



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

“Plan de Mantenimiento TPM para Mejorar Confiabilidad en
Maquinarias del Área de Producción de Empresa COMIN SRLTDA-
2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Calderon Morales, Jansen Anthony (ORCID: 0000-0001-9907-9545)

Diaz Perez, Mark Anthony Junior (ORCID: 0000-0002-2995-9616)

ASESOR:

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID: 0000-0001-6743-6915)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y planes de mantenimiento

TRUJILLO– PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi familia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este. Me formaron con reglas, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Gracias padre y mamá.

Díaz Pérez, Mark Anthony
Calderón Morales, Jansen

AGRADECIMIENTO

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional

Por los buenos principios y valores durante todo este tiempo.

A los docentes y asesores por sus sabios consejos, conocimientos y brindarme su tiempo, y asesoramiento necesario para culminar de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v.
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Diseño de Investigación.	16
Tipo de investigación.....	16
Diseño de Investigación	16
3.2. Variables, Operacionalización.....	17
Variable Independiente.....	17
Variable Dependiente.....	17
Operacionalización de las Variables.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.	21
3.4. Técnica e instrumentos de Recolección de Datos	22
Técnicas de recolección de datos	22
Instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Procedimientos.....	23
3.6. Métodos de Análisis de Datos	23
3.7. Aspectos Éticos.....	23
IV. RESULTADOS.....	25
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de la variable Mantenimiento TPM	19
Tabla 2 Matriz de operacionalización de la variable Confiabilidad de Maquinarias	20
Tabla 3 Características Técnicas Torno Tosh/ Sn50c	21
Tabla 4 Características Técnicas Fresadora Universal Lagun/N150	21
Tabla 5 Características Técnicas Taladro de columna bulmak/152	22
Tabla 6 Escala de valoración matriz de decisión	35
Tabla 7 matriz de decisión	36
Tabla 8 Matriz de selección de pilares	37
Tabla 9 Guía de planificación	38
Tabla 10 Bases teóricas del Plan de Mantenimiento TPM	39
Tabla 11 Mejora de la confiabilidad de la maquinaria	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1 Diseño de la investigación.....	17
Figura 2 MTBF Fresadora Universal Lagun/N152.....	25
Figura 3 Número de fallas por mes, Fresadora Universal Lagun/N152.....	26
Figura 4 MTTR Fresadora Universal Lagun/N152.....	26
Figura 5 Confiabilidad Fresadora Universal Lagun/N152.....	27
Figura 6 MTBF Torno Tosh/SN50C.....	27
Figura 7 Número de fallas por mes, Torno Tosh/SN50C.....	28
Figura 8 MTTR Torno Tosh/SN50C.....	29
Figura 9 Confiabilidad Torno Tosh/SN50C.....	29
Figura 10 MTBF Taladro de columna bulmak/152	30
Figura 11 Número de fallas por mes, Taladro de columna bulmak/152	30
Figura 12 MTTR Taladro de columna bulmak/152	31
Figura 13 Confiabilidad Taladro de columna bulmak/152.....	32
Figura 14 Confiabilidad de las maquinarias.....	32
Figura 15 Relación Confiabilidad-Número de fallas Fresadora Universal Lagun/N152.	33
Figura 16 Relación Confiabilidad-Número de fallas Torno Tosh/SN50C.....	33
Figura 17 Relación Confiabilidad-Número de fallas Taladro de columna bulmak/152 .	34
Figura 18 Confiabilidad de la maquinaria	40
Figura 19 MTBF-MTTR Fresadora Universal Lagun/N152.....	41
Figura 20 Confiabilidad-Número de fallas, Fresadora Universal Lagun/N152.....	42
Figura 21 MTBF-MTTR Torno Tosh/SN50C.....	43
Figura 22 Confiabilidad-Número de fallas Torno Tosh/SN50C.....	43
Figura 23 MTBF-MTTR Taladro de columna bulmak/152	44
Figura 24 Confiabilidad-Número de fallas Taladro de columna bulmak/152	44

RESUMEN

La empresa COMIN SRLTDA presentaba problemas de baja confiabilidad en la maquinaria del área de producción, el porcentaje requerido para cumplir las metas de producción es del 95%, pero en la gran mayoría de los casos no se alcanzaba este valor. También existían problemas de demoras en la atención de las maquinarias y se presentan averías en forma frecuente originando mantenimientos correctivos como resultado del bajo nivel de gestión del área de mantenimiento preventivo.

Para resolver los problemas mencionados se utilizó la metodología del mantenimiento productivo total (TPM), la cual consta de una serie de pasos o pilares estructurados y ordenados que permiten mejorar la gestión del mantenimiento y apoyar en la solución de los problemas descritos, alcanzando un valor promedio de confiabilidad del 98,22%.

Palabras clave: Mantenimiento, Confiabilidad, TPM, Producción, Mantenimiento Productivo Total

ABSTRACT

The company COMIN SRLTDA presented problems of low reliability in the machinery of the production area, the percentage required to meet the production goals is 95%, but in the vast majority of cases this value was not reached. There were also problems of delays in the attention of the machinery and breakdowns occur frequently, causing corrective maintenance as a result of the low level of management in the preventive maintenance area.

To solve the aforementioned problems, the methodology of total productive maintenance (TPM) was used, which consists of a series of steps or structured and ordered pillars that allow improving maintenance management and supporting the solution of the problems described, reaching a value reliability average of 98.22%.

Keywords: Maintenance, Reliability, TPM, Production, Total Productive Maintenance

I. INTRODUCCIÓN

Globalmente las organizaciones empresariales del sector industrial requieren cumplir y mantener estándares de calidad relativos a sus productos y procesos de producción, para cumplir con los requerimientos de calidad, es esencial que las organizaciones dispongan de una adecuada planificación de mantenimiento que les garantice la conservación en el tiempo de su equipamiento, herramientas e instalaciones, mantenga las óptimas condiciones de funcionamiento, y los adecuados niveles de disponibilidad y confiabilidad (Olarte et al. 2010).

Mundialmente, las empresas han entendido lo primordial del adecuado funcionamiento, la disponibilidad y confiabilidad del equipamiento e instalaciones utilizadas en los procesos de producción, con relación a la rentabilidad de las organizaciones; por lo que disponen de una parte de los recursos en mejorar la gestión de mantenimiento, contratando personal capacitado, planificando las tareas y actividades de mantenimiento e identificación de fallas, para así garantizar la óptima y continua operatividad de los procesos productivos, mejorando la gestión empresarial, al optimizar el uso de materias primas y disminuir las paradas de planta (Mayorga y Quishpe 2019); por consiguiente, el diseño de un Plan de Mantenimiento que optimice la gestión de mantenimiento, es esencial para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos en las empresas industriales; sin embargo, en muchas empresas industriales, se identifica que a pesar de contar con planes de mantenimientos, los equipos y maquinarias presentan, bajos niveles de disponibilidad y confiabilidad, afectando la productividad (Jauregui y Vergara 2022.).

Del escenario emerge la necesidad de determinar y establecer metodologías de gestión de mantenimiento que permitan generar un plan de mantenimiento que garantice altos niveles de disponibilidad y confiabilidad de equipos y maquinarias, dentro de estas metodologías se encuentra el Mantenimiento Productivo Total, TPM, por sus siglas en inglés (Mesa 2020).

A través del TPM se generan planes de mantenimiento que contemplan los conceptos de prevención y participación del personal, con el objetivo de alcanzar altos niveles de disponibilidad y confiabilidad de los equipos y maquinarias de los procesos productivos, asegurando la disponibilidad y la confiabilidad operativa de los sistemas y equipos que estén previstas (Castro 2017).

En el Perú, según el Banco Central de Reserva del Perú (2022), la participación en el PIB de los sectores manufactureros, mineros y metalúrgicos es del 15 %, 59,3 %

y 1,95 %, respectivamente, resaltándose la importancia de mantener altos niveles de confiabilidad en los procesos productivos; por consiguiente, muchas empresas industriales del sector manufactura (Loyaga 2018), del sector de la minería (Padron y Mayhua 2022) y del sector metalúrgico y metalmecánico (Julca 2018), que disponen de procesos de producción continua, requieren que sus equipos y maquinarias estén disponibles y sean confiables para el cumplimiento de la producción, por lo que ejecutan planes de mantenimiento basados en TPM, que minimizan los paros no programados, incrementando la confiabilidad de los procesos.

COMIN SRLTDA, fundada en el 1995, es una empresa dedicada a la fabricación de equipos diversos y montaje en general, iniciando actividades para el sector pesquero, y ampliando paulatinamente su cobertura a los sectores minero, siderúrgico y agroindustrial, está experimentando, debido al aumento de las actividad económica del país, un incremento en sus operaciones, y por consiguiente aumentado la organización ha ampliado su límite de creación, provocando la extensión de su hardware para satisfacer los conjuntos de sus clientes, concentrándose esencialmente en sus clientes más solicitantes en las áreas mencionadas anteriormente. En la actualidad, la organización cuenta con activos de creación adecuados para satisfacer sus necesidades, aunque, en igualdad de condiciones, tiene varios aplazamientos en los tiempos de transporte, producidos por paradas no programadas durante el montaje, para completar las actividades de restauración en las máquinas y el hardware que se estropean repentinamente, generándose además retrasos en las actividades de montaje.

En el área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, se han distinguido carencias irrazonables en el apoyo a los ejecutivos, que afectan esencialmente a la accesibilidad y a la calidad inquebrantable del hardware y del engranaje de la planta, con los problemas que la acompañan: cierres no programados, retrasos en la actualización de los aparatos y del hardware, retrasos en la localización de las piezas de repuesto en el centro de distribución, retrasos en el consentimiento de los ejercicios de mantenimiento preventivo, interrupción de los datos del hardware. Todos los problemas anteriores son consecuencia de un mantenimiento desafortunado del tablero, que por tanto afecta negativamente a los gastos de trabajo de la creación.

Para llevar a cabo una investigación y una evaluación superiores de los problemas, se recopilaron datos significativos para decidir los puntos subyacentes antes de proponer nuestra propuesta de mejora La oportunidad típica para arreglar (MTTR) fue de 12.00 horas, que representa cuanto la gestión de mantenimiento es

eficaz en la resolución de problemas, y el tiempo medio de funcionamiento (MTBF) fue de 131.17 horas, que representa la confiabilidad de la maquinaria. Ambos indicadores evidencian que existe desorganización en la gestión de mantenimiento y baja confiabilidad de la maquinaria. En este escenario se plantea la siguiente interrogante, ¿Cuál es el impacto de implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA?, y las siguientes interrogantes de investigación específicas, ¿Cuál es el nivel de confiabilidad inicial de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA?; ¿Cuál es el diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA; ¿Cuál es el nivel de confiabilidad de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, posterior a la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM)?.

Existen diversas metodologías de mantenimiento para aprovechar oportunamente los recursos de las empresas, los planes de mantenimiento basados en TPM logran reducir significativamente los costos de mantenimiento y ayudan al desarrollo sostenible de la organización y mejora la sorprendente habilidad de los especialistas que trabajan en las oficinas. “Con el plan e implementación de un Plan de Mantenimiento basado en TPM”, se utilizan óptimamente los equipos y maquinarias en el proceso de producción; esta investigación se justifica teóricamente al permitir realizar, a través de la gestión de mantenimiento, comparaciones de nuevas tecnologías de equipos y maquinarias, evaluar los nuevos avances tecnológicos, justificar sistemas de protección del equipo, y verificar el cumplimiento de normativas ambientales.

En el ámbito social, implementar un Plan de Mantenimiento a la luz del TPM legitima el examen al permitir la preparación persistente de los representantes de la organización en nuevas innovaciones y la obtención de información progresivamente mejor sobre el clima en el que trabajan y su impacto global, garantizando la mejora continua de los procesos, mejorando el clima laboral, al motivar a los trabajadores y hacerlos sentir satisfechos con su labor, mejorar la conciencia ambiental, ya que la metodología TPM concientiza en el ahorro de componentes no refinados, energía, agua y la disminución del despilfarro creado, y con desarrollar mejores ciudadanos para la sociedad.

En la práctica este trabajo se justificó al permitir enormes fondos de inversión en los costes de soporte debido a la disminución de la cantidad de sistemas de

restauración no programados para el mantenimiento, en consecuencia, el equipo será más fiable en las tareas que realizan y por lo tanto tendremos fondos de reserva financiera y una mayor creación en horas de las máquinas, aumentando la productividad de la empresa. Metodológicamente, la ejecución de un plan de apoyo en vista de TPM hará una obligación común con respecto al mantenimiento que permite una cooperación más prominente de los especialistas en curso.

Con base a lo anterior, la investigación planteó el siguiente objetivo general, determinar el impacto de implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la mejora de la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, y los siguientes objetivos específicos, determinar el nivel de confiabilidad inicial de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA; diseñar un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA; y determinar el nivel de la confiabilidad de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, posterior a la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Como hipótesis general se planteó la siguiente: con la implementación y ejecución de un plan TPM se propone una alternativa para mejorar la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación se relacionan los antecedentes a nivel internacional de esta investigación, iniciando con el trabajo elaborado por:

(Mejía, 2018), en su tesis de grado titulada *“Diseñar un programa de mantenimiento preventivo en el área de producción de una empresa metalmecánica”*, presentada ante la Universidad de Guayaquil, Ecuador, tuvo como objetivo general mejorar los índices de productividad en aceros planos en la Industria Metalmecánica, realizando una investigación descriptiva, cuali-cuantitativa, empleando la entrevista como técnica de captura de datos y la ficha de observación como instrumento. Los resultados resaltaron que el problema esencial en la Industria Metalmecánica son las paradas no programadas, debido a una inadecuada planificación de mantenimiento preventivo, ocasionando pérdidas económicas por inmovilización de los equipos de trabajo, sucesión de frecuencia de mantenimientos correctivos, producción diferida por horas de paradas y unidades no producidas. La tesis concluyó que la Implementación de un programa de mantenimiento preventivo con base a las causas que ocasionan las paradas de producción, a través de inversión total es de \$ 67.799,59, cuyos indicadores financieros evidenciaron que es factible, se lograra la disminución de las paradas de Producción.

(Aguayo, 2020), en su trabajo de investigación titulado *“Elaboración de manual de procesos para ingreso y salida en maquinaria pesada en el mantenimiento preventivo de la empresa Andipuerto”*, presentado ante la Universidad Internacional del Ecuador, plantearon desarrollar un manual de mantenimiento preventivo que dirija los procesos de ingreso y salida de la maquinaria pesada en el Andipuerto para ayudar a solventar los problemas de las fallas que existen diariamente en el lugar, realizando una investigación cualitativa, basada en la investigación de campo. Los resultados evidenciaron la necesidad de mejorar continuamente los procesos de operación del taller mecánico de maquinaria pesada, los cuales mejoraron con el establecimiento de protocolos de acciones basados en el personal de servicio del taller. El trabajo concluyó que se obtuvieron mejoras como la definición de roles de trabajo, mediante flujo y protocolos definidos, en conjunto con el uso de herramientas digitales, los cuales permiten un mejor seguimiento del desempeño de las maquinarias, pues son equipos que están funcionando 24 horas al día, 7 días a la semana.

(Quintero, 2021), en su trabajo de investigación *“Propuesta de mejora en la*

planificación de mantenimiento de maquinarias en la empresa MANOWORKS SA”, presentado ante el Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología, Bolivia, tuvo como objetivo general, “Proponer una mejora en la planificación de mantenimiento de maquinarias en la empresa Manoworks S.A.”, realizando una investigación cuantitativa, descriptiva, propositiva, utilizando la entrevista y la encuesta como técnicas de recolección de datos, aplicadas a una muestra de donde 2 auxiliares, 1 técnico mecánico, 1 jefe de taller, se utilizó también la técnica de observación directa. Los resultados indicaron que se deben implementar formatos de recolección de datos para controlar mejor los mantenimientos preventivos. El trabajo concluyó que las propuestas planteadas mejoraron durante el año 2020 la planificación del mantenimiento de la maquinaria de la empresa MANOWORKS S.A, y reducirá costos por concepto de mantenimientos correctivos, garantizando la mejora del servicio al cliente.

(Caguana , 2022), en su tesis titulada, “*Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en el mantenimiento productivo total para la maquinaria en la línea pintura de la empresa carrocerías Varma de la ciudad de Ambato*”, presentada ante la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, planteó aplicar la filosofía de mantenimiento productivo total para planificar el mantenimiento preventivo, y extender la vida útil de las máquinas y herramientas presentes en la línea de pintura, realizando una investigación cuantitativa, descriptiva basada en la investigación bibliográfica y de campo, utilizando como instrumentos de recolección de datos la ficha de registros. Los resultados identificaron las posibles fallas y la criticidad de los componentes, y determinando las acciones preventivas para cada uno de ellos considerando la frecuencia de ocurrencia y tiempo de duración. El trabajo concluyó con el desarrollo de un plan anual de mantenimiento preventivo basado en mantenimiento productivo total, facilitara la organizaron de las tareas de mantenimiento aplicadas durante un año, considerando su frecuencia y duración.

(Torrontegui ,2022), en su tesis de maestría titulada, “*Estudio del mantenimiento de una planta de negro de carbón mediante diversos métodos de análisis de fallos*”, presentada ante la Universidad del País Vasco, España, tuvo como objetivo general, “analizar el plan de mantenimiento de la empresa Cabot Colombiana S.A. para su posterior mejora”; realizando una investigación cuantitativa, basada en métodos de análisis tales como el diagrama de Pareto, y los análisis de criticidad y modo y efecto de fallas; aplicándolos a una muestra de diez equipos. Los resultados indicaron que era

necesario renovar la instrumentación de la planta, diseñar, planificar y ejecutar cursos de entrenamiento para reforzar la capacitación del personal de mantenimiento y del área de producción, para minimizar los errores humanos, y realizar además un plan de renovación progresiva de equipos obsoletos. El trabajo concluyó que Implementar un mantenimiento basado en RCM (Mantenimiento Basado en Confiabilidad) confiere mayor confiabilidad a la planta, y se recomienda implementar planes de mantenimiento basados en TPM, para posteriormente comparar los resultados llegando a la conclusión de cuál podría ser el tipo de mantenimiento más adecuado.

Como antecedentes nacionales se hace referencia a trabajos de investigación realizado por:

(Llerena, 2019), en su trabajo de investigación "*Análisis de gestión logística de mantenimiento en empresas de maquinaria pesada que realizan movimiento de tierras, para el desarrollo de una política de mantenimiento basada en la confiabilidad*", tuvo como objetivo general, analizar la gestión logística del mantenimiento para desarrollar una política de mantenimiento centrado en la confiabilidad. La metodología de investigación fue mixta, cualitativa y cuantitativa, de tipo no experimental, descriptiva, explicativa correlacional, el levantamiento de datos se hizo por medio de la entrevista y la encuesta, utilizando la guía de entrevistas y el cuestionario como instrumentos de recolección de datos; aplicando la entrevista a los responsables de las áreas de mantenimiento y del almacén de repuestos, y el cuestionario a los operadores, en una muestra de cinco empresas. En resultados se identificaron las principales actividades y tareas mantenimientos que se deberían aplicar en los equipos, y la relación que existe entre el área logística, básicamente de la logística de almacenes, y el área de mantenimiento. El trabajo concluyó que existe relación entre las áreas de logística y mantenimiento, la cual es significativa y directamente proporcional, por lo que deben mantener comunicación constante, y que planificar y ejecutar actividades de mantenimiento preventivos y predictivos ayuda a minimizar las probabilidades de falla y los costos de mantenimiento.

