	94.44%	
Noviembre (2022)	5	17.00	7.00	75.00%	Junio (2023)	5	69.00	3.00	95.83%	
	6	12.50	5.50	60.00%		6	69.47	2.53	96.49%	
	7	12.50	5.50	72.00%		7	69.66	2.34	96.75%	
	8	17.33	6.67	72.00%		8	70.00	2.00	97.22%	
Diciembre (2022)	9	12.00	6.00	60.00%	Julio (2023)	9	68.47	3.53	95.10%	
	10	12.50	5.50	69.00%		10	68.47	3.53	95.10%	
	11	12.25	5.75	64.00%		11	69.00	3.00	95.83%	
	12	12.75	5.25	71.00%		12	69.00	3.00	95.83%	
Enero (2023)	13	17.33	6.67	72.00%	Agosto (2023)	13	69.00	3.00	95.83%	
	14	13.00	5.00	64.00%		14	69.00	3.00	95.83%	
	15	17.33	6.67	72.00%		15	70.00	2.00	97.22%	
	16	12.50	5.50	69.00%		16	70.00	2.00	97.22%	
Febrero (2023)	17	13.00	5.00	60.00%	Setiembre (2023)	17	70.00	2.00	97.22%	
	18	13.00	5.00	63.00%		18	70.00	2.00	97.22%	
	19	12.75	5.25	60.00%		19	70.00	2.00	97.22%	
	20	13.00	5.00	61.00%		20	70.00	2.00	97.22%	
Promedio				66.85%					75.07%	96.28%

Se pueden evidenciar un incremento en la Disponibilidad comparando el pre y post test en ambos torneos, para el Torneo 1 en un promedio de los 5 meses de 75.07% a 97.46% de disponibilidad representando una variación porcentual del 22.39% y para el Torneo 2 de 66.85% a 96.28% de disponibilidad representando una variación porcentual del 29.43%.

A continuación, en la figura N° 9 se presentan los gráficos de tendencias lineales de la Disponibilidad del Torneo 1, estos datos fueron tomados de octubre del 2022 hasta setiembre del 2023.

Figura 9

Disponibilidad (Pre - Postest). Torno 1

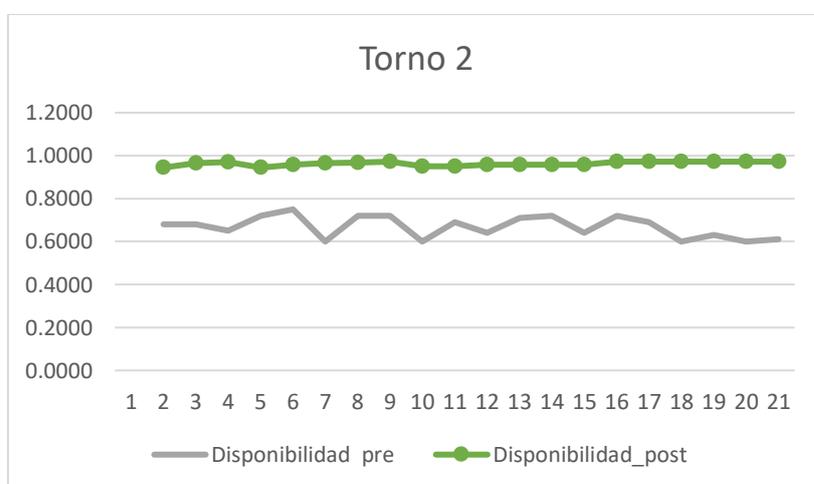


Se evidencia una mejoría en las líneas de tendencia longitudinal durante el periodo de evaluación antes y después de la propuesta, con una Disponibilidad para el torneo 1, un promedio de 75.07% a 97.46%, presentando una variación del 22.39%.

En la figura N° 10 se presentan los gráficos de tendencias lineales de la Disponibilidad del Torno 2, estos datos fueron tomados de octubre del 2022 hasta setiembre del 2023.

Figura 10

Disponibilidad (Pre - Postest). Torno 2



Se evidencia una mejoría en las líneas de tendencia longitudinal durante el periodo de evaluación antes y después de la propuesta de la Disponibilidad para el torneo 2,

con un promedio de 66.85% a 96.28% horas, presentando una variación de 29.32%.

3.5. Evaluar los costos generados por el mantenimiento preventivo propuesto para analizar su impacto económico y su relación con la disponibilidad de los tornos, en una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023

En la Tabla N° 17, se muestra los costos antes de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 17

Costos de mantenimiento por acciones correctivas

Componente	Acciones preventivas		Acciones Correctivas		Costo total (S/.)
	Número de paradas	Costo (S/.)	Número de fallas	Costo (S/.)	
Caja de cambios	0	0	12	S/ 1,200.00	S/ 1,200.00
Motor	0	0	12	S/ 1,450.00	S/ 1,450.00
Husillo	0	0	10	S/ 380.00	S/ 380.00
Poleas	0	0	15	S/ 250.00	S/ 250.00
Carros transversales	0	0	5	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
Sistema eléctrico	0	0	10	S/ 2,300.00	S/ 2,300.00
Sistema Hidráulico	0	0	12	S/ 5,400.00	S/ 5,400.00
Sistema de lubricación	0	0	12	S/ 2,600.00	S/ 2,600.00
Palancas de acoplamiento	0	0	7	S/ 1,800.00	S/ 1,800.00
Cabeza móvil	0	0	8	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
Cabeza Fija	0	0	6	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00
Contrapunto	0	0	6	S/ 3,800.00	S/ 3,800.00
Bancada	0	0	5	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00
Torreta	0	0	5	S/ 1,760.00	S/ 1,760.00
Carro porta herramientas	0	0	7	S/ 2,300.00	S/ 2,300.00
TOTAL	0	0	132	S/ 34,240.00	S/ 34,240.00

Durante el periodo de 5 meses de muestra que se consideró en el estudio se evidenció un costo total de mantenimiento por acciones correctivas de S/. 34 240.00, esto se llevó a centralizando el número total de fallas evidenciadas en los dos tornos.

En la Tabla N° 18, se presenta los costos de mantenimiento correctivo y preventivo después de la propuesta del plan de mantenimiento.

Tabla 18

Costos de mantenimiento por acciones preventivas y correctivas

Componente	Acciones preventivas		Acciones Correctivas		Costo total (S/.)
	Numero de paradas	Costo (S/.)	Número de fallas	Costo (S/.)	
Caja de cambios	1	S/ 150.00	3	S/ 500.00	S/ 650.00
Motor	1	S/ 250.00	3	S/ 560.00	S/ 810.00
Husillo	1	S/ 376.00	2	S/ 800.00	S/ 1,176.00
Poleas	2	S/ 300.00	2	S/ 400.00	S/ 700.00
Carros transversales	2	S/ 200.00	1	S/ 350.00	S/ 550.00
Sistema eléctrico	3	S/ 120.00	2	S/ 450.00	S/ 570.00
Sistema Hidráulico	1	S/ 125.00	2	S/ 480.00	S/ 605.00
Sistema de lubricación	2	S/ 50.00	2	S/ 500.00	S/ 550.00
Palancas de acoplamiento	2	S/ 80.00	1	S/ 550.00	S/ 630.00
Cabeza móvil	2	S/ 120.00	2	S/ 430.00	S/ 550.00
Cabeza Fija	2	S/ 150.00	1	S/ 250.00	S/ 400.00
Contrapunto	1	S/ 200.00	1	S/ 560.00	S/ 760.00
Bancada	1	S/ 250.00	1	S/ 580.00	S/ 830.00
Torreta	1	S/ 100.00	1	S/ 430.00	S/ 530.00
Carro porta herramientas	1	S/ 80.00	1	S/ 380.00	S/ 460.00
	23	S/ 2,551.00	25	S/ 7,220.00	S/ 9,771.00

Durante el periodo de 5 meses de muestra que se consideró en el estudio se evidenció un costo total de mantenimiento por acciones preventivas y correctivas una suma de S/. 9 771.00, esto se evaluó con las 25 fallas correctivas y 23 paradas programadas por acciones preventivas, haciendo una suma total de 48 paradas que se presentaron entre los dos turnos.

Relacionado al costo que se tomó como referencia el periodo de los 10 meses dentro del área de mecanizado, con la disponibilidad de los tornos una suma total de mantenimiento preventivo (por acciones preventivas) de S/. 2 551.00.

En cuanto al beneficio económico que se desarrolló la implementación en los meses de marzo y abril de 2023, en la que fue derivado de la comparación entre el costo total inicial de mantenimiento por acciones correctivas, que ascendió a S/. 34 240.00, y el costo total de mantenimiento final alcanzado de S/. 9 771.00, se logró obtener un beneficio de S/. 24 469.00 mediante la adopción del programa de mantenimiento sustentado en condiciones básicas (actividades realizadas por el tornero y de forma autónoma) y predeterminadas (cambio de componentes). De esta manera afirmamos que el costo del gasto de mantenimiento preventivo de S/. 9 771.00 es factible debido a que es menor al gasto inicial S/. 34 240.00 obteniendo un ahorro de S/. 24 469.00.

Finalmente se ha desarrollado un

Análisis Estadístico

- Confiabilidad de los Tornos

Tabla 19

Estadística Descriptiva del MTBF (pre, post test) – Torno 1

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
MTBF_pre_T1	20	17.670	18.670	18.01700	0.251879
MTBF_post_T1	20	68.000	70.000	69.32050	0.693644
N válido (por lista)	20				

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la tabla N° 19, se observa el análisis descriptivo del (MTBF) para el turno 1, donde se muestra los valores promedio de 18.017 Hrs para el antes y 69.3205 Hrs para el después de la propuesta con una variación de 51.3 Hrs.

