



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de
máquinas en el Molino Puro Norte, Ciudad de Dios, 2024**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Narro Ocas, Ricardo Angel (orcid.org/0000-0003-1484-416X)

Rojas Tafur, Mark Anthony (orcid.org/0000-0003-0524-5157)

ASESOR:

Dr. Cruz Salinas, Luis Edgardo (orcid.org/0000-0002-3856-3146)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHEPÉN – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CRUZ SALINAS LUIS EDGARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHEPEN, asesor de Tesis titulada: "Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de máquinas en el molino Puro Norte, Ciudad de Dios, 2024", cuyos autores son ROJAS TAFUR MARK ANTHONY, NARRO OCAS RICARDO ANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHEPÉN, 19 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CRUZ SALINAS LUIS EDGARDO DNI: 19223300 ORCID: 0000-0002-3856-3146	Firmado electrónicamente por: LECRUZS el 12-07- 2024 09:08:47

Código documento Trilce: TRI - 0764775



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, NARRO OCAS RICARDO ANGEL, ROJAS TAFUR MARK ANTHONY estudiantes de la de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHEPEN, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de máquinas en el molino Puro Norte, Ciudad de Dios, 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
ROJAS TAFUR MARK ANTHONY DNI: 72155785 ORCID: 0000-0003-0524-5157	Firmado electrónicamente por: MROJASTA14 el 22-06-2024 16:30:22
NARRO OCAS RICARDO ANGEL DNI: 75843824 ORCID: 0000-0003-1484-416X	Firmado electrónicamente por: RNARROO el 22-06-2024 16:34:09

Código documento Trilce: INV - 1779822

Dedicatoria

Con gratitud y profundo reconocimiento, dedicamos este proyecto de tesis a aquellos que han sido faros en nuestro camino académico y personal. A nuestros padres, cuyo amor incondicional y ejemplo de sacrificio nos ha guiado hacia la excelencia.

A nuestros profesores y mentores, cuya sabiduría y apoyo han sido fundamentales en nuestra formación. A nuestros amigos y seres queridos, por su constante aliento y comprensión. A Dios, quien nos ha otorgado fortaleza, sabiduría y oportunidades para alcanzar nuestros sueños.

Agradecimiento

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a Dios por ser nuestra fuerza y guía en este viaje académico. A nuestras familias, por su amor incondicional y apoyo constante. A la empresa Molino Puro Norte S.A.C. por abrirnos las puertas de su organización y facilitarnos los recursos necesarios para llevar a cabo nuestra investigación. A nuestro querido mentor, el Dr. Cruz Salinas, Luis Edgardo, por su dedicación y orientación que han sido fundamentales en este proceso. A todos los que contribuyeron de alguna manera a este proyecto, ¡gracias! Su colaboración ha sido invaluable.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad del autores	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	x
Abstract.....	xi
I.INTRODUCCIÓN	1
II.METODOLOGÍA.....	11
III.RESULTADOS	15
IV.DISCUSIÓN	66
V.CONCLUSIONES	70
VI.RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS.....	72
ANEXOS.....	77

Índice de tablas

Tabla 1.	MTTR de la Mesa Paddy	18
Tabla 2.	MTTR del Elevador.....	18
Tabla 3.	MTTR del Alimentador de Arroz	19
Tabla 4.	MTTR del Separador de Arroz quebrado.....	19
Tabla 5.	MTTR del Elevador.....	20
Tabla 6.	MTTR de la máquina Pulidora	20
Tabla 7.	MTTR de la máquina Descascaradora	21
Tabla 8.	MTTR de la máquina Pre- Limpia.....	21
Tabla 9.	MTBF de la Mesa Paddy	22
Tabla 10.	MTBF del Elevador	22
Tabla 11.	MTBF del Alimentador de Arroz.....	23
Tabla 12.	MTBF del Separador de Arroz quebrado.....	23
Tabla 13.	MTBF del elevador	24
Tabla 14.	MTBF de la máquina pulidora.....	24
Tabla 15.	MTBF de la máquina descascaradora	25
Tabla 16.	MTBF de la máquina Pre-Limpia	25
Tabla 17.	Disponibilidad de las máquinas	26
Tabla 18.	Criterios de gravedad	27
Tabla 19.	Probabilidad de ocurrencia	27
Tabla 20.	Gravedad del efecto	28
Tabla 21.	AMEF de la mesa PADDY	30
Tabla 22.	AMEF de los elevadores.....	31
Tabla 23.	AMEF de la máquina de alimentador de arroz	32
Tabla 24.	AMEF del Separador de arroz quebrado	33
Tabla 25.	AMEF de la pulidora	34
Tabla 26.	AMEF de la maquina descascaradora.....	35
Tabla 27.	AMEF de la maquina pre-limpia.....	36
Tabla 28.	Organización de grupos para la capacitación	37
Tabla 29.	Conocimiento de equipos/horas de capacitación.....	38
Tabla 30.	Actividades a realizar en el plan de mantenimiento.....	39
Tabla 31.	Gestión del mantenimiento planificado	40
Tabla 32.	Resumen de cantidad anuales de materiales	44

Tabla 33.	codificación de trabajos mecánicos	45
Tabla 34.	codificación de trabajos eléctricos	45
Tabla 35.	codificación de trabajos de lubricación	46
Tabla 36.	Mantenimiento preventivo de la mesa PADDY	47
Tabla 37.	Mantenimiento preventivo de los elevadores.....	48
Tabla 38.	Mantenimiento preventivo del alimentador de arroz	49
Tabla 39.	Mantenimiento preventivo del separador de arroz.....	50
Tabla 40.	Mantenimiento preventivo de la pulidora	51
Tabla 41.	Mantenimiento preventivo de la descascaradora.....	52
Tabla 42.	Mantenimiento preventivo de la maquina pre-limpia.....	53
Tabla 43.	MTTR de la Mesa Paddy después de la implementación.....	54
Tabla 44.	MTTR del elevador (grano en cascara) después de la implementación	55
Tabla 45.	MTTR del alimentador de arroz después de la implementación	55
Tabla 46.	MTTR del separador de arroz quebrado después de la implementación	56
Tabla 47.	MTTR del elevador (grano pulido) después de la implementación	56
Tabla 48.	MTTR de la pulidora después de la implementación	57
Tabla 49.	MTTR de la descascaradora después de la implementación	57
Tabla 50.	MTTR de la pre-limpia después de la implementación	58
Tabla 51.	MTBF de la mesa PADDY después de la implementación.....	58
Tabla 52.	MTBF del elevador (grano en cascara) después de la implementación	59
Tabla 53.	MTBF del alimentador de arroz después de la implementación	59
Tabla 54.	MTBF del separador de arroz quebrado después de la implementación	60
Tabla 55.	MTBF del elevador (grano pulido) después de la implementación	60
Tabla 56.	MTBF de la pulidora después de la implementación	61
Tabla 57.	MTBF de la descascaradora después de la implementación	61
Tabla 58.	MTBF de la pre-limpia después de la implementación	62
Tabla 59.	Disponibilidad de las maquinas después de la implementación	63
Tabla 60.	Análisis comparativo de la disponibilidad	64
Tabla 61.	Prueba de normalidad	64
Tabla 62.	Prueba de T student de muestra emparejadas.....	65

Índice de figuras

Figura 1.	Diseño de investigación.....	11
Figura 2.	Diagrama de Ishikawa.	15
Figura 3.	Diagrama de Pareto.....	17

Resumen

La Empresa Molinera Puro Norte S.A.C. enfrentaba problemas de productividad debido a la falta de un enfoque adecuado de gestión de mantenimiento, provocando paradas no planificadas por averías en los equipos. El objetivo fue mejorar la disponibilidad de máquinas. Se empleó un enfoque aplicado con diseño pre-experimental, considerando una muestra de 14 máquinas del proceso de pilado. Se utilizaron técnicas como entrevistas, observación y análisis de datos, aplicando herramientas como AMEF y TPM. Los resultados demostraron un aumento de la disponibilidad del 86.49% al 93.10%, un incremento del MTBF de 24.65 a 31.28 horas y una disminución del MTTR de 3.80 a 2.29 horas. Se concluye que la implementación de la gestión de mantenimiento mejora significativamente la disponibilidad de máquinas, optimizando la eficiencia operativa.

Palabras clave: Disponibilidad de equipos, gestión de mantenimiento, mantenimiento productivo total, MTTR, MTBF.

Abstract

The company Molinera Puro Norte S.A.C. faced productivity issues due to a lack of an adequate maintenance management approach, causing unplanned stoppages due to equipment failures. The objective was to implement maintenance management to improve machine availability. An applied approach with a pre-experimental design was used, considering a sample of 14 machines from the milling process. Techniques such as interviews, observation, and data analysis were employed, using tools like FMEA and TPM. The results showed an increase in availability from 86.49% to 93.10%, an increase in MTBF from 24.65 to 31.28 hours, and a decrease in MTTR from 3.80 to 2.29 hours. It is concluded that the implementation of maintenance management significantly improves machine availability, optimizing operational efficiency.

Keywords: Equipment availability, maintenance management, total productive maintenance, MTTR, MTBF..

I. INTRODUCCIÓN

La productividad es esencial para el logro de los objetivos de una organización y para garantizar su estabilidad financiera a largo plazo. Las empresas molineras deben desarrollar estrategias específicas para abordar los desafíos de la competencia, el medio ambiente y el mercado. La necesidad de realizar entregas rápidas, fomentar la innovación y el desarrollo de productos, realizar entregas frecuentes de lotes pequeños, enfrentar la tendencia a la baja de los precios, mantener altos estándares de calidad y garantizar la confiabilidad del producto son los principales desafíos que enfrentan. Debido a estos desafíos, las molineras deben implementar estrategias efectivas para mantenerse competitivas y adaptarse a las demandas cambiantes del mercado (Herrera y Santos, 2021).

Por otro lado, se destaca la importancia de la gestión de mantenimiento para aumentar la competitividad y garantizar el éxito de las empresas del sector industrial. Su importancia radica en mejorar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los equipos y maquinarias, lo que es fundamental para evitar interrupciones costosas en la producción. Este método ha pasado de la reparación a una visión estratégica que permite la gestión preventiva y predictiva de los recursos. Una planificación detallada de tareas y una asignación eficiente de recursos son esenciales para evitar fallos imprevistos. El uso de técnicas efectivas y el análisis estadístico apoyan este proceso. En resumen, La gestión de mantenimiento industrial no solo se enfoca en resolver problemas actuales, sino también en anticiparlos, lo que mejora la continuidad operativa y reduce el riesgo de fallas. Este método proactivo mejora la eficiencia operativa y aumenta significativamente la sostenibilidad y la competitividad a largo plazo de las empresas de la industria. (Fernández, 2018).

En los últimos años, la empresa Molinera Puro Norte S.A.C., ubicada en Ciudad de Dios, Pacasmayo, La Libertad, ha tenido problemas de productividad. Estos problemas incluyen retrasos en la producción, pérdidas de producción y demoras en las entregas. Se ha descubierto que la gestión de mantenimiento ha sido descuidada, lo que ha llevado a paradas imprevistas debido a averías en los equipos. Además, en lugar de

hacerse de manera regular y programada, el mantenimiento se realiza al final del ciclo, es decir, al final de la campaña de arroz. Se han observado problemas de mantenimiento como instrumentos desgastados y dispersos en el lugar de trabajo, lo que genera desorden y contribuye a la generación de pérdidas.

Se planteó la siguiente pregunta de investigación en relación con el problema actual: ¿Se mejora la disponibilidad de máquinas en el Molino Puro Norte en Ciudad de Dios en 2024? La empresa Molinera Puro Norte enfrenta importantes problemas en su gestión de mantenimiento, lo que tiene un impacto directo en la disponibilidad de sus máquinas. La falta de planificación, la escasez de recursos, un sistema de registro ineficiente y tiempos de inactividad excesivos son los principales problemas. Los datos hipotéticos muestran que las fallas no planificadas causan un promedio del 23 % de tiempo de inactividad para la empresa, y un alarmante 70 % de las intervenciones de mantenimiento son reactivas en lugar de planificadas. Con un técnico por cada diez máquinas, la proporción de personal de mantenimiento está por debajo de las mejores prácticas de la industria. Abordar estos problemas es esencial para optimizar los recursos, reducir los costos de reparaciones de emergencia, mejorar la eficiencia operativa y garantizar la calidad del producto final. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo efectivo mejora la competitividad en el mercado y ayuda a la empresa Molinera Puro Norte a sobrevivir a largo plazo.

La gestión de mantenimiento es fundamental para las empresas molineras porque el mantenimiento adecuado de la maquinaria garantiza un funcionamiento óptimo y una vida útil más larga. Esto garantiza la continuidad de las operaciones y la productividad de la empresa. La producción y los resultados financieros se ven afectados negativamente por tiempos de inactividad no planificados y costosos debido a la falta de una gestión de mantenimiento adecuada. Por lo tanto, la gestión de mantenimiento es fundamental para las empresas molineras.

La justificación teórica de este estudio se utilizó como un punto de referencia útil para diversas empresas molineras en áreas como administración, operaciones y producción. Sirve como base fundamental para futuras mejoras. Este estudio se basó en la revisión y aplicación de teorías pertinentes, lo que permitió una comprensión más profunda de los procedimientos de gestión de mantenimiento. Este método mejoró significativamente la disponibilidad de maquinaria de estas empresas.

La justificación metodológica de este estudio se basó en las metodologías y pautas de investigación de la Universidad César Vallejo, con el objetivo de continuar probándolas para que puedan ser utilizadas en investigaciones futuras. Con esta táctica, se pudieron obtener herramientas útiles para medir las variables pertinentes. Además, los instrumentos utilizados en este estudio fueron validados de manera rigurosa por expertos en el campo. Esto garantiza que estos instrumentos para la recopilación de datos sean útiles y adaptables.

Es importante destacar en la justificación práctica que se utilizaron herramientas de gestión de mantenimiento específicas, como TPM (Mantenimiento Productivo Total), AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas), cronogramas de capacitación y registros de mantenimiento. Durante el transcurso del estudio, se implementaron estas herramientas de manera sistemática, lo que permitió obtener los resultados esperados y resolver de manera efectiva los problemas que se encontraron en la empresa. Esto mejoró la disponibilidad de las máquinas mediante una gestión de mantenimiento efectiva. El uso de estas herramientas en conjunto con la metodología aplicada demuestra aún más el compromiso del estudio en proporcionar una solución práctica y viable.