(Avalos y Ávila, 2019), en su trabajo de investigación enmarcado en la aplicación del mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de la maquinaria pesada, tuvo como objetivo general evidenciar que el mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de la maquinaria pesada de la empresa comunidad campesina Ango Raju, realizando una investigación aplicada, de enfoque cuantitativo, y de diseño pre experimental; los instrumentos de recojo de datos empleados fueron la

lista de verificación de equipos, la ficha de registro de los indicadores de mantenimiento y la ficha de observación para consolidar los resultados de las pruebas (pre y pos test). Los resultados indicaron que la aplicación del mantenimiento preventivo influyó significativamente en el incremento de la confiabilidad, considerando que el valor de la prueba T-Student esperado indicó un valor de 2,919 y el valor T-Student observado arrojó un valor de 6.340. El trabajo concluyó que en la evaluación final de la confiabilidad de la maquinaria pesada, se determinó un promedio de mejora en tres equipos, tal como se indica, el equipo 506, su confiabilidad mejoró en 7 %, del 70% al 77%, igualmente el equipo 507 su confiabilidad incrementó 8%, antes era 71% y llegó al 79% de la confiabilidad, del mismo modo el equipo 508, incremento su confiabilidad en un 9%, alcanzándose una confiabilidad promedio de 8%.

(Cueva y Santillán, 2020), en su trabajo de investigación titulado, "*Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de las maquinarias pesadas en la Municipalidad Distrital de San Marcos–Ancash*", plantearon como objetivo general diseñar y aplicar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de las maquinarias pesadas, realizando una investigación, de enfoque cuantitativo, aplicada, de diseño pre-experimental, utilizando como instrumentos de recojo de datos la ficha de observación y el cuadro de verificación, para aplicarlos a una muestra de cuatro maquinarias. Los resultados indican que el plan de mantenimiento preventivo diseñado aumentó la confiabilidad de la maquinaria pesada; concluyéndose que la confiabilidad aumento en todas las maquinarias.

(Reyes, 2020), tuvo como objetivo principal, realizar el diseño de un plan de mantenimiento productivo total con el objetivo de aumentar la disponibilidad de la flota de transporte de mineral, empleando una metodología investigación cuantitativa, descriptiva, no experimental, usando como técnica e instrumento de recolección de datos observación y la ficha de registro, respectivamente, empleando una muestra de 18 camiones de transporte de mineral. Los resultados indicaron que el plan de mantenimiento productivo total, aumentó la disponibilidad de la flota de camiones en 8 %% en un periodo de 6 meses. El trabajo concluyó que el plan de mantenimiento productivo total, disminuyó los tiempos empleados en el mantenimiento, el MTTR disminuyó de 4.15 horas a 2.98 horas, y el MTBF varió de 10.15 a 17.36 horas.

(Jauregui y Vergara, 2022), en su trabajo de investigación enmarcado en el mantenimiento total y su efecto sobre la productividad de una empresa productora de cajas de polietileno, tuvo como objetivo, establecer el impacto de implementar un

sistema de mantenimiento total para mejorar la productividad de una empresa de cajas de polietileno, empleando una investigación cuantitativa, descriptiva, pre-experimental y longitudinal, usando como instrumentos para coleccionar datos los registros de mantenimientos, aplicados a una muestra de 7 máquinas. Los resultados mostraron que los indicadores de eficiencia, efectividad, disponibilidad y confiabilidad aumentaron después de implementar un plan de mantenimiento basado en mantenimiento total; concluyéndose que el mantenimiento total significó una mejora en los indicadores de mantenimientos de las maquinas y su productividad, superándose los valores iniciales de los indicadores.

Para la siguiente investigación se desarrollará la variable Mantenimiento TPM, (Mantenimiento Productivo Total), basada en la teoría de Levitt (2010), que surgió como un sistema de gestión del mantenimiento destinado a facilitar la implantación de la forma de trabajo “justo a tiempo” y se considera la base para el desarrollo estratégico del mantenimiento, y una de las herramientas más antiguas y básicas que existen en el proceso de la gestión del mantenimiento (Forero 2020).

El termino Mantenimiento Productivo, TPM por sus siglas en inglés, (Total Productive Maintenance), sistema japonés que se define como una combinación de acciones por medio de las cuales un equipo o sistema se mantiene realizando las funciones asignadas por el tiempo especificado; estrategia de mantenimiento que permite lograr una competencia exitosa. La intermitencia en la operación de maquinarias y equipos de producción conducen a una variabilidad excesiva del producto y, como resultado, a productos defectuosos, para una producción con un elevado nivel de calidad y confiabilidad, las maquinarias y equipos de producción deben operar de acuerdo con las especificaciones que se pueden lograr a través de acciones de mantenimiento oportunas (Gómez 2015).

Dentro de las dimensiones de la variable Mantenimiento TPM, se encuentran: Planificación, Programación, Ejecución y Control. *Planificación*, implica la supervisión y diagnóstico de las condiciones de los equipos y maquinarias de producción, con el objetivo de evaluar la necesidad de mantenimiento a corto plazo, mediano y largo plazo; la planificación se sustenta en la disponibilidad de instrumentos y herramientas, mano de obra y recursos (Jauregui y Vergara, 2022).

Programación, organización y consolidación de las actividades de mantenimiento con los recursos, asignándoles un tiempo de inicio y una secuencia de ejecución. Un programa de mantenimiento debe considerar lo siguiente (Mesa, 2020):

- Una clasificación de prioridades de actividades que refleje la urgencia y el grado crítico del trabajo.
- Los materiales necesarios para la actividad de mantenimiento a realizar.
- Coordinación con las operaciones y planificación de la producción.
- Estimaciones de consecuencias de la realización de las tareas y actividades del mantenimiento.
- Flexibilidad en el programa

Ejecución y Control, conjunto de tareas y actividades requeridas para identificar y analizar las diferencias de los resultados obtenidos, por la gestión de mantenimiento como del desempeño mismo de los procesos productivos, y de las maquinarias y equipos de producción, versus las metas operativas (Mesa, 2020).

La variable Confiabilidad en maquinarias, de acuerdo con Gasca et al. (2017), se conceptualizó como la capacidad de una organización empresarial para realizar sus funciones óptimamente, durante un período de tiempo determinado, en un contexto operacional indicado; para estimar la confiabilidad se requiere de un historial de las fallas, en un formato único, con los atributos requeridos.

Las dimensiones de la variable Confiabilidad en maquinarias son: Frecuencia de Falla e Intervenciones por Mantenimiento. *Frecuencia de Falla*, número de oportunidades en las que se repite un evento determinado como falla en un equipo o maquinaria, dentro de un período de tiempo determinado (Gasca et al. 2017).

Intervenciones por mantenimiento, acciones que agrupan cualquier tipo de intervención a las maquinarias o equipos por parte del personal de mantenimiento; las cuales son (Gasca et al. 2017).:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Modificativo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.

De acuerdo a lo anterior con la elaboración del presente proyecto, es conveniente realizar una base conceptual relativa a las variables del estudio.

Objetivos del Mantenimiento TPM

- Mejorar el grado de información y habilidades de los trabajadores de apoyo y creación, manteniendo la disciplina en el diseño de la confiabilidad y la

viabilidad.

- Asegurar la naturaleza del mantenimiento para ampliar la valiosa existencia del hardware y los aparatos a través de la innovación y ampliando la eficiencia del soporte.
- Minimizar tiempo libre de marcha y aparato, para incrementar las horas de funcionamiento.
- Fortalecer la colaboración, buscando que los especialistas den su mayor exhibición, ya que utilizan su juicio en los ejercicios de apoyo a realizar, ejecutándolos con seguridad, asegurando la operatividad.

Beneficios del TPM

El TPM beneficios en la asociación, disminución de costes, mayor desarrollo de la vida útil de las piezas de recambio, y da al profesorado bienestar y preparación consistente para comprometer su visión (Reyes, 2020).

a) Beneficio con respecto a la organización.

- Mejora la calidad del ambiente laboral. aumentando la moral de los trabajadores.
- Entrenamiento continuo.
- Comunicación eficaces.
- Mejor clima organizacional, mejorando el trabajo en equipo a través de la participación, colaboración y creatividad, incrementando el desempeño en conjunto del personal.

b) Beneficio con respecto a la seguridad.

- Mejores condiciones de seguridad laboral.
- Aumenta de la capacidad y habilidades para analizar peligros y riesgos de las actividades de mantenimiento.
- Consolidar la cultura de prevención de situaciones que afecten la salud de los trabajadores.
- Prevención, mitigación y eliminación de factores causales de accidentes.
- Eliminación sustantiva de fuentes de contaminación ambiental.

c) Beneficio con respecto a la productividad

- Incremento de confiabilidad y disponibilidad.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Actualización tecnológica.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Mejora de la tecnología de gestión empresarial.
- Mantenimientos correctivos y preventivos para mejorar la calidad.

El Mantenimiento TPM lo conforman 8 pilares, base fundamental de esta metodología, cada uno de ellos indica una ruta para eliminar o reducir: las pérdidas, fallas de los equipos y maquinarias, falla de los procesos, pérdida de producción y defectos de calidad. Igualmente, las 5s, constituyen las herramientas básicas de mejora de calidad de la empresa, maquinaria, equipo e infraestructura, y mantenimiento del ambiente de trabajo. A continuación, se describen los pilares y las 5s (Levitt, 2010).

Procesos Fundamentales TPM, 8 Pilares

Según Reyes (2020) se tiene los siguientes:

Mejora Continua, ejecutar el apoyo correctivo y preventivo funciona con adecuación, personal preparado, utilizando las mejores medidas, evaluación, elementos y la proactividad esperada para desempeñar una asistencia de calidad.

Mantenimiento Autónomo, trabajadores con suficiente y adecuada capacitación teórica y práctica, tener la opción de hacer evaluaciones preventivas y esperar una posible decepción y garantizar que el hardware y los aparatos se mantengan en buen estado.

Mantenimiento Preventivo, apoyo y actualización ininterrumpidos para garantizar la ejecución y la calidad ininterrumpida de los equipos y maquinarias, realizando una gestión eficiente de repuestos.

Anticipación de Fallas, una visión agregada y una información factual adecuada para prever la valiosa existencia de equipos y aparatos, aplicando un mantenimiento previsor, estimando los límites que permiten decidir el estado de las piezas básicas.

Mantenimiento de Calidad, el mantenimiento se refiere a la consideración y mejora continua de equipos y el material, para evitar el abandono mediante actividades de restauración y prevención.

Trabajo Administrativo, la organización del mantenimiento preventivo, la existencia de una base de información objetiva, la comprobación de la accesibilidad de las piezas adicionales, la creación de marcadores de apoyo a los ejecutivos, el establecimiento de las necesidades de piezas de repuesto y la reducción de los costes.

Capacitación y Entrenamiento, fuerza laboral cualificada con habilidades, normas, imaginación y capacidades para ejecutar la localización de deficiencias, asegurando una ayuda especializada de calidad durante las intercesiones.

Seguridad y Entorno, un marco de administración coordinado y centrado en la mejora de la seguridad, la prevención de riesgos y peligros mediante la aplicación de actividades correctivas, la planificación de apuestas y la aplicación de controles específicos.

Las 5s

Según Levitt (2010), son cinco normas japonesas cuyos nombres empiezan por S y que están situadas para lograr una instalación o planta industrial perfecta y precisa, estos nombres son:

SEIRI, (ordenamiento o acomodo), limpiar las cosas inútiles, distinguir la gran forma de los aparatos, el hardware y la ferretería, colocándolos perfectamente en un lugar impecable y generalmente accesible para ser utilizado.

SEITON (todo en su lugar), delimitar claramente las áreas de trabajo, estandarizar depósitos de residuos fuertes para la reutilización adecuada, manteniendo los dispositivos de mano, el hardware y el engranaje coordinado en los espacios de trabajo, y así sucesivamente.

SEISO (que brille), mantener el orden constantemente y mantener el buen aspecto y la solidez de los espacios de trabajo, de la misma manera, todos los aparatos utilizados deben estar limpios y aseados para trabajar con el uso posterior.

SEIKETSU (estandarizar), aparatos de mano, instrumentos, máquinas y hardware que se utilizarán en los ejercicios de mantenimiento correctivo y preventivos, tienen que ser codificadas. De la misma manera, delimitar en las áreas de trabajo las vías peatonales, zanjas, centro de almacenaje, etc.

SHITSUKE (sostener), llevar a cabo actividades preventivas y reparadoras que pongan de manifiesto los problemas entre los trabajadores para garantizar la beneficiosa rutina de mantener un lugar de trabajo protegido, hacia el final del trabajo diario, realizar investigaciones de los aparatos, la sala de preparación, etc.

Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF, por sus siglas en inglés), representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos averías en un mismo equipo o maquinaria (Gasca et al. 2017).

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de disponibilidad} - \textit{Tiempo de inactividad}}{\textit{Número de fallas}}$$

Tiempo Promedio de Reparación (MTTR, por sus siglas en inglés), el tiempo medio necesario para reparar una avería y hacer que un equipo vuelva a funcionar normalmente (Gasca, Camargo, y Medina 2017).

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de mantenimiento}}{\textit{Número de reparaciones}}$$

Avería, daño, deterioro que impide el funcionamiento de un aparato, instalación, vehículo, etc. (Gómez 2015).

Confiabilidad (R), es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado (Gómez 2015).

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

Control, el concepto de control es muy general y puede ser utilizado en el contexto organizacional para evaluar el desempeño general frente a un plan estratégico (Gómez 2015).

Disponibilidad, capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado (Avalos y Ávila, 2019).

Eficacia, hacer lo necesario para lograr los objetivos propuestos (Avalos y Ávila, 2019).

Eficiencia, óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados (Avalos y Ávila, 2019).

Equipo, cualquier grupo de 2 o más personas unidas con un objetivo común. Un grupo en sí mismo no necesariamente constituye un equipo (Avalos y Ávila, 2019).

Maquinaria, conjunto de máquinas que se utilizan con un fin determinado (Avalos y Avila, 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de Investigación.

Tipo de investigación

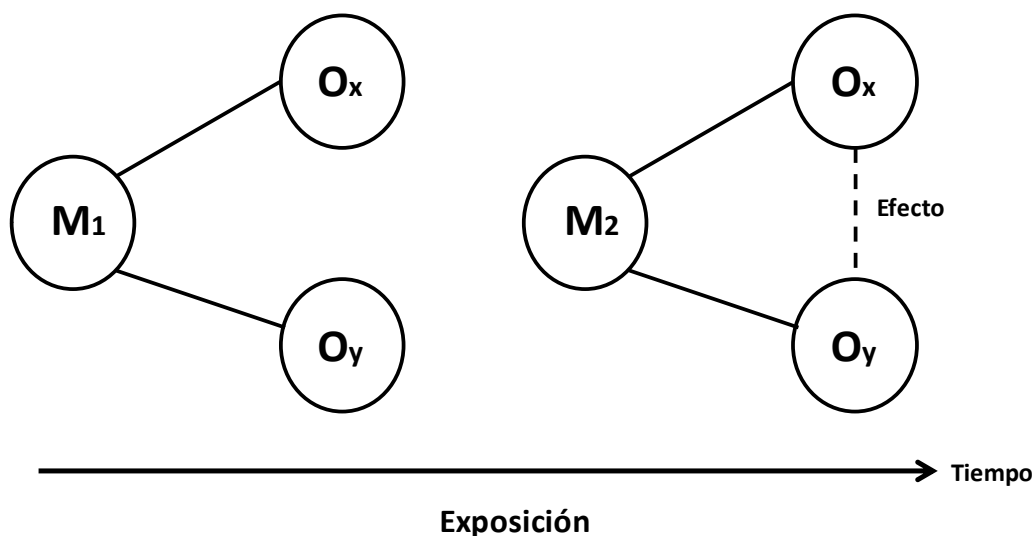
La investigación fue aplicada, al ponerse en práctica un Plan de Mantenimiento basado en TPM, buscando cambios en la cultura operacional observada, en función de mejorar la confiabilidad de maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA-2022. Para tal efecto se ha considerado estudios ya establecidos y teorías específicas y generales, con el objetivo dar solución a la problemática y necesidades identificadas. Igualmente, el estudio se realizó como una investigación no experimental, el cual no se realizó ninguna manipulación de las variables (Hernández et al. 2014).

Diseño de Investigación

La investigación fue de enfoque cuantitativo, al realizar de los datos aportados cuantitativamente por la variable confiabilidad y sus indicadores, del mismo modo de tipo longitudinal, descriptiva, porque se buscó describir la realidad de la gestión de mantenimiento en la empresa COMIN SRLTDA-2022, y analizar sus cambios en el tiempo, al determinar el impacto de implementación de un Plan de Mantenimiento TPM en la mejora de la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA (Hernández-Sampieri 2018). Igualmente el estudio se realizó como una investigación no experimental, el cual no se realizó ninguna manipulación de las variables, de acuerdo a la información obtenida de la realización de las actividades de mantenimiento, existiendo una relación entre la variable Mantenimiento Productivo Total (TPM) y la variable confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, la variación en una de ellas (Mantenimiento Productivo Total, independiente) ejerce un efecto directo en la otra (Confiabilidad, dependiente) (Hernández-Sampieri, Fernández y Baptista 20142014).

La Figura 1 muestra el diseño de la investigación.

Figura 1 *Diseño de la investigación*



Fuente: Elaboración propia.

Donde:

M1: Muestra nivel inicial de confiabilidad

M2: Muestra nivel de confiabilidad posterior a la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Ox: Variable Mantenimiento TPM

Oy: Variable Confiabilidad

Efecto: Efecto de la variable Ox en la variable Oy

3.2. Variables, Operacionalización.

Variable Independiente.

Mantenimiento TPM, es una metodología de mantenimiento aplicado en una empresa industrial que abarca un nuevo concepto definido para el mantenimiento de maquinarias y equipos, el objetivo del Mantenimiento TPM es aumentar considerablemente la producción y, al mismo tiempo, aumentar la motivación de los empleados y la satisfacción en el trabajo (López, 2009).

Las dimensiones de la variable Mantenimiento TPM son: Planificación, Programación, Ejecución y Control.

Variable Dependiente.

