

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO**

**“BENEDICTO XVI”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE MINAS**



**IMPLEMENTACION DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA OPTIMIZAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LAS  
CHANCADORAS PRIMARIAS DE LA COMPAÑÍA MINERA  
ESTRELLA S.A. HUAMACHUCO, 2025**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS  
AUTOR**

Zavaleta Rodríguez, José Javier

<https://orcid.org/0009-0007-2374-6955>

**ASESOR**

Dr. Acosta Sánchez, Luis Alberto

<https://orcid.org/0000-0003-0332-2171>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Optimización de procesos y minería inteligente

**TRUJILLO – PERÚ**

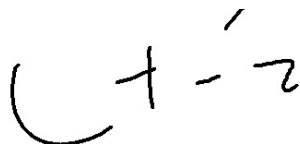
**2026**

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Ms. Henry Chipana Saldaña

Yo, Dr. Luis Alberto Acosta Sánchez con DNI N° 17921248, como asesor del trabajo de investigación titulado: “**Implementación de un mantenimiento preventivo para optimizar la continuidad operativa de las chancadoras primarias de la compañía minera estrella s.a. Huamachuco, 2025**”, desarrollado por el egresado José Javier Zavaleta Rodríguez con DNI N° 70606696 del Programa de estudios de Ingeniería de Minas ; considero que dicho trabajo reúne las condiciones técnicas y científicas, las cuales están alineadas a las normas establecidas en el Reglamento de Estudiantes y de Grados y Títulos de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en la normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por los jurados designados por la mencionada facultad.



-----  
DR. Luis Alberto, Acosta Sánchez

DNI N° 17921248

ASESOR

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**EXCMO. MONS. GILBERTO ALFREDO VIZCARRA MORI, S.J.**

Arzobispo Metropolitano de Trujillo  
Gran Canciller  
Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

**DR. MARCOANTONIO PACHERRES TORREJÓN**

Rectora de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

**DRA. SILVIA ANA VALVERDE ZAVALA**

Vicerrectora Académica

**DRA. GINA GENARA ZAVALA ESPEJO**

Vicerrectora de Investigación

**MG. HENRY ALEXANDER CHIPANA SALDAÑA**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**DRA. TERESA SOFÍA REATEGUI MARÍN**

Secretaria General

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto principalmente, a Dios por haberme brindado salud, inteligencia y humildad para lograr mis objetivos trazados.

A mi madre Mariza sé que no estás presente conmigo, pero siempre me motivaste a seguir y ser un gran profesional, sé que desde el cielo estarás muy orgullosa de verme crecer como profesional.

A mi padre, Javier, porque a pesar de las diferencias, siempre estuvo presente cuando más lo necesitaba. Su esfuerzo, su apoyo y su manera silenciosa de acompañar mis estudios han sido fundamentales para llegar hasta aquí

A mis hermanas, Pilar y Jacky, quienes se han convertido en mi razón para ser mejor cada día. Gracias por su cariño, por su compañía y por recordarme que, incluso en los momentos difíciles, la familia es un refugio y una fuerza.

A Raúl que me estuvo motivando a cumplir mis metas, porque esta tesis no solo representa mi esfuerzo académico, sino la historia, las luchas y el amor de todos nosotros.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme vida y salud, por cuidar de mi familia, por la fortaleza y la esperanza

Agradezco a la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” y en especial a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, por haberme brindado la oportunidad de graduarme como profesional.

A mi asesor, Dr. Luis Alberto Acosta Sánchez, por compartir sus experiencias y conocimientos, que me ayudaron a concluir este trabajo.

Hay muchas personas que han participado en mi vida profesional les agradezco por su amistad, consejos, apoyo incomparable y compañerismo en los momentos más difíciles de mi vida.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **José Javier Zavaleta Rodríguez**, con **DNI N.º 70606696**, egresado del **Programa de estudios de Ingeniería de Minas** de la **Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”**, doy fe de que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos establecidos por la **Facultad de Ingeniería y Arquitectura** para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: “ **IMPLEMENTACION DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA OPTIMIZAR LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE LAS CHANCADORAS PRIMARIAS DE LA COMPAÑÍA MINERA ESTRELLA S.A. HUAMACHUCO, 2025**”, , el cual consta de un total de **56 páginas**, incluyendo 23 tablas y 4 figuras y **04 páginas de anexos**.

Dejo constancia de la **originalidad y autenticidad** de la mencionada investigación y declaro, bajo juramento y en cumplimiento de los principios éticos, que el contenido del documento es **de mi exclusiva autoría** en cuanto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están debidamente sustentados en fuentes bibliográficas, asumiendo la responsabilidad de cualquier omisión involuntaria en la citación de autores.

En este sentido, declaro que el uso de herramientas de inteligencia artificial en el presente trabajo se ha limitado exclusivamente a la mejora de la redacción y corrección de errores gramaticales y sintácticos, sin que ello haya influido en la generación del contenido, análisis o interpretación de los resultados de la investigación.

Del mismo modo, reconozco que cualquier vulneración a los derechos de autor derivada del presente trabajo será de mi exclusiva responsabilidad, asumiendo las consecuencias académicas y legales que pudieran derivarse conforme a la normativa vigente.