Por lo tanto, se estableció el siguiente objetivo general para el avance de la investigación: mejorar la disponibilidad de máquinas en el molino Puro Norte en Ciudad de Dios para 2024. De esta manera, se exhiben los siguientes objetivos particulares: El segundo objetivo es aplicar la gestión de mantenimiento específicamente, el tercer objetivo es analizar la disponibilidad de las máquinas antes y después de implementar la gestión de mantenimiento. El tercer y último objetivo es realizar un diagnóstico actual de la gestión de mantenimiento.

Bernal y Parra (2020), En una investigación reciente titulada "Estrategia de Implementación de TPM para los Dispositivos y Herramientas de la Fábrica de Producción y Montaje de Vehículos de Kart de Niko Racing Colombia", se planteó desarrollar una estrategia de ejecución de TPM (Mantenimiento Productivo Total) centrada en los dispositivos y herramientas de la fábrica de producción y montaje de vehículos de kart de Niko Racing Colombia. La meta principal de esta investigación era abordar de manera efectiva los problemas relacionados con los altos costos y los retrasos en los tiempos de entrega mientras se mantenía la rentabilidad en niveles sostenibles y se cumplía con la promesa de valor que se hizo a los clientes. Este método se centró en el uso de TPM como herramienta específica. Los hallazgos fueron importantes. La implementación del programa TPM resultó en una inversión rentable, reduciendo los gastos relacionados con el mantenimiento y los seguros por pérdida de ingresos y aumentando la disponibilidad actual de los equipos en un treinta por ciento, alcanzando un valor de 1.263872. Esto mejoró la vida útil del equipo y las ventas a largo plazo. En conclusión, el estudio demostró que la aplicación del TPM asegura un notable aumento en los ingresos económicos, con su rentabilidad basada en las categorías PQCDMSM presentadas en la sección dedicada al Mantenimiento Productivo Total.

Hernández, Velandia y Saldaña (2021), Se enfocaron en revisar la gestión del mantenimiento de activos en el taller de Solo-Toyota La Dorada y proponer mejoras para su plan de mantenimiento en su tesis titulada "Propuesta para mejorar la gestión del mantenimiento de activos en el área de taller de Solo-Toyota". Utilizaron una técnica cuantitativa que no requirió experimentación. Los resultados obtenidos fueron impresionantes: se incrementó la disponibilidad de los activos en un 5%, lo que representa un aumento de \$4,150,000, alcanzando un 97% para 2022. Además, esta propuesta permitió ahorrar \$4,492,000 en gastos de capital al reducir los costos de mantenimiento en un 74.87%.

En una investigación a nivel nacional, se identificó a Fernández y Neyra (2021) con su tesis titulada "Gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de equipos en Road Solutions E.I.R.L. - 2020". El objetivo principal fue optimizar la gestión del mantenimiento para incrementar la disponibilidad de maquinaria en una empresa de construcción en Chiclayo. Este estudio se caracteriza por su enfoque descriptivo y su diseño no experimental. Los resultados mostraron que la disponibilidad de las máquinas aumentó un 1,59% tras la reducción de fallas. Se concluyó que el plan de mantenimiento preventivo incluye una serie de tareas que comprenden procedimientos, recursos y el tiempo necesario para completarlas..

Imán y Velásquez (2020) llevaron a cabo un estudio titulado "Gestión del mantenimiento para mejorar la eficiencia global de los equipos de Tablenorte S.A.C. - sede principal en La Victoria". Su objetivo era establecer un sistema de gestión de mantenimiento en el área de producción para aumentar la eficiencia de las máquinas en la sede principal de Tablenorte S.A.C. en La Victoria. La investigación se realizó mediante una metodología aplicada no experimental. Los resultados mostraron mejoras significativas en los indicadores de eficiencia de las máquinas: la disponibilidad aumentó del 66 % al 88 %, el rendimiento del 68 % al 91 % y la calidad del 74 % al 90 %. Implementar un plan de mejora en el departamento de producción, utilizando herramientas de manufactura, fue clave para lograr un aumento del 73.52% en la eficiencia global de los equipos, validando así la hipótesis inicial.

En investigaciones locales recientes, Ninatanta y Vásquez (2023) lideraron un estudio sobre el "Plan de mantenimiento preventivo" y su influencia en la confiabilidad de las máquinas en Molino San Francisco S.A.C. El objetivo central del estudio fue analizar cómo el plan de mantenimiento preventivo afecta la confiabilidad de las máquinas de la empresa. Este estudio aplicado utilizó un diseño pre-experimental y un enfoque cuantitativo, abarcando una muestra censal de 34 máquinas. Para recolectar los datos, se emplearon listas de verificación y formatos específicos, recopilando información sobre confiabilidad, tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR). Además, se utilizaron diagramas de Ishikawa y formatos para el Análisis de

Modo y Efecto de Falla (AMEF). Los resultados mostraron que la confiabilidad inicial de las máquinas era de 0.72 segundos, mejorando a 0.85 segundos después de implementar el plan de mantenimiento preventivo, lo que representa un aumento del 16.49%. También se registró un incremento en la disponibilidad de las máquinas del 5.65%. En resumen, los hallazgos indican que la implementación efectiva de un plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de las máquinas, incrementando su disponibilidad y rendimiento.

Dávalos y Grau (2022) llevaron a cabo un estudio titulado "Aplicación del Mantenimiento Productivo Total y su impacto en la productividad en Molino San Francisco S.A.C, Ciudad de Dios, 2022". El objetivo fue evaluar cómo la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) afecta la productividad en una agroindustria. Utilizando métodos como la observación en el campo y fichas de registro, aplicaron un diseño experimental que incluyó todas las máquinas del proceso de producción como muestra. Los resultados demostraron un aumento significativo en la disponibilidad promedio de las máquinas, pasando del 72.45% antes de la implementación al 88.14% después. Además, el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) se incrementó de 20.00 a 39.85 horas, y el Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR) disminuyó de 5.68 a 4.77 horas. También se observó una mejora en los indicadores de productividad, aumentando de 1.26 a 1.28. Estos hallazgos respaldan la idea de que el Mantenimiento Productivo Total mejora tanto la confiabilidad como la productividad en una empresa.

Araujo, Guanoluisa, y Jácome (2011) explican que la gestión en ingeniería de mantenimiento implica que todos los empleados utilicen sus habilidades y actitudes para lograr los objetivos. En la gestión del mantenimiento, se refiere al conjunto de actividades que requieren tiempo, recursos financieros y materiales para cumplir con los objetivos del programa de mantenimiento, como confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, con el fin último de producir productos de alta calidad.

Según Integra Markets (2018), La gestión del mantenimiento debe incorporar una variedad de conceptos fundamentales. Esto incluye el mantenimiento autónomo,

donde los operadores realizan tareas básicas de inspección y limpieza; el mantenimiento planificado, que implica determinar la criticidad del equipo y programar actividades periódicas; y el mantenimiento basado en diagnóstico, que utiliza metodologías como el RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para analizar modos de falla y establecer planes de acción efectivos. El autor ofrece una perspectiva completa que aborda la gestión de operaciones, tareas, equipos, repuestos, fallas y recursos humanos como parte de un enfoque de mantenimiento estratégico.

En su estudio de caso, Pinto, Silva y Baptista (2020) A través de un plan estratégico de mantenimiento, implementaron la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) en una empresa manufacturera para aumentar la eficiencia y la confiabilidad de los equipos. Los investigadores realizaron un análisis detallado de los procesos existentes utilizando los cuatro pilares del TPM: resolución de problemas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y capacitación. Además, utilizaron herramientas Lean como el método 5S. Después, establecieron procedimientos estandarizados y recopilaron información sobre indicadores clave tanto antes como después de la implementación.

Fuenmayor (2018) La probabilidad de que un equipo esté operativo en lugar de estar en reparación en un momento específico se conoce como disponibilidad. Este cálculo se basa en el análisis estadístico de los tiempos de falla y de reparación durante un período de tiempo determinado. Este método es esencial para evaluar y administrar la confiabilidad de los equipos reparables en una variedad de entornos industriales.

Según Sierra (2021), El parámetro esencial, que indica el porcentaje de tiempo en que los equipos funcionan sin problemas, se utiliza para medir el funcionamiento óptimo de los equipos. Este cálculo tiene en cuenta tanto las interrupciones imprevistas como las interrupciones programadas para mantenimiento preventivo. La fórmula garantiza que ambas medidas se expresen en la misma unidad temporal dividiendo el período efectivo de operación entre el total de horas planificadas.

Según Harish (2022), Se llevó a cabo un estudio anual sobre la eficacia de los equipos mineros. Se recopilaron datos sobre intervalos de fallos y tiempos de reparación. El tiempo promedio entre fallas se calculó dividiendo el total de horas operativas por el número de averías. Por otro lado, el tiempo promedio de reparación se calculó dividiendo el total de horas de reparación por la cantidad de intervenciones. La operatividad se calculó dividiendo el promedio de tiempo entre fallas por el promedio de tiempo de reparación.

A continuación se presentan las ideas básicas sobre la gestión del mantenimiento y cómo afecta el rendimiento empresarial.

Según Sicma21 (2022), el éxito empresarial depende del cuidado de los equipos para garantizar el rendimiento óptimo, la calidad del producto y el control de costos. Se han identificado tres métodos principales para el mantenimiento.

Súper Use (2020), el mantenimiento reactivo es una solución inesperada a las fallas del equipo que pueden ser costosas. A diferencia del enfoque preventivo, no sigue un plan y puede causar más inactividad. Aunque a veces es inevitable, su impacto puede reducirse con estrategias anticipativas, especialmente en equipos importantes.

IBM (2019), el mantenimiento anticipado significa hacer las cosas a tiempo para evitar fallos. En esencia, se trata de hacer revisiones antes de que surjan problemas.

El mantenimiento prospectivo es un enfoque que utiliza herramientas de análisis de datos para identificar posibles errores en procesos y equipos. Su objetivo es abordar las señales de desgaste tempranas para evitar problemas. Esta técnica, que está relacionada con el Internet de las cosas (IIoT), reduce los tiempos de inactividad, mejora la confiabilidad de los sistemas y permite una gestión de activos más eficiente. (Iberdrola, 2023).

Upkeep (2021), el tiempo de funcionamiento de un equipo se utiliza para evaluar su operatividad. Identificar los períodos de inactividad es fundamental para comprender plenamente su rendimiento.

Según Alberti (2020) la probabilidad de que un elemento o sistema funcione según lo previsto durante un período de tiempo específico se conoce como confiabilidad. En pocas palabras, se espera que el equipo funcione correctamente en las condiciones y

en el tiempo predeterminado.

De acuerdo a Zareth (2018), existe una estrategia completa centrada en aumentar la confiabilidad de todos los aspectos de la producción y la calidad. Esta se basa en ocho principios que tienen como objetivo aumentar de manera proactiva la confiabilidad de procesos y equipos.

El mantenimiento autónomo involucra a todo el personal en la realización de tareas básicas de cuidado e inspección, así como en la identificación temprana de posibles problemas.

El mantenimiento planificado busca mejorar las condiciones de operación mediante mejoras y prevención.

Las capacitaciones asignan tareas específicas según las condiciones establecidas para maximizar las habilidades del personal.

Según Miranda (2023), se ha creado un enfoque de gestión de riesgos en mantenimiento que examina y reduce la probabilidad de fallas en procesos y equipos. Esta estrategia proactiva ayuda a las empresas a anticipar y prevenir problemas, mejorando la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de sus activos.

Upkeep (2021), se ha creado un enfoque de gestión de riesgos en mantenimiento que examina y reduce la probabilidad de fallas en procesos y equipos. Esta estrategia proactiva ayuda a las empresas a anticipar y prevenir problemas, mejorando la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de sus activos.

Según Atlassian (2023), el tiempo promedio necesario para reparar un equipo o sistema después de una avería se conoce como tiempo de reparación. Esta métrica es crucial para evaluar la eficiencia del proceso de reparación y la capacidad de recuperación de los activos.

Cognizant (2023), El término "optimización operativa" se refiere a la capacidad de realizar las tareas de manera más eficiente y económica al eliminar los obstáculos que dificultan los procesos y conducen a errores.

Finalmente, se plantea la siguiente hipótesis: Se plantea la siguiente hipótesis: en 2024, la Molinera Puro Norte S.A.C., Ciudad de Dios, experimentará una mejora en la

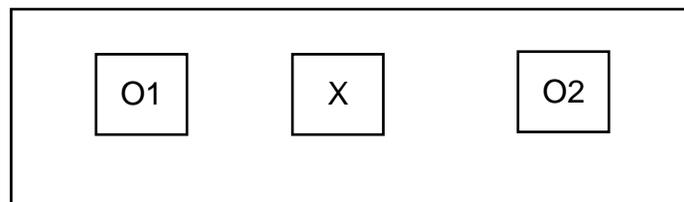
operatividad como resultado de la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento.

II. METODOLOGÍA

Según Castro, Gómez y Camargo, (2023). Se dio mediante una investigación aplicada que se enfoca en abordar desafíos específicos dentro de un contexto particular. Su objetivo principal fue aprovechar conocimientos provenientes de diversas áreas especializadas y aplicarlos de manera práctica para resolver necesidades concretas en los sectores social o productivo. En consecuencia, el enfoque de la investigación fue aplicado, ya que se usaba la teoría con el propósito de resolver un problema específico en el sector productivo, sin generar nuevo conocimiento.

Mediante Bastis consultores (2022), Un diseño de investigación experimental de grado pre experimental, es el estudio de caso único, en el cual un grupo se somete a una intervención o situación específica, y posteriormente se evalúa para determinar si se produjo algún impacto o efecto como resultado de esta acción. Por consiguiente, de acuerdo con el diseño que se emplea en esta investigación, se clasificó como un estudio pre-experimental. En este contexto, primeramente, se desglosó con un grupo de referencia (o1) que representará el estado actual de la gestión de mantenimiento en el molino puro norte. Posteriormente, hubo una intervención o estímulo (x) conocido como gestión de mantenimiento. Finalmente, a cabo una medición final del análisis de la disponibilidad de las máquinas (o2) con el propósito de evaluar el impacto de esta intervención en relación con la situación inicial.

Figura 1. Diseño de investigación.



- o1: Estado actual de la gestión de mantenimiento en el molino Puro Norte S.A.C.
- x: Gestión de mantenimiento.
- o2: Análisis de la disponibilidad de las máquinas.

Según Mora (2019), para garantizar la continuidad productiva, la gestión de mantenimiento tiene como objetivo principal optimizar la operatividad de los equipos. La administración eficiente del tiempo, la ejecución de reparaciones, la alineación con las metas organizacionales, el cumplimiento de los límites presupuestarios, la consideración de las características específicas de la maquinaria y el sector industrial, la evaluación de las competencias del personal y el seguimiento de métricas de desempeño son algunos de los aspectos de este enfoque.