Confiabilidad en maquinarias, capacidad de una maquinaria de desempeñar la labor especificada, durante un período de tiempo determinado, en un entorno

establecido (López, 2009).

Las dimensiones de la variable Confiabilidad en maquinarias son: Tiempo Promedio entre Falla, MTBF, y Tiempo Promedio de Reparación, MTTR

Operacionalización de las Variables.

Las Tablas 1 y 2 muestran la Matriz de Operacionalización de Variables.

Tabla 1 Matriz de operacionalización de la variable Mantenimiento TPM

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento Escala de medición
Mantenimiento TPM	Metodología de mantenimiento aplicado en una empresa industrial que supone un nuevo concepto definido para el mantenimiento de maquinarias y equipos, el objetivo del Mantenimiento TPM es aumentar notablemente la producción y, al mismo tiempo, aumentar la motivación de los empleados y la satisfacción en el trabajo (López 2009).	Con la aplicación del Plan de Mantenimiento Productivo Total, se busca aumentar la confiabilidad de los equipos y obtener resultados de mejora en la gestión de mantenimiento actual	Planificación	Plan de Mantenimiento	Ficha de Recolección de Datos Nominal
			Programación	Número de actividades programadas	
			Ejecución y Control	Reporte de datos de indicadores Reporte de cumplimiento del Plan de Mantenimiento	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2 Matriz de operacionalización de la variable *Confiabilidad de Maquinarias*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento Escala de medición
Confiabilidad en maquinarias	Capacidad de una maquinaria de desempeñar su función requerida, en condiciones establecidas durante un período de tiempo determinado (López, 2009).	La confiabilidad es un dato estadístico, pues es una probabilidad la cual es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los paros.	Frecuencia de Falla	MTBF	Ficha de Recolección de Datos Nominal
			Intervenciones por Mantenimiento	MTTR	

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población.

La población está conformada por las máquinas del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, Fresadoras, tornos, taladro, equipos de corte, guillotinas, plegadoras, en los meses enero - marzo del 2022.

Muestra.

La muestra es un subgrupo de la población. El cual es un subconjunto de elementos que pertenecen a la población (Hernández et al. 2014). La muestra fue no probabilística, elegida a conveniencia y está conformada por tres máquinas: la fresadora, el torno y el taladro que están ubicadas en el área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, en los meses enero – marzo del 2022.

Las características de los equipos que constituyen la muestra se muestran en las Tablas 3, 4, y 5.

Tabla 3 *Características Técnicas Torno Tosh/ Sn50c*

Características Torno Tosh/ Sn50c	
Marca	Tosh
Modelo	Sn50c
Número de serie	5124
Volteo	500 mm
Distancia entre puntas	20 mm
Año de fabricación	1990
Voltaje	380 V
Voltaje de mando	24 V

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4 *Características Técnicas Fresadora Universal Lagun/N150*

Características Fresadora Universal Lagun/N152	
Marca	Lagun
Modelo	N152
Número de serie	351410
Año de fabricación	2001
Voltaje	380 V
Voltaje de mando	24 V

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 *Características Técnicas Taladro de columna bulmak/152*

Características Taladro de columna bulmak/152	
Marca	bulmak
Modelo	152
Número de serie	19398
Año de fabricación	1985
Voltaje	380 V
Voltaje de mando	110 V

Fuente: Elaboración propia.

Muestreo:

El muestreo fue no probabilístico, elegido a conveniencia, conformado por toda la muestra, que son tres máquinas: la fresadora, el torno y el taladro que están ubicadas en el área de producción de la empresa COMIN SRLTDA 2022 (Hernández, 2018).

3.4. Técnica e instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas de recolección de datos

Para la variable mantenimiento TPM, se considerará como técnica la observación directa, donde se analizará al programa de mantenimiento de las maquinarias en área de producción de la empresa COMIN SRLTDA-2022.

Para la variable confiabilidad en maquinarias, se considerará como técnica la observación directa, donde se analizará la confiabilidad de las maquinarias en área de producción de la empresa COMIN SRLTDA-2022.

Instrumentos de recolección de datos

Para la variable mantenimiento TPM, se considerará como instrumento la Ficha de Registro de Datos, donde se analizará al programa de mantenimiento de las maquinarias en el área de producción de la empresa COMIN SRLTDA-2022.

Para la variable confiabilidad en maquinarias, se considerará como instrumento la Ficha de Registro de Datos, donde se analizará la confiabilidad de las maquinarias en el área de producción de la empresa COMIN SRLTDA-2022.

La Ficha de Registro de Datos permite registrar la información referente los eventos que implican la parada de la maquinaria, programada o no programada (falla), número y secuencia del evento, fecha y hora de ocurrencia y duración; registra toda la información requerida para calcular el MTBF, MTTR y la Confiabilidad. La

Ficha de Registro de Datos se muestra en el Anexo 2 y el diagrama de flujo del proceso de registro se muestra en Anexo 3.

3.5. Procedimientos

A continuación, se menciona el procedimiento utilizado para este estudio:

1. Recolección de la información a través de las Fichas de Recolección de Datos.
2. Organización en formas de Excel los datos colectados para crear la base de datos de procesamiento de la información.
3. Elaboración de la Estadística Descriptiva, gráficas y tablas, para organizar los datos e información de relacionadas a la variable de estudio (Van 2019).
4. Realizar las proyecciones y juicios valorativos (Estadística Inferencial) acerca de las variables del estudio, para efectuar las estimaciones e hipótesis basándose en probabilidades y argumentando sus resultados a partir de las muestras de una población establecida (Van 2019).
5. Presentación y análisis de la información recolectada.
6. Elaboración de conclusiones y recomendaciones.

3.6. Métodos de Análisis de Datos

Para el análisis de investigación, los datos y la información recopilada por los instrumentos aplicados, se realizó el análisis estadístico mediante el manejo de datos numéricos, realizando la interpretación y valoración, empleando métodos estadísticos descriptivos e inferenciales aplicados a indicadores de la gestión de mantenimiento, entre los cuales se pueden citar el MTBF y MTTR.

3.7. Aspectos Éticos

Criterio de Confidencialidad: (Leahey, 2007) relativo a la privacidad de los datos utilizados para salvaguardar la personalidad de los participantes del estudio. En este sentido, la investigación garantiza la confiabilidad de los datos y la información.

Criterio de Objetividad: (Ratner, 2002) recopilación objetiva de datos sin sesgo del investigador.

Criterio de Veracidad: (Giraldo y Londoño, 2017), la investigación esta basada en información veraz y objetiva, disponible para cualquier verificación.

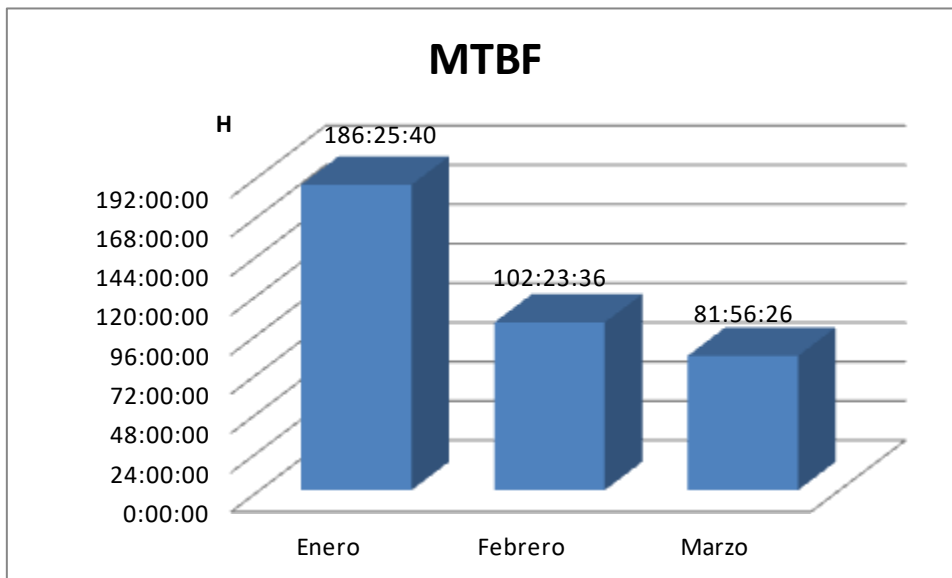
Como investigador me comprometí a respetar la propiedad, la confiabilidad de los datos recolectados y la veracidad de los resultados en la investigación que presento.

IV. RESULTADOS

Se determino el nivel de confiabilidad inicial de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA.

Con la información obtenida de la ficha de registro de datos de la **Fresadora Universal Lagun/N152**, se calculó el MTBF, MTTR y la Confiabilidad de la maquinaria durante los meses de enero, febrero y marzo de 2022.

Figura 2 MTBF Fresadora Universal Lagun/N152

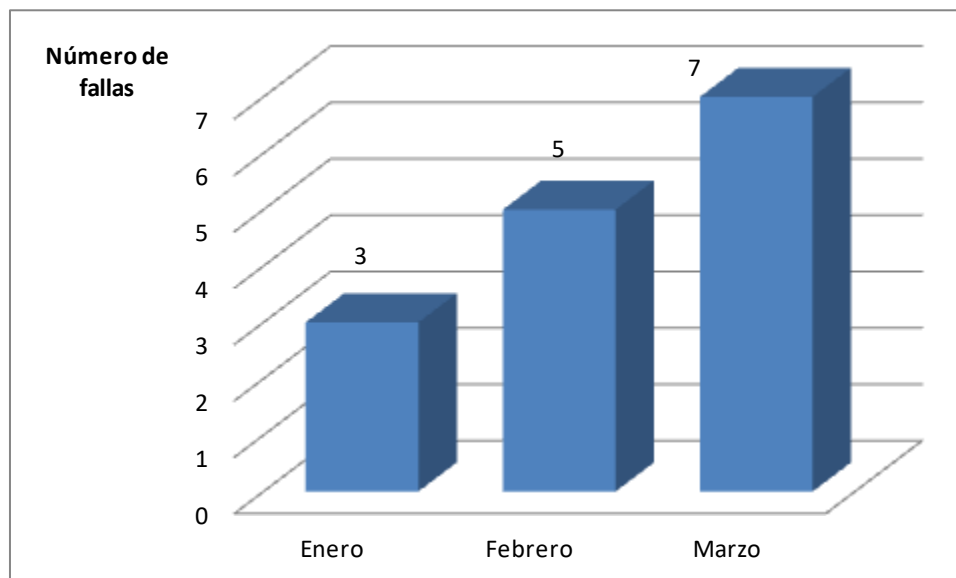


Fuente: Elaboración propia. MTBF: Tiempo Promedio entre Fallas (por sus siglas en inglés)

La Figura 2 muestra una disminución considerable del MTBF, 56,04 %, que implica que está aumentando la frecuencia de falla de la Fresadora Universal Lagun/N152.

La relación del valor del MTBF y la Fresadora Universal Lagun/N152, significa que el tiempo que transcurre entre los fallos es menor, y por tanto el tiempo de inactividad de la maquinaria a consecuencia de fallas es mayor. Estos valores del indicador MTBF indican que en el trimestre Enero –marzo 2022 aumentó el número de fallas; información consistente con la Figura 3 que muestra el número de fallas de la Fresadora Universal Lagun/N152, durante el trimestre en estudio.

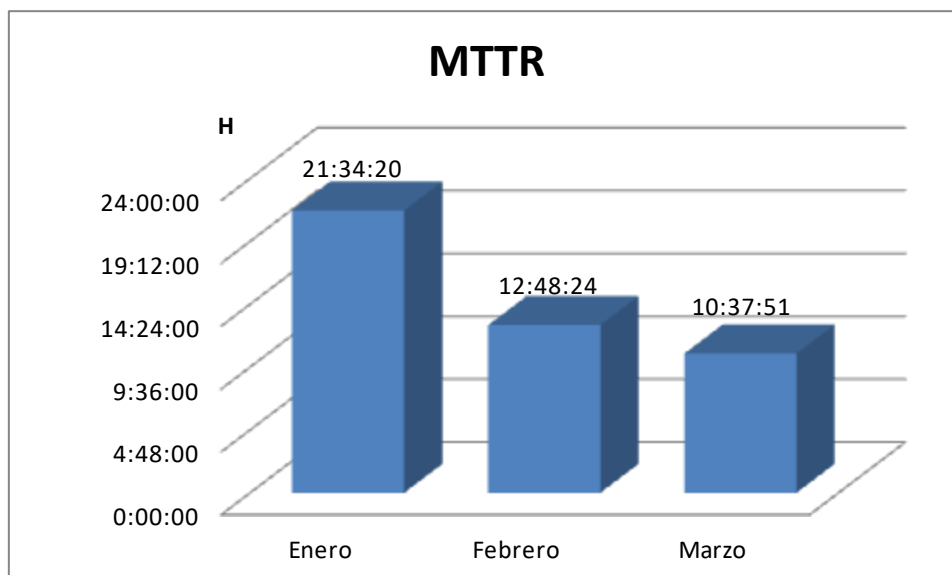
Figura 3 Número de fallas por mes, Fresadora Universal Lagun/N152



Fuente: Elaboración propia

La Figura 3 muestra un aumento del número de fallas en la Fresadora Universal Lagun/N152, superior al 100 %, evidenciando un deterioro considerable en el desempeño de la maquinaria. Situación que ameritó un aumento en la efectividad del mantenimiento correctivo, tal como se muestra en la figura 4, con la disminución del MTTR.

Figura 4 MTTR Fresadora Universal Lagun/N152

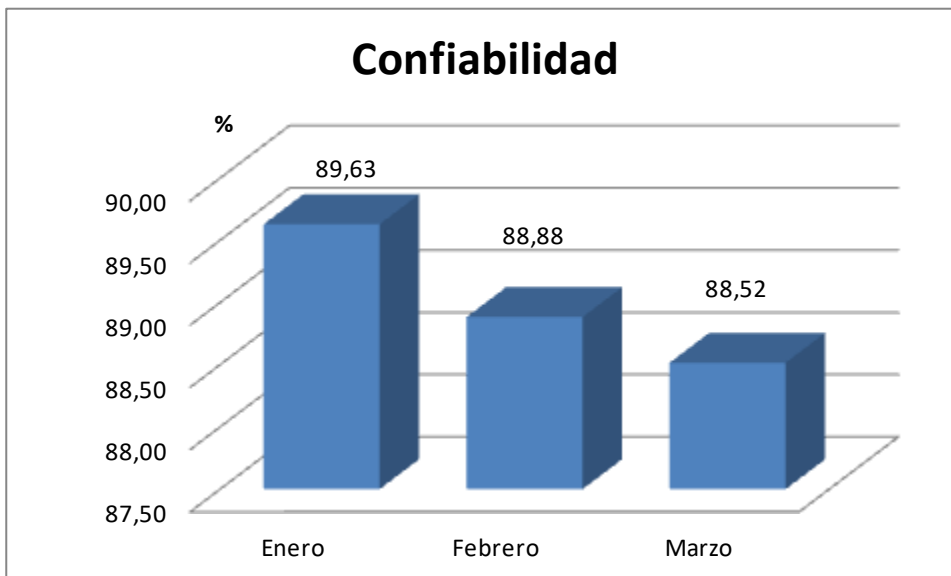


Fuente: Elaboración propia. MTTR: Tiempo Promedio de Reparación (por sus siglas en inglés)

La Figura 4 muestra una disminución asintótica del MTTR, disminuyó 40,65 % el primer mes (febrero), y 17,06 % el segundo mes (marzo), implicando que el mantenimiento correctivo se está haciendo más efectivos y atendiendo a su

tiempo de reparación mínimo, que esta caracterizado porque existen tipos de falla recurrentes en este tipo de maquinaria.

Figura 5 Confiabilidad Fresadora Universal Lagun/N152

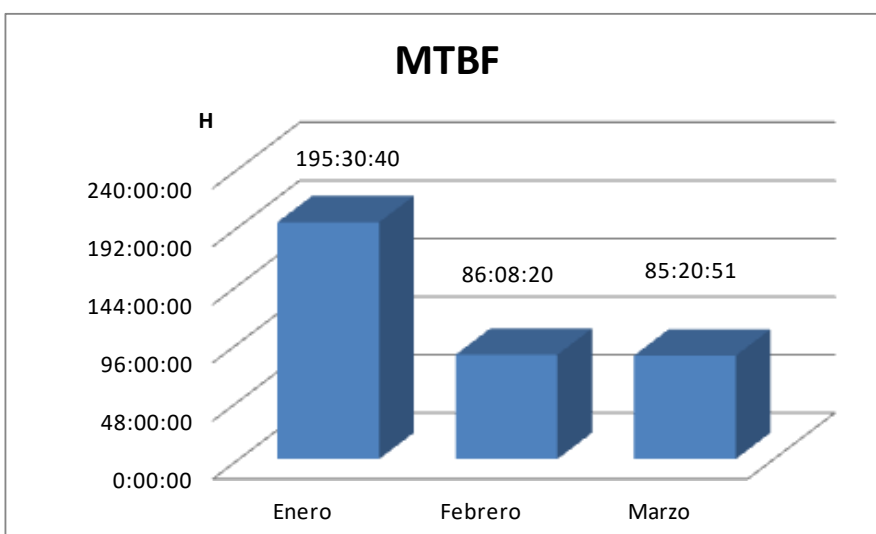


Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5 muestra una disminución de la confiabilidad de la Fresadora Universal Lagun/N152 durante el trimestre enero-marzo 2022, cuyos valores no sobrepasan el 90 %, manteniendo una confiabilidad promedio de 89,01 %, pero se evidencia que está disminuyendo y por consiguiente exigiendo de mantenimientos correctivos.

Con la información obtenida de la ficha de registro de datos del **Torno Tosh/SN50C**, se calculó el MTBF, MTTR y la Confiabilidad de la maquinaria durante los meses de enero, febrero y marzo de 2022.

Figura 6 MTBF Torno Tosh/SN50C

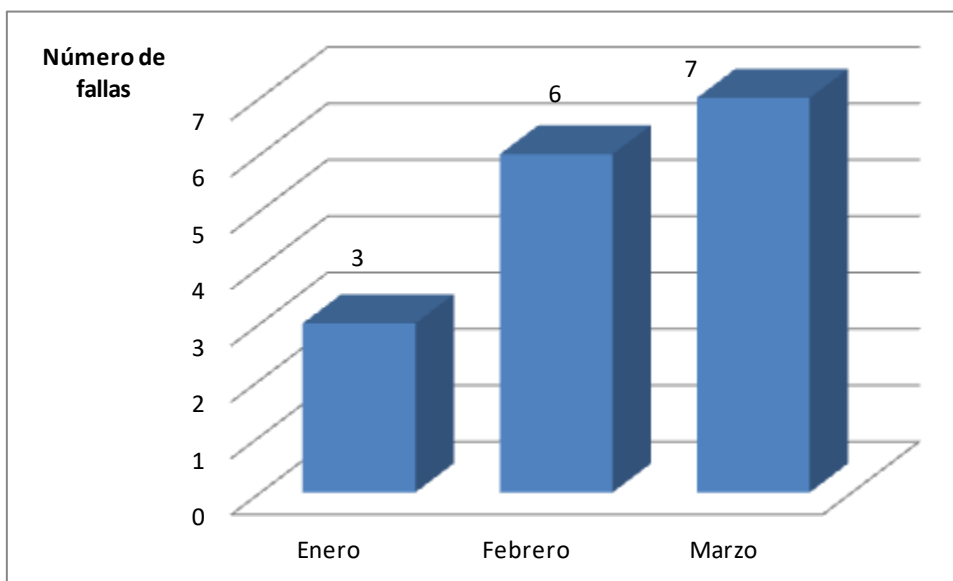


Fuente: Elaboración propia. MTBF: Tiempo Promedio entre Fallas (por sus siglas en inglés)

La Figura 6 muestra una disminución considerable del MTBF, 56,36 %, que implica que está aumentando la frecuencia de falla del Torno Tosh/SN50C.