**El autor**

---

Br. Zavaleta Rodríguez José Javier

DNI N° 70606696

## ÍNDICE

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD .....	2
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS .....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE LAS TABLAS .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. METODOLOGÍA.....	22
2.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación.....	22
2.2. Población, muestra y muestreo.....	22
2.3. Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	23
2.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	23
2.5. Aspectos éticos de investigación .....	24
III. RESULTADOS .....	25
IV. DISCUSIÓN.....	43
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES .....	49
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	51
ANEXO .....	53

## ÍNDICE DE LAS TABLAS

Tabla 1 Diagnostico actual mediante el Análisis de Pareto.....	25
<i>Numero de fallas</i> Tabla 2 Tiempo total de operación en horas disponibles de las chancadoras primarias .....	26
Tabla 3 Número de paradas de los equipos por fallas durante el periodo 2020 -2022...	27
Tabla 4 Tiempo total de reparación de los equipos por fallas .....	27
Tabla 5 Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) en horas de los equipos en el periodo del 2020 – 2022. ....	28
Tabla 6 Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) en horas de los equipos en el periodo del 2020 – 2022. ....	29
Tabla 7 Tiempo de Reparación Acumulada en horas de los equipos en el periodo del 2020 – 2022. ....	29
Tabla 8 Porcentaje de Disponibilidad Actual de los equipos en el periodo del 2020 – 2022. ....	30
Tabla 9 Numero de paradas de las chancadoras primarias durante el periodo 2023-2025.....	32
Tabla 10 Tiempo Total de Reparación por Horas Inactivas del Periodo 2023-2025 .....	32
Tabla 11 Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) en horas de los equipos en el periodo 2023 – 2025. ....	33
Tabla 12 Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) en horas de los equipos en el periodo (2023-2025).....	33
Tabla 13 Tiempo de Reparación Acumulada en horas de los equipos en el periodo del 2023 – 2025. ....	34
Tabla 14 Porcentaje de Disponibilidad Inherente de los equipos en el periodo 2023-2025. ....	34
Tabla 15 Paradas por año y variación del MTBF .....	35
Tabla 16 Comparación del MTTR, disponibilidad e inactividad .....	36
Tabla 17 Comparación del Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo en las chancadoras primarias.....	36
Tabla 18 Comparación del porcentaje de disponibilidad operacional antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo en las chancadoras primarias .....	37
Tabla 19 Indicadores operativos pre y post mantenimiento preventivo y su contribución al cumplimiento del programa de producción .....	38
Tabla 20 Prueba T- Mtbf Pre y Post.....	39

Tabla 21 Prueba T- Mtrr Pre y Post.....	40
Tabla 22 Prueba T- Disponibilidad Pre y Post .....	41
Tabla 23 Prueba T.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Pareto .....	25
Figura 2 Comportamiento del tiempo promedio entre Fallas (MTBF) en horas, de los equipos en el periodo (2020-2022).....	28
Figura 3 Comportamiento de Disponibilidad Inherente de equipos en el periodo (2021-2023).....	30
Figura 4 Comportamiento de Disponibilidad Inherente de equipos en el periodo (2023-2025).....	35

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar cómo la implementación de un mantenimiento preventivo optimizado influye en la continuidad operativa de las chancadoras primarias de la Compañía Minera Estrella S.A., ubicada en Huamachuco, durante el año 2025. El estudio respondió a la problemática de paradas no planificadas, baja confiabilidad, elevados tiempos de reparación y una disponibilidad operacional decreciente, originados por deficiencias en inspecciones, lubricación, control eléctrico y gestión de repuestos.

Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y con un diseño pre-experimental, comparando los indicadores antes y después de la intervención. Se utilizaron como variables técnicas el promedio de tiempo entre fallos (MTBF), el promedio de tiempo de reparación (MTTR) y el nivel de disponibilidad operativa, siguiendo los lineamientos de la ISO 14224:2016. La información se obtuvo mediante análisis documental y observación directa de las rutinas de mantenimiento.

Los resultados demostraron mejoras significativas: el MTBF se incrementó más de tres veces, el MTTR se redujo entre 20 % y 50 %, y la disponibilidad operacional pasó de valores previos entre 81 %–91 % a niveles posteriores entre 96 %–99 %. Asimismo, las horas de inactividad anual disminuyeron más del 75 %.

Se concluye que la optimización del mantenimiento preventivo incrementó la continuidad operativa, mejoró la confiabilidad y mantenibilidad de las chancadoras primarias y permitió asegurar el cumplimiento del programa de producción, fortaleciendo la competitividad de la empresa minera.

**PALABRAS CLAVE:** Mantenimiento preventivo; Confiabilidad; Mantenibilidad; Disponibilidad operacional; Continuidad operativa.

## ABSTRACT

The purpose of this research was to assess how the implementation of an optimized preventive maintenance program influences the operational continuity of the primary crushers at Compañía Minera Estrella S.A., located in Huamachuco, during the year 2025. The study addressed issues related to unplanned shutdowns, low reliability, long repair times, and decreasing operational availability, all of which resulted from deficiencies in inspections, lubrication, electrical control, and spare-parts management.

The research followed a quantitative, applied approach and employed a pre-experimental design, comparing performance indicators before and after the intervention. Technical variables included Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR), and Operational Availability, following the guidelines of ISO 14224:2016. Data were collected through documentary analysis and direct observation of maintenance routines.

The results demonstrated substantial improvements: MTBF increased more than threefold, MTTR was reduced by 20% to 50%, and operational availability rose from initial values of 81%–91% to post-intervention levels of 96%–99%. Likewise, annual downtime hours decreased by more than 75%.