De acuerdo a Integra Markets (2018), el concepto de gestión de mantenimiento se refiere a la mejora constante de prácticas técnicas y administrativas destinadas a mantener los activos físicos en un estado de funcionamiento óptimo, priorizando la seguridad y la confiabilidad. El mantenimiento autónomo, el diagnóstico basado en condiciones y la planificación preventiva son algunas de las estrategias que se utilizan en esta estrategia. El análisis de criticidad, la creación de planes de mantenimiento, la implementación de protocolos de mantenimiento autónomo y la creación de programas de capacitación para mejorar las habilidades del personal son indicadores específicos que se utilizan para evaluar la implementación efectiva de estas prácticas. Para los indicadores relacionados con la variable independiente, se utiliza una escala de medición de tipo razón para calcular estos parámetros.

Por lo tanto, Sierra Porta (2021) la disponibilidad se define como el porcentaje de tiempo que un equipo tiene en condiciones operativas óptimas. El cálculo de este indicador toma en cuenta tanto los períodos de inactividad planificados para tareas de mantenimiento preventivo o predictivo como los períodos de inactividad no planificados debido a fallas o situaciones imprevistas que ocurrieron durante la operación. El tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo medio de reparación (MTTR) y la disponibilidad efectiva de los equipos son las tres principales métricas utilizadas para evaluar la variable de disponibilidad. Se utiliza una escala de medición tipo razón para el indicador vinculado a la variable dependiente para medir el impacto en la disponibilidad.

Se definió la población objeto de estudio utilizando elementos accesibles o unidades de análisis que conforman el contexto específico de la investigación. En este ejemplo, la población analizada incluyó toda la maquinaria utilizada en el proceso productivo de la empresa Molino Puro Norte, ubicada en Ciudad de Dios, durante el período de 2024. (Condori, 2020).

Criterios de inclusión: Las máquinas operativas que son propiedad de la empresa y participan directamente en el proceso de producción fueron las únicas máquinas que se tomaron en cuenta en el estudio.

Criterios de exclusión: Las máquinas que no son parte integral del proceso productivo y las que han estado fuera de servicio por más de 30 días fueron excluidas del estudio.

Como resultado, se eligió un subconjunto representativo que representara eficazmente las características generales de la población en su conjunto. Las 14 máquinas utilizadas en el proceso de pilado fueron seleccionadas para esta investigación (Condori, 2020).

El enfoque probabilístico y no probabilístico son dos enfoques principales para abordar la selección de muestras. El muestreo probabilístico permite calcular la probabilidad de que cada elemento se incluya en la muestra porque las personas se seleccionan aleatoriamente. Por otro lado, el muestreo no probabilístico implica la selección de sujetos según criterios específicos que los investigadores han establecido en el momento del estudio. Se optó por un muestreo no probabilístico para esta investigación (Otzen y Manterola, 2022).

Según Condori y Porfirio (2020), Se presenta la idea de una "unidad de estudio", que se refiere a los individuos o elementos a evaluar. Como resultado, se determinó que cada una de las máquinas de la muestra es una unidad de estudio independiente para nuestra tesis. Los métodos utilizados en este estudio incluyeron:

Una guía de entrevistas se utilizó como principal herramienta al iniciar una entrevista; fue esencial para estructurar adecuadamente las preguntas. El objetivo

de estas entrevistas fue recopilar la información esencial para llevar a cabo la investigación de manera efectiva. Para evaluar el desempeño de las máquinas, se utilizó la técnica de observación. Los datos que se utilizaron en una variedad de áreas fueron recopilados a través de esta técnica. Estos incluyeron la compilación de formularios de registro de máquinas, la creación de diagramas de Pareto, el análisis de modo de falla y efectos (AMEF), la representación gráfica de procesos y la creación de listas de verificación. Luego se llevó a cabo un análisis de información para consultar y recopilar información relevante sobre las máquinas utilizadas en el proceso productivo. La creación de un registro detallado de mantenimiento para tales máquinas fue el objetivo principal de este análisis. Finalmente, el material se sometió a un análisis e interpretación detallados para garantizar su validez. Los contenidos fueron validados por tres especialistas en el tema durante este proceso. Estos especialistas se encargaron de revisar y refinar el material para asegurarse de que cumpliera con su propósito. Las entrevistas, las observaciones, el análisis de información y la validación de expertos fueron una base sólida y multifacética para la investigación, lo que garantizó la recopilación de datos precisos y pertinentes para el estudio de la gestión de mantenimiento en el Molino Puro Norte.

Se recopilaron datos del jefe de área, la maquinaria y los procesos productivos para el diagnóstico actual de la gestión de mantenimiento. Se utilizaron métodos como observación, entrevistas y análisis de información, y se utilizaron herramientas particulares como registros de horas operativas, diagramas de Ishikawa y Pareto. Para obtener un diagnóstico completo, se realizaron análisis cuantitativos y cualitativos de los datos.

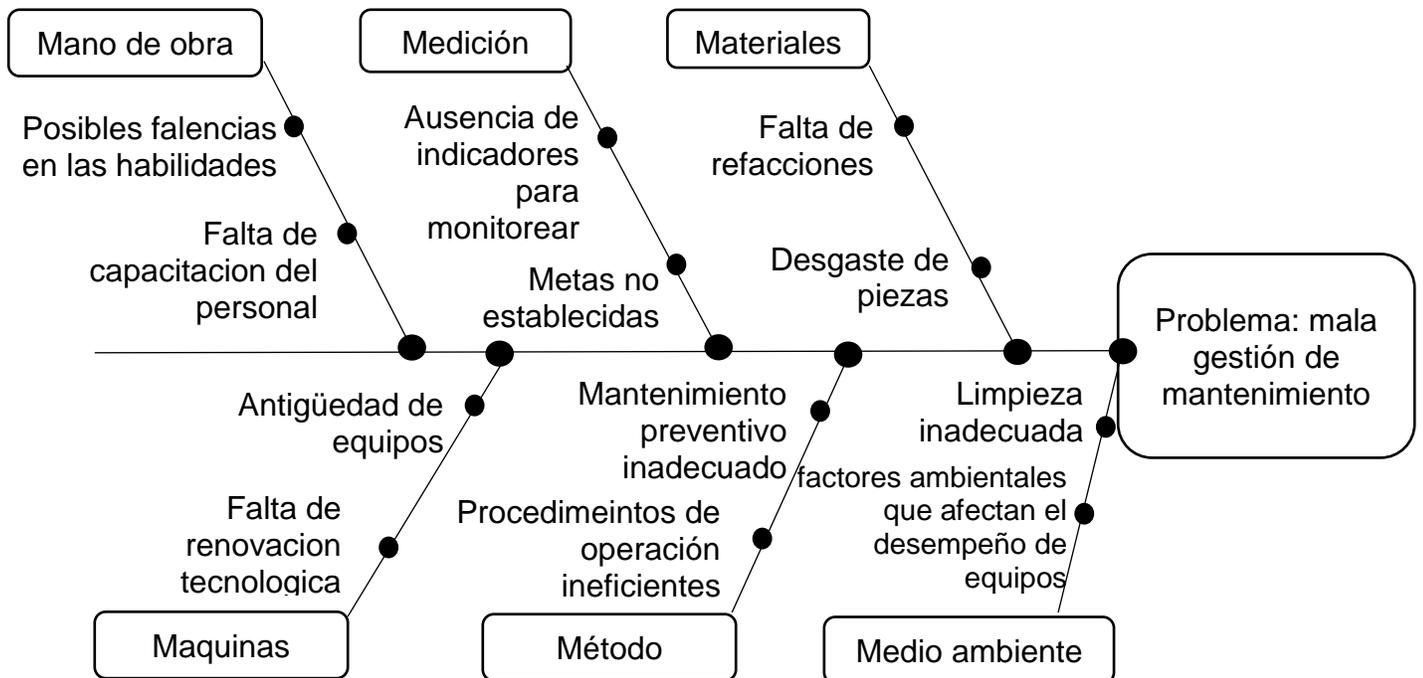
Se recopiló información detallada sobre las máquinas mediante observación y análisis para aplicar la gestión de mantenimiento. El Análisis de Modo de Falla y Efectos (AMEF), los cronogramas de capacitación y los registros de mantenimiento fueron algunas de las herramientas que se utilizaron. Mientras que las listas de verificación aseguraron el cumplimiento sistemático de los procedimientos, el AMEF ayudó a identificar posibles fallos. Una visión cuantitativa de las tareas de mantenimiento se obtuvo de los registros..

III. RESULTADOS

Realizar un diagnóstico actual de la gestión de mantenimiento

En la fase inicial del primer objetivo específico, se elaboró una representación gráfica de causalidad para esclarecer los factores que inciden en la reducida operatividad de los equipos. Se implementó la estrategia de las seis vertientes, abarcando el talento humano, los recursos materiales, la infraestructura tecnológica, las metodologías operativas, el entorno laboral y los sistemas de evaluación. Este enfoque holístico busca desentrañar de manera exhaustiva los elementos que convergen en la problemática, facilitando así la concepción de tácticas eficaces para potenciar la fiabilidad de la maquinaria y, por ende, optimizar el rendimiento y la capacidad productiva en el contexto fabril.

Figura 2.
Diagrama de Ishikawa.



En el contexto del capital humano, se detecta una insuficiencia en la formación del personal y posibles carencias en sus competencias técnicas, lo cual se traduce en un

funcionamiento subóptimo de la maquinaria. En lo referente a las metodologías, se identifican protocolos operativos poco eficientes y una implementación deficiente de las prácticas de mantenimiento preventivo, lo que acelera el deterioro y la frecuencia de fallos en los equipos.

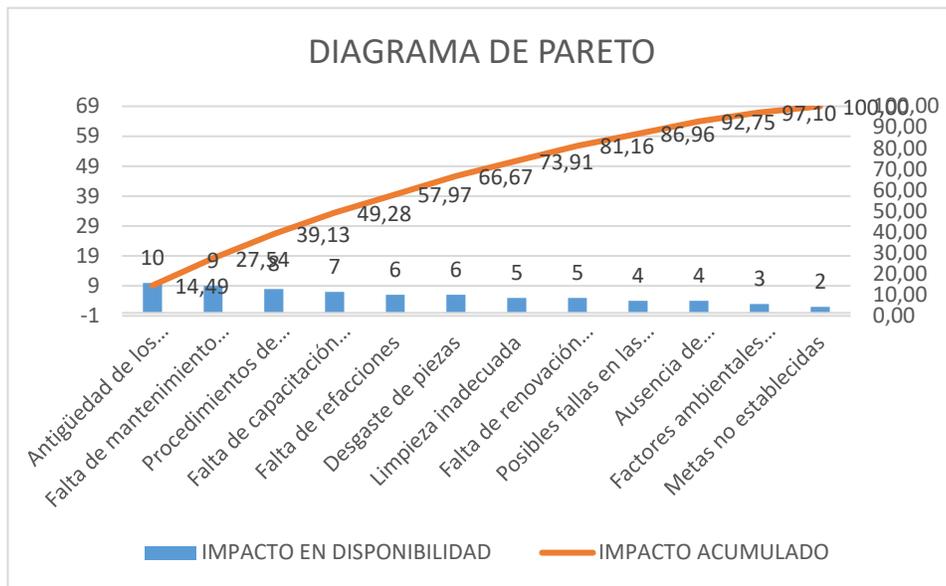
La infraestructura tecnológica presenta problemas derivados de la obsolescencia de los equipos y la falta de actualización, factores que comprometen su fiabilidad. Además, la carencia de métricas para evaluar el rendimiento obstaculiza la toma de decisiones correctivas en tiempo oportuno, mientras que la escasez de componentes de repuesto y el desgaste de elementos mecánicos provocan interrupciones no planificadas en la producción.

Por último, las condiciones ambientales, como una higiene inadecuada y la exposición a factores como la humedad y las partículas en suspensión, también inciden negativamente en el desempeño de la maquinaria. Un abordaje integral de estos factores causales será crucial para incrementar la disponibilidad operativa de los equipos en la entidad.

Tras la identificación exhaustiva de los elementos que contribuyen a la gestión deficiente del mantenimiento, resulta imperativo priorizar aquellos que demandan una atención inmediata debido a su nivel de impacto crítico. En consecuencia, se procedió a la elaboración de un análisis de Pareto con el objetivo específico de abordar esta tarea de priorización. A continuación, se detalla la implementación de este proceso analítico.

Figura 3.

Diagrama de Pareto



El examen del diagrama de Pareto revela que los factores predominantes que afectan la operatividad de los equipos en la entidad son: la vetustez de la maquinaria (14.49%), la insuficiencia de protocolos de mantenimiento preventivo (13.04%), la ineficacia de los procedimientos operativos (11.59%) y las carencias en la formación del personal (10.14%). Estos cuatro elementos críticos, que en su conjunto representan aproximadamente el 49.26% de la problemática, requieren una intervención prioritaria para lograr una mejora sustancial en la fiabilidad y disponibilidad de los equipos de la organización.

Posteriormente, se procedió a la cuantificación de los indicadores de disponibilidad, específicamente el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) y el Tiempo Medio Para Reparar (MTTR). Se inició con el cálculo del MTTR, métrica que evalúa la eficacia de las intervenciones correctivas. Este cómputo se realizó de manera individualizada para cada unidad de maquinaria y, subsecuentemente, se determinó un valor promedio general. A continuación, se presenta una síntesis de los datos obtenidos en este proceso analítico.

Tabla 1.

MTTR de la Mesa Paddy

Mesa Paddy			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Enero	8	28	3.58
Febrero	11	40	
TOTAL	19	68	

En la tabla N. 1 se establece que MTTR de la mesa PADDY fue de 3.58 horas.

Tabla 2.

MTTR del Elevador

Elevador (grano en cáscara)			
Periodo	Número de Reparaciones	Tiempo Total de Intervención Correctiva (Hrs)	MTTR (Hrs)
Enero	13	48	3.95
Febrero	9	39	
TOTAL	22	87	

En la tabla N. 2 se establece que el MTTR del Elevador fue de 3.95 horas.

Tabla 3.

MTTR del Alimentador de Arroz

Alimentador de Arroz			
Periodo	Número de Reparaciones	Tiempo Total de Intervención Correctiva (Hrs)	MTTR (Hrs)
Enero	12	46	3.94
Febrero	6	25	
TOTAL	18	71	

En la tabla N. 3 se establece que el MTTR del Alimentador de Arroz fue de 3.94 horas.