La relación del valor del MTBF y el Torno Tosh/SN50C, significa que el tiempo que transcurre entre los fallos es menor, y por tanto el tiempo de inactividad de la maquinaria a consecuencia de fallas es mayor. Estos valores del indicador MTBF indican que en el trimestre Enero –marzo 2022 aumentó el número de fallas; información consistente con la Figura 7 que muestra el número de fallas del Torno Tosh/SN50C, durante el trimestre en estudio.

Figura 7 Número de fallas por mes, Torno Tosh/SN50C

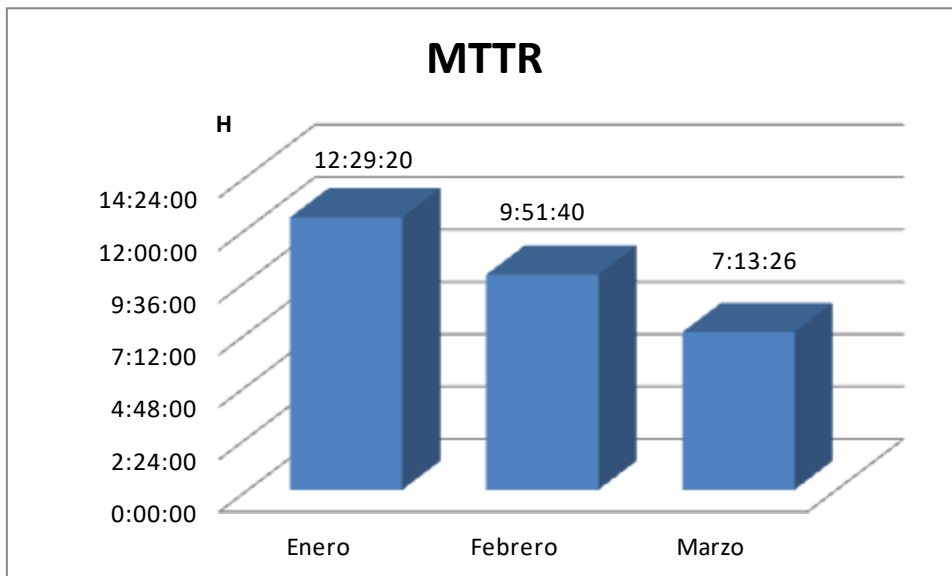


Fuente: Elaboración propia

La Figura 7 muestra un aumento del número de fallas del Torno Tosh/SN50C, superior al 100 %, evidenciando un deterioro considerable en el desempeño de la maquinaria. Situación que ameritó un aumento en la efectividad del mantenimiento correctivo, tal como se muestra en la figura 8, con la disminución del MTTR.

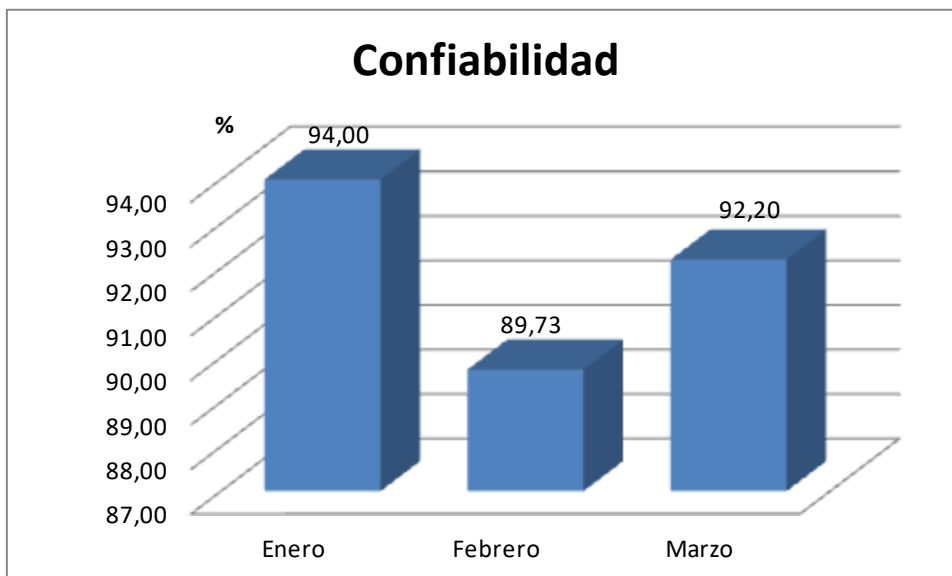
La Figura 8 muestra una disminución lineal del MTTR, disminuyó 21,1 % el primer mes (febrero), y 23,73 % el segundo mes (marzo), implicando que el mantenimiento correctivo se está haciendo más efectivos y exigiendo más recursos de mantenimiento ante fallas.

Figura 8 *MTTR Torno Tosh/SN50C*



Fuente: Elaboración propia. MTTR: Tiempo Promedio de Reparación (por sus siglas en inglés)

Figura 9 *Confiabilidad Torno Tosh/SN50C*

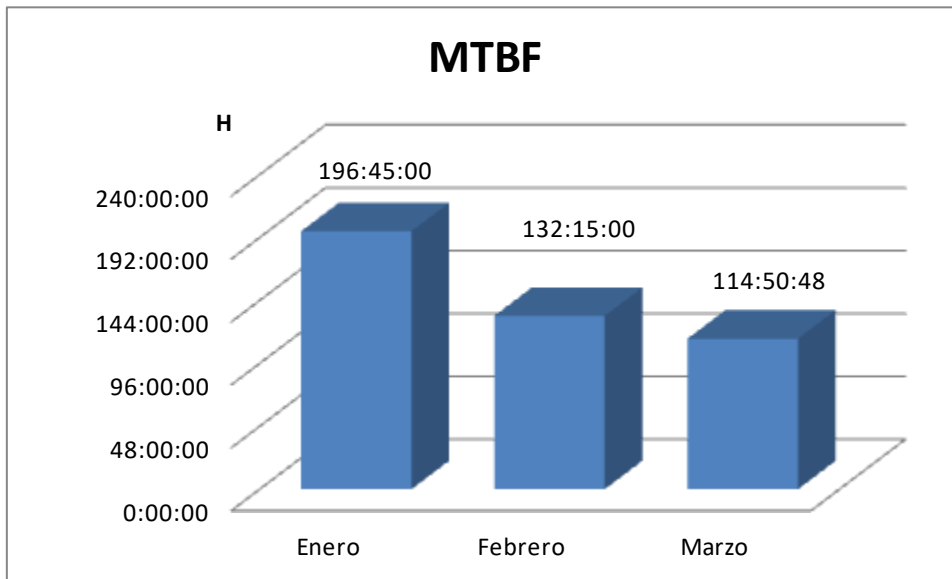


Fuente: Elaboración propia.

La Figura 9 muestra valores inconsistentes de la confiabilidad del Torno Tosh/SN50C durante el trimestre enero-marzo 2022, cuyos valores aumentan y bajan del 90 %, manteniendo una confiabilidad promedio de 91,98 %, pero se evidencia que está disminuyendo y por consiguiente exigiendo de mantenimientos correctivos.

Con la información obtenida de la ficha de registro de datos del **Taladro de columna bulmak/152**, se calculó el MTBF, MTTR y la Confiabilidad de la maquinaria durante los meses de enero, febrero y marzo de 2022.

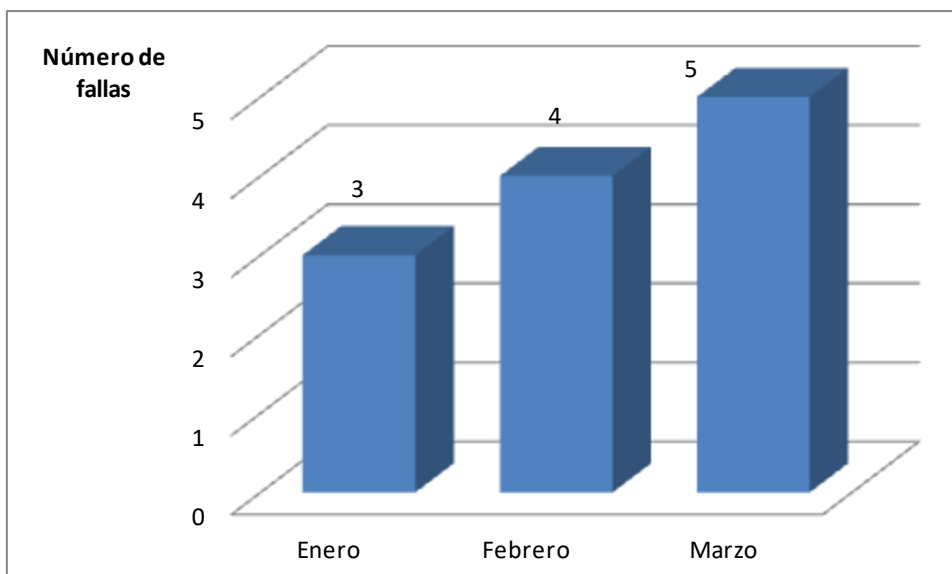
Figura 10 MTBF Taladro de columna bulmak/152



Fuente: Elaboración propia. MTBF: Tiempo Promedio entre Fallas (por sus siglas en inglés)

La Figura 10 muestra una disminución considerable del MTBF, 56,04 %, que implica que está aumentando la frecuencia de falla del Taladro de columna bulmak/152. La relación del valor del MTBF y el Taladro de columna bulmak/152, significa que el tiempo que transcurre entre los fallos es menor, y por tanto el tiempo de inactividad de la maquinaria a consecuencia de fallas es mayor. Estos valores del indicador MTBF indican que en el trimestre Enero –marzo 2022 aumentó el número de fallas; información consistente con la Figura 11 que muestra el número de fallas del Taladro de columna bulmak/152, durante el trimestre en estudio.

Figura 11 Número de fallas por mes, Taladro de columna bulmak/152

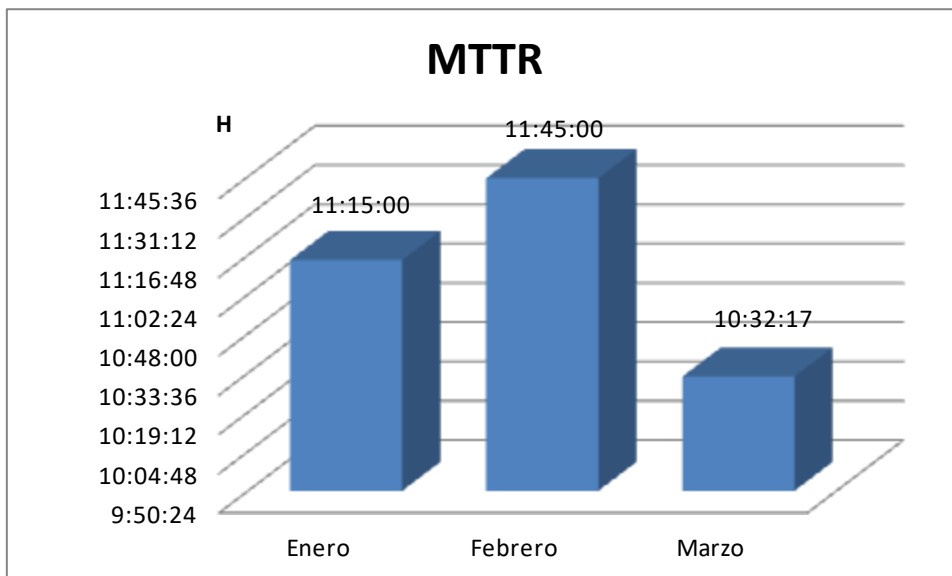


Fuente: Elaboración propia.

La Figura 11 muestra un aumento del número de fallas del Taladro de columna bulmak/152, del 40 %, evidenciando un deterioro considerable en el desempeño de la maquinaria. Situación que ameritó un aumento en la efectividad del mantenimiento correctivo, tal como se muestra en la figura 12, con la disminución del MTTR.

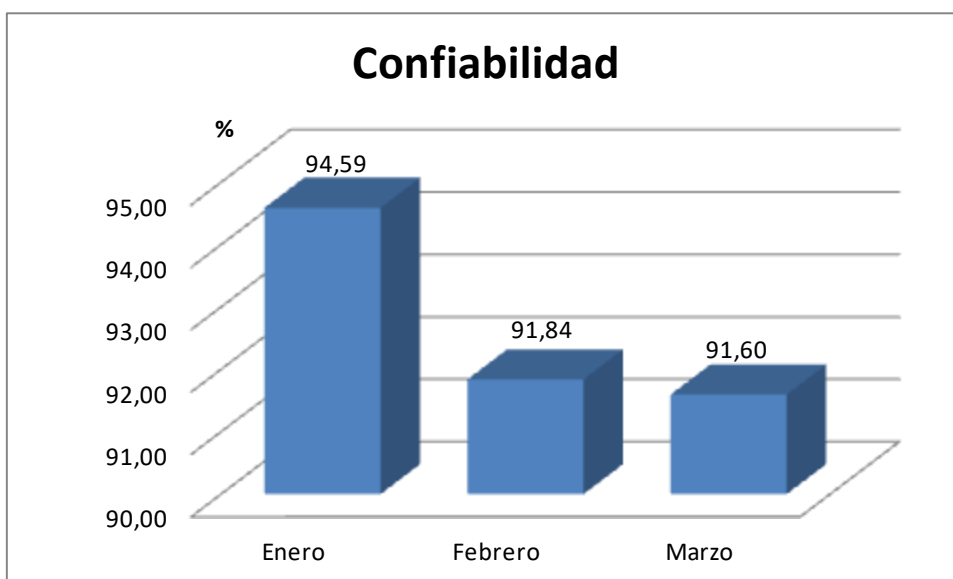
La Figura 12 muestra comportamiento inconsistente del MTTR, aumentado el 4,44 % el primer mes (febrero), y disminuyendo el 13,47 % el segundo mes (marzo), implicando que aún no se han establecidos las fallas recurrentes de la maquinaria y exigiendo más recursos de mantenimiento ante fallas.

Figura 12 *MTTR Taladro de columna bulmak/152*



Fuente: Elaboración propia. MTTR: Tiempo Promedio de Reparación (por sus siglas en inglés)

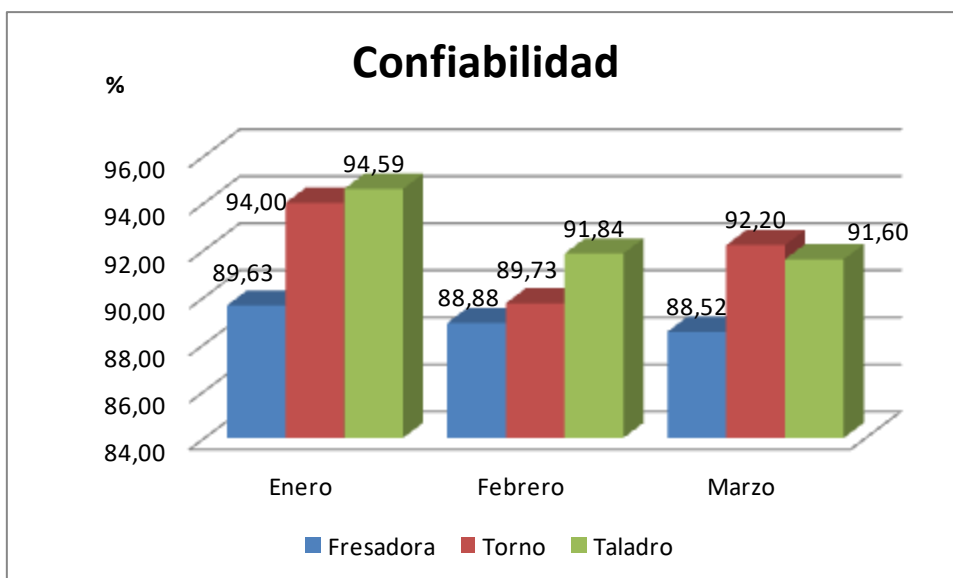
Figura 13 Confiabilidad Taladro de columna bulmak/152



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 muestra una disminución de la confiabilidad del Taladro de columna bulmak/152 durante el trimestre enero-marzo 2022, manteniendo una confiabilidad promedio de 92,68 %, pero se evidencia que está disminuyendo y por consiguiente exigiendo de mantenimientos correctivos.

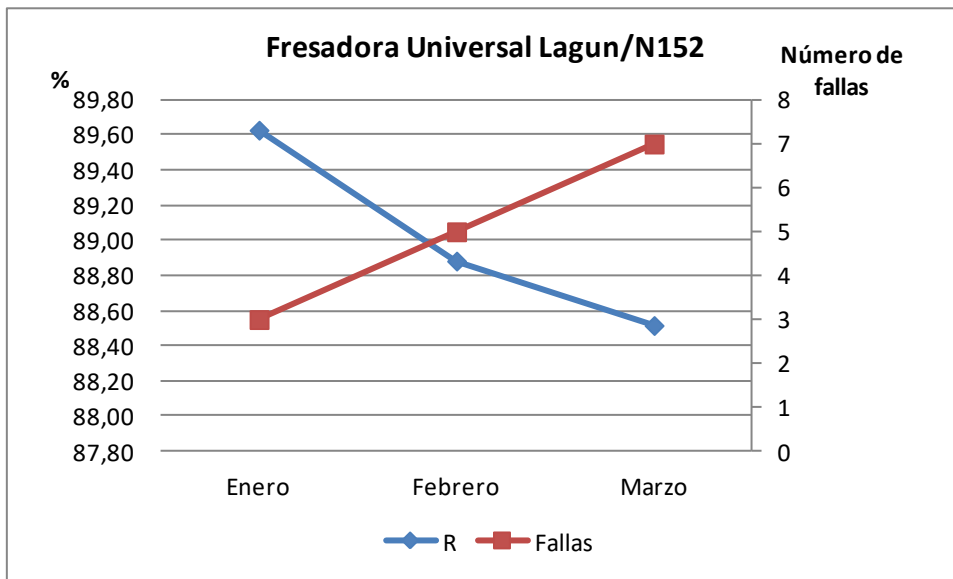
Figura 14 Confiabilidad de las maquinarias



Fuente: Elaboración propia.