Tabla 20

Estadística Descriptiva del MTBF (pre, post test) – Turno 2

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
MTBF_pre_T2	20	12.000	17.330	14.33650	2.165960
MTBF_post_T2	20	68.000	70.000	69.32050	0.693644
N válido (por lista)	20				

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la tabla N° 20, se observa el análisis descriptivo del (MTBF) para el turno 2, donde se muestra los valores promedio de 14.3365 Hrs para el antes y 69.3205 Hrs para el después de la propuesta con una variación de 54.98 Hrs.

- Mantenibilidad de los Turnos

Tabla 21

Estadística Descriptiva del MTTR (pre, post test) – Turno 1

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
MTTR_pre_T1	20	5.330	6.330	5.98300	0.251879
MTTR_post_T1	20	1.000	2.340	1.80600	0.336615
N válido (por lista)	20				

Nota: Elaborado con el SPSS V25

En la tabla N° 21, se observa el análisis descriptivo del (MTTR) para el turno 1, donde se muestra los valores promedio de 5.983 Hrs para el antes y 1.806 Hrs para el después de la propuesta con una variación de 4.18 Hrs.

Tabla 22*Estadística Descriptiva del MTTR (pre, post test) – Torno 2*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
MTTR_pre_T2	20	5.000	8.000	6.06350	0.986228
MTTR_post_T2	20	2.000	4.000	2.67950	0.693644
N válido (por lista)	20				

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la tabla N° 22, se observa el análisis descriptivo del (MTTR) para el torno 2, donde se muestra los valores promedio de 6.0635 Hrs para el antes y 2.6795 Hrs para el después de la propuesta con una variación de 3.38 Hrs.

- Disponibilidad de los Tornos

Tabla 23*Estadística Descriptiva de la Disponibilidad (pre, post test) – Torno 1*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Disp_pre_T1	20	0.736	0.778	0.75070	0.010552
Disp_post_T1	20	0.967	0.986	0.97459	0.004720
N válido (por lista)	20				

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la tabla N° 23, se observa el análisis descriptivo de la Disponibilidad para el torno 1, donde se muestra los valores promedio de 75.07% para el antes y 97.459% para el después de la propuesta con una variación del 22.39%.

Tabla 24*Estadística Descriptiva de la Disponibilidad (pre, post test) – Torno 2*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Disp_pre_T2	20	0.600	0.750	0.66852	0.050506
Disp_post_T2	20	0.944	0.972	0.96277	0.009636

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la tabla N° 24, se observa el análisis descriptivo de la Disponibilidad para el torno 2, donde se muestra los valores promedio de 66.852 % para el antes y 96.277 % para el después de la propuesta con una variación del 29.43 %.

Análisis Inferencial

- Prueba de normalidad

Procederemos a realizar la prueba de normalidad, de acuerdo con lo mencionado por Prabhaker et al., (2019) este análisis se efectúa antes de llevar a cabo la prueba de contraste de hipótesis, que es el siguiente paso inferencial. En esta fase, se desarrollará una prueba inferencial para evaluar la normalidad de cada uno de los indicadores en estudio. Para las muestras menores a 50, aplicaremos la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que utilizaremos la prueba de Kolmogórov-Smirnov para las muestras mayores a 50. Todo el procedimiento se llevará a cabo con la ayuda del software SPSS.

Para indicar la normalidad se plantea las siguientes reglas:

<p>H₀: Los datos del resultado de la productividad son normales.</p> <p>H₁: Los datos del resultado de la productividad no son normal.</p>
<p>Donde se concluye a los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La significancia > 0,05 → Se acepta la H₀. • La significancia <= 0,05 → Se acepta la H₁.

- MTBF de los Tornos

Tabla 25

Prueba de normalidad MTBF Torno 1

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MTBF_pre_T1	0.816	20	0.002

MTBF_post_T1	0.854	20	0.006
--------------	-------	----	-------

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la tabla N° 25 se aprecia la Normalidad de los datos del MTBF del torneo 1 mediante la prueba de Shapiro Wilk, la significancia 0.002 y 0.006 son menores a 0.05, se acepta la Hipótesis Alternativa, donde afirmamos que los datos del resultado del MTBF para el torneo 1 **no son normales**. tanto en el pre test y en el post test se trabajará con la prueba de hipótesis de Wilcoxon.

Tabla 26

Prueba de normalidad MTBF Torneo 2

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MTBF_pre_T2	0.766	20	0.000
MTBF_post_T2	0.854	20	0.006

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la tabla N° 26 se aprecia la Normalidad de los datos del MTBF del torneo 2 mediante la prueba de Shapiro Wilk, la significancia 0.000 y 0.006 son menores a 0.05, se acepta la Hipótesis Alternativa, donde afirmamos que los datos del resultado del MTBF para el torneo 2 **no son normales**. tanto en el pre test y en el post test se trabajará con la prueba de hipótesis de Wilcoxon.

- MTTR de los Torneos

Tabla 27

Prueba de normalidad MTTR Torneo 1

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MTTR_pre_T1	0.816	20	0.002
MTTR_post_T1	0.843	20	0.004

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la Tabla N° 27 se aprecia la Normalidad de los datos del MTTR del torneo 1 mediante la prueba de Shapiro Wilk, la significancia 0.002 y 0.004 son menores a 0.05, se acepta la Hipótesis Alternativa, donde afirmamos que los datos del resultado del MTTR para el torneo 1 **no son normales**. tanto en el pre test y en el post test se trabajará con la prueba de hipótesis de Wilcoxon.

Tabla 28

Prueba de normalidad MTTR Torneo 2

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MTTR_pre_T2	0.881	20	0.018
MTTR_post_T2	0.854	20	0.006

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la Tabla N° 28 se aprecia la Normalidad de los datos del MTTR del torneo 2 mediante la prueba de Shapiro Wilk, la significancia 0.0018 y 0.006 son menores a 0.05, se acepta la Hipótesis Alternativa, donde afirmamos que los datos del resultado del MTTR para el torneo 2 **no son normales**. tanto en el pre test y en el post test se trabajará con la prueba de hipótesis de Wilcoxon.

- Disponibilidad de los Torneos

Tabla 29

Prueba de normalidad Disponibilidad Torneo 1

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Disp_pre_T1	0.817	20	0.002
Disp_post_T1	0.865	20	0.009

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la Tabla N° 29 se aprecia la Normalidad de los datos de la Disponibilidad del torneo 1 mediante la prueba de Shapiro Wilk, la significancia 0.002 y 0.009 son menores a 0.05, se acepta la Hipótesis Alternativa, donde afirmamos que los datos del

resultado de la Disponibilidad para el turno 1 **no son normales**. tanto en el pre test y en el post test se trabajará con la prueba de hipótesis de Wilcoxon.

Tabla 30

Prueba de normalidad Disponibilidad Torno 2

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Disp_pre_T2	0.895	20	0.033
Disp_post_T2	0.854	20	0.006

Nota. Elaborado con el SPSS V25

En la Tabla N° 30 se aprecia la Normalidad de los datos de la Disponibilidad del turno 2 mediante la prueba de Shapiro Wilk, la significancia 0.033 y 0.006 son menores a 0.05, se acepta la Hipótesis Alterna, donde afirmamos que los datos del resultado de la Disponibilidad para el turno 2 **no son normales**. tanto en el pre test y en el post test se trabajará con la prueba de hipótesis de Wilcoxon.

Prueba de Hipótesis

Una vez finalizada la prueba de normalidad, se procederá a realizar la prueba de Wilcoxon si se determina que las distribuciones no son normales.

- MTBF de los Tornos

H0: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **no permite** mejorar el MTBF del Torno 1.

H1: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar el MTBF del Torno 1.

Donde se tiene las siguientes reglas para la prueba de hipótesis:

- La significancia $> 0,05$Se acepta la (H0).
- La significancia $\leq 0,05$Se acepta la (H1).

Tabla 31

Prueba de hipótesis MTBF torno 1.

Estadísticos de prueba	
	MTBF_post_T1 - MTBF_pre_T1
Z	-3.924 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	0.000

Los resultados indican que el valor de significancia antes y después de aplicar la prueba de Wilcoxon es de 0.00, lo que es inferior a 0.05. Por lo tanto, se acepta la Hipótesis Alternativa y se confirma que la Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar el MTBF del Torno 1.

H0: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **no permite** mejorar el MTBF del Torno 2.

H1: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar el MTBF del Torno 2.

Donde se tiene las siguientes reglas para la prueba de hipótesis:

- La significancia > 0,05.....Se acepta la (H0).
- La significancia <= 0,05.....Se acepta la (H1).

Tabla 32

Prueba de hipótesis MTBF Torno 2

Estadísticos de prueba	
	MTBF_post_T2 - MTBF_pre_T2
Z	-3.922 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	0.000

Los resultados indican que el valor de significancia antes y después de aplicar la prueba de Wilcoxon es de 0.00, lo que es inferior a 0.05. Por lo tanto, se acepta la Hipótesis Alternativa y se confirma que la Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar el MTBF del Torno 2.

- MTTR de los Tornos

H0: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **no permite** mejorar el MTTR del Torno 1.

H1: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar el MTTR del Torno 1.

Donde se tiene las siguientes reglas para la prueba de hipótesis:

- La significancia $> 0,05$Se acepta la (H0).
- La significancia $\leq 0,05$Se acepta la (H1).