Tabla 4.

MTTR del Separador de Arroz quebrado

Separador de Arroz quebrado			
Periodo	Número de Reparaciones	Tiempo Total de Intervención Correctiva (Hrs)	MTTR (Hrs)
Enero	7	25	3.71
Febrero	10	38	
TOTAL	17	63	

En la tabla N. 4 se establece que el MTTR del Separador de Arroz quebrado fue de 3.71 horas.

Tabla 5.

MTTR del Elevador

Elevador (grano pulidos)			
Periodo	Número de Reparaciones	Tiempo Total de Intervención Correctiva (Hrs)	MTTR (Hrs)
Enero	10	39	3.80
Febrero	5	18	
TOTAL	15	57	

En la tabla N. 5 se establece que el MTTR del elevador fue de 3.80 horas.

Tabla 6.

MTTR de la máquina Pulidora

Pulidora			
Periodo	Número de Reparaciones	Tiempo Total de Intervención Correctiva (Hrs)	MTTR (Hrs)
Enero	9	38	4.00
Febrero	12	46	
TOTAL	21	84	

En la tabla N. 6 se establece que el MTTR de la máquina Pulidora fue de 4.00 horas

Tabla 7.

MTTR de la máquina Descascaradora

Descascaradora			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Enero	10	38	3.89
Febrero	8	32	
TOTAL	18	70	

En la tabla N. 7 se establece que el MTTR de la máquina Descascaradora fue de 3.89 horas.

Tabla 8.

MTTR de la máquina Pre- Limpia

Pre- limpia			
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)
Enero	11	41	3.55
Febrero	9	30	
TOTAL	20	71	

De la tabla N. 8 se afirma que el MTTR de la máquina pre-limpia fue de 3.55 horas.

Después del cálculo del MTTR, se procedió a calcular el MTBF, que evalúa la fiabilidad de los equipos. El proceso seguido fue similar al del MTTR, calculándose este indicador para cada equipo de manera individual y luego obteniendo un promedio global. A continuación, se muestran los datos correspondientes en la página siguiente.

Tabla 9.

MTBF de la Mesa Paddy

Mesa Paddy					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Enero	250	22	228	8	23.63
Febrero	250	29	221	11	
TOTAL	500	51	449	19	

En la tabla N. 9 se establece que el tiempo medio entre fallas de la Mesa Paddy fue de 23.63 horas.

Tabla 10.

MTBF del Elevador

Elevador (grano en cáscara)					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Enero	250	33	217	13	20.36
Febrero	250	19	231	9	
TOTAL	500	52	448	22	

En la tabla N. 10 se establece que el tiempo medio entre fallas del Elevador fue de 20.36 horas.

Tabla 11.

MTBF del Alimentador de Arroz

Alimentador de Arroz					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Enero	250	24	226	12	25.67
Febrero	250	14	236	6	
TOTAL	500	38	462	18	

En la tabla N. 11 se establece que el tiempo medio entre fallas del Alimentador de Arroz fue de 25.67 horas.

Tabla 12.

MTBF del Separador de Arroz quebrado

Separador de Arroz quebrado					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Enero	250	15	235	7	27.12
Febrero	250	24	226	10	
TOTAL	500	39	461	17	

En la tabla N. 12 se establece que el tiempo medio entre fallas del Separador de Arroz quebrado fue de 27.12 horas.

Tabla 13.

MTBF del elevador

Elevador (grano pulidos)					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Enero	250	30	220	10	30.47
Febrero	250	13	237	5	
TOTAL	500	43	457	15	

En la tabla N. 13 se establece que el tiempo medio entre fallas del elevador quebrado fue de 30.47 horas.

Tabla 14.

MTBF de la máquina pulidora

Pulidora					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Enero	250	16	234	9	22.00
Febrero	250	22	228	12	
TOTAL	500	38	462	21	

En la tabla N. 14 se establece que el tiempo medio entre fallas de la máquina pulidora fue de 22.00 horas.

Tabla 15.

MTBF de la máquina descascaradora

Descascaradora					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Enero	250	19	231	10	25.28
Febrero	250	26	224	8	
TOTAL	500	45	455	18	

En la tabla N. 15 se establece que el tiempo medio entre fallas de la máquina descascaradora fue de 25.28 horas.

Tabla 16.

MTBF de la máquina Pre-Limpia

Pre- Limpia					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Enero	250	28	222	11	22.70
Febrero	250	18	232	9	
TOTAL	500	29	454	20	

En la tabla N. 16 se establece que el tiempo medio entre fallas de la máquina pre-limpia fue de 22.70 horas.

Se llevó a cabo el cálculo de la disponibilidad operativa de las máquinas utilizando el método adecuado. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente página.

Tabla 17.

Disponibilidad de las máquinas

MÁQUINAS	MTTR	MTBF	Disponibilidad
Mesa Paddy	3.58	23.63	86.85
Elevador (grano en cascara)	3.95	20.36	83.74
Alimentador de Arroz	3.94	25.67	86.68
Separador de Arroz quebrado	3.71	27.12	87.98
Elevador (grano pulido)	3.80	30.47	88.91
Pulidora	4.00	22.00	84.62
Descascaradora	3.89	25.28	86.67
Pre-Limpia	3.55	22.70	86.48
Promedio	3.80	24.65	86.49%

La disponibilidad de las máquinas y/o equipos se calcula dividiendo el tiempo medio entre fallas entre la suma del tiempo medio entre falla y el tiempo medio para restaurar o mantenibilidad. El resultado obtenido es del 86.49 %.

Aplicar la gestión de mantenimiento

El estudio empleó una metodología que comenzó con el análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) como punto de partida. A continuación, se llevó a cabo un programa de capacitación dirigido al personal para anticipar posibles fallos en las máquinas y disminuir la dependencia del servicio especializado de mantenimiento. Posteriormente, se diseñó y aplicó un plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), apoyado por un comunicado detallado que incluía el plan maestro de implementación, la política y los objetivos, junto con una lista de máquinas a analizar. Este esfuerzo se consolidó en un informe que evaluó los cambios en los indicadores de gestión. En resumen, se adoptó un enfoque integral para optimizar el mantenimiento de las máquinas y mejorar la eficiencia operativa en todos los niveles de la organización.

Tabla 18.

Criterios de gravedad

Nivel de gravedad	G	Descripción
Muy critico	4	Interrumpe la producción por completo
Critico	3	Causa una disminución en la producción
Importante	2	Impacta la producción, pero se mantiene constante
Secundario	1	Genera retrasos en el flujo de producción

Tabla 19.

Probabilidad de ocurrencia

Probabilidad de ocurrencia	P	Descripción
Muy critico	5	Una avería por cada turno de 8 horas
Alta	4	Un fallo dentro del rango de 8 horas a 40 días
Moderado	3	Un incidente ocurrido entre los 40 días y 6 meses
Baja	2	Una interrupción entre los 6 meses y 1 año
Muy baja	1	Un fallo que ocurre después de un año

Tabla 20.

Gravedad del efecto

Gravedad del efecto	D	Descripción
Poco probable	5	Indetectable mediante los métodos actuales.
Rara	4	Puede ser necesario desmontar el equipo o podría ocurrir en áreas de difícil acceso, donde el método de inspección no ofrece fiabilidad.
Incierta	3	El método de control necesita una vigilancia continua o no es de confianza.
Mediana	2	El método de control es fiable y puede detectar la falla.
Cierta	1	El método de control detecta la falla a tiempo y es confiable

Tabla 21.

AMEF de la mesa PADDY

Análisis de Modo de Fallos y Efectos														
Revisado por:		tipo de maquina: Mesa PADDY				No. De maquina:				Fecha				
Función	Fallo			Controles vigentes	valores vigentes				estrategias preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	p	D	IPR
separación de arroz y cascarilla	Obstrucción de los canales	Reducción de la eficiencia	contaminación por polvo	Limpieza no estandarizada	3	4	3	36	Estándares de limpieza	Inter diario	2	3	2	12
	Desgaste de las superficies	deterioro de la calidad del producto final	Falta de lubricación	No existen	3	4	4	48	Estándares de lubricación	Mensual	2	3	3	18

Se determinó un Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) de 84 para la mesa PADDY. Con la implementación de las acciones preventivas propuestas, se proyecta una disminución significativa de 30.

Tabla 22.

AMEF de los elevadores

Análisis de Modo de Fallos y Efectos														
Revisado por:	tipo de maquina: Elevadores			No. De maquina:				Fecha						
Función	Fallo			Controles vigentes	valores vigentes				estrategias preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	p	D	IPR
Transporte de arroz	Deslizamiento de las correas	Se detiene la máquina	Desgaste de equipo	Inspección no estandarizada	4	4	3	48	Estándares de inspección	Trimestrales	2	3	3	18
	Atascos de material.		Sobrecarga	No existen	4	4	4	64	Cambio de cangilones	Trimestrales	1	2	3	6

Se determinó un Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) de 112 para los elevadores. Con la implementación de las acciones preventivas propuestas, se proyecta una disminución significativa de 24.

Tabla 23.

AMEF de la máquina de alimentador de arroz

Análisis de Modo de Fallos y Efectos														
Revisado por:		tipo de maquina: Alimentador de arroz				No. De maquina:				Fecha				
Función	Fallo			Controles vigentes	valores vigentes				estrategias preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	p	D	IPR
Dosifica y distribuye de manera uniforme el arroz	Desgaste de los rodillos	Daño en el motor eléctrico	Falta de lubricación	Lubricación no estandarizada	4	3	4	48	Estándares de lubricación	Quincenal	1	3	3	9
	Corrosión de las partes metálicas		Fricción	No existen	2	3	3	18	Cambio de repuestos	Quincenal	2	2	3	12

Se determinó un Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) de 66 para la máquina de alimentador de arroz. Con la implementación de las acciones preventivas propuestas, se proyecta una disminución significativa de 21.

Tabla 24.

AMEF del Separador de arroz quebrado

Análisis de Modo de Fallos y Efectos														
Revisado por:	tipo de maquina: Separador de arroz quebrado				No. De maquina:				Fecha					
Función	Fallo			Controles vigentes	valores vigentes				estrategias preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	p	D	IPR
Clasifica por tamaño y separa los granos de arroz	Obstrucción de los tamices	Perdida de producción	Acumulación de residuos	Limpieza no estandarizada	2	5	2	20	Estándares de limpieza	Diario	2	3	2	12
	rotura de las correas		Desgaste	Inspección no estandarizada	3	6	2	36	Cambio de faja y/o tuercas	trimestrales	1	2	1	2

Se determinó un Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) de 56 para el separador de arroz. Con la implementación de las acciones preventivas propuestas, se proyecta una disminución significativa de 14.

Tabla 25.

AMEF de la pulidora

Análisis de Modo de Fallos y Efectos														
Revisado por:		tipo de maquina: Pulidora				No. De maquina:				Fecha				
Función	Fallo			Controles vigentes	valores vigentes				estrategias preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	p	D	IPR
mejorar la calidad y la apariencia del arroz	Desgaste prematuro de los rodillos	Interrupción de la producción	Materiales de baja calidad:	No existen	2	4	3	24	Control administrativo de la materia prima	cada 4 días	2	3	2	12
	bloqueos en la máquina.		Contaminación por polvo	No existen	4	4	3	48			Estándares de limpieza	cada 4 días	2	3

Se determinó un Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) de 72 para la pulidora. Con la implementación de las acciones preventivas propuestas, se proyecta una disminución significativa de 24

Tabla 26.

AMEF de la maquina descascaradora

Análisis de Modo de Fallos y Efectos														
Revisado por:		tipo de maquina: Descascaradora				No. De maquina:				Fecha				
Función	Fallo			Controles vigentes	valores vigentes				estrategias preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	p	D	IPR
Elimina la cáscara o la capa exterior del grano de arroz	Obstrucción de las cribas	Interrupción de la producción	Exceso de velocidad de alimentación	No existen	4	4	5	80	Cambio de rodajes	cada 4 días	2	2	2	8
	Desalineación de los componentes.		Desgaste desigual	No existen	3	4	3	36	Inspección de la máquina	mensual	2	3	3	18

Se determinó un Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) de 116 para la maquina descascaradora. Con la implementación de las acciones preventivas propuestas, se proyecta una disminución significativa de 26.

Tabla 27.

AMEF de la maquina pre-limpia

Análisis de Modo de Fallos y Efectos														
Revisado por:	tipo de maquina: Pre-limpia			No. De maquina:				Fecha						
Función	Fallo			Controles vigentes	valores vigentes				estrategias preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	p	D	IPR
Elimina impurezas gruesas y objetos extraños del arroz	bloqueos en los tamices	Pérdida de eficiencia	Acumulación de material	Limpieza no estandarizada	4	4	3	48	Estándares de limpieza	semanal	2	3	2	12
	Desgaste prematuro de los componentes móviles		Lubricación inadecuada	Lubricación no estandarizada	1	4	4	16	Estándares de lubricación	2 semanas	1	3	3	9

Se determinó un Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) de 64 para la maquina pre-limpia. Con la implementación de las acciones preventivas propuestas, se proyecta una disminución significativa de 21 IPR.

El entrenamiento inicial en gestión del mantenimiento se iniciará conforme al plan de actividades delineado en la metodología. Esto incluirá la educación de los empleados en los conceptos básicos del mantenimiento de equipos. Además, se hará hincapié en el mantenimiento autónomo para mejorar las competencias de los empleados mediante un programa de capacitación enfocado en las áreas principales de pérdida identificadas.

Tabla 28.

Organización de grupos para la capacitación

Organización de grupos para la capacitación	
OPERARADORES	ENCARGADOR DE SUPERVISIÓN
Operador de maquinaria	supervisor de planta
Aprendiz de maquinaria	asistente de supervisor

Tabla 29.

Conocimiento de equipos/horas de capacitación

		GESTIÓN DE MANTENIMIENTO							
								Código:	
								Versión: 1	
		PROGRAMA DE CAPACITACIONES DE MANTENIMIENTO						Pág. 1 de 1	
								Duración: 15min	
ACTIVIDAD / TEMA	DIRIGIDO A:	Nº DE ACTIVIDAD	SEGUIMIENTO P / E	2024				TOTAL	CUMPLIMIENTO %
				04-Mar	07-Mar	09-Mar	11-Mar		
Importancia del mantenimiento preventivo	Operadores	1	Prog	1	0	0	0	1	100
			Ejec	1	0	0	0	1	
Identificación de problemas comunes	Supervisores	2	Prog	1	0	0	0	1	100
			Ejec	1	0	0	0	1	
Planificación del mantenimiento	Supervisores	3	Prog	0	1		0	1	100
			Ejec	0	1		0	1	
Uso adecuado de herramientas y equipos	Operadores	4	Prog	0	0	1	0	1	100
			Ejec	0	0	1	0	1	
Gestión de repuestos	Supervisores	5	Prog	0	0	0	1	1	100
			Ejec	0	0	0	1	1	

Este programa de mantenimiento nos permitirá prever y evitar posibles averías en los equipos, asegurando un funcionamiento más estable y continuo de la planta. Al reducir las interrupciones inesperadas, mejoraremos la eficiencia operativa y disminuirémos los costos asociados con los tiempos de inactividad no planificados. Esto nos dará la oportunidad de maximizar la producción y optimizar los recursos, lo que resultará en una mayor rentabilidad para la empresa.