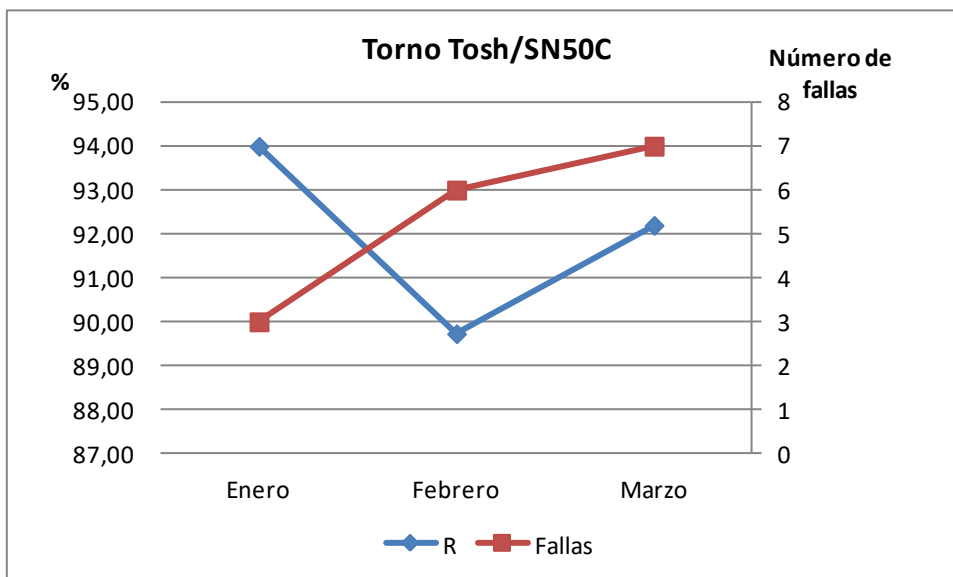
La Figura 14 muestra una disminución de la confiabilidad de todas las maquinarias que constituyen la muestra, esto evidencia que existe una problemática común, donde el factor común identificable está relacionado con la gestión de mantenimiento, igualmente las Figuras 15, 16 y 17 evidencia que existe relación entre el aumento del número de fallas y la confiabilidad.

Figura 15 Relación Confiabilidad-Número de fallas Fresadora Universal Lagun/N152.



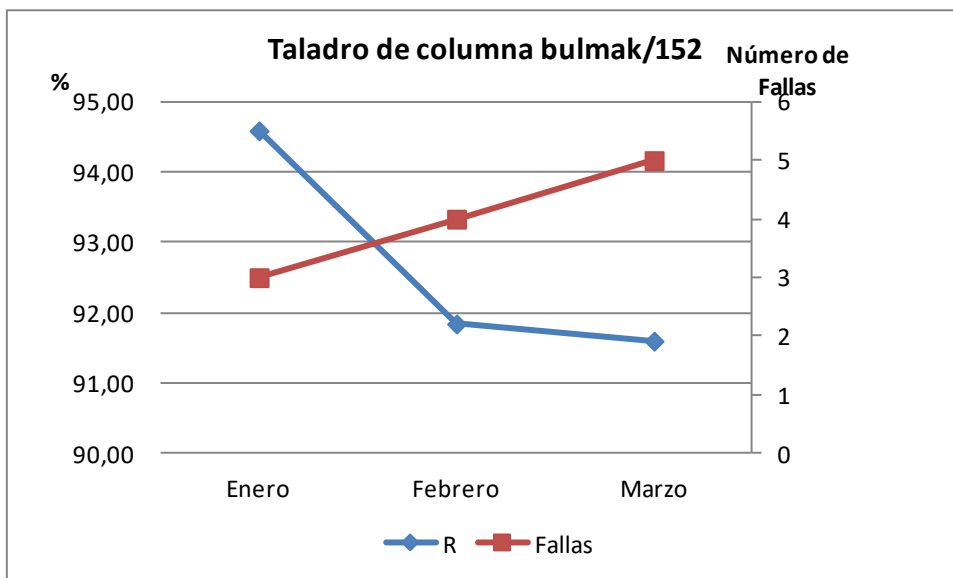
Fuente: Elaboración propia. R: Confiabilidad

Figura 16 Relación Confiabilidad-Número de fallas Torno Tosh/SN50C



Fuente: Elaboración propia. R: Confiabilidad

Figura 17 Relación Confiabilidad-Número de fallas Taladro de columna bulmak/152



Fuente: Elaboración propia. R: Confiabilidad

Se diseñó un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA.

En el área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, se han distinguido carencias irrazonables en el apoyo a los ejecutivos, que afectan esencialmente a la accesibilidad y a la calidad inquebrantable de la maquinaria y equipos en planta, presentándose los siguientes problemas: Cierres no programados, retrasos en la actualización de hardware y equipos, retrasos en la búsqueda de piezas de repuesto en stock, etc., retrasos en el cumplimiento de las actividades de mantenimiento preventivo, desorganización de información de los equipos. Lo que demuestra una deficiente gestión de mantenimiento.

Para llevar a cabo una investigación y una evaluación superiores de los problemas, se recopilaron los datos pertinentes para decidir los puntos subyacentes antes de proponer nuestra propuesta de mejora. La probabilidad típica de reparación (MTTR) fue de 12:00 horas, que representa cuanto la gestión de mantenimiento es eficaz en la resolución de problemas, y el tiempo medio de funcionamiento (MTBF) fue de 131.17 horas, que representa la confiabilidad de la maquinaria. Ambos indicadores evidencian que existe desorganización en la gestión de mantenimiento y baja confiabilidad de la maquinaria. Esta problemática fue tratada a la vista de los puntos de apoyo del TPM, se ha realizado un examen de la situación y se propondrán medidas para seguir desarrollando el ciclo de mantenimiento.

Con base a lo anterior se realizó un análisis preliminar para elegir una metodología de mantenimiento, basada en el empleo de una matriz de decisión, la cual se muestra en la Tabla 7. Donde cada metodología propuesta calificada como 1,3 y 5 por los supervisores de las áreas de producción y mantenimiento y la directiva de la empresa (cinco personas); calificándose de acuerdo a la siguiente escala de valoración:

Tabla 6 *Escala de valoración matriz de decisión*

Escala de valoración	
Bajo	1
Medio	3
Alto	5

Fuente: Reyes Povis (2020).

Tabla 7 matriz de decisión

Objetivo: Mejorar la confiabilidad de la maquinaria del área de producción	Metodologías de mantenimiento		
	TPM	RCM	Mantenimiento Preventivo
Criterios de cumplimiento			
Mejorar las habilidades y conocimientos del personal de mantenimiento	25	25	25
Incrementar el tiempo de operación de la maquinaria	25	25	25
Reducir el número de fallas	25	25	25
Mejorar la gestión de mantenimiento	25	25	25
Reducir el número de accidente laborales	25	15	15
Mejorar el ambiente de trabajo	25	15	5
Total	150	130	120

Fuente: Reyes Pavis (2020).

Luego con base a los resultados de la matriz de decisión se determinó que la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) es la más adecuada para mejorar la situación actual. Al seleccionar la metodología TPM, se seleccionaron los pilares de trabajo de acuerdo con los criterios de cumplimiento de la matriz de decisión, y la tabla de valoración, utilizando la matriz de selección que se muestra en la Tabla 8.

Los pilares seleccionados fueron la referencia para dar solución a los problemas planteados y son la guía de planificación, como se muestran en la Tabla 9.

El Plan de Mantenimiento TPM se fundamentó en las bases teóricas mostradas en la Tabla 10, bases de los pilares capacitación y adiestramiento y mantenimiento preventivo y autónomo.

Tabla 8 Matriz de selección de pilares

Objetivo: Mejorar la confiabilidad de la maquinaria del área de producción	Metodologías de mantenimiento							
	Capacitación y Entrenamiento	Mantenimiento Autónomo	Anticipación de fallas	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento de calidad	Trabajo administrativo	Mejora continua	Seguridad y entorno
Mejorar las habilidades y conocimientos del personal de mantenimiento	25	25	5	15	15	5	15	25
Incrementar el tiempo de operación de la maquinaria	15	15	25	15	15	15	15	15
Reducir el número de fallas	15	15	15	15	5	15	15	15
Mejorar la gestión de mantenimiento	25	25	5	25	5	15	15	15
Reducir el número de accidente laborales	25	15	5	15	25	5	5	5
Mejorar el ambiente de trabajo	25	25	5	25	5	5	5	5
Total	130	129	60	110	70	60	70	80

Fuente: Reyes Povich (2020).

Los pilares seleccionados fueron: Pilar capacitación y entrenamiento, Pilar mantenimiento autónomo, Pilar mantenimiento preventivo, Pilar mejora continua y Pilar seguridad y entorno; implementándose en ese mismo orden.

Tabla 9 *Guía de planificación*

Pilar o proceso fundamental	Situación actual	Mejora
Capacitación y Entrenamiento	El personal de mantenimiento tiene dificultades para atender las unidades debido a que no cuentan con el conocimiento adecuado de las maquinarias.	Elaborar un plan de capacitación continua de los equipos, metodologías de mantenimiento y seguridad en las áreas de trabajo. Conformar equipos fijos de trabajo.
Mantenimiento Autónomo	No existen condiciones de trabajo que trabajar con autonomía, donde los equipos de trabajo no dependan de terceros, o tener que desplazarse a para áreas para obtener recursos.	Conformar equipos fijos de trabajo autónomos, que cuente con el personal, equipamiento y recursos necesarios para realizar las labores de mantenimiento con autonomía; encargándose de todas las actividades relativas al mantenimiento de maquinarias y mantenimiento del ambiente de trabajo, planificación de repuestos y equipos de seguridad.
Mantenimiento preventivo	No existe plan organizado de mantenimiento que sea realimentado con el desempeño de las máquinas, que permita identificar fallas típicas y modos de falla.	Organizar el plan de mantenimiento preventivo como un plan dinámico, que se retroalimente de los registros de eventos y las estadísticas de fallas de la maquinaria. Distribuir los equipos de trabajo por equipamiento, conformando equipos de expertos en cada equipo y sistema.
Mejora continua	No se lleva con rigurosidad las estadísticas de mantenimiento de equipos, incluyendo las herramientas	Mejorar los instrumentos de recolección de datos de mantenimiento. Incluir las herramientas y equipos de seguridad como parte del equipamiento a mejorar
Seguridad y entorno	No se realizan paradas programadas de la maquinaria para labores de limpieza, del equipamiento y el área. No se realizan charlas de seguridad.	Conformar equipos fijos de trabajo. Planificar jornadas generales de limpieza que incluyan paradas programadas de equipos. Durante las paradas programadas realizar labores de inspección de la maquinaria. Planificar charlas de seguridad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10 Bases teóricas del Plan de Mantenimiento TPM

Problema	Bases teóricas	Ejecución	Resultados
Mejorar la confiabilidad de la maquinaria	Estadísticas de mantenimiento e indicadores	Cinco pilares de TPM	Aumento del MTBF.
	Costos de mantenimiento		Disminución del MTTR.
	MTBF		Disminución del número de fallas.
	MTTR		Aumento de la confiabilidad de la maquinaria
	Confiabilidad		Aumento de la productividad
	TPM		
	Disponibilidad		
	Productividad		
	Instrumentos de recolección de datos de mantenimiento		

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó el nivel de la confiabilidad de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, posterior a la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

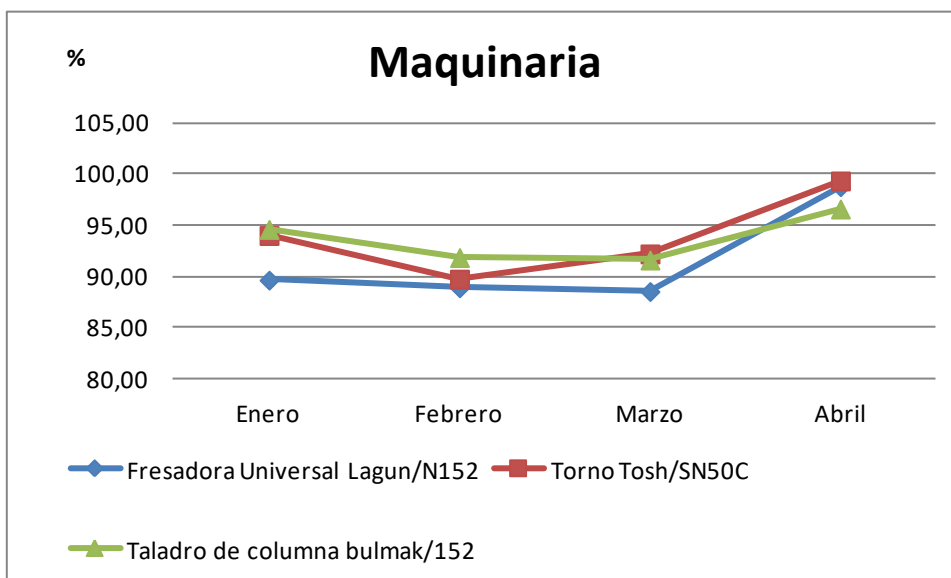
Con la información obtenida de la ficha de registro de datos de la Fresadora Universal Lagun/N152, el Torno Tosh/SN50C y el Taladro de columna bulmak/152 se calculó el MTBF, MTTR y la Confiabilidad de la maquinaria durante el mes de abril 2022. La Tabla Muestra la mejora de la confiabilidad de cada maquinaria posterior a la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total.

Tabla 11 *Mejora de la confiabilidad de la maquinaria*

Maquinaria	% mejora de la confiabilidad
Fresadora Universal Lagun/N152	10,25
Torno Tosh/SN50C	7,13
Taladro de columna bulmak/152	4,99

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18 *Confiabilidad de la maquinaria*



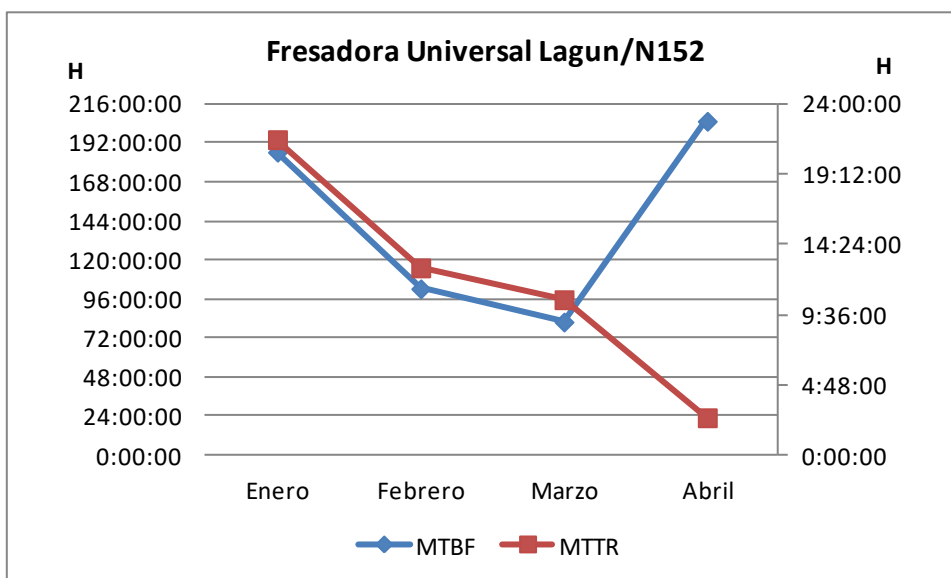
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 18 muestra la mejora de la confiabilidad de la maquinaria del área de producción, posterior a la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esto indica que la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), ha mejorado la confiabilidad de la maquinaria.

Se determinó el impacto de implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la mejora de la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA.

La Figura 19 muestra el impacto de la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el desempeño de la Fresadora Universal Lagun/N152, evidenciado en el incremento del MTBF, que indica que las fallas son ahora menos frecuentes, incrementando en un 60,12 %, de la misma manera, muestra una disminución del MTTR en un 75,99 %; la orientación contraria de estos indicadores muestra que la operatividad de la Fresadora Universal Lagun/N152 tiende a su máxima capacidad.

Figura 19 MTBF-MTTR Fresadora Universal Lagun/N152



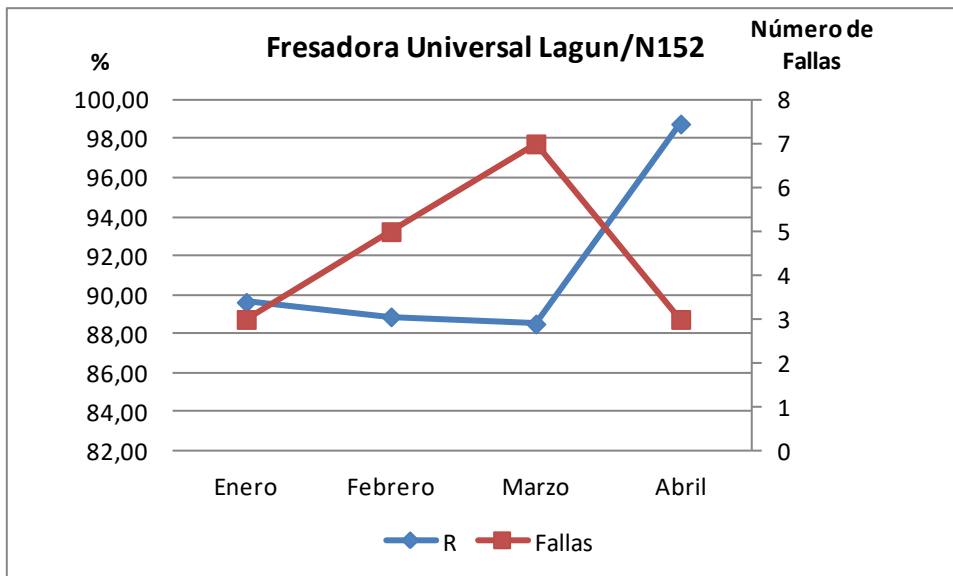
Fuente: Elaboración propia. MTBF: Tiempo Promedio entre Fallas. MTTR: Tiempo Promedio de Reparación (ambas por sus siglas en inglés)

Esta mejora de los indicadores de mantenimiento MTBF y MTTR, se observa también en la disminución del número de fallas, 57,5 %, y una mejora sustancial en la confiabilidad, 10,25 %, como lo muestra la Figura 20.

Esto indica que la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el desempeño de la Fresadora Universal Lagun/N152 ha mejorado la confiabilidad de la maquinaria. Se muestra en la Figura 20, donde se muestra la orientación contraria que tienen ambas variables, confiabilidad, número de fallas.