It is concluded that optimizing preventive maintenance enhanced operational continuity, improved the reliability and maintainability of the primary crushers, and ensured compliance with the production schedule, thereby strengthening the company's operational competitiveness.

**Keywords:** Preventive maintenance; Reliability; Maintainability; Operational availability; Operational continuity.

## I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, la minería enfrenta el reto permanente de asegurar la continuidad de sus operaciones. Los equipos de conminución y, en especial, las chancadoras primarias son críticos para la cadena productiva: cualquier interrupción detiene procesos aguas arriba y aguas abajo, afectando la productividad y elevando costos. Cuando el mantenimiento preventivo no se planifica ni controla con rigor, aumentan las fallas, los tiempos muertos y la exposición a riesgos operativos.

En América Latina, pese al peso del sector minero en varias economías, persisten brechas en la gestión del mantenimiento. Muchas operaciones aún privilegian intervenciones correctivas por encima de una prevención sistemática, carecen de programación disciplinada de paradas, y muestran debilidades en monitoreo de condición, repuestos críticos y tiempos de respuesta. Ello se traduce en pérdidas de continuidad, menor disponibilidad de equipos y variabilidad en el logro de los objetivos de producción.

En el Perú, la minería es un pilar económico, pero numerosas plantas arrastran problemas derivados de una planificación preventiva insuficiente y de controles irregulares en la ejecución de órdenes de trabajo. Las fallas recurrentes en chancadoras y sistemas de transporte inciden en la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad operacional, generando sobrecostos y afectando la competitividad de las empresas.

En la región La Libertad, y particularmente en la Compañía Minera Estrella S.A. (Huamachuco), se observan eventos de parada no planificada en las chancadoras primarias que interrumpen la continuidad de la operación y desalinean el programa de producción.

Con respecto a las causas, este panorama se explica por una planificación preventiva incompleta, calendarios de intervención con ventanas subestimadas, control insuficiente de la ejecución de órdenes de trabajo, limitada estandarización de rutinas y checklists, gestión perfectible de repuestos críticos y tiempos de atención, así como escaso uso de datos para anticipar fallas.

El problema se centra en las fallas frecuentes en las chancadoras primarias provocan paradas no planificadas, reducen la continuidad operativa de la planta y comprometen el cumplimiento del programa de producción.

En relación con las consecuencias, se evidencia menor confiabilidad de los equipos, mayores tiempos de reparación y espera, disponibilidad operacional por debajo de lo esperado, desviaciones en tonelaje procesado y sobrecostos por intervenciones correctivas, además de impactos en la productividad y en la competitividad de la empresa.

El aporte para este estudio es optimizar el mantenimiento preventivo de las chancadoras primarias mediante una mejor planeación (secuenciación, ventanas y recursos) y control (ejecución, cierre y retroalimentación de órdenes de trabajo), orientado a elevar la continuidad operativa al reducir paradas no planificadas, mejorar la confiabilidad (MTBF), Estrella S.A., Huamachuco 2025.

Lo que conlleva a determinar que existe un gran problema, que esta investigación propone darle solución, dado la necesidad se planteó el siguiente problema de investigación:

¿De qué manera la implementación de un mantenimiento preventivo optimiza la continuidad operativa de las chancadoras primarias en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?

Para el planteamiento de la solución a esta problemática se han identificado los siguientes problemas específicos.

- ¿Cómo la implementación del mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de las chancadoras primarias, medida a través del tiempo medio entre fallas (MTBF), en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?
- ¿De qué manera la implementación del mantenimiento preventivo incrementa la mantenibilidad de las chancadoras primarias, expresada en el tiempo medio de reparación (MTTR), en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?
- ¿En qué medida la implementación del mantenimiento preventivo influye en la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?
- ¿Cómo la implementación del mantenimiento preventivo contribuye al cumplimiento del programa de producción en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?

De la misma manera el presente trabajo de investigación se justificó de manera teórica es la optimización del mantenimiento preventivo se fundamenta en teorías y modelos que resaltan su importancia en la gestión eficiente de los activos industriales.

Un plan preventivo bien estructurado no solo disminuye la probabilidad de fallas, sino que también incrementa la disponibilidad operacional y garantiza la continuidad de los procesos productivos. Según Márquez (2019), el mantenimiento preventivo es esencial para mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos, permitiendo anticiparse a las averías y reducir los tiempos de inactividad. En este sentido, la presente investigación se justifica teóricamente porque busca demostrar, a partir de la aplicación

práctica, cómo la optimización de estas estrategias puede fortalecer la continuidad operativa de las chancadoras primarias en un entorno minero de alta exigencia.

La justificación práctica es la optimización del mantenimiento preventivo permitirá a la Compañía Minera Estrella S.A. reducir paradas no programadas, mejorar la disponibilidad de las chancadoras primarias y asegurar el cumplimiento de los planes de producción. Esto se traduce en un incremento de la productividad y una reducción de costos asociados al mantenimiento correctivo (Gálvez, 2022).

De igual manera, el presente estudio encuentra su sustento en el ámbito social, dado que la continuidad operativa de la empresa minera contribuye al desarrollo económico y social de la región La Libertad, ya que garantiza estabilidad laboral, mayores ingresos tributarios y sostenibilidad en las comunidades vinculadas a la minería (SNMPE, 2022).