Tabla 30.

Actividades a realizar en el plan de mantenimiento

NIVELES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ACTIVIDADES
Mantenimiento planificado	Semanal	Revisión técnica de las maquinas, limpieza general
	mensual	Lubricación, ajustes
	Trimestral	revisión sistemática con la finalidad de encontrar fallas no detectadas por el operador
	semestral	Cambio de repuestos

Tabla 31.

Gestión del mantenimiento planificado

MAQUINA	ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD	MATERIALES/ REPUESTOS	RESPONSABLE	FRECUENCIA	PRIORIDAD
Mesa Paddy	Limpieza regular	Limpieza	Cepillos, trapos de limpieza, limpiadores apropiados, aire comprimido	Operario	semanal	Alta
	Inspección visual	Inspección	Ficha técnica	Operario	Semanal	Media
	Lubricación adecuada	lubricación	Aceites/grasas lubricantes recomendados por el fabricante	Operario	Mensual	Alta
	Ajuste de la vibración	Ajuste	Herramientas para ajuste de tensiones/resortes según especificaciones	Operario	Mensual	Media
	Reemplazo de piezas desgastadas	Cambio	Piezas de repuesto originales según manual de partes	Técnico de mantenimiento	Semestral	Alta
Elevadores	Limpieza de los componentes	Limpieza	Cepillos, aire comprimido, limpiadores apropiados	Operario	Semanal	Alta
	Inspección visual	Inspección	Ficha técnica	Operario	Semanal	Media
	Lubricación adecuada	lubricación	Grasas/aceites lubricantes recomendados	Operario	Mensual	Alta

	Ajuste general	Ajuste	Herramientas para tensar correas, juegos de llaves	Operario	trimestral	Media
	Reemplazo de piezas desgastadas	Cambio	Correas, rodillos, cojinetes de repuesto	Operario	trimestral	Alta
Alimentador de Arroz	Limpieza regular	Limpieza	Cepillos, aire comprimido, limpiadores apropiados	Operario	Semanal	Alta
	Inspección visual	Inspección	Ficha técnica	Operario	Semanal	Media
	Lubricación adecuada	lubricación	Grasas/aceites lubricantes recomendados	Operario	Mensual	Alta
	Verificación de la alineación	Verificación	Herramientas de medición y alineación	Operario	trimestral	Media
	Reemplazo de piezas desgastadas	Cambio	Piezas de repuesto originales (rodillos, cojinetes, etc.)	Técnico de mantenimiento	Semestral	Alta
Separador de arroz quebrado	Limpieza regular	Limpieza	Cepillos, aire comprimido, limpiadores apropiados	Operario	semanal	Alta
	Inspección visual	Inspección	Ficha técnica	Operario	Semanal	Media
	Lubricación adecuada	lubricación	Grasas/aceites lubricantes recomendados	Operario	Mensual	Alta
	Ajuste y calibración	Ajuste	Herramientas y equipos de calibración	Operario	trimestral	Alta
	Reemplazo de piezas desgastadas	Cambio	Piezas de repuesto originales (tamices, cribas, rodamientos, etc.)	Técnico de mantenimiento	Semestral	Alta

Pulidora	Limpieza regular	Limpieza	Cepillos, aire comprimido, limpiadores apropiados	Operario	semanal	Alta
	Inspección visual	Inspección	Ficha técnica	Operario	Semanal	Media
	Lubricación adecuada	lubricación	Grasas/aceites lubricantes recomendados	Operario	Mensual	Alta
	Ajuste y calibración	Ajuste	Herramientas y equipos de calibración	Operario	trimestral	Alta
	Reemplazo de piezas desgastadas	Cambio	Piezas de repuesto originales (piedra pulidora, goma, etc.)	Operario	Semestral	Alta
Descascaradora	Limpieza regular	Limpieza	Cepillos, aire comprimido, limpiadores apropiados	Operario	semanal	Alta
	Inspección visual	Inspección	Ficha técnica	Operario	Semanal	Media
	Lubricación adecuada	lubricación	Grasas/aceites lubricantes recomendados	Operario	trimestral	Alta
	Ajuste y calibración	Ajuste	Herramientas y equipos de calibración	Operario	semanal	Alta
	Reemplazo de rodajes	Cambio	Rodajes/rodamientos de repuesto originales	Operario	semanal	Alta
Pre-limpia	Limpieza de sistemas de aspiración	Limpieza	Cepillos, aire comprimido, limpiadores apropiados	Operario	trimestral	Alta
	Verificación de alineación de fajas/poleas	Verificación	Herramientas de alineación y tensión	Operario	trimestral	alta

	Revisión de cojinetes/rodamientos	Revisión	Grasas lubricantes, kit de reparación de cojinetes	Operario	Semanal	media
	Ajuste de tensiones en resortes/mecanismos	Ajuste	Herramientas de ajuste, piezas de repuesto	Operario	semestral	media
	Reemplazo de cedazos/zarandas desgastados	Cambio	Cedazos/zarandas de repuesto originales	Operario	semestral	Alta

Se recibió la colaboración del equipo de mantenimiento de la empresa en la elaboración del plan de mantenimiento, dado que poseen un conocimiento específico sobre cada una de estas máquinas y su vida útil.

Tabla 32.

Resumen de cantidad anuales de materiales

Materiales	cantidad anual
Cepillos	4 piezas
Trapos de limpiezax5kg	3 unidades
Liquido limpiador	15 unidades
aceite/grasas lubricantes	20 kg
Herramientas para ajuste	2 juegos
Fichas	3 cientos de hoja bond
Correas, rodillos y cojinetes	2 juegos
piezas(tornillos,pernos,etc)	30 C/U
tamices, cribas, rodamientos	2 juegos
cedazos/zarandas	2 juegos
rodajes/rodamientos	48 PARES

En esta sección, se presentan fichas de mantenimiento preventivo diseñadas para proporcionar una guía clara y detallada sobre las tareas necesarias para mantener en óptimas condiciones los diferentes componentes y sistemas. Estas fichas son el resultado de un análisis exhaustivo de los requisitos de mantenimiento específicos de cada equipo, así como de las mejores prácticas y recomendaciones de la industria.

Tabla 33.

codificación de trabajos mecánicos

TRABAJOS MECÁNICOS	CLAVE
Inspección y apriete de pernos, así como verificación de engranajes	Mc-1
Ajuste y alineación de componentes móviles	Mc-2
Inspección, ajuste y reemplazo de fajas, tiras y rueda de poleas	Mc-3
Sustitución de los rodamientos.	Mc-4
Sustitución de correas.	Mc-5
Chequeo general y regulaciones.	Mc-6
Inspección de bombas.	Mc-7
Inspección y/o reemplazo de filtros de aire y tubos de presión.	Mc-8
Inspección y/o sustitución de escobillas.	Mc-9
Limpieza superficial del espacio de trabajo.	Mc-10
Limpieza integral de equipos.	Mc-11
Lubricación de rodajes y engranajes.	Mc-12

Tabla 34.

codificación de trabajos eléctricos

TRABAJOS ELÉCTRICOS	CLAVE
Inspección, regulaciones y/o sustitución de conexión eléctrica	Ec-1
Evaluación de corrientes eléctricas	Ec-2
Inspección de placas eléctricas	Ec-3
Examen del motor	Ec-4
Inspección de la parte eléctrica del motor	Ec-5
Evaluación general de los cables eléctricos	Ec-6
Ajuste de la maquina	Ec-7
Calibración de sensores.	Ec-8
Inspección y reemplazo de sensores.	Ec-9
Verificación y ajuste de la maquina fotográfica del selector.	Ec-10

Tabla 35.

codificación de trabajos de lubricación

TRABAJOS DE LUBRICACIÓN	CLAVE
Sustitución de lubricante.	Lc-1
Inspección y detección de niveles y pérdidas de aceite.	Lc-2
Inspección y aplicación de lubricante en rodamientos.	Lc-3
Aplicación de lubricante en engranajes.	Lc-4
Lubricación de cadenas mediante engrase.	Lc-5
Aplicación de lubricante en cojinetes.	Lc-6
Engrase de rodillos	Lc-7
Reemplazo del aceite.	Lc-8
Lubricación de motores electricos.	Lc-9
Aplicación de lubricante en dientes de engranaje.	Lc-10

Tabla 36.

Mantenimiento preventivo de la mesa PADDY

MOLINO PURO NORTE / MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Guía práctica:	Numeración : PAG-1

Fecha programada	Hora de comienzo	Hora de cierre
14/03/2024	06:30 AM	7:15 AM
MAQUINA	CLAVE DE TRABAJO	TRABAJO
Mesa PADDY	Mc-10	Limpieza superficial del espacio de trabajo.
Responsable de inspección		
	NOMBRE	
OPERARIO	SANTOS PAREDES	
EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS		
Cepillos Trapos de limpieza Aire comprimido		
PROCEDIMIENTO		
Asegurar que la maquina este apagada Quitar restos de polvo y pajilla con el aire comprimido Limpieza de los cajones de la maquina Asegúrese de poner en marcha la maquina asegurándose que este correctamente en funcionamiento		
Comentarios		
SE REALIZÓ SATISFACTORIAMENTE		

Tabla 37.

Mantenimiento preventivo de los elevadores

MOLINO PURO NORTE / MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Guía práctica:	Numeración PAG-1

Fecha programada	Hora de comienzo	Hora de cierre
14/03/2024	08:00 AM	9:00 AM
MAQUINA	CLAVE DE TRABAJO	TRABAJO
Elevadores	Mc-6	Chequeo general y regulaciones.
Responsable de inspección		
NOMBRE		
OPERARIO		
SANTOS PAREDES		
EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS		
Juego de llaves		
Herramientas para tensar correas		
PROCEDIMIENTO		
Apagar la maquina		
Aflojar la faja		
Verificación de pernos y cangilones		
Cambiar por piezas nuevas		
Ajustar la faja		
Asegúrese de poner en marcha la maquina asegurándose que este correctamente en funcionamiento		
Comentarios		
SE REALIZÓ SATISFACTORIAMENTE		

Tabla 38.

Mantenimiento preventivo del alimentador de arroz

MOLINO PURO NORTE / MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Guía práctica:		Numeración PAG-1
Fecha programada	Hora de comienzo	Hora de cierre
16/03/2024	6:30 AM	7:30 AM
MAQUINA	CLAVE DE TRABAJO	TRABAJO
Alimentador de arroz	Mc-11	Limpieza superficial del espacio de trabajo.
Responsable de inspección		
NOMBRE		
OPERARIO SANTOS PAREDES		
EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS		
Juego de llaves Trapo industrial y aire presión utensilios de limpieza		
PROCEDIMIENTO		
Apagar la maquina Quitar partes de la maquina limpiar residuos de arroz limpieza del área de lugar armar maquina Asegúrese de poner en marcha la maquina asegurándose que este correctamente en funcionamiento		
Comentarios		
SE REALIZÓ SATISFACTORIAMENTE		

Tabla 39.

Mantenimiento preventivo del separador de arroz

MOLINO PURO NORTE / MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Guía práctica:		Numeración PAG-1
Fecha programada	Hora de comienzo	Hora de cierre
16/03/2024	11:00 AM	11:30 AM
MAQUINA	CLAVE DE TRABAJO	TRABAJO
Separador de arroz	Mc-10	Limpieza superficial del espacio de trabajo.
Responsable de inspección		
NOMBRE		
OPERARIO		
SANTOS PAREDES		
EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS		
Cepillos Trapos de limpieza Aire comprimido Juego de llaves		
PROCEDIMIENTO		
Apagar la maquina Quitar tapas de la maquina Quitar impurezas de polvo o arroz con el aire comprimido Con el cepillo limpiar la malla (zaranda) Armar y pasar trapo a las tapas Asegúrese de poner en marcha la maquina asegurándose que este correctamente en funcionamiento		
Comentarios		
SE REALIZÓ SATISFACTORIAMENTE		

Tabla 40.

Mantenimiento preventivo de la pulidora

MOLINO PURO NORTE / MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Guía práctica:	Numeración PAG-1

Fecha programada	Hora de comienzo	Hora de cierre
18/03/2024	08:00 AM	8:30 AM
MAQUINA	CLAVE DE TRABAJO	TRABAJO
Pulidora	Mc-10	Limpieza superficial del espacio de trabajo.
Responsable de inspección		
	NOMBRE	
OPERARIO	SANTOS PAREDES	
EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS		
Cepillos Trapos de limpieza Juegos de llaves		
PROCEDIMIENTO		
Apagar la maquina Quitar tapas de la maquina Quitar excesos de arroz con los cepillos Con el cepillo limpiar la malla (zaranda) Armar y pasar trapo a las tapas Asegúrese de poner en marcha la maquina asegurándose que este correctamente en funcionamiento		
Comentarios		
SE REALIZÓ SATISFACTORIAMENTE		

Tabla 41.

Mantenimiento preventivo de la descascaradora

MOLINO PURO NORTE / MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Guía práctica:	Numeración PAG-1

Fecha programada	Hora de comienzo	Hora de cierre
19/03/2024	07:00	8:30
MAQUINA	CLAVE DE TRABAJO	TRABAJO
Descascaradora	Mc-04 Mc-10	Sustitución de rodamientos. Limpieza superficial del espacio de trabajo.
Responsable de inspección		
OPERADOR	NOMBRE	
JEFE MIXTO		
OPERARIO X	SANTOS PAREDES	
CONTRATISTA		
EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS		
Juego de llaves Rodajes/rodamientos de repuesto originales Aire comprimido		
PROCEDIMIENTO		
Apagar la maquina Quitar impurezas de polvo o arroz con el aire comprimido Cambiar los rodajes por unos nuevos Ajustar bien los pernos Asegúrese de poner en marcha la maquina asegurándose que este correctamente en funcionamiento		
Comentarios		
SE REALIZÓ SATISFACTORIAMENTE		

Tabla 42.