Tabla 33

Prueba de hipótesis MTTR Torno 1

Estadísticos de prueba	
	MTTR_post_T1 - MTTR_pre_T1
Z	-3.936 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	0.000

En el cuadro los resultados indican que el valor de significancia antes y después de aplicar la prueba de Wilcoxon es de 0.00, lo que es inferior a 0.05. Por lo tanto, se acepta la Hipótesis Alternativa y se confirma que la Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar el MTTR del Torno 1.

H0: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **no permite** mejorar el MTTR del Torno 2.

H1: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar el MTTR del Torno 2.

Donde se tiene las siguientes reglas para la prueba de hipótesis:

- La significancia $> 0,05$Se acepta la (H0).
- La significancia $\leq 0,05$Se acepta la (H1).

Tabla 34*Prueba de hipótesis MTTR Torno 2*

Estadísticos de prueba	
	MTTR_post_T2 - MTTR_pre_T2
Z	-3.922 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	0.000

En el cuadro los resultados indican que el valor de significancia antes y después de aplicar la prueba de Wilcoxon es de 0.00, lo que es inferior a 0.05. Por lo tanto, se acepta la Hipótesis Alternativa y se confirma que la Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar el MTTR del Torno 2.

- Disponibilidad de los Tornos

H0: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **no permite** mejorar la disponibilidad del Torno 1.

H1: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar la disponibilidad del Torno 1.

Donde se tiene las siguientes reglas para la prueba de hipótesis:

- La significancia > 0,05.....Se acepta la (H0).
- La significancia <= 0,05.....Se acepta la (H1).

Tabla 35*Prueba de hipótesis disponibilidad Torno 1*

Estadísticos de prueba	
	Disp_post_T1 - Disp_pre_T1
Z	-3.921 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	0.000

En el cuadro se muestra que el valor de la significancia del antes y después de la prueba de Wilcoxon es de 0.00; lo cual es menor a 0,05, se acepta la Hipótesis

Alternativa, y afirmamos que La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar la disponibilidad del Torno 1.

H0: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **no permite** mejorar la disponibilidad del Torno 2.

H1: La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar la disponibilidad del Torno 2.

Donde se tiene las siguientes reglas para la prueba de hipótesis:

- La significancia $> 0,05$Se acepta la (H0).
- La significancia $\leq 0,05$Se acepta la (H1).

Tabla 36

Prueba de hipótesis disponibilidad Torno 2

Estadísticos de prueba	
	Disp_post_T2 - Disp_pre_T2
Z	-3.921 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	0.000

En el cuadro se muestra que el valor de la significancia del antes y después de la prueba de Wilcoxon es de 0.00; lo cual es menor a 0,05, se acepta la Hipótesis Alternativa, y afirmamos que La Implementación del plan de mantenimiento preventivo **si permite** mejorar la disponibilidad del Torno 2.

IV. DISCUSIÓN

Se cumplieron los objetivos establecidos en la Investigación.

El análisis de riesgo realizado en la empresa metalmeccánica muestra una serie de deficiencias en el mantenimiento de los tornos que afectan gravemente su disponibilidad y eficiencia operativa. Este hallazgo es consistente con el trabajo de Urquiza (2023) quien destacó que la falta de mantenimiento preventivo y una gestión deficiente de los recursos pueden resultar en un aumento significativo de los costos operativos y una disminución en la disponibilidad de los equipos. En este estudio, las principales causas de alto riesgo identificadas, como el mantenimiento inadecuado y la falta de registros, reflejan problemas similares a los observados en investigaciones previas, donde se ha demostrado que la falta de un enfoque sistemático en el mantenimiento preventivo lleva a un aumento en la frecuencia de fallas y paradas imprevistas. La matriz de riesgo elaborada en este análisis también confirma que la escasez de repuestos y la inadecuada supervisión contribuyen de manera considerable al riesgo global, aspectos que Alarcón et al. (2020) identificaron como críticos en la optimización del mantenimiento en sistemas industriales complejos. La necesidad de un plan de mantenimiento preventivo que incluya una gestión rigurosa de los registros y un suministro adecuado de repuestos se alinea con las recomendaciones de Carmona (2019), quien encontró que la aplicación adecuada del mantenimiento no solo incrementa la disponibilidad de las máquinas, sino que también disminuye de manera notable los gastos relacionados con el mantenimiento correctivo.

La implementación del plan de mantenimiento preventivo por condición (actividades propiamente del tornero y autónomo) y predeterminado (cambio de componentes) en una Empresa Metalmeccánica, Áncash, 2023. Se llevó a cabo tomando como referencia a García (2010) , desde la codificación de los Tornos, Inventarios de los Tornos, Stock de repuestos mediante 5 categorías y 23 componentes entre repuesto y accesorios necesarios para las actividades preventivas, del mismo modo se elaboró las actividades por condiciones básicas con un total de 13 tareas de mantenimiento rutinario y 5 tareas de inspecciones periódicas, y las 10 actividades predeterminadas que comprender cambios de los componentes, de este modo se pudo mejorar los efectos de fallas de las causas principales, los indicadores de

mantenimiento y la disponibilidad de los Tornos. Esta ejecución del plan de mantenimiento preventivo es comparada con Vigo (2020), donde realiza un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología y recomendaciones del auto (García, S. 2009), abocado a 6 máquinas: una cortadora a laser (proponiendo 13 actividades preventivas en 3 sistemas), cortadora por agua (proponiendo 12 actividades preventivas en 3 sistemas), un compresor atlas copco (proponiendo 11 actividades preventivas en 2 sistemas), un torno CNC (proponiendo 13 actividades preventivas en 3 sistemas) y una fresadora CNC (proponiendo 13 actividades preventivas en 3 sistemas) mejorando los indicadores MTBF y MTTR, tal cual se propone en la propuesta, la disponibilidad mejora en un 9%. De este modo se puede constatar que las actividades de mantenimiento preventivo en máquinas permiten mejorar aquellas fallas de componentes debido a la falta de tareas preventivas y del mismo modo mejorar la disponibilidad de las máquinas.

Evaluar la confiabilidad de los tornos de una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023, de acuerdo con los hallazgos obtenidos en este estudio donde se tiene los datos del promedio del tiempo medio entre fallas (MTBF) del Torno 1, los cuales son 18.02 Hrs para el antes y 69.32 Hrs el después de la implementación. Observando una variación de 51.3 Hrs y para el Torno 2, los cuales son 14.85 Hrs para el antes y 69.32 Hrs el después de la implementación, mostrando una variación de 54.47 Hrs. En el que estos hallazgos están corroborados por el análisis de Vela y Velandia (2021), La propuesta central implica la elaboración de un plan de mantenimiento con el propósito de supervisar y controlar el funcionamiento de la máquina a través de un registro documental que contenga los formatos esenciales para asegurar un control efectivo y un mantenimiento óptimo del torno. Este enfoque busca destacar la mejora significativa del 23% en el tiempo medio entre fallas (MTBF) de los equipos, evidenciando así la eficacia del plan implementado. El énfasis recae en establecer un sistema detallado y estructurado que pueda tener un monitoreo exhaustivo de las actividades de mantenimiento, contribuyendo a la eficiencia general del proceso. De este modo, estamos en posición de examinar la sugerencia contenida en el plan de mantenimiento preventivo como el punto inicial para investigaciones posteriores destinadas a mejorar la eficacia de máquinas, equipos y procesos que requieran evaluación.

Evaluar la mantenibilidad de los tornos de una Empresa Metalmecánica, Áncash, 2023, donde se tiene los datos de la media del tiempo medio para Reparar (MTTR) del Torno 1; los cuales son 5.98 para el antes y 1.81 el después de la implementación con una variación de 4.18 y para el torno 2 son 6.06 para el antes y 2.68 el después de la implementación con una variación de 3.38 Hrs. Donde estos resultados son respaldados por el estudio de Mago y Rocha (2021). Donde según las fichas de observación para el mejoramiento del MTTR indican una elevación del 61% a 96%, evidenciando una variación del 35%. permitiendo identificar el inventario de piezas de repuesto requeridas para cada máquina, lo que permite tener un mejor control sobre los recursos destinados a estas áreas. De este modo, estamos en posición de examinar la sugerencia contenida en el plan de mantenimiento preventivo como el punto inicial para investigaciones posteriores destinadas a mejorar la eficacia de máquinas, equipos y procesos que requieran evaluación.

Del mismo modo se evaluó los costos del mantenimiento preventivo, a partir de contrastar el gasto total inicial en mantenimiento por acciones correctivas, cifrado en S/. 34,240.00, con el costo definitivo de mantenimiento de S/. 9,771.00, se generó un beneficio de S/. 24,469.00. Estos resultados se comparan con los de (Arroyo & Obando, 2022), Se ha encontrado que, en Ecuador la adopción de un mantenimiento preventivo puede incrementar la disponibilidad de los equipos hasta un 25%, disminuir los costos de mantenimiento en un 30% y extender la duración de la maquinaria y los equipos en un 50%. Esto indica que la implementación de un mantenimiento preventivo no solo ayuda a reducir los gastos de mantenimiento, sino que también limita el reproceso, la generación de productos defectuosos y las pérdidas económicas asociadas. Como consecuencia, se anticipa un aumento en los indicadores de producción y financieros, así como una mejora en la eficiencia de los procedimientos

La metodología empleada en este estudio se clasifica como aplicada, utilizando un diseño experimental pre-experimental con pruebas previas y posteriores. Esta estrategia facilitó la evaluación de los datos relacionados con los indicadores de los tornos antes y después de la implementación de la propuesta, lo que permitió un análisis ventajoso y la comparación de resultados a través de gráficos estadísticos

y prueba de hipótesis con los test de prueba de wilcoxon con valores de la sig. de 0.000 y con datos no paramétricos según la prueba de Shapiro Wilk con valores de la sig. menores a 0,05 , recopilando información relevante que permite determinar si el plan efectúa una mejora en la disponibilidad de los tornos. Las ventajas que se presenta dentro de este estudio se respaldan con (Pillado y otros, 2022), la metodología sugerida fue aplicada en una empresa de fabricación de productos médicos, dando como resultado una mejora en el tiempo medio entre fallas de 1,176 horas a 1,699 horas, así como la reducción de las variaciones entre programas de 79.5 horas a solo 17 horas.