Así mismo, se justifica desde el punto de vista metodológico, ya que el estudio aporta un enfoque experimental en la gestión del mantenimiento minero, aplicando indicadores reconocidos internacionalmente como el promedio de tiempo entre fallos (MTBF), el promedio de tiempo de reparación (MTTR) y el índice de disponibilidad operativa (ISO 14224:2016). De esta forma, se valida empíricamente la eficacia de la mejora del mantenimiento preventivo como estrategia para incrementar la continuidad operativa.

Y para poder dar respuesta a la siguiente interrogante se ha planteado como objetivo general:

Determinar la influencia de la optimización del mantenimiento preventivo de las chancadoras primarias en la continuidad operativa de la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco 2025.

Para alcanzar el objetivo general propuesto en este proyecto de investigación se tiene los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de la implementación del mantenimiento preventivo en la confiabilidad de las chancadoras primarias medida a través del tiempo medio entre fallas.
- Analizar la influencia del mantenimiento preventivo en la mantenibilidad de las chancadoras primarias, expresada en el tiempo medio de reparación.
- Determinar el impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias.
- Establecer la contribución del mantenimiento preventivo al cumplimiento

del programa de producción en las chancadoras primarias.

Dentro de las antecedentes internacionales, se encuentra el estudio de Vasilyeva, Golyshevskaja y Sniatkova (2023), tuvo como objetivo “modelar y mejorar la eficiencia de los equipos de chancado mediante técnicas de optimización y simulación matemática”. El estudio fue de tipo aplicado con un diseño experimental basado en simulaciones computacionales. No trabajó con una muestra poblacional, sino con modelos de equipos de trituración a escala industrial. Se empleó el modelado matemático como técnica principal y software especializado como instrumento de análisis. La validación se realizó mediante comparación con datos operativos históricos.

Los resultados demostraron que la eficiencia de los equipos se puede incrementar significativamente a través de ajustes en parámetros operativos y diseño geométrico. En conclusión, el estudio evidenció que la modelación matemática es una herramienta eficaz para optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de los equipos de chancado.

El estudio de Bogdanovská, Náplavová y Rajec (2025), tuvo como objetivo “analizar las causas y consecuencias de fallas en componentes de chancadoras de mandíbula en canteras de andesita de Europa Central”. Fue de carácter descriptivo-explicativo bajo un esquema no experimental. La muestra se conformó por registros de fallas ocurridas en una operación de cantera a cielo abierto. Se aplicó la metodología de análisis de modos y efectos de falla (FMEA) como técnica, empleando fichas de inspección y reportes de mantenimiento como instrumentos. La validez del análisis se reforzó con la triangulación de expertos y datos empíricos. Los resultados identificaron que los componentes más críticos son las placas de mandíbula y los rodamientos, cuyos fallos impactan directamente en la continuidad operativa. En conclusión, el estudio determinó que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo fundamentado en criterios de criticidad reduce significativamente los costos y los tiempos de inactividad en plantas de trituración.

El estudio de Putri et al. (2020), tuvo como objetivo “programar el mantenimiento preventivo de una chancadora de caliza a través de un diseño modular de programación”. Fue de tipo aplicado con un diseño cuasiexperimental. La muestra correspondió a datos históricos de mantenimiento de una chancadora de caliza en una planta de Indonesia. Se utilizó la técnica de programación matemática, empleando como instrumentos algoritmos de modularidad y software de optimización. La validación se llevó a cabo mediante pruebas piloto en entornos de simulación. Los resultados mostraron que la programación preventiva modular redujo los tiempos muertos hasta en un 20 % y mejoró la utilización

de recursos. En conclusión, el estudio confirmó que el diseño modular en la planificación preventiva constituye una estrategia efectiva para incrementar la disponibilidad de chancadoras en operaciones de procesamiento de minerales.

El estudio de Florea et al. (2024), tuvo como objetivo “evaluar la eficiencia de las actividades de mantenimiento en canteras de áridos de Europa Oriental”. Fue de tipo descriptivo con diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por operaciones de mantenimiento realizadas en diversas canteras. La técnica empleada fue la encuesta y el análisis documental, utilizando cuestionarios y registros de mantenimiento como instrumentos. La confiabilidad del instrumento se comprobó mediante el Alfa de Cronbach, y la validez mediante revisión de expertos. Para el análisis de datos se aplicaron estadísticas descriptivas y análisis comparativos. Los resultados indicaron que las actividades de mantenimiento preventivo bien estructuradas aumentan la productividad y reducen fallos inesperados en los equipos de trituración. En conclusión, el estudio resaltó que la eficiencia en el mantenimiento depende en gran medida de la planificación preventiva y del monitoreo sistemático de indicadores de confiabilidad.

En el contexto nacional destaca el estudio de Huamán (2024), cuyo propósito fue principal elaborar un modelo de mantenimiento preventivo que permita incrementar el nivel de disponibilidad de las chancadoras en la industria minera del Cusco. La investigación se enmarcó en un enfoque aplicado y empleó un esquema no experimental de carácter descriptivo-explicativo. La población de estudio se encontró constituido por los registros históricos de fallas y mantenimientos de las chancadoras, los cuales fueron analizados mediante indicadores como el promedio de tiempo entre fallas (MTBF) y el promedio de tiempo de reparación (MTTR) y la disponibilidad operacional. Los resultados demostraron que la aplicación del modelo de mantenimiento preventivo propuesto permitió elevar la disponibilidad de los equipos por encima del 90 %, lo cual redujo significativamente los tiempos muertos que anteriormente generaban pérdidas económicas y retrasos en el programa de producción. Asimismo, se evidenció que, al aplicar rutinas preventivas programadas, se logró disminuir en más de un 20 % las intervenciones correctivas imprevistas. En conclusión, el estudio resaltó que un mantenimiento preventivo sistemático, basado en indicadores de confiabilidad y mantenibilidad, incrementa la productividad, reduce los costos asociados a fallas correctivas y asegura la continuidad operativa de las plantas mineras.