Mantenimiento preventivo de la maquina pre-limpia

MOLINO PURO NORTE / MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Guía práctica:		Numeración PAG-1
Fecha programada	Hora de comienzo	Hora de cierre
19/03/2024	09:00 AM	10:00 AM
MAQUINA	CLAVE DE TRABAJO	TRABAJO
Pre-limpia	Mc-10 Mc-6	Limpieza superficial del espacio de trabajo. chequeo general y regulaciones .
Responsable de inspección		
OPERADOR	NOMBRE	
JEFE MIXTO		
OPERARIO X	SANTOS PAREDES	
CONTRATISTA		
EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS		
Cepillos Escobas Aire comprimido Juego de llaves		
PROCEDIMIENTO		
Apagar la maquina Barrer las pajillas atascadas en la maquina Quitar excesos de palotes con los cepillos Con el cepillo limpiar la malla (zaranda) Ajustar pernos de las partes de movimiento Asegúrese de poner en marcha la maquina asegurándose que este correctamente en funcionamiento		
Comentarios		
SE REALIZÓ SATISFACTORIAMENTE		

Realizar un análisis comparativo de la disponibilidad de las máquinas antes y después de implementar la gestión de mantenimiento.

Después de implementar el sistema de gestión de mantenimiento en nuestra empresa, llevamos a cabo una evaluación detallada del nivel de disponibilidad de nuestros equipos. Los resultados muestran un aumento significativo en la disponibilidad de nuestros activos, lo que indica una mejora considerable en nuestra capacidad de producción y una reducción notable en los tiempos en que los equipos están fuera de servicio. Estos hallazgos destacan el impacto positivo y la efectividad del sistema de gestión de mantenimiento en la optimización de nuestros recursos clave, reafirmando su papel crucial en la mejora continua de nuestros procesos operativos.

Tabla 43.

MTTR de la Mesa Paddy Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Mesa Paddy			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Abril	3	14	
Mayo	10	20	2.62
TOTAL	13	34	

De la tabla N 43, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTTR de la mesa PADDY fue de 2.62 horas.

Tabla 44.

MTTR del elevador (grano en cascara) Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Elevador (grano en cascara)			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Abril	9	22	
Mayo	6	17	2.60
TOTAL	15	39	

De la tabla N 44, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, del elevador (grano en cascara) fue de 2.60 horas.

Tabla 45.

MTTR del alimentador de arroz Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Alimentador de Arroz			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Abril	10	22	
Mayo	5	14	2.40
TOTAL	15	36	

De la tabla N 45, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTTR del alimentador de arroz fue de 2.40 horas.

Tabla 46.

MTTR del separador de arroz quebrado Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Separador de arroz quebrado			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Abril	6	12	2.07
Mayo	9	19	
TOTAL	15	31	

De la tabla N 46, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTTR del separador de arroz quebrado fue de 2.07 horas.

Tabla 47.

MTTR del elevador (grano pulido) Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Elevador (grano pulido)			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Abril	7	19	2.45
Mayo	4	8	
TOTAL	11	27	

De la tabla N 47, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTTR del elevador (grano pulido) fue de 2.45 horas.

Tabla 48.

MTTR de la pulidora Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Pulidora			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Abril	7	14	
Mayo	9	19	2.06
TOTAL	16	33	

De la tabla N 48, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTTR de la pulidora fue de 2.06 horas.

Tabla 49.

MTTR de la descascaradora Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Descascaradora			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Abril	11	23	
Mayo	8	16	2.05
TOTAL	19	39	

De la tabla N 49, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTTR de la descascaradora fue de 2.05 horas.

Tabla 50.

MTTR de la pre-limpia Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Pre- limpia			
Periodo	Número de arreglos	Duración Total de Reparaciones Correctivas (Hrs)	Tiempo Medio de Reparación (Hrs)
Abril	9	18	2.06
Mayo	8	17	
TOTAL	17	35	

De la tabla N 50, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTTR de la pre-limpia fue de 2.06 horas

Después del cálculo del MTTR, se procedió a calcular el MTBF, A continuación, se muestran los datos correspondientes en la página siguiente.

Tabla 51.

MTBF de la mesa PADDY Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Mesa Paddy					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Abril	250	20	230	3	35.00
Mayo	250	25	225	10	
TOTAL	500	45	455	13	

De la tabla N 51, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTBF de la mesa PADDY fue de 35.00 horas.

Tabla 52.

MTBF del elevador (grano en cascara) Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Elevador (grano en cascara)					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Abril	250	26	224	9	
Mayo	250	16	234	6	30.53
TOTAL	500	42	458	15	

De la tabla N 52 Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTBF del elevador (grano en cascara) fue de 30.53 horas.

Tabla 53.

MTBF del alimentador de arroz Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Alimentador de Arroz					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Abril	250	18	232	10	
Mayo	250	13	237	5	31.27
TOTAL	500	31	469	15	

De la tabla N 53, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTBF del alimentador de arroz fue de 31.27 horas.

Tabla 54.

MTBF del separador de arroz quebrado Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Separador de arroz quebrado					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Abril	250	14	236	6	
Mayo	250	23	227	9	30.87
TOTAL	500	37	463	15	

De la tabla N 54, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTBF del separador de arroz quebrado fue de 30.87 horas.

Tabla 55.

MTBF del elevador (grano pulido) Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Elevador (grano pulido)					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Abril	250	28	222	7	
Mayo	250	10	240	4	42.00
TOTAL	500	38	462	11	

De la tabla N 55, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTBF del Elevador (grano pulido) fue de 42.00 horas.

Tabla 56.

MTBF de la pulidora Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Pulidora					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Abril	250	14	236	7	
Mayo	250	20	230	9	29.13
TOTAL	500	34	466	16	

De la tabla N 56, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTBF de la pulidora fue de 29.13 horas.

Tabla 57.

MTBF de la descascaradora Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Descascaradora					
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Abril	250	16	234	8	
Mayo	250	23	227	11	24.26
TOTAL	500	39	461	19	

De la tabla N 57, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTBF de la descascaradora fue de 24.26 horas.

Tabla 58.

MTBF de la pre-limpia Tras la puesta en marcha del sistema de mantenimiento

Pre- limpia					Tiempo medio entre fallas (Hrs)
Periodo	Tiempo programado de funcionamiento (Hrs)	Tiempo total de inactividad (Hrs)	Tiempo de actividad (Hrs)	Número de reparaciones	
Abril	250	26	224	9	
Mayo	250	14	236	8	27.06
TOTAL	500	40	460	17	

De la tabla N 58, Luego de la adopción del sistema de administración de mantenimiento en la compañía, el MTBF de la pre-limpia fue de 27.06 horas.

Tabla 59.

Disponibilidad de las maquinas después de la implementación

MAQUINA	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
Mesa paddy	2.62	35.00	93.05
Elevador(grano en cascara)	2.60	30.53	92.15
Alimentador de Arroz	2.40	31.27	92.87
Separador de arroz quebrado	2.07	30.87	93.72
Elevador(grano pulido)	2.45	42.00	94.48
Pulidora	2.06	29.13	93.39
Descascaradora	2.05	24.26	92.20
Pre-limpia	2.06	27.06	92.93
Promedio	2.29	31.26	93.10

La disponibilidad de las máquinas y equipos después de la implementación se calcula dividiendo el tiempo medio entre fallas entre la suma del tiempo medio entre falla y el tiempo medio para restaurar o mantenibilidad. El resultado obtenido es del 93.10%.

Tabla 60.

Análisis comparativo de la disponibilidad

Métricas	Previo a la mejora	posterior de la mejora	Unidades
MTTR	3.80	2.29	Horas de intervención correctivas/fallas
MTBF	24.65	31.26	Horas de operación/falla
DISPONIBILIDAD	86.49	93.10	%

Según los datos presentados en la tabla N°60, se observa una disminución de 1.51 en el MTTR con respecto al valor inicial, lo que indica que hubo un mejor funcionamiento óptimo. Asimismo, se registra un aumento de 6.61 horas en el MTBF en comparación con el valor inicial. Además, se aprecia un incremento de 6.61 puntos porcentuales en la disponibilidad. Estos cambios reflejan una optimización en la eficiencia operativa y la confiabilidad de los sistemas o equipos analizados.

Prueba de hipótesis

Prueba de normalidad

H0: los resultados disponibilidad de las maquinas siguen una distribución estándar

H1: los resultados disponibilidad de las maquinas no siguen una distribución estándar

Tabla 61.

Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE	,247	8	,162	,937	8	,582
POS	,150	8	,200*	,948	8	,693

Se observó una alta significancia, lo que condujo a rechazar la hipótesis nula (H1), lo cual indica que los resultados de disponibilidad siguen una distribución típica.

Prueba de T student

H0: El programa del modelo tiene un efecto adverso en la disponibilidad de las máquinas en el molino.

H1: el programa del modelo tiene un efecto favorable en la disponibilidad de las maquinas en el molino

Tabla 62.

Prueba de T student de muestra emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	pre – pos tes	- 6,60750	1,26945	,44882	- 7,66879	- 5,54621	- 14,722	7	,000

Según los datos proporcionados en la tabla y utilizando un nivel de significancia por debajo de 0.05, llegamos a la conclusión de que la hipótesis nula debe ser rechazada. Por lo tanto, podemos afirmar que la gestión de mantenimiento tiene un impacto positivo en la disponibilidad de las máquinas en Molino Puto Norte SAC, situado en Chepén, durante el año 2024.

IV. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio fue mejorar la disponibilidad de máquinas en Molino Puro Norte en Ciudad de Dios para el año 2024. Los resultados obtenidos mostraron una notable mejora en la disponibilidad de las máquinas después de implementar la gestión de mantenimiento; la disponibilidad inicial del 86.49% aumentó al 93.10%, lo que representa un incremento del 6.61%. Esta mejora significativa en la disponibilidad contribuye a aumentar el tiempo de operación de las máquinas y reduce de manera significativa los tiempos de inactividad no planificados, mejorando así la eficiencia operativa y la productividad de la empresa.

Un objetivo concreto fue realizar una evaluación actualizada del estado del mantenimiento para identificar las principales razones detrás de la baja disponibilidad de las máquinas, utilizando un diagrama de Ishikawa. Este análisis destacó varios elementos significativos, como la falta de formación del personal, el desgaste de herramientas, la ausencia de un programa de mantenimiento preventivo y la falta de organización en el área de trabajo. Este enfoque está en línea con la propuesta de Pinto, Silva y Baptista (2020), quienes emplearon herramientas Lean como el método 5S para evaluar los procesos existentes antes de implementar el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Además, según Integra Markets (2018), La adopción de metodologías Lean como el 5S no solo mejora la organización y la limpieza, sino que también fomenta una cultura de mejora continua y disciplina entre el personal, que son esenciales para el éxito a largo plazo del TPM.

El diagnóstico inicial mostró una disponibilidad promedio del 86.49% de las máquinas. También se calcularon otros indicadores importantes, como un tiempo promedio de reparación (MTTR) de 3.80 horas y un tiempo promedio entre fallas (MTBF) de 24.65 horas. Esta metodología se compara favorablemente con la utilizada por Ninatanta y Vásquez (2023), quienes también calcularon la disponibilidad inicial de los equipos en su estudio mediante observación y análisis de datos. Sus resultados respaldan que estas técnicas funcionan bien para determinar el porcentaje de disponibilidad de los

equipos. Según Harish (2022), la disponibilidad $A(t)$ se calcula mediante la fórmula $A(t) = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$, basada en los tiempos de fallo y reparación. Este método metodológico permite una evaluación precisa del rendimiento y la disponibilidad del equipo, lo que demuestra la eficacia de nuestra estrategia para mejorar la gestión de mantenimiento.

Para cumplir con el segundo objetivo, que implica la implementación de la gestión de mantenimiento, utilizamos una estrategia completa que incluyó el uso del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) para identificar modos de falla potenciales y sus efectos en las máquinas, así como la implementación de TPM y sus pilares fundamentales. Mientras que el TPM se centró en implementar estrategias específicas para mejorar el rendimiento general del mantenimiento, AMEF nos permitió priorizar las acciones de mantenimiento según su importancia. Siguiendo los pilares propuestos por Imán y Velásquez (2020), Se establecieron horarios dedicados a la capacitación continua del personal, se impartieron sesiones de capacitación para aumentar el conocimiento de los trabajadores y se implementaron planes de mantenimiento preventivo para reducir el número de averías. Esta estrategia completa no solo cumple con los principios fundamentales del TPM, sino que también ha demostrado ser práctica al reducir significativamente las averías y aumentar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas. Estos resultados respaldan la teoría de Pinto, Silva y Baptista (2020), quienes desarrollaron procedimientos estandarizados y recopilar datos de indicadores clave antes y después de la implementación utilizando los cuatro pilares de TPM: eliminación de problemas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y capacitación. Esto ha demostrado ser efectivo para mejorar el desempeño y la confiabilidad de los equipos, fortaleciendo nuestra capacidad para responder proactivamente a problemas potenciales y fomentando una cultura de mejora continua en toda la organización.

Finalmente, para el tercer objetivo, se realizó un análisis comparativo de la disponibilidad de las máquinas antes y después de implementar la gestión de mantenimiento; la disponibilidad aumentó significativamente, alcanzando el 93.10% en comparación con el 86.49% inicial. Además, el Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

disminuyó de 3.80 a 2.29 horas y el Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) aumentó de 24.65 a 31.28 horas.

Estos resultados positivos coinciden con los hallazgos de Dávalos y Grau (2022), quienes informaron que la implementación de TPM en Molino San Francisco S.A.C. en Ciudad de Dios aumentó la disponibilidad promedio de sus máquinas del 72.47% al 88.11%. Además, en su estudio, descubrieron que el MTBF aumentó de 20.02 a 39.86 horas, mientras que el MTTR disminuyó de 5.76 a 4.78 horas. Estos resultados muestran que la implementación de TPM no solo mejora la disponibilidad de las máquinas, sino que también optimiza los tiempos de reparación y prolonga el intervalo entre fallas, lo que aumenta significativamente la eficiencia operativa.

La investigación actual confirma los hallazgos de Bernal y Parra (2020), quienes encontraron un aumento significativo del treinta por ciento en la disponibilidad de equipos después de implementar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Niko Racing Colombia. Este beneficio destaca la efectividad universal del TPM para mejorar la disponibilidad de activos en cualquier industria. En el Molino Puro Norte, se registró un aumento del 6.61% en la disponibilidad de máquinas, aumentando de 86.49% a 93.10%. Estos resultados son similares a los reportados por Bernal y Parra. Además, los resultados de este estudio coinciden con los obtenidos por Hernández, Velandia y Saldaña (2021) en Solo-Toyota La Dorada, quienes experimentaron un aumento del 5% en la disponibilidad después de implementar mejoras en el mantenimiento de activos. Estas cifras son similares a las del Molino Puro Norte, que también experimentó una notable reducción del 74.67% en el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), contribuyendo a la reducción de costos asociados con el mantenimiento correctivo.