V. CONCLUSIONES

1.- En el estudio se planteó el objetivo general de implementar un plan de mantenimiento que preventivo basado en actividades predeterminadas y planes básicos, por el cual concluimos que se logró ejecutar satisfactoriamente el plan con la finalidad de mejorar la Disponibilidad de los tornos, donde se demostró una mejoría del 22.39% (de 75.07% a 97.46%) para el Torno 1 y una mejoría del 29.32% (de 66.85% a 96.28%) para el torno 2.

2.- Se planteó realizar el análisis de riesgo de una Empresa Metalmecánica, en la que se identificaron causas críticas de falla con riesgos significativos, como la carencia de registros de mantenimiento y la escasez de repuestos. Estos resultados subrayan la vulnerabilidad de los procesos de mantenimiento frente a posibles interrupciones y problemas operativos, enfatizando la importancia de abordar estas deficiencias con el fin de mantener la operatividad y eficiencia en el funcionamiento de las máquinas.

3.- Se propuso implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en actividades predeterminadas y por condiciones básicas, teniendo en cuenta los periodos de las actividades de mantenimiento, donde se logró elaborar las actividades por condiciones básicas con un total de 13 tareas de mantenimiento rutinario y 5 tareas de inspecciones periódicas, y las 10 actividades predeterminadas que comprender cambios de los componentes, de este modo se pudo mejorar los efectos de fallas de las causas principales reducir las fallas funcionales de los componentes, y el número de fallas de 132 a 48(reduciendo 84 fallas en 2 meses después de la implementación de la propuesta) y de esta manera concluir la mejorar la disponibilidad de los Tornos.

4.- Se propuso evaluar la confiabilidad (MTBF) de los tornos donde se logró mejorar el indicador, para el torno 1 de 18.02 Hrs para el antes y 69.32 Hrs el después de la implementación con una variación de 51.3 Hrs y para el torno 2 son 14.34 Hrs para el antes y 69.32 Hrs el después de la implementación con una variación de 54.98 Hrs.

5.- Se propuso evaluar la mantenibilidad (MTTR) de los tornos donde se logró mejorar el indicador, para el torno 1 de 5.98 Hrs para el antes y 1.81 Hrs el después de la implementación con una variación de 4.18 Hrs y para el torno 2 son 6.06 Hrs

para el antes y 2.68 Hrs el después de la implementación con una variación de 3.38 Hrs.

6.- Se planteó evaluar los costos generados por el mantenimiento preventivo propuesto donde el análisis de los costos permitió calcular un ahorro con monto de S/. 24 469 .00 en mantenimiento correctivo de los tornos gracias a la implementación de mantenimiento preventivo, evitando así llegar a medidas correctivas y presentando gastos excesivos.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere que esta tesis pueda constituir un fundamento para investigaciones posteriores, no solo relacionadas con empresas del sector logístico, sino también para aquellas pequeñas y medianas empresas en diferentes sectores industriales que emplean equipos de mecanizado (Tornos) como parte integral de sus operaciones.

Se sugiere adherirse meticulosamente a los procedimientos detallados en la propuesta del plan de mantenimiento preventivo. Siguiendo este enfoque con precisión, se logrará optimizar la disponibilidad de los tornos, lo que resultará en un funcionamiento más eficiente y confiable de estos equipos industriales. La implementación diligente de los pasos propuestos se presenta como una medida clave para garantizar el rendimiento óptimo de los tornos y, por ende, maximizar la productividad y reducir posibles tiempos de inactividad.

Se aconseja emplear herramientas informáticas y software especializado para llevar a cabo cálculos más precisos de los indicadores clave como MTTR, MTBF y Disponibilidad. Estas herramientas permiten visualizar de manera gráfica y detallada los resultados a través de gráficas, diagramas, cuadros y frecuencias. De esta manera, se facilita la interpretación precisa de los valores, brindando una visión más clara y completa de la eficiencia operativa y posibilitando una evaluación más detallada de la mejora en los indicadores a lo largo del tiempo. La utilización de recursos informáticos no solo agiliza el proceso de análisis, sino que también proporciona una representación visual más accesible y comprensible de la eficacia del sistema de mantenimiento.

Se recomienda realizar una capacitación constante a los trabajadores, operarios y supervisores de la empresa, con la finalidad de asegurarse que el personal encargado y supervisor esté debidamente capacitado para realizar inspecciones y tareas de mantenimiento ya sean preventivas y correctivas, de esta forma se proporcionará una formación continua para mantener actualizados las técnicas más efectivas y las innovaciones tecnológicas que se presten dentro de la entidad.

REFERENCIAS

- Alarcón, B., Romero, & Denis. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de Santa Elena*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20080/1/UPS-GT003160.pdf>
- Al-Duais, F., Mohamed, Jawa, T., & Sayed-Ahmed, N. (2022). Optimal Periods of Conducting Preventive Maintenance to Reduce Expected Downtime and Its Impact on Improving Reliability. *Comput Intell Neurosci*, 1-11. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8913151/pdf/CIN2022-7105526.pdf>
- Aquino, W., & Atalaya, S. (2020). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para mejorar la Disponibilidad de Equipos de la empresa Golbaltruck E.I.R.L-2018-2019*. Universiada Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Obtenido de https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26312/Aquino%20Manya%20Wilder_Atalaya%20Castrejon%20Steve.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arroyo, C., & Obando, R. (2022). *Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos*. Obtenido de RE V I S T A J O U R N A L O F E N G I N E E R I N G S C I E N C E S: <https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/esci/article/view/240#:~:text=Lo%20que%20permite%20concluir%20que,econ%C3%B3micos%20y%20optimiza%20los%20procesos.>
- Ballesteros, S., Gómez, N., & Robles, W. (2020, Noviembre 5). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo del proceso de trituración para la industria minera. *Matices Tecnológicos*, 12, 45--51. Retrieved from <http://138.117.111.22/index.php/revistamaticestecnologicos/article/view/148/172>

- Ben , J., Mohamed, A., & Muduli, K. (2021). Effect of Preventive Maintenance on Machine Reliability in a Beverage Packaging Plant. *International Journal of System Dynamics Applications*, 10(3), 50-66. Obtenido de <https://www.igi-global.com/gateway/article/full-text-html/277638&riu=true>
- Benel, R. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la flota de buses de la empresa de Transportes Turismo Sr. de Huamantanga S.R.L.* Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2139/BC- TES-TMP-1009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Buenaño, L., Villagrán, W., & Santillán, C. (2019). Use of maintenance audit and analysis of reliability, maintainability and availability (CMD) as tools for the identification of problems in locomotive maintenance management in railroad companies. *4(2)*, 171-198. Obtenido de <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/129/188>
- Cadena Quispe, K., & Vásquez Coronado, M. (2021). PLAN DE MEJORA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA LIMARICE S.A. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(1), 15-29. Obtenido de <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1537/2187>
- CALVO ROJAS, J., GIL BASULTO, M., & PELEGRÍN MESA, A. (2018). Enfoques teóricos para la evaluación de la eficiencia y. *Retos de la Dirección*, 12, 96-118.
- Campos, I. (2018). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la rentabilidad en la empresa de transporte Sayvan E.I.R.L.* Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú. Obtenido de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1751/1/TL_CamposVerallarec.pdf
- Cari Camarena, B. L., & Fernandez Rodriguez, A. (2020). *"Propuesta de un plan de mantenimiento Preventivo para Optimizar la Disponibilidad de Tornos en una Empresa Industrial en Ate, 2020"*. Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/68232/B_Cari_CBL-Fernandez_RA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carmona, S. (2019). *Actualización del plan de mantenimiento preventivo de la empresa Indelpa S.A.* Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/cf3af6ce-9432-4c1e-b88d-b58a70378b11/content>

Casas Roque, R. L. (2017). *PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA EMPRESA TERMINALES PORTUARIOS PERUANOS S.A.C. EN EL AÑO 2017.* Universidad Privada del Norte, Lima. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12420/Tesis%20-%20Ra%c3%bal%20Lenin%20Casas%20Roque.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ccacciaicucho, D., Tello, L., & Quispe, G. (2023). Diseño de un modelo del TPM y DMAIC para incrementar la disponibilidad de las máquinas del área de costura en una Mype Textil. *Revista Científica de Ciencias Agrícolas y de la Salud*, 1(1), 26-44. doi:<https://doi.org/10.61210/rck.v1i1.27>

Echevarría Yepes, A., Barbieri, G., & Laserna Montoya, J. (2020). "Metodología de mantenimiento preventivo para máquinas de baja utilización". Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Giacomo-Barbieri-2/publication/342957214_Metodologia_de_mantenimiento_preventivo_para_maquinas_de_baja_utilizacion/links/5f0f1af6a6fdcc3ed70847b8/Metodologia-de-mantenimiento-preventivo-para-maquinas-de-baja-utilizacio