El trabajo de Lazarte (2021) tuvo como objetivo implementar un modelo de gestión del mantenimiento orientado a mejorar el nivel de disponibilidad de los equipos

del circuito de chancado en la Unidad Minera Raura S.A. La metodología fue de tipo aplicada con un diseño descriptivo y de estudio de caso. Se analizaron registros históricos de mantenimiento, tiempos de parada, costos asociados y disponibilidad operacional de los equipos de chancado, utilizando como técnicas el análisis documental y la observación directa en campo. Los resultados reflejaron una mejora significativa en los indicadores de desempeño: la disponibilidad operacional pasó de valores cercanos al 80 % a niveles superiores al 90 %, lo que representó una reducción considerable en las pérdidas de continuidad productiva. Además, se evidenció que la implementación de un plan de mantenimiento basado en programación preventiva y en la adecuada gestión de repuestos críticos permitió minimizar los tiempos de reparación y optimizar la asignación de recursos técnicos. En conclusión, la investigación demostró que una gestión del mantenimiento estructurada no únicamente garantiza la continuidad operativa de los equipos críticos, sino que además favorece la reducción de costos, el cumplimiento del programa de producción y el fortalecimiento de la competitividad empresarial en el sector minero.

La investigación de Bustillos (2022) tuvo como objetivo desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para las chancadoras primarias de una operación minera, considerando como base los registros de fallas recurrentes y el historial de mantenimientos realizados. El estudio se planteó como una investigación aplicada, con un diseño descriptivo y analítico, utilizando la recopilación de datos históricos y entrevistas con el personal de mantenimiento como técnicas principales. Los resultados mostraron que, con la propuesta de programa preventivo, se logró reducir en más del 15 % la frecuencia de fallas imprevistas, lo que significó una mejora en la confiabilidad de los equipos y una extensión de su vida útil. También se comprobó que la aplicación de rutinas de inspección, lubricación y monitoreo permitió anticipar posibles fallos antes de que generaran paradas de producción. La conclusión del estudio indicó que la implementación de un programa preventivo bien estructurado y sostenido en indicadores técnicos reduce la ocurrencia de fallas, mejora la disponibilidad de los equipos y fortalece la continuidad de las operaciones, contribuyendo así a la eficiencia y sostenibilidad de la empresa minera.

El estudio de Chávez (2019) tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo en el proceso de producción de una planta chancadora de piedra, con el propósito de mejorar su eficiencia operativa. La investigación fue aplicada, con un diseño no experimental y un enfoque descriptivo. La población de análisis estuvo

conformada por los reportes de fallas y tiempos de reparación de los equipos de chancado, complementados con entrevistas al personal técnico. Los resultados evidenciaron que, al aplicar el plan de mantenimiento preventivo, se consiguió reducir el tiempo de inactividad en un 18 %, así como una disminución en los costos de reparación correctiva. Se observó también una mejora en la productividad global de la planta, ya que el programa de mantenimiento permitió cumplir con los objetivos de producción en los plazos establecidos. En conclusión, se determinó que un plan preventivo de mantenimiento, estructurado con base en la criticidad de los equipos, contribuye a la mejora de la eficiencia, reduce costos y fortalece la competitividad de las plantas de chancado, garantizando la continuidad del proceso productivo.

La investigación de Angulo (2025) tuvo como objetivo optimizar la disponibilidad de la chancadora cónica HP 800 en una empresa minera peruana, a través de la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo. El estudio fue de tipo aplicado con un diseño no experimental, tomando como base de análisis los registros operativos y de mantenimiento de la chancadora durante un periodo de un año. Los resultados mostraron que la disponibilidad operacional del equipo se incrementó de un 84 % a un 93 %, lo que representó una mejora sustancial en la confiabilidad y en el cumplimiento del programa de producción. Asimismo, se logró reducir los tiempos medios de reparación gracias a la programación de rutinas de inspección y la gestión adecuada de repuestos críticos. En conclusión, la investigación evidenció que la optimización del mantenimiento preventivo en chancadoras de alta capacidad permite alcanzar altos niveles de disponibilidad y continuidad operativa, reduciendo los riesgos de paradas imprevistas y fortaleciendo la productividad del proceso minero.

El mantenimiento preventivo consiste en realizar actividades programadas de inspección, ajuste, limpieza y sustitución de componentes antes de que se produzca una falla, con el fin de garantizar que los equipos operen de manera continua y segura. Su optimización implica mejorar tanto la planeación (programación adecuada de intervenciones, recursos y tiempos) como el control (seguimiento de ejecución, retroalimentación y cierre de actividades), de manera que se minimicen paradas no planificadas y se reduzcan costos asociados al mantenimiento correctivo.