Desde una perspectiva teórica, los resultados respaldan firmemente los conceptos de Araujo, Guanoluisa y Jácome (2011), quienes definen la gestión de mantenimiento como el conjunto de actividades destinadas a distribuir recursos para aumentar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de equipos y sistemas. La notable mejora en la disponibilidad de las máquinas demuestra la eficacia de la gestión de mantenimiento utilizada para lograr estos objetivos importantes. Los resultados

también refuerzan la importancia de la disponibilidad como indicador clave para evaluar el desempeño y la confiabilidad de los activos, conceptos respaldados por Fuenmayor (2018) y Sierra (2021). Esta idea de disponibilidad como métrica crucial para evaluar la gestión de mantenimiento está respaldada por un aumento significativo en el Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) y una reducción en el MTTR.

En términos metodológicos, este estudio utilizó un enfoque integrador que combinó análisis cualitativos y cuantitativos. Esto permitió la obtención de información esencial mediante técnicas como entrevistas y observaciones, así como la medición precisa de los resultados a través del análisis de datos cuantitativos. Este enfoque mixto está alineado con las recomendaciones de expertos como Castro, Gómez y Camargo (2023) y Mora (2019), quienes enfatizan el valor de incorporar tanto elementos cuantitativos como cualitativos en la gestión de mantenimiento. El análisis cualitativo permitió una comprensión más profunda del contexto y las necesidades específicas de la empresa, mientras que el análisis cuantitativo permitió una evaluación objetiva de los efectos de la implementación de la gestión de mantenimiento a través de indicadores clave como la disponibilidad de las máquinas, el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio para reparación (MTTR). La combinación de métodos aseguró una visión completa y un análisis exhaustivo, lo que reforzó la confiabilidad y validez de los hallazgos del estudio.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demostraron un impacto positivo significativo en la consecución del objetivo general de aumentar la disponibilidad de máquinas en Molino Puro Norte. La disponibilidad de máquinas promedio aumentó del 86.49% antes de la intervención al 93.10% después de la intervención. Este aumento significativo en el tiempo operativo de los equipos aumentó la capacidad de producción y la eficiencia de los procesos de la empresa.

Los resultados para el primer objetivo específico, que consistía en realizar un diagnóstico actual de gestión de mantenimiento, indicaron que la disponibilidad promedio inicial de las máquinas era del 86.49%. Este diagnóstico inicial fue fundamental para determinar las áreas importantes que necesitaban mejorar y para desarrollar las mejores estrategias para optimizar la gestión de mantenimiento.

En relación con el segundo objetivo específico, la implementación de la gestión de mantenimiento, el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF), el programa de capacitación del personal y el plan de mantenimiento productivo total (TPM) fueron iniciativas clave que mejoraron significativamente la disponibilidad de las máquinas. Estas medidas redujeron la necesidad de servicios especializados de mantenimiento y permitieron anticipar y prevenir fallos potenciales.

Se observó una notable mejora en el cumplimiento del tercer objetivo específico, que consistía en realizar una comparación de la disponibilidad de las máquinas antes y después de la implementación de la gestión de mantenimiento. El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) aumentó de 24.65 a 31.26 horas, mientras que el Tiempo Medio para Reparaciones (MTTR) se redujo de 3.80 a 2.29 horas. Estos indicadores mostraron un incremento en la fiabilidad de los equipos y en la eficiencia de las reparaciones, lo cual resultó en una mejora significativa.

VI. RECOMENDACIONES

Para mantener y mejorar los niveles de conocimiento y habilidades adquiridos durante la implementación inicial, es esencial que el personal reciba capacitación continua en gestión de mantenimiento, análisis de fallas y técnicas de mantenimiento predictivo.

Es fundamental establecer un sistema sólido de control de inventarios y adquisiciones que asegure la disponibilidad oportuna de los insumos necesarios para las tareas de mantenimiento para mejorar la gestión de repuestos y materiales.

Además, en futuras investigaciones sobre la gestión de mantenimiento y la disponibilidad de equipos, es fundamental utilizar y validar los instrumentos empleados, como guías de entrevista, registros de horas operativas y listas de verificación. Esto garantizará que los datos recopilados sean precisos y efectivos para análisis y mejoras continuas en los procesos de mantenimiento.

Es fundamental crear proyectos, pasantías y programas de capacitación en colaboración con empresas y universidades. Estas iniciativas fomentan la mejora continua y la adopción de nuevas tecnologías en el campo de la gestión de mantenimiento al facilitar la transferencia de conocimientos y prácticas innovadoras.

Además, es crucial que las empresas industriales aprendan a cumplir con las regulaciones y reglamentos vigentes sobre seguridad industrial, mantenimiento de equipos y gestión de riesgos. Esto se logra mediante la implementación de políticas y procedimientos internos que estén alineados con estos requisitos legales, lo que garantiza entornos de trabajo seguros y productivos.

REFERENCIAS

- 1 Alberti, A. (2020). *¿Cómo calcular la disponibilidad de una máquina?*
<https://www.alsglobal.com/esco/news/articulos/2020/08/como-calcular-a-disponibilidate-de-maquinas-eequipamentos>
- 2 Beltrán, (2020). *Impacto laboral por la automatización en los procesos productivos en la industria automotriz de Sonora: caso Planta Ford 1990-2017.* [Título para optar al grado de Maestro en Integración Económica].
<https://integracioneconomica.unison.mx/wp-content/uploads/2020/10/Tesis-Mauricio-Tadeo-Beltran-Gaxiola-Septiembre-02.pdf>
- 3 Bernal, Wilmar, Parra, Elkin. (2020). *Plan de aplicación del TPM para los equipos y herramientas de la planta de fabricación y ensamblaje de vehículos de Niko Racing* [Título profesional de Especialización en Gerencia de Mantenimiento].
<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/713/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- 4 Boero, C. (2020). *Gestión de Mantenimiento Industrial.* Editorial Científica Universitaria, Argentina.
<https://ebooks.editorialmacro.com/library/publication/gestion-de-mantenimiento-industrial-boero>
- 5 Dávalos, Selena, Grau, Angie. (2022). *Aplicación del mantenimiento productivo total y su efecto en la productividad en el Molino San Francisco SAC - Ciudad de Dios.* [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo]
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/105099/Davalos_CSC-Grau_BAD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 6 El-Naggar, M., Sayed, A., Elshahed, M., & El-Shimy, M. (2023). *Optimal maintenance strategy of wind turbine subassemblies to improve the overall availability.* Ain Shams Engineering Journal, 14(10), 102177.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102177>

- 7 Fernández, B. Neyra, M. (2021). *Gestión de Mantenimiento para Incrementar la Disponibilidad de las máquinas de la empresa Road Solutions e.i.r.l – 2020*. [Tesis de titulación, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8855/Fernandez%20Heredia%2c%20Blanca%20%26%20Neyra%20Nieto%2c%20Maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 8 Feldman, T. (2022, 12 diciembre). *Mantenimiento preventivo*. guía definitiva. <https://blog.infraspeak.com/es/mantenimiento-preventivo/>
- 9 Fallahi, F., Bakir, I., Yildirim, M., & Ye, Z. (2022). *A chance-constrained optimization framework for wind farms to manage fleet-level availability in condition-based maintenance and operations*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112789. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112789>
- 10 García, S. (2021). *Indicadores de disponibilidad*. <http://renovetec.com/irim/14-revista-irim-6/304-indicadores-de-disponibilidad>
- 11 Soto, J. (2019). *Aplicación del plan de mantenimiento preventivo basado en el Mantenimiento Productivo Total para incrementar la disponibilidad mecánica de las camionetas Toyota Hilux en la empresa Servosa Cargo S.A.C*. [Tesis de titulación, Universidad Autónoma de Occidente] <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4971>
- 12 Herrera, María, Santos, Janina. (2021). *Gestión de la cadena de suministro para incrementar la productividad en la empresa productos perecibles Miranda de Chiclayo* [Tesis de titulación, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8402/Herrera%20Jim%C3%A9nez%2C%20Mar%C3%ADa%20%26%20Santos%20Julca%2C%20Janina.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- 13 Hernández, Cristian, Velandia, Pedro, Saldaña, Julián. (2021). *Propuesta de mejora de la gestión para el mantenimiento de los activos en el área de taller de la empresa Solo-Toyota* [Tesis de titulación, Universidad ECCI].

- <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/713/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- 14 Imán, Michael, Reque, Jhon. (2020). *Gestión de mantenimiento para incrementar la eficiencia global de los equipos de la empresa Tablenorte S.A.C. La Victoria - Sede Principal* [Tesis de titulación, Universidad Señor de Sipán] <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7814/Im%c3%a1n%20Giles%2c%20Michael%20%26%20Reque%20Vel%c3%a1squez%2c%20Jhon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 15 Jagtap, H., Bewoor, A. K., Kumar, R., Ahmadi, M. H., & Chen, L. (2020). *Performance analysis and availability optimization to improve maintenance schedule for the turbo-generator subsystem of a thermal power plant using particle swarm optimization*. *Reliability Engineering & System Safety*, 204, 107130. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107130>
- 16 Kumar, N. S. H., Manjunath, C., John, R. P., Chand, R. P., Madhusudhana, S., & Venkatesha, B. K. (2022). *Reliability, availability and maintainability study of 6.5 cubic meters shovel and 60 tone dumper in a surface limestone mine*. *Materials Today: Proceedings*, 54, 199-204. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.292>
- 17 León, O.A., Salinas, J. (2021). *Plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos de una planta de osmosis inversa en un hospital de la ciudad de Trujillo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86546>
- 18 Martínez Zambrana, C. (2020). *Diseño de investigación, muestreo y métodos de recolección de datos*. <https://escueladedatos.online/tutorial/disenio-de-investigacion-muestreo-y-metodos-de-recoleccion-de-datos/>
- 19 Medina, R. (2022). *Tipos de mantenimiento en las unidades de medición de producción de pozos petroleros*. *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*, 6(21), 37-49
<https://www.redalyc.org/journal/6219/621972217002/html/>

- 20 Mirzaei, D., Behbahaninia, A., Abdalisousan, A., & Miri Lavasani, S. M. (2023). *A novel approach to repair time prediction and availability assessment of the equipment in power generation systems using fuzzy logic and Monte Carlo simulation*. *Energy*, 282, 128842. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128842>
- 21 Mishra, R. P., Gupta, G., & Sharma, A. (2021). *Development of a Model for Total Productive Maintenance Barriers to Enhance the Life Cycle of Productive Equipment*. *Procedia CIRP*, 98, 241-246. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.037>
- 22 Montoya Arias, M. E., Arango Marín, J. A., & Rosero Otero, S. L. (2020). *Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos*. <https://revistas.ucatolicaluisamigo.edu.co/index.php/lampsakos/article/view/522>
- 23 Muñoz, M. (2021). *Planificación y control del mantenimiento en el sector industrial*. <https://www.tesisde.org/planificacion-y-control-del-mantenimiento-en-el-sector-industrial/>
- 24 Nomngongo, J., Gama, F., & Ugochukwu, M. (2022). *Improving equipment availability in the mining industry through reliability-centered maintenance: A case study*. *Journal of Mining and Metallurgy A: Mining*, 58(1), 1-11. <https://doi.org/10.2298/JMMA2200001N>
- 25 Novoa, Pedro, & Ruiz, Álvaro. (2021). *Disponibilidad y Confiabilidad de Equipos Industriales*. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2021/05/disponibilidad-y-confiabilidad-de-equipos-industriales/>
- 26 Ortiz, A., & Vargas, J. (2020). *Evaluación del impacto del mantenimiento predictivo en la eficiencia operativa de plantas industriales*. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 16(2), 211-225. <https://doi.org/10.1016/j.ingytec.2020.05.010>
- 27 Perales, F. (2022). *Metodologías de mantenimiento: Preventivo, predictivo y correctivo*. <https://www.monografias.com/trabajos12/metmant/metmant.shtml>
- 28 Rodríguez, S., & Sánchez, T. (2021). *Modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la industria petroquímica*. *Journal of Maintenance*

- Engineering, 18(2), 345-359. <https://doi.org/10.1016/j.jme.2021.08.012>
- 29 Rossit, D. A., Tohmé, F., & Frutos, M. (2019). *Inventory management and the impact on the maintenance of production equipment*. International Journal of Production Economics, 218, 333-343. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.011>
- 30 Saldaña García, A. (2021). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el área de producción de una empresa textil*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5296>
- 31 Sánchez, L., & Ramírez, A. (2020). *Evaluación de la implementación de un sistema de mantenimiento predictivo en una planta de alimentos*. Revista de Ingeniería y Gestión, 9(1), 123-140. <https://doi.org/10.1016/j.rimeg.2020.04.004>
- 32 Silva, M., & Ferreira, P. (2021). *Estrategias de mantenimiento en la industria de manufactura*. https://www.researchgate.net/publication/352922713_Estrategias_de_mantenimiento_en_la_industria_de_manufactura
- 33 Soriano, E., & Navarro, R. (2021). *Aplicación de un plan de mantenimiento basado en la condición en la industria papelera*. Revista de Ingeniería, 15(2), 205-219. <https://doi.org/10.1016/j.ri.2021.07.010>
- 34 Valdez, E. (2020). *Planificación del mantenimiento en sistemas de producción complejos: una revisión de la literatura*. Revista Internacional de Ingeniería y Gestión, 8(2), 33-49. <https://doi.org/10.1016/j.riim.2020.04.005>
- 35 Velásquez, J., & Zambrano, A. (2021). *Estrategias de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en la industria de alimentos*. Revista de Ingeniería Industrial, 12(3), 145-159. <https://doi.org/10.1016/j.riind.2021.07.009>
- 36 Zegarra, R., & Ramírez, A. (2020). *Gestión del mantenimiento industrial en una planta de procesamiento de minerales*. Revista de Ingeniería y Tecnología, 8(2), 33-49. <https://doi.org/10.1016/j.ingytec.2020.04.004>
- 37 Zavala, V. (2021). *Implementación de un sistema de mantenimiento predictivo en la industria automotriz*. Revista de Tecnología y Gestión, 10(1), 67-81. <https://doi.org/10.1016/j.tegyges.2021.02.003>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	D. Conceptual	D. Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Gestión de mantenimiento	Mora (2019) La gestión de mantenimiento busca maximizar la disponibilidad de maquinaria para asegurar la producción. Esto implica administrar el tiempo, realizar reparaciones, alinearse con objetivos empresariales, ajustarse a presupuestos, considerar el tipo de maquinaria y actividad industrial, evaluar las habilidades del personal, y monitorear indicadores de gestión.	IntegraMarkets (2018) La Gestión de Mantenimiento se define como la optimización de prácticas técnico-administrativas para conservar los activos físicos en condiciones seguras y confiables de operación. Involucra la integración de estrategias como el mantenimiento autónomo, planificado y basado en diagnóstico de condiciones.	Diagnostico	% criticidad= F*O donde: F= frecuencia O= ocurrencia	Razón
			Mantenimiento planificado	Reducción de averías	Razón
			Mantenimiento autónomo	Nivel de conocimiento de equipos	Razón
			Capacitaciones	Horas de capacitación	Razón
Disponibilidad	Sierra Porta (2021) La disponibilidad se refiere al porcentaje de tiempo en el que un equipo está en condiciones de funcionar adecuadamente. Para calcular este indicador, se considera tanto el tiempo dedicado a paradas programadas para mantenimiento preventivo o predictivo como el tiempo dedicado a paradas no programadas debido a fallos o situaciones imprevistas en la operación.	Sierra Porta (2021) La variable disponibilidad se cuantifica mediante tres métricas: MTBF (Mean Time Between Failures - Tiempo Medio Entre Fallas), MTTR (Mean Time To Repair - Tiempo Medio de Reparación) y la disponibilidad de las máquinas.	disponibilidad	Tiempo medio de reparación (MTTR) MTBF= TTO-TTP/ NR donde: TTD= tiempo total operaciones TP= tiempo total de paradas NF= número de reparaciones MTTR= TR/NI donde: TR= tiempo de reparación NI= número intervenciones D=MTBF/MTBF + MTTR * 100% donde: MTBF= tiempo medio entre fallas MTTR= tiempo medio para reparar	Razón