Espejo Zavaleta, A. L. (2018). *"Diseño de un sistema de Mantenimiento Preventivo para Aumentar la Disponibilidad de los Tornos de la Empresa Full Maquinarias S.A."*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64446/Espejo_ZAL-SD.pdf?sequence=4

Espejo Zavaleta, A. L. (2018). *"Diseño de un sistema de Mantenimiento Preventivo para Aumentar la Disponibilidad de los Tornos de la Empresa Full Maquinarias S.A."*. Obtenido de <https://docplayer.es/222481300-Diseno-de->

un-sistema-de-mantenimiento-preventivo-para-aumentar-la-disponibilidad-de-los-tornos-de-la-empresa-full-maquinarias-s-a.html

Espejo Zavaleta, A. L. (2018). *Diseño de un Sistema de Mantenimiento Preventivo para Aumentar la Disponibilidad de los Tornos de la Empresa Full Maquinarias S.A. TRUJILLO - PERÚ*. Obtenido de <https://docplayer.es/222481300-Diseno-de-un-sistema-de-mantenimiento-preventivo-para-aumentar-la-disponibilidad-de-los-tornos-de-la-empresa-full-maquinarias-s-a.html>

Flores, M., Medina, D., Vargas, D., & Remache, B. (2020). Asignación De Modelos De Mantenimiento Basada En La Criticidad Y Disponibilidad Del Equipo. 9(4). Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/367/3671857003/3671857003.pdf>

Garcia, S. (2010). *Organizacion y Gestion Integral de Mantenimiento*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=PUovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=organizaci%C3%B3n+y+gesti%C3%B3n+integral+de+mantenimiento&ots=Uflc0muNWp&sig=fXN9nP41W4jCdvY0CXzTkGzM31Q#v=onepage&q=organizaci%C3%B3n%20y%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20mantenim>

González Sosa, J. V., Loyo Quijada, J., López Ontiveros, M. Á., Pérez Montoya, P., & Cruz Hernández, A. (2018). "Mantenimiento Industrial en máquinas Herramientas por medio de AMFE". Obtenido de <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=52ee90f4-a7ee-4381-b9bd-f89f752dfd9a%40redis>

Gutiérrez, H., & Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. McGrawHill. Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

Khalili, A., Yusof, I., & Muhammad, A. (2023). Planned preventive maintenance effects on overall equipment effectiveness: a case study in Malaysian

- industry. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 38(3), 332-360. Obtenido de <https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=129614>
- Mago Ramos, M., & Rocha Pachón, S. (2021). Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Granitos y Mármoles Acabados SAS. 16(2), 98-111. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6735/673571919007/673571919007.pdf>
- Marrero Hernández, R., Matínez Pérez, E., Vilalta Alonso, J., García Fenton, V., & Basile Wilson, M. (2022). "La planificación del mantenimiento, su importancia en la gestión de los activos". Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362022000400108&script=sci_arttext&tIng=pt
- Martínez Delgado, E., Marrero Hernández, R., & Vilalta Alonso, J. A. (2019). "Modelo de diagnóstico- planificación y control del mantenimiento". Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362019000200148&script=sci_arttext&tIng=en
- Martinez Lugo, C. A. (2004). *Implementación de un análisis de modo y efecto de falla en una línea de manufactura para juguetes*. Universidad Autónoma de Nuevo Leon, México. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/1522/1/1020150046.PDF>
- Mauricio Rimachi, A., & Olarte Rojas, P. (2020). *Implementación de Lean maintenance para optimizar los costos de mantenimiento de unidades en una empresa de transportes de carga pesada. SJL 2020*. Universidad César Vallejo, Lima. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/55894/Mauricio_RAH-Olarte_RP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Molina Rodríguez, R., Blanco Blandón, F., & Sánchez Figueroa, I. (2018). *Propuesta de un plan de gestión de mantenimiento preventivo total para los tornos de la empresa Torno Pineda de la ciudad de Estelí, en el segundo semestre 2017*. Estelí- Nicaragua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/8926/1/18782.pdf>

- Moreira Pino, O. A. (2022). "Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil". Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22961/1/UPS-GT003900.pdf>
- Murillo Veliz, I. R. (2017). *PROPUESTA DE MEJORAS A LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS PORTUARIOS*. Instituto Tecnológico Bolivariano, Guayaquil. Obtenido de https://rraae.cedia.edu.ec/Record/ITB_99bdbcbcffd0fd098e1b7723b889915c
- Ñaupas, H., Valdivia, M. P., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y redacción de tesis*. Ediciones de la U. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf
- Pillado, M., Castillo, V., & Riva, J. (2022). Metodología de gestão da manutenção preventiva como base para a confiabilidade das máquinas. 12(24). Obtenido de <https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/1218/3577>
- Prabhaker, M., Chandra M, P., Uttam, S., Anshul, G., Chinmoy, S., & Amit, K. (Enero de 2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. doi:10.4103/aca.ACA_157_18
- Raghav, Y., Mrádula, Varshney, R., Modibbo, U., Ahmadini, A., & Ali, I. (2022). Estimation and Optimization for System Availability Under Preventive Maintenance. *IEEE Access*, 10, 94337-94353. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/9877806/authors#authors>
- Ramirez, D. (2018). Manual de mantenimiento de torno convencional y aplicación algunos tipos de soldadura. 1(1), 20. Obtenido de https://www.ecorfan.org/spain/proceedings/CPI_I/5.Manual%20de%20mantenimiento%20de%20torno%20convencional%20y%20aplicacion%20algunos%20tipos%20de%20soldadura.pdf

- Ramos Sparrow, J. (2017). *“Aumento De La Disponibilidad Mediante La Implementación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo A Las Maquinarias De La Empresa Atlanta Metal Drill S.A.C. ”*. TRUJILLO – PERÚ. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/Ramos%20Sparrow%2C%20Julio%20Oswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramos, J. (2017). *Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C.* Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fe74b541-ebcc-4e92-8ac2-7fef1b4881a1/content>
- Ramos, M., Perea, B., & Lopez, H. (2020). Implementation of preventive and predictive maintenance to the teams of the production process in the Equiaceros SAS Company. 8(18). Obtenido de https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/inge_libre/article/view/7012/6187
- Reyes Labastida, N. (2018). *Mantenimiento electromecánico de tornos tipo paralelo*. Mexico. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/22847>
- Romero Rivera, T. (2017). Preventive maintenance plan of the machines and/or equipment of the metalmeccanic company AYD Pioneer S.A.C. to increase your availability and operational reliability. 15(1). Obtenido de <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/rtd/article/view/1785/1586>
- Silva Urbina, I., Ridríguez Pineda, M., Acosta Rozo, R., & Gómez Monsalve, P. (2019). "Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF". Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7452806>
- Uribe, S. (2020). Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la máquina remalladora de una empresa textil. *Repositorio de Universidad de Lima*, 38, 15-31. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/327098252.pdf>

- Urquiza Leon, A. (2023). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas críticas en la empresa Cynara Perú S.A.C., 2021*. Universidad Continental, Lima. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13449/3/IV_FIN_108_TE_Urquiza%20Leon_2023.pdf
- Valencia Ballena, L. E. (2021). *"Implementación de un plan de mantenimiento preventivo anual de las máquinas CNC de corte en sierra cinta para obtener efectividad y continuidad de corte en la compañía comercial Industrial Peruano Sueca S.A. - CIPESA"*. Obtenido de <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/7807>
- Valverde, A. (2021). *Plan de Mantenimiento Preventivo para maquinaria pesada en Minera Chinalco Perú S.A.* Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú, Perú. Obtenido de https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5884/TESIS_MAESTR%c3%8dA_VALVERDE%20OBREGON_FIME_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vela, H. J., Plazas Martinez, F. A., & Velandia Garzon, M. E. (2021). *"Plan de mantenimiento preventivo para un torno convencional marca Colchester Referencia Student 2000"*. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2498/Trabajo%20de%20Ogrado.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Vigo Roque, J. (2020). *"Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las maquinas de una empresa metalmecanica del Sector Industrial"*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24777/Vigo%20Roque%2c%20Jehime.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Wang, N., Hu, J., Ma, L., Xiao, B., & Liao, H. (2020). Availability Analysis and Preventive Maintenance Planning for Systems with General Time Distributions. *Reliability Engineering & System Safety*, 201(1). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832020304944>

- Ypanaqué Arteaga, S., Chucuya Huallpachoque, R., & Esquivel Paredes, L. (2017). Preventive maintenance to increase the availability and reliability of a 50 ton crane. *3(2)*, 309-322. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/336177444_Mantenimiento_preventivo_para_incrementar_la_disponibilidad_y_confiabilidad_de_una_grAa_de_50_toneladas
- Zea, B. (2021). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos camineros de la Municipalidad de Ventanilla*. Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú. Obtenido de https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5985/TESIS_PREGRADO_ZEA%20SANTANDER_FIME_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de operacionalización de variables