Según Sinha y Mukhopadhyay (2014), la aplicación de estrategias de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en chancadoras de cono permitió incrementar la confiabilidad y disminuir fallas inesperadas, demostrando que la planificación sistemática es clave en la industria minera. Asimismo, Putri et al. (2020)

señalan que la programación modular del mantenimiento preventivo en una chancadora de caliza permitió reducir tiempos muertos y mejorar el aprovechamiento de recursos, confirmando que la optimización de estas rutinas impacta directamente en la productividad.

En el contexto internacional, Barabady (2005) demostró que la confiabilidad y mantenibilidad de plantas de trituración en Irán podían mejorarse aplicando análisis estadísticos de fallas y estableciendo planes preventivos adecuados. De forma similar, Bogdanovská et al. (2025) identificaron que las fallas recurrentes en placas de mandíbula y rodamientos de chancadoras en canteras de Europa se reducían cuando se priorizaba el mantenimiento preventivo basado en criticidad. Estos estudios resaltan que optimizar las prácticas de mantenimiento no solo implica programar actividades, sino también integrar criterios de confiabilidad y criticidad para anticipar riesgos.

En síntesis, la optimización del mantenimiento preventivo en chancadoras primarias busca maximizar el tiempo de operación de los equipos, reducir fallas imprevistas y mejorar el control de actividades, contribuyendo directamente a la continuidad del proceso minero. La continuidad operativa se entiende como la capacidad de mantener los procesos productivos en funcionamiento de manera sostenida y con tiempos mínimos de inactividad, y en el contexto minero está estrechamente relacionada con tres factores fundamentales: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad operacional. La confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo cumpla su función sin fallar durante un periodo determinado y suele medirse mediante el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF), de modo que un MTBF elevado representa una mayor estabilidad operativa de los equipos (Barabady, 2005).

La mantenibilidad, en cambio, alude a la capacidad y agilidad con la que un equipo puede ser restituido luego de una falla, expresada a través del Tiempo Medio de Reparación (MTTR); una disminución del MTTR permite recuperar la operación en menor tiempo y mejorar la continuidad del proceso (Dashtaki et al., 2025). A estos factores se suma la disponibilidad operacional, que representa el porcentaje de tiempo en que un equipo se encuentra realmente disponible para operar en condiciones normales, integrando tanto el MTBF como el MTTR, por lo que constituye un indicador clave para evaluar la continuidad de los procesos productivos (Bogdanovská et al., 2025). El cumplimiento del programa de producción también forma parte esencial de la continuidad operativa, ya que depende directamente del desempeño de los equipos críticos, incluyendo su confiabilidad y disponibilidad.

Diversos estudios han demostrado la relación directa entre las fallas en equipos de trituración y la pérdida de continuidad operativa. Vasilyeva et al. (2023) evidenciaron que la modelación matemática y el rediseño de parámetros en equipos de trituración permiten mejorar su eficiencia, prolongar la vida útil de componentes y reducir las paradas imprevistas. De manera similar, Florea et al. (2024) encontraron que, en canteras europeas, la implementación de un mantenimiento preventivo estructurado incrementó la disponibilidad operacional y redujo la ocurrencia de fallas inesperadas, lo que confirma la relevancia de optimizar estas actividades para asegurar la continuidad del proceso. En conjunto, la evidencia señala que la continuidad operativa depende directamente de la mejora y optimización del mantenimiento preventivo, dado que una adecuada planificación y control de las intervenciones minimiza fallas recurrentes, acorta los tiempos de reparación y aumenta la disponibilidad operacional, garantizando así el cumplimiento sostenido de los planes de producción minera.

## **Formulación de hipótesis**

### **Hipótesis general**

La implementación del mantenimiento preventivo en las chancadoras primarias influye significativamente en la continuidad operativa de la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco 2025.

### **Hipótesis específicas**

- La implementación del mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de las chancadoras primarias, medida a través del tiempo medio entre fallas.
- La implementación del mantenimiento preventivo incrementa la mantenibilidad de las chancadoras primarias, expresada en el tiempo medio de reparación.
- La implementación del mantenimiento preventivo aumenta la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias.
- La implementación del mantenimiento preventivo contribuye significativamente al cumplimiento del programa de producción en las chancadoras primarias.

## **II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación**

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, dado que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos relacionados con la confiabilidad (MTBF), la mantenibilidad (MTTR), la disponibilidad operacional y el cumplimiento del programa de producción de las chancadoras primarias de la Compañía Minera Estrella S.A. Respecto al tipo de investigación, se considera una investigación aplicada, ya que busca dar solución a un problema específico del ámbito minero a través de la ejecución de un programa de mantenimiento preventivo optimizado. En relación con el enfoque metodológico, se empleará un esquema pre-experimental, definido por la medición de las variables dependientes antes y después de la aplicación de la propuesta de optimización.

Este diseño permitirá comparar los indicadores de confiabilidad (MTBF), mantenibilidad (MTTR) y disponibilidad operacional en dos momentos distintos, lo que facilita evaluar el impacto de la intervención de manera objetiva y cuantificable. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), los diseños pre-experimentales son apropiados cuando se busca determinar los efectos de una acción o tratamiento sobre una variable dependiente, aun cuando exista un control limitado de factores externos. Según Creswell y Creswell (2018), los diseños pre-experimentales permiten establecer relaciones causales de manera inicial, comparando resultados antes y después de la intervención, aunque presentan limitaciones en el control de variables externas.