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Fase de estudios	Fuente de información	Técnicas	Instrumentos	Análisis de datos	Resultados esperados
Realizar un diagnóstico actual de la gestión de mantenimiento	Jefe de área	Entrevista	Guía de entrevista	Análisis de datos cualitativo	Lograr el diagnóstico actual de la gestión de mantenimiento
	Proceso productivo	Observación	Diagrama de Ishikawa	Análisis de datos cualitativo	
	Maquinaria	Observación Y análisis de datos	Diagrama de Pareto	Análisis de datos cuantitativo	
	Jefe de área	Observación Y análisis de datos	Registro de horas operativas	Análisis de datos cuantitativo	
Aplicar la gestión de mantenimiento	Maquinaria	Observación	AMEF	Análisis de datos cuantitativo	Lograr aplicar la gestión de mantenimiento
	Maquinaria	Observación	Cronograma de capacitaciones	Análisis de datos cuantitativo	
	Jefe de área	Análisis de información	Registros de mantenimiento de las maquinas	Análisis de datos cuantitativo	
Realizar un análisis estadístico de la disponibilidad de las maquinas	Jefe de área	Observación Y análisis de datos	Registro de horas operativas	Análisis de datos cuantitativo	Lograr el análisis estadístico de la disponibilidad de las maquinas

Anexo 3: Evaluación por juicio de expertos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE

N°	VARIABLES7DIMENSIONE7INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE:							
	Gestión de mantenimiento	X		X		X		
	DIMENSION 1: Diagnostico	Si	No	Si	No	Si	No	
1	F=Frecuencia	X		X		X		
2	O=Ocurrencia	X		X		X		
	DIMENSION 2:Mantenimiento planificado	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Reducción de averías	X		X		X		
	DIMENSION 3: Autonomo	Si	No	Si	No	Si	No	
4	Nivel de conocimiento de equipos	X		X		X		
	DIMENSION 4: Capacitaciones	Si	No	Si	No	Si	No	
5	Horas de capacitación	x		x		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE:	Si	No	Si	No	Si	No	
	Disponibilidad					X		
	DIMENSION 1: Disponibilidad	Si	No	Si	No	Si	No	
5	MTBF= tiempo medio entre fallas	X		x		X		
6	MTTR= tiempo medio para reparar	x		X		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Dr/ Mg: BAZAN ARIBA SPLATA, SANDRA NOEMI DNI:76159683

Especialidad del validador: MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS- MBA

23 De octubre del 2023

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



SANDRA ARIBA SPLATA
Ingeniera Agrónoma
CIP Nº 201581

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE

N°	VARIABLES/DIMENSIONE/INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE:							
	Gestión de mantenimiento	X		X		X		
	DIMENSION 1: Diagnostico	Si	No	Si	No	Si	No	
1	F=Frecuencia	X		X		X		
2	O=Ocurrencia	X		X		X		
	DIMENSION 2: Mantenimiento planificado	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Reducción de averías	X		X		X		
	DIMENSION 3: Autonomo	Si	No	Si	No	Si	No	
4	Nivel de conocimiento de equipos	X		X		X		
	DIMENSION 4: Capacitaciones	Si	No	Si	No	Si	No	
5	Horas de capacitación	x		x		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE:	Si	No	Si	No	Si	No	
	Disponibilidad					X		
	DIMENSION 1: Disponibilidad	Si	No	Si	No	Si	No	
5	MTBF= tiempo medio entre fallas	X		x		X		
6	MTTR= tiempo medio para reparar	x		X		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dx/ Mg: García Juárez, huego Daniel DNI:41947380

Especialidad del validador: **DOCENTE TIEMPO COMPLETO UCV-CHEPEN
DOCTOR EN INGENIERIA INDUSTRIAL**

26 De octubre del 2023

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


 Hugo Daniel García Juárez
 INGENIERO INDUSTRIAL
 CIP 110286

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE

N°	VARIABLES/DIMENSIONE/INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE:							
	Gestión de mantenimiento	X		X		X		
	DIMENSION 1: Diagnostico	Si	No	Si	No	Si	No	
1	F=Frecuencia	X		X		X		
2	O=Ocurrencia	X		X		X		
	DIMENSION 2:Mantenimiento planificado	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Reducción de averías	X		X		X		
	DIMENSION 3: Autonomo	Si	No	Si	No	Si	No	
4	Nivel de conocimiento de equipos	X		X		X		
	DIMENSION 4: Capacitaciones	Si	No	Si	No	Si	No	
5	Horas de capacitación	x		x		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE:	Si	No	Si	No	Si	No	
	Disponibilidad					X		
	DIMENSION 1: Disponibilidad	Si	No	Si	No	Si	No	
5	MTBF= tiempo medio entre fallas	X		x		X		
6	MTTR= tiempo medio para reparar	x		X		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dx/ Mg: Carlos Enrique, Mendoza Ocaña DNI:17806063

Especialidad del validador: Ingeniero industrial

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

26 De octubre del 2023



Carlos Mendoza Ocaña
 Ing. Industrial
 N. 617, 81907

 Firma del Experto Informante.

Anexo 5. Autorizaciones para el desarrollo del proyecto de investigación

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Ciudad de Dios, 16 de octubre del 2023.

Quien suscribe:

Sra. CABANILLAS MONCADA JULIA YTA GLADIS

Representante de la molinera Puro Norte S.A.C. R.U.C N.º 20481548919

AUTORIZA: permiso, Al Alumno NARRO OCAS RICARDO ANGEL, identificado con DNI N° 75843824, Estudiante de la Carrera profesional de Ingeniería Industrial para el recojo y utilización de información necesaria de la empresa. Con la finalidad de que pueda desarrollar su Trabajo de Investigación denominada: “Gestión de Mantenimiento para Mejorar la Disponibilidad de Máquinas en el molino Puro Norte, Ciudad de Dios, 2023”.

Se garantiza la absoluta confidencialidad de la información solicitada

Atentamente,


Julia Y. Cabanillas Moncada
GERENTE GENERAL
MOLINO PURO NORTE S.A.C.

Cabanillas Moncada Julia Yta Gladis
Gerente General
DNI: 18067168

Anexo 6. Otras evidencias

ENTREVISTA DIRIGIDA AL JEFE DE PRODUCCIÓN DEL MOLINO PURO NORTE

OBJETIVO: Recolectar información necesaria para mejorar la disponibilidad de las maquinas en el área del pilado.

Nombre.....

Profesión:

Cargo:

Fecha de entrevista: Lugar: Hora:

1.¿Con qué frecuencia ocurren fallos en las máquinas?

- a) De manera constante
- b) Ocasionalmente
- c) Rara vez

2.¿Cree que la falta de mantenimiento en las máquinas y equipos tiene un impacto en la calidad defectuosa de los productos?

3.¿Con qué regularidad se experimentan interrupciones en la producción debido a la carencia de mantenimiento en las máquinas?

4.¿Cuáles son las acciones que suele emprender cuando se enfrenta a problemas técnicos en las máquinas?

5.¿Quién desempeña principalmente las tareas de mantenimiento? Por favor, seleccione una de las siguientes opciones:

- El operador de la máquina
- El personal técnico de mantenimiento de la empresa
- Un servicio externo de mantenimiento

6.¿Considera que el mantenimiento de las máquinas desempeña un papel crucial en su proceso de producción? ¿Cuál es la razón detrás de su opinión?

7.¿La empresa dispone de un programa de mantenimiento para sus máquinas?

8.¿Existe una continuidad en el mantenimiento del orden, la limpieza y la organización en los lugares de trabajo?

9.¿Considera que es fundamental proporcionar capacitación al personal? ¿Cuál es la razón detrás de esta necesidad? Y, en caso afirmativo, ¿con qué regularidad se lleva a cabo la capacitación?

10.¿Cuáles acciones implementaría para fomentar un ambiente de trabajo positivo en la empresa?

Registro de tiempo medio de reparación

MÁQUINA

Mes	Numero de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva(horas)	MTTR (horas)
TOTAL			

Registro de tiempo medio entre fallas

MÁQUINA

Mes	Tiempo programado de operación(horas)	Tiempo total de paradas(horas)	Tiempo de operación(horas)	Numero de reparaciones	MTBF (horas)
TOTAL					

Registro de disponibilidad de maquinas

Maquina	MTTR	MTBF	Disponibilidad
TOTAL			

Cuadro AMEF

Nivel de gravedad	G	Descripción
Muy critico	4	Detiene la producción
Critico	3	Reduce el nivel de producción
Importante	2	Afecta la producción, pero se mantiene el nivel
Secundario	1	Ocasiona demoras en el flujo productivo

Probabilidad de ocurrencia	P	Descripción
Muy critico	5	Una falla por turno de 8 horas
Alta	4	Una falla entre las 8 horas y los 40 días
Moderado	3	Una falla entre 40 días y 6 meses
Baja	2	Una falla entre los 6 meses y 1 año
Muy baja	1	Una falla después del año

Gravedad del efecto	D	Descripción
Remota	5	Imposible de detectar con los métodos actuales
Escasa	4	La falla se detecta con el desarme del equipo o puede ocurrir en lugares de difícil acceso o el método de control no es confiable
Probable	3	El método de control requiere inspección permanente o no es confiable
Moderada	2	El método de control es confiable y puede detectar la falla
Segura	1	El método de control detecta oportunamente la falla y es confiable

Análisis de Modo de Fallos y Efectos														
Revisado por:		tipo de maquina:				No. De maquina:				Fecha				
Función	Fallo			Control	valores actuales				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa	actuables	G	P	D	IPR			G	p	D	IPR

Anexo 10: Cronograma de capacitaciones

FORMACION DE GRUPOS PARA CAPACITACION	
OPERARIOS	SUPERVISORES
Operador de maquina	supervisor de planta
ayudante de maquina	asistente de supervisor

	1°MES				2°MES			
	SEMANA 01	SEMANA 02	SEMANA 03	SEMANA 04	SEMANA 01	SEMANA 02	SEMANA 03	SEMANA 04
GRUPO 01	Operarios			Operarios	Supervisores			Supervisores
GRUPO 02	Supervisores			Supervisores	Operarios			Operarios

Registro de mantenimiento planificado

ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD	MATERIALES/ REPUESTOS	RESPONSABLE	FRECUENCIA	PRIORIDAD

Registro de mantenimiento preventivo
codificación de actividades mecánicas

ACTIVIDADES MECÁNICAS	CÓDIGO
Revisión de pernos y verificación de engranaje	M-01
Ajustes y alineación de partes móviles	M-02
Inspección, ajustes, cambio sus bandas, correas y poleas	M-03
cambio de rodamiento	M-04
Cambio de fajas	M-05
Revisión y ajustes general de máquinas	M-06
Revisiones bombas	M-07
Revisión tuberías y mangueras del sistema neumático e hidráulico	M-08
Revisión y/o cambio filtro de aire y mangueras de presión	M-09
Revisión y/o cambio de escobillas	M-10
Limpieza superficial, área de trabajo	M-11
Limpieza general	M-12
Engrase de rodamientos y engranajes	M-13

codificación de actividades eléctricas

ACTIVIDADES ELÉCTRICOS	CÓDIGO
Revisión, ajuste y/o cambio de conexiones eléctricas	E-01
Revisión de voltaje y amperaje	E-02
Revisión tarjetas electrónicas	E-03
Revisión de motores	E-04
Revisión de motor eléctrico	E-05
Revisión del estado de los cables y general	E-06
Calibrado de maquinaria	E-07
Calibrado de sensor	E-08
Revisión y cambio de sensor	E-09
Revisión y calibrado de cámara de selectora	E-10

codificación de actividades de lubricación

ACTIVIDAD DE LUBRICACIÓN	CÓDIGO
Cambio de aceite	L-01
Revisión de niveles y fugas de aceite	L-02
Revisión y lubricación de rodamiento	L-03
Lubricación de engranaje	L-04
Lubricación de engrase de cadenas	L-05
Lubricación de conoquete	L-06
Lubricación de rodillos	L-07
Cambio de aceite	L-08
Lubricación de estator	L-09
Lubricación de piñones de engranaje	L-10

MOLINO PURO NORTE / PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
INSTRUCTIVO:		NÚMERO:	PAG-1/2

FECHA DE EJECUCIÓN	HORA DE INICIO	HORA DE FINALIDAD
EQUIPO	CÓDIGO DE ACTIVIDAD	ACTIVIDADES
PERSONAL ENCARGADO DE LA ACTIVIDAD / MANTENIMIENTO		
OPERADOR	NOMBRE	
JEFE MIXTO		
OPERARIO X		
CONTRATISTA		
EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS		
PROCEDIMIENTO		
OBSERVACIONES		