Implementar un plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad de los Tornos en una Empresa Metalmeccánica , Ancash, 2023					
Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Plan de Mantenimiento Preventivo	Este mantenimiento preventivo realiza una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo (Ramirez, 2018).	El plan de mantenimiento preventivo se define por condición (actividades propiamente del tornero y autónomo) y predeterminado (cambio de piezas), en cual las actividades periódicas y programadas realizadas de manera sistemáticas con el fin de conservar las condiciones de operación satisfactorias, tienen la prevención de fallas que puedan conducir a paradas imprevistas, este tipo de mantenimiento se programa con el objeto de ajustar, reparar o cambiar partes en equipo antes de que ocurra una falla o daños mayores, eliminando o reduciendo al mínimo los gastos de mantenimiento (Ramirez, 2018).	Análisis de riesgo	Fallas funcionales	Nominal
			Actividades por Condición	Acciones propiamente del tornero y autónomo	Nominal
			Actividades predeterminadas	Tareas de mantenimiento	Nominal
			Evaluación	MTBF, MTTR de los Tornos Costos de mantenimiento preventivo	Razón
Variable dependiente: Disponibilidad	El plan de mantenimiento preventivo basado en el análisis de los índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad el cual se realiza una medición de los indicadores mediante el análisis de un software estadístico de los tornos de la empresa (Ypanaqué Arteaga, Chucuya Huallpachoque, & Esquivel Paredes, 2017).	El Mantenimiento preventivo en la disponibilidad se da en la medida en que los equipos de torno estén en operación constante, a través de la confiabilidad a través del tiempo de uso establecido y la mantenibilidad que es el tiempo de reparación, durante el tiempo de uso. (Ypanaqué Arteaga, Chucuya Huallpachoque, & Esquivel Paredes, 2017).	Mantenibilidad	$MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\# \text{ de fallas}}$	Razón
			Confiabilidad	$MTBF = \frac{\text{Tiempo de uso}}{\# \text{ de fallas}}$	

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

PRE TEST – De los tornos						
<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad - Tiempo medio entre fallas $MTBF = \frac{\text{Tiempo de uso}}{\# \text{ de fallas}}$ <ul style="list-style-type: none"> • Mantenibilidad -Tiempo medio entre reparaciones $MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\# \text{ de fallas}}$						
Mes (Antes que inicies la tesis)	Cantidad de muestras	TIEMPO DE PARADAS (Hrs)	TIEMPO DE OPERACIÓN (Hrs)	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
Octubre 2022	1					
	2					
	3					
	4					
Noviembre 2022	5					
	6					
	7					
	8					
Diciembre 2022	9					
	10					
	11					
Enero	12					
	13					
	14					
	15					
Febrero	16					
	17					
	18					
	19					
	20					

POST- TEST- Delos tornos

- **Confiabilidad - Tiempo medio entre fallas**

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo de uso}}{\# \text{ de fallas}} \times 100\%$$

- **Mantenibilidad -Tiempo medio entre reparaciones**

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\# \text{ de fallas}}$$

Mes (Inicia con la fecha de inicio de la tesis)	Cantidad de muestras	TIEMPO DE PARADAS (Hrs)	TIEMPO DE OPERACIÓN (Hrs)	NÚMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR
Mayo	1					
	2					
	3					
	4					
Junio	5					
	6					
	7					
	8					
Julio	9					
	10					
	11					
	12					
Agosto	13					
	14					
	15					
	16					
Septiembre	17					
	18					
	19					
	20					

Anexo 3: Matriz Evaluación por juicio de expertos



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo ... **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO** ... con DNI N° ... 09599387.... **MAGISTER**.... EN ... **ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS** ... CIP N° 208704 ... de profesión ... **INGENIERO MECÁNICO** ... desempeñándome como ... **DOCENTE UNIVERSITARIO** ... en ... **LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO** ...

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- **FICHA DE OBSERVACIÓN DE LOS TORNOS**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "**Implementar un Sistema de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad de los Tornos de la Empresa Metalmecánica Vafesa EIRL, Ancash, 2023**". Elaborado y presentado por los estudiantes:

- **VASQUEZ GONZALES DAVID EDUARDO**

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de ... **Trujillo** ... el día ... **6** ... del mes de ... **Agosto** ... del año ... **2023** ...

Mg. : **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO**
DNI : **09599387**
Especialidad : **INGENIERÍA MECÁNICA**
E-mail : ecuadros@pucp.pe

Edwin Huber Cuadros Camposano
ING. MECANICO
R. CIP. N° 208704

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo ... **MEDINA VASQUEZ YOVANA EDITH**... con DNI N° 16753873 **DOCTORADO EN ADMINISTRACIÓN DE LA EDUCACION**. CIP N° 176865 de profesión ... **INGENIERA MECANICA ELECTRICISTA** desempeñándome como ... **DOCENTE UNIVERSITARIO** en **LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- **FICHA DE OBSERVACIÓN DE LOSTORNOS**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "**Implementar un Sistema de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad de los Tornos de la Empresa Metalmecánica Vafesa EIRL, Ancash, 2023**". Elaborado y presentado por los estudiantes:

- **VASQUEZ GONZALES DAVID EDUARDO**

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de **CHICLAYO** el día 20 del mes de **Agosto** ... del año ... **2023** ...

Dr. : **MEDINA VASQUEZ YOVANA EDITH**
 DNI : 16753873
 Especialidad : **INGENIERÍA MECÁNICA**
 E-mail : **mvasquezy@ucvvirtual.edu.pe**



YOVANA EDITH MEDINA VASQUEZ
INGENIERA MECÁNICA ELECTRICISTA
 Reg. CIP. 176865

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Jorge Antonio Inciso Vásquez con DNI N° 26695389 DOCTOR en Administración

CIP N° 88717 de profesión

INGENIERO MECANICO desempeñándome como ... **DOCENTE UNIVERSITARIO** ... en ... **LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO** ...

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- **FICHA DE OBSERVACIÓN DE LOS TORNOS**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "**Implementar un Sistema de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad de los Tornos de la Empresa Metalmecánica Vafesa EIRL, Ancash, 2023**". Elaborado y presentado por los estudiantes:

- VASQUEZ GONZALES DAVID EDUARDO

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Trujillo el día 11 del mes de **setiembre** del año **2023**

Dr. : Jorge Antonio Inciso Vásquez

DNI : 26695389

Especialidad : Ingeniería Mecánica.

E-mail : jinciso@ucv.edu.pe



.....
Jorge Antonio Inciso Vásquez
Ing. Mecánico
R.CIP.88717

Anexo 6: Autorización de la empresa donde realizará la tesis



AUTORIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA PUBLICAR SU IDENTIDAD EN LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

Datos Generales:

Nombre de la Organización:	RUC: 20609156121
PROYECTOS GENERALES VAFESA EIRL	
Nombre del Titular o Representante Legal:	
Nombres y Apellidos: SANTOS FAUSTINO VASQUEZ FERNANDEZ Gerente General	DNI: 32957640

Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 7, literal "P" del Código de Ética en Investigación de la Universidad Cesar Vallejo (*), autorizo (X), no autorizo () publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del Trabajo de Investigación:	
Implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad de los Tornos de la Empresa Metalmecánica Vafesa EIRL, Ancash, 2023.	
Nombre del Programa Académico:	
PROGRAMA DE TITULACION UCV ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
Autor: DAVID EDUARDO VASQUEZ GONZALES	DNI: 70920889

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio,

Lugar y Fecha: Chimbote, 22 de diciembre del 2023

PROYECTOS GENERALES VAFESA E.I.R.L.
RUC: 20609156121

Santos Faustino Vasquez Fernandez
GERENTE GENERAL
DNI: 32957640

Firma: _____

SANTOS F. VASQUEZ FERNANDEZ
GERENTE GENERAL

(*) Código de Ética en investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 7° "P" Para publicar o difundir los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en q haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para q se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en los informes o tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, pero si será necesario describir sus características

Anexo 9: Rutina de mantenimiento, Programas básicos

RUTINA DE MANTENIMIENTO PARA LOS TORNOS					
PROGRAMAS BÁSICOS		Frecuencia			
Actividad	Descripción / Procedimiento	Diario	Semanal	Mensual	Según Fabricante
Verificación visual	Inspeccionar visualmente el estado general del torno y busca signos de desgaste o daño evidente.	X			
Limpieza	Antes de cada uso, el torno debe limpiarse de virutas, lubricantes y otros residuos.	X			
Registro de mantenimiento	Actualizar y registrar todas las actividades que se realizaron y las que están pendientes.	X			
Lubricación	Verificar y, si es necesario, lubrica los puntos de lubricación según las especificaciones del fabricante.	X			
Verificación de niveles	Comprobar los niveles de aceite, refrigerante y otros fluidos y rellenar si es necesario.	X			
Inspección de Herramientas	Verificar la condición de las herramientas de corte y reemplazar las que estén desgastadas.	X			
Alineación	Verificar la alineación de las guías y los carriles para asegurar que estén correctamente ajustados.	X			
Calibración de sensores	Si el torno está equipado con sensores y sistemas de medición, verificar y calibrar las precisiones.		X		
Limpieza de filtros	Limpieza o reemplazo de los filtros de aire y refrigerante según las recomendaciones del fabricante.		X		
Verificación de la geometría	Verificar la geometría y la alineación del torno, si es necesario realizar ajustes.		X		
Inspección de los cables y conexiones eléctricas	Inspeccionar y apriete las conexiones eléctricas y verificar el estado de los cables.		X		
Verificación de tolerancias	Verificar la precisión y las tolerancias de las guías y los carriles.			X	
Desmontaje y limpieza profunda	Desmonta partes clave del torno, como el cabezal y el carro, para realizar una limpieza profunda y una inspección minuciosa.				X