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

La población del estudio está constituida por los equipos de chancado primario de la Compañía Minera Estrella S.A., ubicada en Huamachuco – La Libertad, así como por los registros históricos de mantenimiento asociados a dichos equipos (órdenes de trabajo, tiempos de intervención, repuestos utilizados y reportes de fallas). En términos operativos, la población comprende todas las chancadoras primarias que intervienen directamente en el proceso de conminución, las cuales son consideradas activos críticos dentro de la cadena de producción minera.

La muestra estará conformada por las 10 chancadoras primarias operativas en la planta de chancado de la Compañía Minera Estrella S.A., seleccionadas en función de su criticidad y de la disponibilidad de información técnica (registros de fallas, MTBF, MTTR y disponibilidad operacional). Asimismo, se tomarán en cuenta los datos de un período de 6 meses previos a la intervención y los datos recolectados durante la aplicación

del plan de mantenimiento preventivo optimizado, con el fin de realizar la comparación antes y después de la propuesta. Y el muestreo será no probabilístico e intencional, ya que se seleccionan los equipos críticos para la continuidad operativa, considerados los más representativos del proceso de chancado. Esta elección responde a la necesidad de evaluar el impacto de la optimización del mantenimiento preventivo en los equipos con mayor incidencia en la producción (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recojo de datos**

Para el recojo de datos se emplearon dos técnicas principales: el análisis documental y la observación directa. El análisis documental consistió en la revisión sistemática de los registros históricos de mantenimiento, órdenes de trabajo, reportes de fallas y tiempos de parada de las chancadoras primarias, permitiendo recopilar información precisa sobre la frecuencia, tipo y gravedad de las averías, así como sobre los tiempos de intervención asociados a cada falla. La observación directa, por su parte, implicó el seguimiento en campo de las rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo, poniendo especial énfasis en los tiempos de ejecución, el uso de recursos y el cumplimiento de los procedimientos establecidos para la atención de fallas y la operación de los equipos críticos.

Los instrumentos utilizados para la recolección de la información se adecuaron a cada una de las técnicas aplicadas. Para el análisis documental se emplearon fichas de registro de fallas, utilizadas para documentar la frecuencia y naturaleza de las averías; órdenes de trabajo que permitieron identificar las tareas programadas y ejecutadas; reportes técnicos de mantenimiento en los que se registraron tiempos de reparación y recursos empleados; y una base de datos histórica elaborada en Excel, que consolidó los indicadores MTBF, MTTR y la disponibilidad operacional. En el caso de la observación directa, se utilizaron checklists de mantenimiento preventivo para verificar la ejecución de las rutinas programadas; formatos de control de tiempos destinados a medir la duración de las intervenciones y de las paradas no programadas; y una guía de observación estructurada para registrar incidencias, desviaciones y condiciones relevantes durante la operación y el mantenimiento de las chancadoras primarias.

### **2.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento y análisis de los datos se desarrolló mediante procedimientos orientados a organizar, consolidar y examinar la información obtenida en el estudio. La información recolectada a través de las fichas de fallas, los checklists de mantenimiento

y los formatos de tiempos de intervención fue codificada y tabulada en una base de datos elaborada en Microsoft Excel, asignando categorías y valores numéricos a cada indicador técnico. Esta etapa permitió estructurar los datos relacionados con el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF), el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), la disponibilidad operacional y los registros de paradas de las chancadoras primarias.

Posteriormente, los datos fueron procesados utilizando herramientas estadísticas descriptivas en Excel y SPSS, aplicando cálculos de frecuencias, promedios, tiempos acumulados y porcentajes asociados al desempeño operativo de los equipos. Estos procedimientos permitieron determinar el comportamiento de los indicadores antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo optimizado, así como identificar variaciones significativas en la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad de los equipos críticos. Los cálculos técnicos correspondientes al MTBF, MTTR y la Disponibilidad Operacional se realizaron siguiendo las directrices establecidas por la norma ISO 14224:2016, lo que garantizó la precisión y validez de los resultados obtenidos.

Finalmente, los resultados fueron presentados mediante tablas comparativas y gráficos que facilitaron la evaluación del efecto de la optimización del mantenimiento preventivo, permitiendo validar las hipótesis específicas y responder a los objetivos planteados en la investigación. Este análisis descriptivo permitió interpretar de manera clara las mejoras alcanzadas en la operación de las chancadoras primarias tras la intervención.

## **2.5. Aspectos éticos de investigación**

La investigación se desarrolla conforme a las disposiciones y lineamientos establecidos por la universidad, garantizando el respeto a los derechos de propiedad intelectual, motivo por el cual se incluyen de manera adecuada las citas de textos, libros y referencias bibliográficas empleadas.

### III. RESULTADOS

#### Diagnostico actual de disponibilidad mecánica de las chancadoras primarias

Se iniciará realizando un diagnóstico mediante un análisis de Pareto para saber la situación actual de la gestión de mantenimiento de las chancadoras primarias