Lo anterior indica que continuidad operativa de la maquinaria está relacionada con las prácticas y métodos de mantenimiento dentro de la organización.

Figura 20 Confiabilidad-Número de fallas, Fresadora Universal Lagun/N152



Fuente: Elaboración propia. R: Confiabilidad.

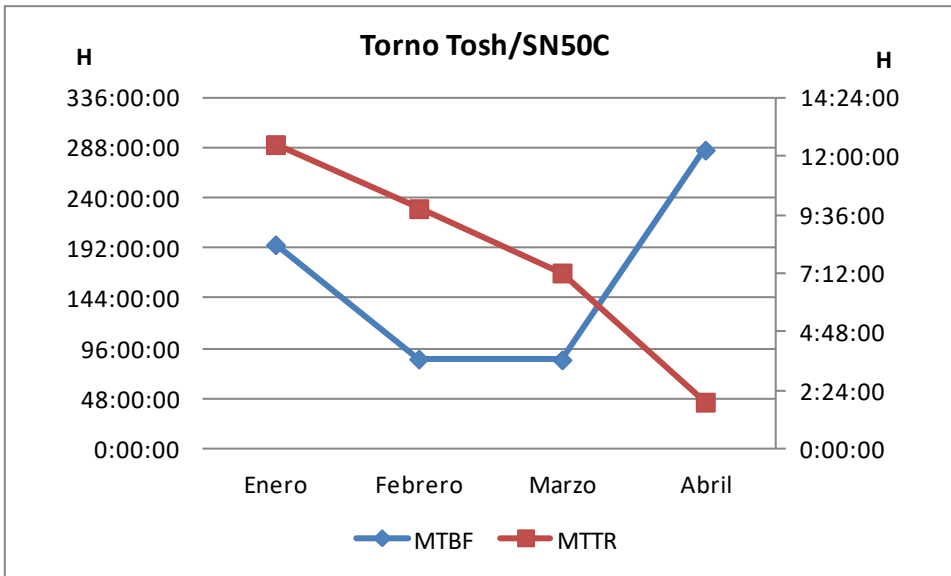
La Figura 21 muestra el impacto de la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el desempeño del Torno Tosh/SN50C, evidenciado en el incremento del MTBF, que indica que las fallas son ahora menos frecuentes, incrementando en un 70,17 %, de la misma manera, muestra una disminución del MTTR en un 73,44 %; la orientación contraria de estos indicadores muestra que la operatividad del Torno Tosh/SN50C tiende a su máxima capacidad.

Esta mejora de los indicadores de mantenimiento MTBF y MTTR, se observa también en la disminución del número de fallas, 71,43 %, y una mejora sustancial en la confiabilidad, 7,13 %, como lo muestra la Figura 22.

Esto indica que la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el desempeño del Torno Tosh/SN50C ha mejorado la confiabilidad de la maquinaria. Se muestra en la Figura 22, donde se muestra la orientación contraria que tienen ambas variables, confiabilidad, número de fallas.

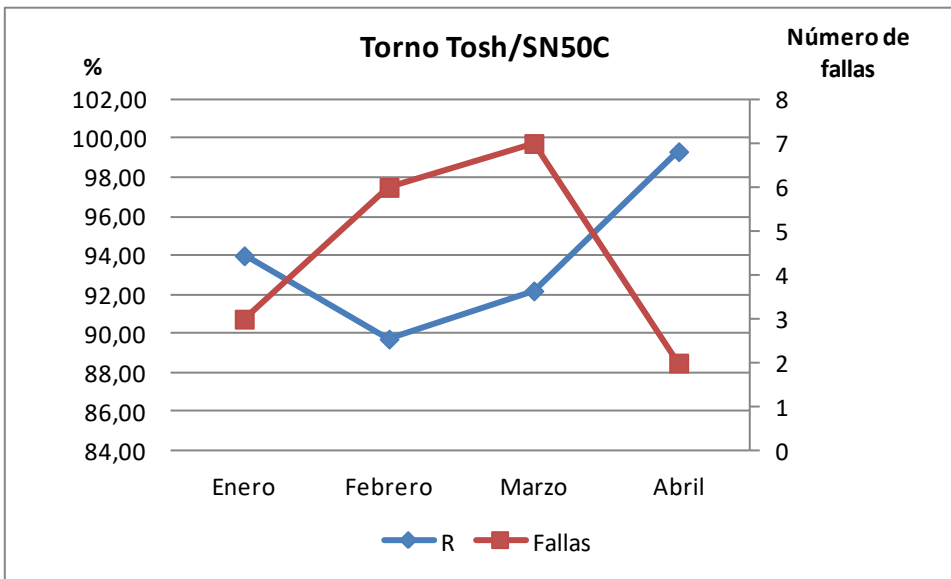
Lo anterior indica que continuidad operativa de la maquinaria está relacionada con las prácticas y métodos de mantenimiento dentro de la organización.

Figura 21 MTBF-MTTR Torno Tosh/SN50C



Fuente: Elaboración propia. MTBF: Tiempo Promedio entre Fallas. MTTR: Tiempo Promedio de Reparación (ambas por sus siglas en inglés)

Figura 22 Confiabilidad-Número de fallas Torno Tosh/SN50C



Fuente: Elaboración propia. R: Confiabilidad.

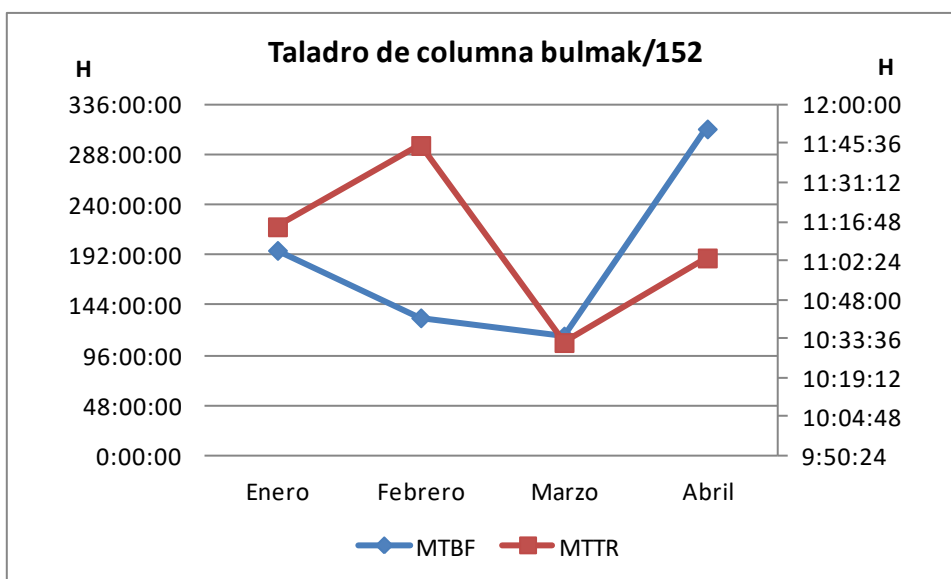
La Figura 23 muestra el impacto de la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el desempeño del Taladro de columna bulmak/152, evidenciado en el incremento del MTBF, que indica que las fallas son ahora menos frecuentes, incrementando en un 63,3 %, de la misma manera, muestra una aumento del MTTR en un 4,68 %; la misma orientación de estos indicadores muestran que la operatividad del Taladro de columna bulmak/152 está siendo afectado porque aún no se han identificados las fallas recurrentes de la maquinaria, afectando el Tiempo Promedio de Reparación y exigiendo más recursos de mantenimiento ante fallas.

Esta mejora de los indicadores de mantenimiento MTBF y MTTR, se refleja en la disminución del número de fallas, 60 %, y una mejora en la confiabilidad del 4,99 %, como lo muestra la Figura 24.

Esto indica que la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el desempeño del Taladro de columna bulmak/152 ha mejorado la confiabilidad de la maquinaria. Se muestra en la Figura 24, donde se muestra la orientación contraria que tienen ambas variables, confiabilidad, número de fallas.

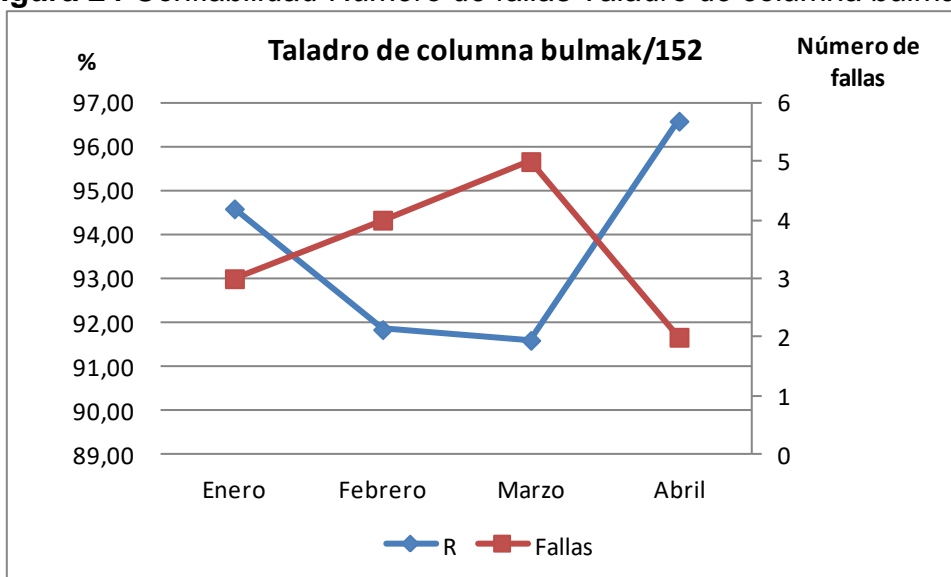
Lo anterior indica que continuidad operativa de la maquinaria está relacionada con las prácticas y métodos de mantenimiento dentro de la organización.

Figura 23 MTBF-MTTR Taladro de columna bulmak/152



Fuente: Elaboración propia. MTBF: Tiempo Promedio entre Fallas. MTTR: Tiempo Promedio de Reparación (ambas por sus siglas en inglés)

Figura 24 Confiabilidad-Número de fallas Taladro de columna bulmak/152



Fuente: Elaboración propia. R: Confiabilidad.

V. DISCUSIÓN

En el primer objetivo específico se **determinó el nivel de confiabilidad inicial de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA**, se verificó el estado actual de la maquinaria especificada en la muestra en referencia a la confiabilidad y sus indicadores, encontrándose que los niveles de confiabilidad eran del 89,01% para la Fresadora Universal Lagun/N152; 91,97% para el Torno Tosh/SN50C y 92,68% para el Taladro de columna bulmak/152, considerándose esto valores muy bajos en comparación a lo especificado por producción que debían ser del 95%. Situación similar enfrentaron (Avalos y Ávila, 2019), en su trabajo de investigación titulado, “Aplicación del mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de la maquinaria pesada. Empresa comunidad campesina Ango Raju. Huaraz, 2018”, donde sus valores iniciales de confiabilidad eran en promedio del 70% y 71 %, e iniciaron mejoras al plan de mantenimiento preventivo para incrementarlos a valores del orden de 79 %.

Igualmente, (Jauregui y Vergara, 2022), en su trabajo de investigación titulado, “*Mantenimiento total y su efecto sobre la productividad de una empresa productora de cajas de polietileno, Trujillo, 2021*”, inició su estudio con valores bajos de productividad, 83 %, que aumentaron a valores superiores al 90 % al aplicar un Plan de Mantenimiento TPM; evidenciándose mejoras más sustanciales al aplicar un Plan de Mantenimiento TPM.

En esta investigación las mejoras del Plan de Mantenimiento incluyeron un cambio de metodología, Mantenimiento Productivo Total (TPM), que contempló aspectos dirigidos a aumentar la motivación de los trabajadores y la satisfacción en el trabajo, e igualmente se partió de valores promedios bajos en el indicador de confiabilidad, 91,22 %, que aumentó al 98,22 %.

En el segundo objetivo específico se **diseñó un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA**, donde se identificaron los pilares para diseñar el Plan de Mantenimiento para que las maquinarias mejoren los resultados. Igualmente, (Reyes, 2020), diseñó en su trabajo un Plan de Mantenimiento TPM que le permitió mejorar disponibilidad de la flota de camiones de 82% a 90%.

En esta investigación además de implementar el Plan de Mantenimiento TPM, se correlacionaron los indicadores MTBF y MTTR con la confiabilidad, garantizando elementos de supervisión y control al Plan de Mantenimiento TPM, que mejoran el desempeño del pilar Mantenimiento autónomo, ya que permitirá a los trabajadores disponer de indicadores de fácil implementación teórica y práctica, para poder realizar inspecciones preventivas y anticiparse a una posible falla y garantizar la conservación de equipos y maquinarias en buen estado.

En los resultados del tercer objetivo específico, **determinar el nivel de la confiabilidad de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, posterior a la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM)**, se muestra la mejora de la confiabilidad, por la aplicación del Plan de Mantenimiento basado en TPM. Partiendo de valores como del 89,01% para la Fresadora Universal Lagun/N152; 91,97 % para el Torno Tosh/SN50C y 92,68 para el Taladro de columna bulmak/152, hasta alcanzar valores de 98,77% para la Fresadora Universal Lagun/N152; 99,33 % para el Torno Tosh/SN50C y 96,59 para el Taladro de columna bulmak/152; evidenciando la efectividad del Plan de Mantenimiento TPM.

En el trabajo de investigación de (Cueva y Santillán, 2020), titulado, "*Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de las maquinarias pesadas en la Municipalidad Distrital de San Marcos–Ancash, 2020*", las maquinarias iniciaron con valores promedios bajos de confiabilidad, 50.0 %, evidenciando problemas en la maquinaria y la necesidad de un plan de mantenimiento; que al implementarse permitió alcanzar una confiabilidad promedio del .75.0%, el plan de mantenimiento implementado estaba basado en confiabilidad (RCM), otorgándole mayor efectividad al Plan de Mantenimiento TPM

En los resultados del objetivo general, **determinar el impacto de implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la mejora de la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA**, se evidencia la relación y el efecto en la mejora de la confiabilidad de la aplicación del Plan de Mantenimiento basado en TPM, y se identifica gráficamente como se correlacionan los indicadores MTBF y MTTR con la confiabilidad de las maquinarias.

VI. CONCLUSIONES

Los valores iniciales del valor del MTBF indican que el tiempo que transcurre entre los fallos es menor, y por tanto el tiempo de inactividad de la maquinaria a consecuencia de fallas es mayor, situación que se confirma con el aumento del número de fallas, evidenciándose una baja confiabilidad. De la misma manera los valores iniciales del MTTR indican que al incrementar el MTBF y el número de fallas se hace más efectiva la gestión de mantenimiento correctivo, y que es un valor que tiende a estabilizarse una vez que se conocen todos los modos de falla de la maquinaria, o a hacerse aleatorio cuando no se conocen completamente.

Mediante la implementación del plan de mantenimiento productivo total, se redujo los tiempos empleados en el mantenimiento como lo muestra el indicador MTTR en el cual se redujeron las intervenciones pasando de un tiempo de 10 horas a 5 horas, 10 minutos obteniendo un beneficio de 4.50 horas en forma mensual.

La aplicación del TPM permitió incrementar el MTBF pasando de 131 horas, 17 minutos a 268 horas, 9 minutos, disminuyendo la frecuencia de falla.

La mejora de la confiabilidad, por la aplicación del Plan de Mantenimiento basado en TPM., iniciando con valores del 89,01% para la Fresadora Universal Lagun/N152; 91,97 % para el Torno Tosh/SN50C y 92,68 para el Taladro de columna bulmak/152, hasta alcanzar valores de 98,77% para la Fresadora Universal Lagun/N152; 99,33 % para el Torno Tosh/SN50C y 96,59 para el Taladro de columna bulmak/152; evidenciando la efectividad del Plan de Mantenimiento TPM.

Se evidencia la relación y el efecto en la mejora de la confiabilidad por la aplicación del Plan de Mantenimiento basado en TPM, y se identifica gráficamente como se correlacionan los indicadores MTBF y MTTR con la confiabilidad de las maquinarias.

La correlacionaron de los indicadores MTBF y MTTR con la confiabilidad, garantiza elementos de supervisión y control al Plan de Mantenimiento TPM, que mejoran el desempeño del pilar Mantenimiento autónomo, ya que permitirá a los trabajadores disponer de indicadores de fácil implementación teórica y práctica, para poder realizar inspecciones preventivas y anticiparse a una posible falla y garantizar la conservación de equipos y maquinarias en buen estado.

Los valores iniciales del valor del MTBF indican que el tiempo que transcurre entre los fallos es menor, y por tanto el tiempo de inactividad de la maquinaria a consecuencia de fallas es mayor, situación que se confirma con el aumento del número de fallas, evidenciándose una baja confiabilidad. De la misma manera los valores iniciales del MTTR indican que al incrementar el MTBF y el número de fallas se hace más efectiva la gestión de mantenimiento correctivo, y que es un valor que tiende a estabilizarse una vez que se conocen todos los modos de falla de la maquinaria, o a hacerse aleatorio cuando no se conocen completamente.

Mediante la ejecución del plan de mantenimiento TPM, se redujeron los tiempos de mantenimiento como lo indica el MTTR, estableciendo que se redujeron las intervenciones pasando de un tiempo de 10 horas a 5 horas, 10 minutos resaltando un beneficio de 4.50 horas por mes.

La aplicación del TPM permitió incrementar el MTBF pasando de 131 horas, 17 minutos a 268 horas, 9 minutos, disminuyendo la frecuencia de falla.

La mejora de la confiabilidad, por la aplicación del Plan de Mantenimiento basado en TPM., iniciando con valores del 89,01% para la Fresadora Universal Lagun/N152; 91,97 % para el Torno Tosh/SN50C y 92,68 para el Taladro de columna bulmak/152, hasta alcanzar valores de 98,77% para la Fresadora Universal Lagun/N152; 99,33 % para el Torno Tosh/SN50C y 96,59 para el Taladro de columna bulmak/152; evidenciando la efectividad del Plan de Mantenimiento TPM.

Se evidencia la relación y el efecto en la mejora de la confiabilidad por la aplicación del Plan de Mantenimiento basado en TPM, y se identifica gráficamente como se correlacionan los indicadores MTBF y MTTR con la confiabilidad de las maquinarias.

La correlacionaron de los indicadores MTBF y MTTR con la confiabilidad, garantiza elementos de supervisión y control al Plan de Mantenimiento TPM, que mejoran el desempeño del pilar Mantenimiento autónomo, ya que permitirá a los trabajadores disponer de indicadores de fácil implementación teórica y práctica, para poder realizar inspecciones preventivas y anticiparse a una posible falla y garantizar la conservación de equipos y maquinarias en buen estado.