Anexo 10: Rutina de mantenimiento, Actividades Predeterminadas

ACTIVIDADES PREDETERMINADAS			Frecuencia			
Actividades	Código	Procedimiento	8 horas	2000 horas	5000 horas	Desgaste
Cambio de aceite	MEWH-01	Se desenrosca la parrilla protectora en la pata de la máquina y sacar fuera el grupo hasta que salgue el aire de la boca de carga. Destornillar el tornillo de purga y dejar salir el aceite antiguo		X		
Cambio de aceite	MEGL- 02	Los procedimientos descritos para el proceso de cambio de aceite.		X		
Engrase de cambio	MEWH-01 MEGL- 02	Preparación de seguridad, identificar los puntos de lubricación	X			
Engrase del carro contrapunto (cojinetes y husillos)	MEWH-01 MEGL- 02	Limpieza del área de lubricación, selección del lubricante según catalogo del torno, Aplicación del lubricante, ya sea operación manual con las repeticiones periódicas.	X			
Engrase central del carro	MEWH-01 MEGL- 02	Verificar el registro de mantenimiento, limpieza, selección del lubricante y la aplicación al punto.	X			
Cambiar Rodamientos	MEWH-01 MEGL- 02	Desconexión la alimentación eléctrica, retirar la correa y sus componentes, desmontar el husillo, extraer los rodamientos viejos utilizando el extractor, limpiar a fondo el área donde estaban los rodamientos antiguos, instalar los nuevos, Alinear al husillo y verificar que esté centrado y finalmente se pone en funcionamiento el torno para realizar las pruebas manuales y asegurarse el correcto funcionamiento para luego ponerlo en marcha.			X	
Cambio de Cuchillas	MEWH-01 MEGL- 02	Desconexión de la alimentación eléctrica, retirar la herramienta de sujeción utilizando llaves de ajuste, desmontar la cuchilla antigua, Instalar la cuchilla nueva, ajustar y alinear, lubricar en las áreas de contacto y movimiento, pruebas y ajustes finales para luego poner en marcha.				X

Cambio del Plato	MEWH-01 MEGL- 02	Desconexión de la alimentación eléctrica del torno, Retirar cualquier pieza de trabajo que esté sujeta al plato y desmontar todas las herramientas, desmontar la mandíbula del plato antiguo instalar el nuevo plato, montar las mandíbulas en el nuevo plato, ajustarlas y alinearlas, lubricar, pruebas, ajustes y poner en marcha.				X
Cambio de Cabeza fija	MEWH-01 MEGL- 02	Primero preparar la desconexión, retirar las piezas de trabajo, desmontar el cabezal antiguo con la ayuda del manual de los tornos, conexión del nuevo cabezal, ajustes, alineación, lubricación, pruebas y puesta en marcha				X
Cambiar caja de ruedas de rosca	MEWH-01 MEGL- 02	Desconectar la alimentación eléctrica, desmontar la caja de rosca antiguas con la ayuda del manual del torno, instalación de la nueva caja de roscas alineándola adecuadamente, conectar las conexiones eléctrica o hidráulicas, ajustes, alineaciones, lubricación, pruebas y puesta en marcha		X		
Cambiar cabezal	MEWH-01 MEGL- 02	Desconectar la alimentación eléctrica, retirar cualquier pieza de trabajo que esté sujeta al cabezal del torno, desmontar el cabezal antiguo con herramientas de elevación o soportes, instalar el nuevo cabezal alineándola e instalando las conexiones eléctricas, ajustar y alinear, lubricar en el área de contacto, pruebas y puesta en marcha		X		
Cambiar el delantal	MEWH-01 MEGL- 02	Desconectar la alimentación eléctrica, desmontar las herramientas que puedan obstruir el acceso al delantal, desmontar el delantal antiguo con la ayuda del manual del torno, desconectar todas las conexiones eléctricas o hidráulicas asociadas al delantal, instalar el nuevo delantal en la posición correcta, ajustes, lubricación, pruebas manuales y puesta en marcha.		X		

Anexo 11: Análisis de trabajo Seguro

	EMPRESA METALMECÁNICA FORMATO DE ANALISIS DE TRABAJO SEGURO ATS	Fecha	
		Versión 1	Página 1
		Clasificación de la Información:	

FORMATO DE ANALISIS DE TRABAJO SEGURO ATS		
Empresa:	Ciudad:	
Área/Proceso:	Ubicación donde se realiza el trabajo:	
Fecha de realización del Trabajo (dd/mm/aaaa):	Lugar de Trabajo:	
Hora de Inicio (a.m./p.m.):	Hora de Finalización (a.m./p.m.):	
Descripción de la tarea a realizar:		
PARA ESTE TRABAJO SE REQUIERE PERMISO DE:		
TRABAJO EN ALTURA	ESPACIO CONFINADO	CALIENTE
ENERGIA PELIGROSAS	¿OTRO, CUAL?	
Cedula, Nombres y Apellidos de los trabajadores (Ejecutor)	Firma	

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	<i>Indique cada una de las herramientas a utilizar.</i>
Manuales	
Eléctricas	
Neumáticas	
Hidráulicas	
Mecánicas	
Otras	
ANALISIS DE LA TAREA	
¿Qué tan alto se encuentra el lugar de trabajo?	
¿Cuál es el sistema de acceso al lugar de trabajo?	
¿Se han establecido los puntos de anclaje?	
¿Se han realizado los cálculos de la distancia de caída?	
¿Cuáles son los sistemas de prevención y protección requeridos?	
¿Cuáles son los elementos de protección requeridos?	
¿Cuántos trabajadores se requieren?	

¿Qué materiales y recursos van a utilizarse?	
¿Existen hoyos o grietas debajo del área de trabajo?	
¿Hay peligro de resbalar o tropezar alrededor del área de trabajo?	
¿Qué otros peligros hay en el lugar de trabajo? (chispas, electricidad, químicos, superficie resbaladiza, superficies calientes, objetos filosos, cargas pesadas, etc.)	

Pasos detallados de la tarea	Peligros existentes y potenciales	Consecuencias	Controles Requeridos

--

EVALUACION DEL RIESGO

¿Es posible, probable o casi-seguro que ocurra un incidente?

Si, deténgase y no proceda con la tarea. Analice con el supervisor encargado el paso a paso, revise los controles.

No, Continúe con la tarea con precaución, implemente los controles establecidos.

¿Es seguro proceder ahora en la tarea con los controles adicionales?

Si, Proceda con la tarea.

No, consulte al supervisor antes de tomar cualquier decisión.

Nombre y cedula de los trabajadores (Ejecutor)	Firma
Nombre y Cedula de la persona (Emisor)	Firma

Anexo 12: Formato de inducción, capacitación y entrenamientos

N° REGISTRO:		REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA	
DATOS DEL EMPLEADOR:			
RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL	RUC	ACTIVIDAD ECONÓMICA	N.º TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL
MARCAR (X)			
INDUCCIÓN	CAPACITACIÓN	ENTRENAMIENTO	SIMULACRO DE EMERGENCIA
TEMA:			
FECHA:			
NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR			
N.º HORAS			
APELLIDOS Y NOMBRES DE LOS CAPACITADOS		FIRMA	OBSERVACIONES
RESPONSABLE DEL REGISTRO			
Nombre:			
Cargo:			
Fecha:			

Anexo 13: Matriz IPERC

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS								
ENTIDAD:				ACT.ECONOM:				
DIRECCION:				AREA:				
FECHA:				PROCESO:				
ACTIVIDAD	PELIGRO	CONSECUENCIAS RIESGO	METODOS DE CONTROL EXISTENTES	EVALUACION DE RIESGO / IMPACTO			METODOS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	RESPONSABLE
				PROBABILIDAD (P)	SEVERIDAD (S)	P x Q		
ELABORADO POR:							V° B° EMPLEADOR:	

Severidad de las Consecuencias Vs Probabilidad/Frecuencia

SEVERIDAD	Catastróficos (50)	50	100	150	200	250
	Mayor (20)	20	40	60	80	100
	Moderado alto (10)	10	20	30	40	50
	Moderado (5)	5	10	15	20	25
	Moderado Leve (2)	2	4	6	8	10
	Mínima (1)	1	2	3	4	5
		Escasa (1)	Baja Probabilidad (2)	Puede Suceder (3)	Probable (4)	Muy Probable (5)
	PROBABILIDAD					

VALORACION DE RIESGOS		
RIESGO CRÍTICO	ROJO	$50 < X \leq 250$
RIESGO ALTO	NARANJA	$15 < X \leq 50$
RIESGO MEDIO	AMARILLO	$3 < X \leq 15$
RIESGO BAJO	VERDE	$X \leq 3$

Anexo 14: Análisis de modo y efecto de falla torno 1

Torno 1 – Marca Weisser Heilbronn				
Componente	Función principal	Efecto de Falla	Modos de falla	Estrategias propuestas
Caja de cambios	Aumentar o disminuir la velocidad de par del motor hacia el plato del torno.	No sincroniza correctamente la transmisión	Desgaste en los dientes.	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas
		Hay mucha perdida de aceite	Juntas o sellos defectuosos	Desarrollar inspecciones periódicas básicas
		Ruidos inusuales	Engranajes mal alineados.	Llevar a cabo un plan de mantenimiento predeterminado
		Pérdida de velocidad o potencia	Inadecuada lubricación Malos ajustes	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.
Motor	Encargado de brindar fuerza, torque, velocidad y energía tanto eléctrica y mecánica al torno.	Pérdida de potencia	Filtros de aire sucio u obstruidos.	Realizar Inspecciones de limpieza
		No arranca correctamente el motor	Problemas en el sistema eléctrico. Problemas en la fuente.	Realizar un plan mantenimiento preventivo.
		Se evidencia demasiado sobrecalentamiento	Inadecuada refrigeración.	Realizar un plan de mantenimiento preventivo.
Husillo	Sostiene y hace rotar la pieza de trabajo que se está mecanizando.	Hay mucho juego Axial	Desgaste en los rodamientos	Llevar a cabo un plan de mantenimiento predeterminado
		Hay mucha vibración excesiva	Malos ajustes. Desalineación del husillo.	Desarrollar programa de capacitaciones a los operarios
		Se bloquea el Husillo	Problemas en el sistema de accionamiento del husillo.	Realizar un plan mantenimiento preventivo.
	Sostiene y alinea la herramienta de corte	Dificultades en el movimiento del carro principal	Excesiva fricción en las guías del husillo.	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.