VII. RECOMENDACIONES

Para lograr y mantener la confiabilidad deseada del 95%, se recomienda seguir estrictamente el plan de mantenimiento y registrar continuamente los datos en las Fichas de Registro, el éxito del Plan de Mantenimiento radica en recolectar los datos que nos permitirán calcular indicadores e identificar tendencias en el comportamiento de los equipos anticipándonos a fallas, o detectando fallas incipientes.

Mejorar los tiempos de reparaciones generando stocks estratégicos de repuestos y lubricantes, esto permite a los equipos de trabajo disponer siempre de los recursos necesarios para el mantenimiento.

REFERENCIAS

AGUAYO AGUAYO, Luis, 2020. *Elaboración de manual de procesos para ingreso y salida en maquinaria pesada en el mantenimiento preventivo de la empresa Andipuerto* [en línea]. **Tesis de grado**. Guayaquil, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**

<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4299>

AVALOS MEDINA, Fermin y AVILA DAVILA, Cosme Alex, 2019. *Aplicación del mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de la maquinaria pesada. Empresa comunidad campesina Ango Raju. Huaraz. 2018* [en línea]. **Tesis de grado**. Huaraz, Perú: Universidad César Vallejo [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38465>

Banco Central de Reserva del Perú. PIB por Sectores [en línea] [consulta: abril 2022] **Disponible en:**

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/pbi-por-sectores>

CAGUANA CHUQUIANA, Edison Fernando, 2022. *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en el mantenimiento productivo total para la maquinaria en la línea pintura de la empresa carrocerías Varma de la ciudad de Ambato* [en línea]. **Tesis de grado**. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34117>

CASTRO VALDIVIEZO, Carlos Francisco, 2017. *Mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la confiabilidad de los equipos de alquiler Caterpillar de la empresa Unimaqsa-2017*. [en línea]. **Tesis de grado**. Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25906>

CUEVA SALVADOR, Bright Nataly y SANTILLAN GARAY, Kenyi Darwin, 2020. *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de las maquinarias pesadas en la Municipalidad Distrital de San Marcos–Ancash, 2020* [en línea]. **Tesis de grado**. Huaraz, Perú: Universidad César Vallejo [consulta: abril 2022]. **Disponible en:** <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58237>

FORERO RODRÍGUEZ, Andrés Felipe, 2020. *La gestión del mantenimiento productivo total como herramienta de mejoramiento en empresas del sector manufactura* [en línea]. **Tesis de grado**. Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de América [consulta: abril 2022]. **Disponible en:** <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/7938>

GASCA, Maira, CAMARGO, Luis y MEDINA, Byron, 2017. Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. *Información tecnológica* [en línea] Bogotá, Colombia: Centro de Información Tecnológica, Vol. 28, No. 4, pp 111-124 [consulta: abril 2022] ISSN 0718-0764 **Disponible en:** https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000400014#:~:text=La%20medida%20de%20la%20confiabilidad,el%20equipo%20es%20poco%20confiable%20

GIRALDO-GUTIÉRREZ, Francisco Luis y Londoño-Vásquez, David Alberto, 2017. Descripción y referencia: el lenguaje como posibilidad de veracidad. Un asunto de límites de sistemas-mundo y actos de habla. *Cuadernos de Lingüística Hispánica* [en línea] Boyacá, Colombia: Vol. 2, No. 29, pp 163-17 [consulta: abril 2022] ISSN 0121-053X **Disponible en:** http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-053X2017000100163

GÓMEZ RODAS, Gerardín Estuardo, 2015. *Desarrollo de un programa de mantenimiento predictivo y preventivo para la maquinaria industrial de la Empresa Marlin Towers SA* [en línea]. **Tesis de grado**. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala [consulta: abril 2022]. **Disponible en:** <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1813/1/Gerard%C3%ADn%20Estuardo%20G%C3%B3mez%20Rodas.pdf>

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto, 2018. *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. 1^{ra} Edición, México DF: McGraw Hill. ISBN: 978-1-4562-6096-5.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos. y BAPTISTA Pilar, 2014. *Metodología de la Investigación*. 6^{ta} Edición, México DF: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. DE C.V. ISBN: 978-1-4562-2396-0

JAUREGUI REYES, Mónica Patricia y VERGARA VALIENTE, Daniel Javier, 2022.

Mantenimiento total y su efecto sobre la productividad de una empresa productora de cajas de polietileno, Trujillo, 2021 [en línea]. Tesis de grado. Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84406>
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84406>

JULCA VALDIVIESO, Luis José, 2018. *Diseño e implementación de un sistema de gestión del mantenimiento productivo total (TPM) para reducir los costos operativos en la línea de producción de plataformas de la empresa Fabricaciones Metálicas Carranza SAC [en línea]. Tesis de grado.* Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14616>

LEAHEY, Erin, 2007. No solo por la productividad: cómo la visibilidad y la especialización contribuyen a los ingresos académicos. *Revisión sociológica americana [en línea]* Tucson, Arizona: Vol. 72, No. 4, pp 533-561 [consulta: abril 2022]
<https://doi.org/10.1177/000312240707200403> **Disponible en:**
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/000312240707200403>

LEVITT, Joel, 2010. *TPM Reloaded, Total Productive Maintenance.* 1^{ra} Edición. New York: Industrial Press Inc. ISBN 978-0-8311-3426-6

LÓPEZ ARIAS, Ernesto Andrés, 2009. *El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación [en línea]. Tesis de grado.* Bogotá, Colombia: Universidad Pontificia Universidad Javeriana [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7276/Tesis262.pdf>

LLERENA BUTRÓN, Carla Teresa, 2019. *Análisis de gestión logística de mantenimiento en empresas de maquinaria pesada que realizan movimiento de tierras, para el desarrollo de una política de mantenimiento basada en la confiabilidad [en línea]. Tesis de grado.* Arequipa, Perú: Universidad Católica San Pablo [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**
http://54.213.100.250/bitstream/UCSP/16055/1/LLERENA_BUTRON_CAR_MAN.pdf

LOYAGA JAMBO, José Antonio, 2018. *Implementación de un sistema de*

mantenimiento TPM en el área de producción para incrementar la rentabilidad de la empresa Tuberías Plásticas SAC [en línea]. **Tesis de grado**. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte [consulta: abril 2022]. **Disponible en:** <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14307>

MAYORGA AYORA, Alex y QUISHPE GAIBOR, Jeverson, 2019. Deontología aplicada al mantenimiento de maquinaria industrial por ingenieros mecánicos. *Caribeña de Ciencias Sociales* [en línea] Quito, Ecuador: mayo, 2019 [consulta: abril 2022] ISSN: 2254-7630 **Disponible en:** <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/05/deontologia-maquinaria-industrial.html>

MEJÍA ROBLES, Julio César. (2018). *Diseñar un programa de mantenimiento preventivo en el área de producción de una empresa metalmecánica* [en línea]. **Tesis de grado**. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil [consulta: abril 2022]. **Disponible en:** <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/34584>

MESA PÁEZ, Leidy Jiseth, 2020. *Diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento productivo total para la planta de tratamiento de residuos del municipio de El Colegio Cundinamarca* [en línea]. **Tesis de grado**. Bogotá, Colombia: Universidad Libre [consulta: abril 2022]. **Disponible en:** <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/18460>

OLARTE, William, BOTERO, Marcela y CAÑÓN, Benhur, 2010. Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et technica*, [en línea] Pereira, Colombia: Vol. 16, No. 44), pp 354-356. [consulta: abril 2022] ISSN: 0122-1701 **Disponible en:** <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917316066.pdf>

PADRON DE ALMEIDA, Juan Manuel y MAYHUA SOTO, Yorsel Soledad, 2022. *Propuesta de mejora del sistema de gestión en el área de mantenimiento de palas de una empresa minera para mejorar la disponibilidad y productividad de los equipos, aplicando Mantenimiento Productivo Total (TPM)* [en línea]. **Tesis de grado**. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas [consulta: abril 2022]. **Disponible en:** https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/659005/Padron_DJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y

QUINTERO RODRÍGUEZ, Solange Monserrate, 2021. *Propuesta de Mejora en la Planificación de Mantenimiento de Maquinarias en la Empresa Manoworks SA* [en línea]. **Tesis de grado**. Guayaquil, Ecuador: Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**

<https://repositorio.itb.edu.ec/bitstream/123456789/2903/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20DE%20QUINTERO%20RODRIGUEZ.pdf>

RATNER, Carl, 2002. Subjetividad y objetividad en la metodología cualitativa. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research* [en línea] Berlin, Alemania: Vol. 3, No. 3, Art. 16 [consulta: abril 2022] DOI: <https://doi.org/10.17169/fqs-3.3.829> **Disponible en:**

<http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/829>

REYES POVIS, Erick Neiser, 2020. *Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total en una empresa de transporte de mineral para aumentar la disponibilidad de flota*. [en línea]. **Tesis de grado**. Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú [consulta: abril 2022]. **Disponible en:** <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3126>

TORRONTEGUI AGUADO, Lander, 2022. *Estudio del mantenimiento de una planta de negro de carbón mediante diversos métodos de análisis de fallos* [en línea]. **Tesis de maestría**. Bilbao, España: Universidad del País Vasco [consulta: abril 2022]. **Disponible en:** <https://addi.ehu.es/handle/10810/56274>

GASPAR HURTADO, Emerlin y AYALA ZETA, Jose María, 2021 *Implementación del TPM para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Tecnología Fabricación Mantenimiento SAC*. [en línea].

Tesis de grado. Lima, Perú: Universidad César Vallejo [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82394>

CAMARGO PITOY, Jhony Edgar, 2021. *Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas mediante la aplicación de la herramienta tpm en la empresa ferreyros S.A.* [en línea].

Tesis de grado. Lima, Perú: Universidad Privada del Norte [consulta: abril 2022].

Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29630>

CARINA DEL PILAR, Segovia Idrogo, 2020. *Gestión de Mantenimiento Preventivo para Aumentar la Productividad de la empresa Bandas Plast E.I.R.L. Chiclayo – 2019.*

[en línea]. Tesis de grado. Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo

[consulta: abril 2022]. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49542>

LOZANO ROMERO, Sheyla Elisa, 2020. *Implementación de TPM para mejorar la productividad en la línea de inyección en la industria plástica, Santa Anita, 2020.* [en

línea]. Tesis de grado. Lima, Perú: Universidad César Vallejo

[consulta: abril 2022].

Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54087/Lozano_RSE SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54087/Lozano_RSE_SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

GRENTZ ADRIAZOLA, Reynaldo Abel, 2021. *Propuesta de un plan de mantenimiento productivo total en leoncito s. a. para mejorar indicadores de gestión.* [en línea]. Tesis

de grado. Chiclayo, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2021.

[consulta: abril 2022]. Disponible en:

<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4321>

ORELLANA ESCOBAR, Miguel Ángel y PORRAS SOTO, John Clenn, 2021. *Implementación del Mantenimiento Productivo Total para Incrementar el Nivel de Servicio en la empresa KMC Cromo Oleohidráulica, La Victoria – Lima 2021.* [en línea].

Tesis de grado. Lima, Perú: Universidad César Vallejo [consulta: abril 2022].

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83534>

NEGRETE SATÁN, Luis Miguel, 2020. *Propuesta de un diseño de un plan de mantenimiento preventivo total (TPM) en una línea de producción de envases plásticos en la empresa Senco S.A.* [en línea]. Tesis de grado. Guayaquil, Ecuador:

Universidad de Guayaquil. [consulta: abril 2022].

Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51299>

CÓRDOVA PEÑAFIEL, Diego Trajano y GUERRA SALAZAR, Juan Luis, 2018. *Implementación de un plan de mantenimiento para los equipos del proceso de producción de la empresa pulpa moldeada s.a. Pulpamol.* [en línea]. **Tesis de grado.** Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).

[consulta: abril 2022].

Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5416>

SHUPINGAHUA RÍOS, Wilson Junior y MOYA QUISPE, Armando, 2019. *Propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la aplicación del TPM, para la línea de producción flexográfica de la empresa Amcor.* [en línea]. **Tesis de grado.** Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [consulta: abril 2022].

Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/628085>

MONTENEGRO BAUTISTA, Yeyner Miguel, 2021. *Propuesta de mejora aplicando 5's, tpm y redistribución de planta en el área de producción para reducir costos operativos de una curtiembre.* [en línea]. **Tesis de grado.** Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27675>

CARRILLO EULOGIO, Oscar Manuel y ARTEAGA GAVINO, Jean Pierre ,2021. *Implementación de la gestión de mantenimiento para mejorar la productividad en la máquina cnc de la empresa TFM, Chimbote-2021.* [en línea]. **Tesis de grado.** Lima, Perú: Universidad César Vallejo [consulta: abril 2022]. **Disponible en:**

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58835>

GARAYAR LEGUA, Diego Alonso, 2019. *Propuesta de mejora de la disponibilidad de las prensas de una empresa de Servicios Gráficos aplicando la metodología TPM.* [en línea]. **Tesis de grado.** Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [consulta: abril 2022].

Disponible en:

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/628112>

CÉSPEDES NAKAZAKI, José Ysamo, 2021. *Aplicación del mantenimiento productivo total TPM para mejorar la productividad de la empresa minera Antamina s.a - san marcos, 2019. [en línea]. Tesis de grado.* Pimentel, Perú: Universidad Señor de Sipan [consulta: abril 2022].

Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8504>

HUARACA ESPIRITU, Eder Junio, 2019. *Metodología TPM aplicado en la industria de maquinaria pesada”: una revisión de la literatura científica [en línea].*

Tesis de grado. Lima, Perú: Universidad Privada del Norte [consulta: abril 2022].

Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24877>

Alorom, M. *The implementation of total productive maintenance in the Libyan heavy industry.*

Degree: PhD, 2015, [Coventry University](#)

URL: [https://pureportal.coventry.ac.uk/en/studentthesis/the-implementation-of-total-productive-maintenance-in-the-libyan-heavy-industry\(f165c0f7-7fa0-45ef-9aaf-dcbf9f36132b\).html](https://pureportal.coventry.ac.uk/en/studentthesis/the-implementation-of-total-productive-maintenance-in-the-libyan-heavy-industry(f165c0f7-7fa0-45ef-9aaf-dcbf9f36132b).html)

Risfelt, Albin. *Setup time reduction by using lean and maintenance tools.*

Degree: Production Engineering, 2016, [KTH](#)

URL: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-189434>

Irungu, Salome C. *Total productive maintenance by cement companies in Kenya .*

Degree: 2015, [University of Nairobi](#)

URL: <http://hdl.handle.net/11295/93642>

Kartali, Csaba. *Principy údržby metodou TPM: Principles of maintenance of the TPM method.*

Degree: 2019, [Brno University of Technology](#)

URL: <http://hdl.handle.net/11012/66732>

Morcinková, Lenka. *Totální produktivní údržba (TPM) ve firemní praxi: Total Productive maintenance (TPM) in Business Practice.*

Degree: 2019, [Brno University of Technology](#)

URL: <http://hdl.handle.net/11012/179071>

Aimable, Sherrian S. *The effects of total productive maintenance on cost savings and equipment reliability.*

Degree: 2017, [University of Wisconsin-Stout](#)

URL: <http://digital.library.wisc.edu/1793/82240>

Pharaon, Jean W. *An Agilized Total Productive maintenance Framework to Reduce Unplanned Downtime.*

Degree: 2022, [The George Washington University](#)

URL: <http://pqdtopen.proquest.com/#viewpdf?dispub=28867338>

Welz, Zachary Allen. *Integrating Disparate Nuclear Data Sources for Improved Predictive Maintenance Modeling: Maintenance -Based Prognostics for Long-Term Equipment Operation.*

Degree: 2017, [University of Tennessee – Knoxville](#)

URL: https://trace.tennessee.edu/utk_graddiss/4667

Kim, Taejin. *Improved Predictive Unmanned Aerial Vehicle Maintenance Using Business Analytics and Cloud Services.*

Degree: 2021, [City University of Seattle](#)

URL: <http://hdl.handle.net/20.500.11803/1568>

Ekpiwhre, Ejiroghene Onome. *Risk and reliability -based maintenance for highway infrastructure asset management.*

Degree: phd, Faculty of Engineering & Science, 2018, [University of Greenwich](#)

URL: <http://gala.gre.ac.uk/id/eprint/24779/>

Laquet, Andrei. *Maintenance optimisation of centrifugal pumps in a European refinery: : A case study.*

Degree: Production Engineering, 2015, [KTH](#)

URL: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-173914>

Gong, Changqing. *System reliability analyses and optimal maintenance planning of corroding pipelines.*

Degree: 2017, [University of Western Ontario](#)

URL: <https://ir.lib.uwo.ca/etd/4669>

Mammadli, Jeyhun. *Discrete-Event Simulation in Smart Maintenance: Use of Discrete-Event Simulation in Manufacturing Maintenance Applications and Smart maintenance dimensions.*

Degree: Chalmers tekniska högskola / Institutionen för industri- och materialvetenskap, 2020, [Chalmers University of Technology](#)

URL: <http://hdl.handle.net/20.500.12380/302123>

Ebenuwa, Andrew Utomi. *Reliability-based analysis and maintenance of buried pipes considering the effect of uncertain variables.*

Degree: PhD, 2018, [University of Greenwich](#)

URL: <http://gala.gre.ac.uk/id/eprint/24776/>

Said, Uthman. *A Methodology for Maintenance Evaluation and Improvement of Repairable Systems in a Mine.*

Degree: 2016, [Ryerson University](#)

URL: <https://digital.library.ryerson.ca/islandora/object/RULA%3A5696>

Coffie, Emmanuel. *Applying project management principles to equipment maintenance at Chirano Mine Limited.*

Degree: 2021, [Kwame Nkrumah University of Science and Technology](#)

URL: <http://dspace.knust.edu.gh:8080/jspui/handle/123456789/14100>

Mousavi, Seyyedmohsen. *Simultaneous control of the production, maintenance, and inspection strategies for a failure-prone manufacturing system with quality-based financial penalties/incentives.*

Degree: 2021, [École de technologie supérieure](#)

URL: https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/2930/1/MOUSAVI_Seyyedmohsen.pdf

ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

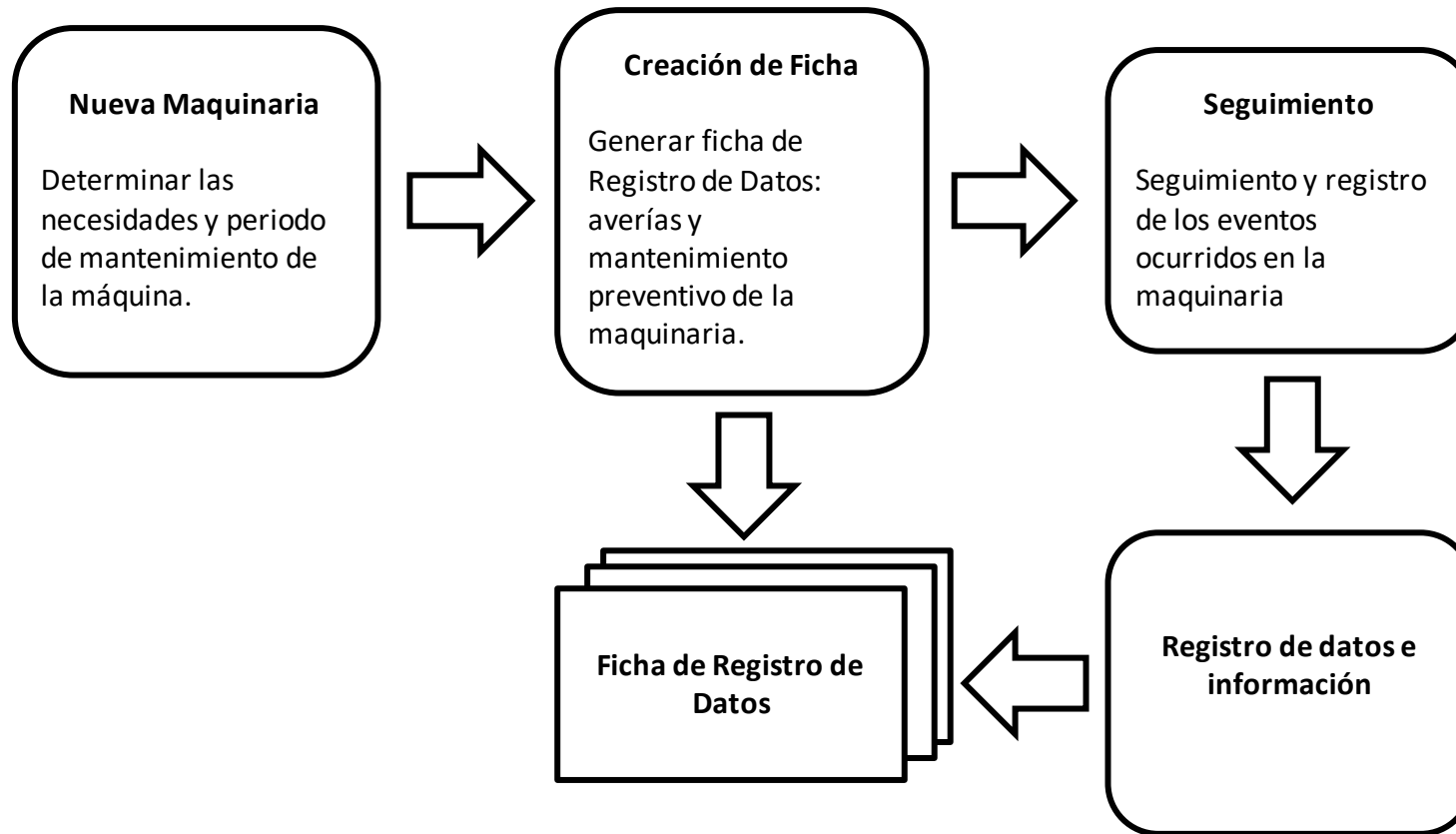
Título de investigación: Plan de Mantenimiento TPM para Mejorar la Confiabilidad en Maquinarias del Área de Producción de la Empresa COMIN SRLTDA-2022				
Problema de investigación	Objetivos	Variables	Metodología	
¿Cuál es el impacto de implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA?	General:	Variable 1 (X)	Tipo de investigación	
	Determinar el impacto de implementación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la mejora de la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA	Mantenimiento TPM	De acuerdo al enfoque:	Cuantitativo
			De acuerdo al fin:	Aplicada
De acuerdo al alcance:	Descriptivo			
Hipótesis	Específicos	Variable 2 (Y)	Diseño de investigación:	No experimental
Con la implementación y ejecución de un plan TPM se propone una alternativa para mejorar la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA	Determinar el nivel de confiabilidad inicial de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA	Confiabilidad maquinarias en	Población:	Conformada por las máquinas del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA en los meses enero – marzo del 2022.
	Diseñar un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la confiabilidad en maquinarias del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA		Muestra:	Conformada 3 máquinas: La prensa, el torno y la fresadora que se encuentran en el área de producción de la empresa COMIN SRLTDA en los meses enero – marzo del 2022.
	Determinar el nivel de la confiabilidad de la maquinaria del área de producción de la empresa COMIN SRLTDA, posterior a la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM).		Técnicas instrumentos e	Técnica: Observación directa Instrumento: Ficha de recolección de datos

ANEXO 2 FICHA DE REGISTRO DE DATOS

Equipo: Fresadora SEQ	Febrero							
	1	2	3	4	5	6	7	
Fecha del Evento	02/02/2022	02/02/2022	11/02/2022	15/02/2022	17/01/2022	20/02/2022	26/02/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	13:30:00	19:15:00	1:22:00	0:00:00	0:00:00	12:00:00	08:00	
Tipo de Evento	Falla	PP	Falla	Falla	Falla	Falla	MP	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	22:16:00	19:35:00	14:56:00	23:00:00	9:15:00	21:27:00	12:00:00	
Duración del Evento	8:46:00	0:20:00	13:34:00	23:00:00	9:15:00	9:27:00	4:00:00	68:22:00
Horas MP	13:34:00							
Horas PP	9:06:00							
Horas Falla	32:15:00							
Tiempo Fuera de Servicio, F/S [H]	68:22:00							
Tiempo estimado de operación [H]	576:00:00							
Tiempo real de operación [H]	507:38:00							
MTBF [H]	102:23:36							
MTTR [H]	12:48:24							
R [%]	88,88							

<p>Tipo de Evento</p> <ul style="list-style-type: none"> PP: Parada Programada MP: Mantenimiento Preventivo Falla: Parada no programada ocasionada por falla 	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$ $MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$ $R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ANEXO 3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE REGISTRO DE DATOS



ANEXO 4 FICHA DE REGISTRO POR EQUIPOS

Taladro de columna bulmak/152

Equipo: Taladro de columna bulmak/152	Enero					
	1	2	3	4	5	
SEQ						
Fecha del Evento	11/01/2022	11/01/2022	11/01/2022	28/01/2022	31/01/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	10:45:00	21:10:00	21:40:00	3:48:00	11:23:00	
Tipo de Evento	Falla	PP	MP	Falla	Falla	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	21:10:00	21:40:00	23:00:00	15:31:00	23:00:00	
Duración del Evento	10:25:00	0:30:00	1:20:00	11:43:00	11:37:00	35:35:00
Horas MP	1:20:00					
Horas PP	10:55:00					
Horas Falla	23:20:00					
Tiempo F/S [H]	35:35:00					
Tiempo estimado de operación [H]	624:00:00					
Tiempo real de operación [H]	588:25:00					
MTBF [H]	196:45:00					
MTTR [H]	11:15:00					
R [%]	94,59					

Equipo: Taladro de columna bulmak/152	Febrero							
SEQ	1	2	3	4	5	6	7	
Fecha del Evento	01/02/2022	01/02/2022	09/02/2022	17/02/2022	25/02/2022	28/02/2022	28/02/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	14:01:00	18:47:00	3:55:00	10:43:00	8:00:00	1:00:00	14:10	
Tipo de Evento	Falla	PP	Falla	Falla	MP	Falla	MP	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	18:47:00	19:05:00	19:57:00	23:45:00	13:45:00	14:10:00	16:00:00	
Duración del Evento	4:46:00	0:18:00	16:02:00	13:02:00	5:45:00	13:10:00	1:50:00	54:53:00
Horas MP	16:02:00							
Horas PP	5:04:00							
Horas Falla	18:47:00							
Tiempo F/S [H]	54:53:00							
Tiempo estimado de operación [H]	576:00:00							
Tiempo real de operación [H]	521:07:00							
MTBF [H]	132:15:00							
MTTR [H]	11:45:00							
R [%]	91,84							

Equipo: Taladro de columna bulmak/152	Marzo							
SEQ	1	2	3	4	5	6	7	
Fecha del Evento	02/03/2022	06/03/2022	15/03/2022	22/03/2022	26/03/2022	27/03/2022	29/03/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	4:55:00	8:32:00	8:00:00	1:50:00	7:11:00	9:01:00	08:00	
Tipo de Evento	Falla	Falla	MP	Falla	Falla	Falla	MP	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	22:10:00	18:22:00	18:00:00	19:43:00	23:12:00	21:48:00	12:00	
Duración del Evento	17:15:00	9:50:00	10:00:00	17:53:00	16:01:00	12:47:00	4:00:00	87:46:00
Horas MP	10:00:00							
Horas PP	27:05:00							
Horas Falla	33:54:00							
Tiempo F/S [H]	70:59:00							
Tiempo estimado de operación [H]	648:00:00							
Tiempo real de operación [H]	644:00:00							
MTBF [H]	114:50:48							
MTTR [H]	10:32:17							
R [%]	91,60							

Equipo: Taladro de columna bulmak/152 SEQ	Abril				
	1	2	3	4	
Fecha del Evento	12/04/2022	12/04/2022	15/03/2022	20/04/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	0:32:00	19:05:00	8:00:00	0:00:00	
Tipo de Evento	Falla	PM	Falla	PM	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	18:39:00	22:59:00	12:00:00	20:42:00	
Duración del Evento	18:07:00	3:54:00	4:00:00	20:42:00	46:43:00
Horas MP	4:00:00				
Horas PP	22:01:00				
Horas Falla	67:25:00				
Tiempo F/S [H]	93:26:00				
Tiempo estimado de operación [H]	648:00:00				
Tiempo real de operación [H]	601:17:00				
MTBF [H]	312:56:30				
MTTR [H]	11:03:30				
R [%]	96,59				

Fresadora Universal Lagun/N152

Equipo: Fresadora Universal Lagun/N152 SEQ	Enero						
	1	2	3	4	5	6	
Fecha del Evento	08/01/2022	12/01/2022	21/01/2022	27/01/2022	28/01/2022	29/01/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	9:32:00	13:15:00	1:22:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	
Tipo de Evento	Falla	PP	MP	Falla	Falla	Falla	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	11:15:00	13:30:00	8:25:00	23:00:00	23:00:00	17:00:00	
Duración del Evento	1:43:00	0:15:00	7:03:00	23:00:00	23:00:00	17:00:00	72:01:00
Horas MP	7:03:00						
Horas PP	1:58:00						
Horas Falla	46:00:00						
Tiempo F/S [H]	55:01:00						
Tiempo estimado de operación [H]	624:00:00						
Tiempo real de operación [H]	551:59:00						
MTBF [H]	186:25:40						
MTTR [H]	21:34:20						
R [%]	89,63						

Equipo: Fresadora Universal Lagun/N152	Febrero							
SEQ	1	2	3	4	5	6	7	
Fecha del Evento	02/02/2022	02/02/2022	11/02/2022	15/02/2022	17/01/2022	20/02/2022	26/02/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	13:30:00	19:15:00	1:22:00	0:00:00	0:00:00	12:00:00	08:00	
Tipo de Evento	Falla	PP	Falla	Falla	Falla	Falla	MP	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	22:16:00	19:35:00	14:56:00	23:00:00	9:15:00	21:27:00	12:00:00	
Duración del Evento	8:46:00	0:20:00	13:34:00	23:00:00	9:15:00	9:27:00	4:00:00	68:22:00
Horas MP	13:34:00							
Horas PP	9:06:00							
Horas Falla	32:15:00							
Tiempo F/S [H]	68:22:00							
Tiempo estimado de operación [H]	576:00:00							
Tiempo real de operación [H]	507:38:00							
MTBF [H]	102:23:36							
MTTR [H]	12:48:24							
R [%]	88,88							

Equipo: Fresadora Universal Lagun/N152	Marzo						
SEQ	1	2	3	4	5	6	7
Fecha del Evento	12/03/2022	12/03/2022	13/03/2022	22/03/2022	25/03/2022	30/03/2022	31/03/2022
Hora/minuto de inicio del Evento	0:32:00	19:05:00	8:00:00	0:00:00	9:09:00	9:56:00	10:57
Tipo de Evento	Falla	Falla	Falla	Falla	Falla	Falla	Falla
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	18:39:00	22:59:00	12:00:00	20:42:00	22:34:00	13:57:00	21:13
Duración del Evento	18:07:00	3:54:00	4:00:00	20:42:00	13:25:00	4:01:00	10:16:00
Horas MP	4:00:00						
Horas PP	22:01:00						
Horas Falla	34:07:00						
Tiempo F/S [H]	60:08:00						
Tiempo estimado de operación [H]	648:00:00						
Tiempo real de operación [H]	637:44:00						
MTBF [H]	81:56:26						
MTTR [H]	10:37:51						
R [%]	88,52						

Equipo: Fresadora Universal Lagun/N152	Abril					
SEQ	1	2	3	4	5	
Fecha del Evento	01/04/2022	12/04/2022	12/04/2022	15/04/2022	23/01/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	7:09:00	8:00:00	8:45:00	1:14:00	13:06:00	
Tipo de Evento	Falla	PP	MP	Falla	Falla	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	10:58:00	8:45:00	12:00:00	2:40:00	15:32:00	
Duración del Evento	3:49:00	0:45:00	3:15:00	1:26:00	2:26:00	11:41:00
Horas MP	3:15:00					
Horas PP	4:34:00					
Horas Falla	3:52:00					
Tiempo F/S [H]	11:41:00					
Tiempo estimado de operación [H]	624:00:00					
Tiempo real de operación [H]	612:19:00					
MTBF [H]	205:26:20					
MTTR [H]	2:33:40					
R [%]	98,77					

Torno Tosh/SN50C

Equipo: Torno Tosh/SN50C	Enero					
	1	2	3	4	5	
SEQ						
Fecha del Evento	14/01/2022	14/01/2022	14/01/2022	30/01/2022	31/01/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	14:09:00	15:22:00	15:50:00	0:00:00	0:00:00	
Tipo de Evento	Falla	PP	MP	Falla	Falla	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	15:22:00	15:50:00	19:04:00	13:15:00	23:00:00	
Duración del Evento	1:13:00	0:28:00	3:14:00	13:15:00	23:00:00	41:10:00
Horas MP	3:14:00					
Horas PP	1:41:00					
Horas Falla	36:15:00					
Tiempo F/S [H]	41:10:00					
Tiempo estimado de operación [H]	624:00:00					
Tiempo real de operación [H]	582:50:00					
MTBF [H]	195:30:40					
MTTR [H]	12:29:20					
R [%]	94,00					

Equipo: Torno Tosh/SN50C	Febrero						
SEQ	1	2	3	4	5	6	7
Fecha del Evento	12/02/2022	13/02/2022	20/02/2022	22/02/2022	25/01/2022	25/02/2022	26/02/2022
Hora/minuto de inicio del Evento	10:45:00	14:05:00	8:44:00	6:57:00	0:00:00	12:52:00	08:00
Tipo de Evento	Falla	Falla	Falla	Falla	Falla	Falla	MP
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	20:26:00	22:30:00	14:56:00	23:45:00	11:19:00	19:37:00	15:56:00
Duración del Evento	9:41:00	8:25:00	6:12:00	16:48:00	11:19:00	6:45:00	7:56:00
Horas MP	6:12:00						
Horas PP	18:06:00						
Horas Falla	28:07:00						
Tiempo F/S [H]	67:06:00						
Tiempo estimado de operación [H]	576:00:00						
Tiempo real de operación [H]	508:54:00						
MTBF [H]	86:08:20						
MTTR [H]	9:51:40						
R [%]	89,73						

Equipo: Torno Tosh/SN50C	Marzo							
SEQ	1	2	3	4	5	6	7	
Fecha del Evento	08/03/2022	11/03/2022	13/03/2022	25/03/2022	25/03/2022	28/03/2022	30/03/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	1:17:00	10:19:00	14:29:00	0:00:00	19:38:00	14:56:00	11:50	
Tipo de Evento	Falla	Falla	Falla	Falla	Falla	Falla	Falla	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	11:22:00	13:07:00	18:13:00	16:25:00	22:34:00	19:34:00	21:48	
Duración del Evento	10:05:00	2:48:00	3:44:00	16:25:00	2:56:00	4:38:00	9:58:00	50:34:00
Horas MP	3:44:00							
Horas PP	12:53:00							
Horas Falla	19:21:00							
Tiempo F/S [H]	35:58:00							
Tiempo estimado de operación [H]	648:00:00							
Tiempo real de operación [H]	638:02:00							
MTBF [H]	85:20:51							
MTTR [H]	7:13:26							
R [%]	92,20							

Equipo: Torno Tosh/SN50C	Abril				
SEQ	1	2	3	4	
Fecha del Evento	05/04/2022	05/04/2022	08/04/2022	09/04/2022	
Hora/minuto de inicio del Evento	16:24:00	18:50:00	12:45:00	8:00:00	
Tipo de Evento	Falla	PP	Falla	PM	
Hora/minuto de finalización del evento del Evento	18:50:00	19:15:00	14:10:00	14:00:00	
Duración del Evento	2:26:00	0:25:00	1:25:00	6:00:00	10:16:00
Horas MP	1:25:00				
Horas PP	2:51:00				
Horas Falla	16:16:00				
Tiempo F/S [H]	20:32:00				
Tiempo estimado de operación [H]	576:00:00				
Tiempo real de operación [H]	565:44:00				
MTBF [H]	286:04:30				
MTTR [H]	1:55:30				
R [%]	99,33				

ANEXO 5 COSTOS ECONOMICOS DE MANTENIMIENTO POR MAQUINARIA

-Gastos de la empresa en mantenimientos correctivos antes de ejecutar el programa de Mantenimiento Productivo Total TPM:

Se promedió que en 1 año anteriormente, había 4 mantenimientos por fallas inesperadas, lo cual generaba perdidas en productividad e ingresos.

Datos validados, en gastos de mantenimiento del año 2021. (Costos detallados en nuevos soles)

MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA	Primera Falla	Segunda Falla	Tercera Falla	Cuarta Falla	COSTOS X AÑO
TORNO	2650.00	2420.00	2710.00	2670.00	10450.00
FRESADORA	3230.00	3180.00	3450.00	3360.00	13220.00
TALADRO DE COLUMNA	1780.00	1840.00	1930.00	1860.00	7410.00
COSTO TOTAL X AÑO					31080.00

-Gastos en mantenimiento implementando el Mantenimiento Productivo Total TPM:

Se realizó TPM, lo cual se propuso dar mantenimiento 2 veces al año para prevenir paradas inesperadas.

MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA	MES DE JULIO	MES DE DICIEMBRE	COSTOS X AÑO
TORNO	3800.00	3800.00	7600.00
FRESADORA	4450.00	4450.00	8900.00
TALADRO DE COLUMNA	2300.00	2300.00	4600.00
COSTO TOTAL X AÑO			21100.00

Con la implementación del TPM se observa que la empresa generara ahorros en costos de mantenimiento y tendrá más ingresos por la productividad, lo cual la maquinaria nos genera más confiabilidad al operarla.

ANEXO 6 MAQUINARIAS DE LA MUESTRA

Taladro de columna bulmak/152



Fresadora Universal Lagun/N152



Torno Tosh/SN50C