Cabeza móvil	para las operaciones de mecanizado del trabajo.		Falta de limpieza en las guías.	
		No realiza correctamente el avance del sistema automático	Problemas en el motor de avance automático. Fallo en los componentes eléctricos.	Desarrollar inspecciones periódicas en el sistema
Cabeza fija	Impulsa al Husillo brindando estabilidad y rigidez a la estructura del torno.	No hay una correcta estabilidad de la estructura	Desgaste de los componentes	Ejecutar un inventario de repuestos para los componentes
		Dificultades en el movimiento del carro	Falta de limpieza en las guías o rieles Fricción excesiva en las guías	Realizar Inspecciones periódicas de limpieza
		Hay mucho sobrecalentamiento de la cabeza fija	Inadecuada operación según velocidades Lubricación insuficiente	Desarrollar programa de capacitaciones a los operarios
Carro porta herramientas	Sostiene y manipula las herramientas de corte, controla la profundidad y avance de las herramientas de corte.	Desalineación del carro	Montaje incorrecto después del mantenimiento correctivo	Desarrollar programa de capacitaciones a los operarios
		Dificultades en el movimiento del carro	Falta de limpieza en las guías.	Realizar Inspecciones periódicas de limpieza
		Hay mucha vibración excesiva	Herramientas de corte desalineadas.	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas
Polea	Transmitir energía del motor hacia el husillo para controlar y regular la velocidad de	Polea presenta un deslizamiento	Inadecuada tensión de la correa	Desarrollar programa de capacitaciones a los operarios
		Hay muchos ruidos inusuales	Desgaste o daño en los componentes de la polea	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas

	rotación de la pieza de trabajo.	No transmite la fuerza necesaria al husillo	Desgaste en los mecanismos de cambio de velocidad.	Realizar un plan mantenimiento preventivo.
		No se regula la velocidad requerida	Desgaste de las poleas	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas
Carro transversal	Permite el desplazamiento de la herramienta de corte de manera perpendicular al eje del husillo.	No realiza correctamente el avance del sistema automático	Problemas en los componentes electrónicos o eléctricos del sistema de control	Realizar un plan mantenimiento preventivo.
		Dificultades en el movimiento del carro transversal	Desgaste en las guías o componentes del sistema de movimiento. Acumulación de virutas metálicas o suciedad en las guías.	Realizar Inspecciones periódicas de limpieza
		Sobrecalentamiento del carro transversal	Inadecuada operación del torno. Lubricación insuficiente. Exceso de carga en el carro durante la operación.	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.
Contrapunto	Proporciona soporte adicional a la pieza de trabajo en el extremo opuesto al husillo.	Dificultades en el movimiento del contrapunto	Inadecuada limpieza en las guías Desgaste en las guías del sistema	Realizar un plan mantenimiento preventivo.
		No sujeta correctamente las piezas de trabajo	Desgaste o daños en las abrazaderas	Realizar Inspecciones periódicas de limpieza
		Sobrecalentamiento del contrapunto	Inadecuada lubricación Mala manipulación del operador Exceso de carga	Realizar un plan mantenimiento preventivo.

Palanca de acoplamiento	Cambia la dirección de avance o retroceso del carro transversal o del carro principal, controlando el movimiento de la herramienta de corte.	Dificultades en el cambio de modos de operación	Acumulación de suciedad en el mecanismo de acoplamiento Desgaste de los componentes de la palanca	Realizar un plan mantenimiento preventivo.
		Falta de respuesta al cambiar la posición de la palanca	Problemas en el sistema de control eléctrico de la palanca	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas
		Palanca de acoplamiento bloqueada.	Falta de limpieza Desgaste en los componentes internos del mecanismo.	Ejecutar un inventario de repuestos para los componentes
		Fallas en el sistema de acoplamiento automático	Problemas en el motor de avance automático Inadecuado mantenimiento de los sensores	Desarrollar programa de capacitaciones a los operarios

Anexo 15: Análisis de modo y efecto de falla torno 2

Torno 2 – Marca Gornati Legoor 350				
Componente	Función principal	Efecto de falla	Modos de falla	Estrategia
Caja de cambios	Aumentar o disminuir la velocidad de par del motor hacia el plato del torno.	Hay mucha pérdida de aceite	Inadecuada lubricación	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.
		Ruidos inusuales	Engranajes mal alineados.	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas
		Pérdida de velocidad o potencia	Inadecuado proceso de lubricación Malos ajustes	Desarrollar inspecciones periódicas básicas
Motor	Encargado de brindar fuerza, torque, velocidad y energía tanto eléctrica y mecánica al torno.	Pérdida de potencia	Filtros de aire sucio u obstruidos.	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.
		Falla en el arranque del motor	Problemas en el sistema eléctrico. Problemas en la fuente.	Realizar un plan mantenimiento preventivo.
		Motor sobrecalentado	Inadecuada refrigeración. Obstrucción en el sistema de enfriamiento.	Desarrollar programa de capacitaciones a los operarios
Husillo	Sostiene y hace rotar la pieza de trabajo que se está mecanizando.	Juego axial	Desgaste en los rodamientos	Ejecutar un inventario de repuestos para los componentes
		Hay mucha vibración excesiva	Malos ajustes. Desalineación del husillo.	Desarrollar inspecciones periódicas básicas
		Bloqueo de Husillo	Problemas en el sistema de accionamiento del husillo.	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas

Cabeza móvil	Sostiene y alinea la herramienta de corte para las operaciones de mecanizado del trabajo.	Dificultades en el movimiento del carro principal	Excesiva fricción en las guías del husillo. Falta de limpieza en las guías.	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.
		No realiza correctamente el avance del sistema automático	Problemas en el motor de avance automático.	Realizar un plan mantenimiento preventivo.
Cabeza fija	Impulsa al Husillo brindando estabilidad y rigidez a la estructura del torno.	No hay una correcta estabilidad de la estructura	Desgaste de los componentes	Ejecutar un inventario de repuestos para los componentes
		Dificultades en el movimiento del carro	Falta de limpieza en las guías o rieles Fricción excesiva en las guías	Realizar Inspecciones periódicas de limpieza
		Sobrecalentamiento de la cabeza fija	Inadecuada operación según velocidades Lubricación insuficiente	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.
Carro porta herramientas	Sostiene y manipula las herramientas de corte, controla la profundidad y avance de las herramientas de corte.	Desalineación del carro	Montaje incorrecto después del mantenimiento correctivo Falta plan de mantenimiento	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas
		Dificultades en el movimiento del carro	Falta de limpieza en las guías.	Realizar Inspecciones periódicas de limpieza
		Vibración excesiva	Herramientas de corte desalineadas. Demasiada fricción de los rieles con el carro. Pieza de trabajo mal sujeta.	Desarrollar inspecciones periódicas básicas

Polea	Transmitir energía del motor hacia el husillo para controlar y regular la velocidad de rotación de la pieza de trabajo.	Polea presenta un deslizamiento	Inadecuada tensión de la correa	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.
		Ruidos inusuales	Desgaste o daño en los componentes de la polea	Ejecutar un inventario de repuestos para los componentes
		Fallo en el cambio de velocidad	Desgaste en los mecanismos de cambio de velocidad.	Ejecutar un inventario de repuestos para los componentes
		No regula la velocidad de rotación correspondiente	Desgaste de las poleas	Ejecutar un inventario de repuestos para los componentes
Carro transversal	Permite el desplazamiento de la herramienta de corte de manera perpendicular al eje del husillo.	No realiza correctamente el avance del sistema automático	Problemas en los componentes electrónicos o eléctricos del sistema de control	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas
		Dificultades en el movimiento del carro transversal	Desgaste en las guías o componentes del sistema de movimiento.	Ejecutar un inventario de repuestos para los componentes
		Sobrecalentamiento del carro transversal	Inadecuada operación del torno. Lubricación insuficiente. Exceso de carga en el carro durante la operación.	Desarrollar inspecciones periódicas básicas
Contrapunto	Proporciona soporte adicional a la pieza de	Dificultades en el movimiento del contrapunto	Inadecuada limpieza en las guías Desgaste en las guías del sistema	Realizar inspecciones periódicas predeterminadas

	trabajo en el extremo opuesto al husillo.	No sujeta correctamente las piezas de trabajo	Desgaste o daños en las abrazaderas Inadecuado apriete de las piezas de trabajo	Ejecutar un inventario de repuestos para los componentes
		Sobrecalentamiento del contrapunto	Inadecuada lubricación Mala manipulación del operador Exceso de carga	Desarrollar inspecciones periódicas básicas
Palanca de acoplamiento	Cambia la dirección de avance o retroceso del carro transversal o del carro principal, controlando el movimiento de la herramienta de corte.	Dificultades en el cambio de modos de operación	Acumulación de suciedad en el mecanismo de acoplamiento Desgaste de los componentes de la palanca	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.
		Palanca de acoplamiento bloqueada.	Inadecuada limpieza de las virutas	Realizar Inspecciones periódicas de limpieza
		No realiza correctamente el avance del sistema automático	Problemas en el motor de avance automático y su control. Sensores defectuosos	Proponer un plan de mantenimiento preventivo.