**Tabla 1**

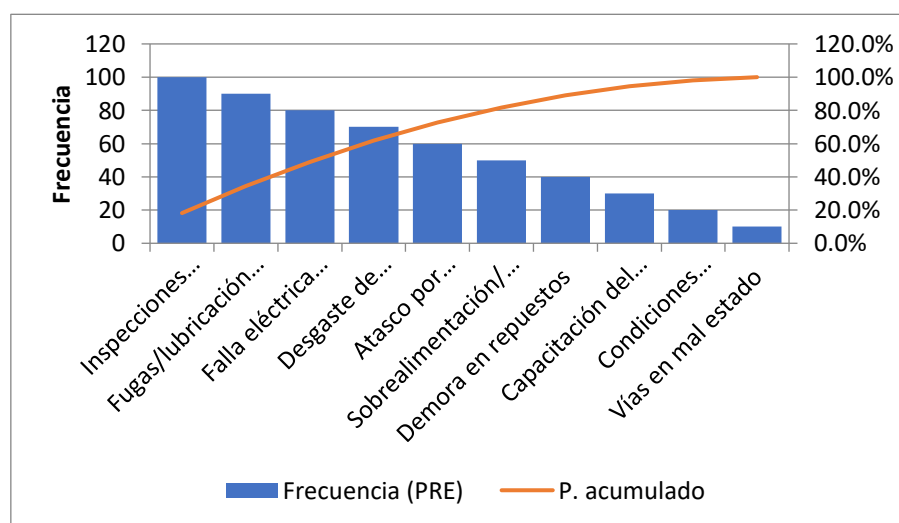
*Diagnostico actual mediante el Análisis de Pareto*

PROBLEMAS	FRECUENCIA (PRE)	P. ACUMULADO
Inspecciones insuficientes	100	18.2%
Fugas/lubricación deficiente	90	34.5%
Falla eléctrica (sensores/motores)	80	49.1%
Desgaste de liners/placas	70	61.8%
Atasco por humedad/arcilla	60	72.7%
Sobrealimentación/operación	50	81.8%
Demora en repuestos	40	89.1%
Capacitación del personal	30	94.5%
Condiciones ambientales	20	98.2%
Vías en mal estado	10	100.0%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 1**

*Diagrama de Pareto*



Los resultados del análisis de Pareto muestran que la continuidad operativa de las chancadoras primarias se ve afectada principalmente por tres causas críticas: **inspecciones insuficientes (18.2%)**, **fugas y lubricación deficiente (16.4%)** y **fallas eléctricas en sensores o motores (14.5%)**, las cuales en conjunto representan **casi el 50% de todas las incidencias registradas**. A estas se suman el desgaste de liners, el atasco por humedad del material y la sobrecarga en la operación, que elevan el porcentaje acumulado al **81.8%**, evidenciando que la mayoría de las fallas provienen de deficiencias directamente relacionadas con la falta de un mantenimiento preventivo adecuado. Esta concentración de problemas confirma que la interrupción de la disponibilidad mecánica no es producto de fallas aleatorias, sino de actividades preventivas insuficientes, ausencia de rutinas de inspección, lubricación inadecuada y fallas en el control operativo, lo que justifica la urgente implementación de un plan de mantenimiento preventivo que reduzca las fallas críticas y optimice la continuidad operativa de las chancadoras primarias de la Compañía Minera Estrella S.A.

### **Tiempo Promedio Entre Fallas (MTBF)**

Corresponde al tiempo medio durante el cual la máquina opera sin registrar fallas.

Para calcular este indicador, se han tomado en cuenta el tiempo total de operación y la cantidad de fallas presentadas por las máquinas críticas en un periodo de tres años. Con estos datos —tiempo total de funcionamiento y número de fallas— se aplica la siguiente fórmula.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Numero de fallas}}$$

**Tabla 2**

*Tiempo total de operación en horas disponibles de las chancadoras primarias*

<b>EQUIPOS</b>	<b>HORAS DE OPERACIÓN AL DÍA</b>	<b>NRO DIAS EN 01 AÑO</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Chancadora primaria 1	20	365	7300	7300	7300
Chancadora primaria 2	20	365	7300	7300	7300

*Nota.* Elaboración propia

El tiempo total de operación disponible se obtiene multiplicando las 20 horas de trabajo diario por los 365 días del año, lo que equivale a **7,300 horas anuales**. Este

valor se mantiene constante en los años evaluados, reflejando una operación continua que requiere un mantenimiento preventivo adecuado para evitar paradas no programadas.

**Tabla 3**

*Número de paradas de los equipos por fallas durante el periodo 2020 -2022*

<b>EQUIPOS</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Chancadora primaria 1	150	180	200
Chancadora primaria 2	280	260	280

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 3 se detalla la cantidad de paradas que tuvieron los 2 equipos en estudio durante los Años 2020 – 2022.

**Tabla 4**

*Tiempo total de reparación de los equipos por fallas*

<b>EQUIPOS</b>	<b>HORAS PROMEDIO DE INACTIVIDAD POR FALLA</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Chancadora primaria 1	5	750	900	1000
Chancadora primaria 2	6	1680	1560	1680

*Nota.* Elaboración propia

El tiempo total de inactividad por fallas se obtiene multiplicando las horas promedio de reparación por falla por la cantidad de paradas registradas en cada año. Por ejemplo, para la Chancadora primaria 1 en el año 2020, las 5 horas promedio de inactividad por cada falla multiplicadas por 150 fallas anuales generan un total de **750 horas de inactividad**. De igual forma, la Chancadora primaria 2 presenta 6 horas promedio por falla, que al multiplicarse por 280 fallas registradas en 2020 resultan en **1,680 horas de inactividad**. Este mismo procedimiento se aplica para los años 2021 y 2022, evidenciando un incremento progresivo en el tiempo total de paro, lo cual refleja un deterioro en la confiabilidad del sistema y la necesidad urgente de fortalecer el mantenimiento preventivo.

**Tabla 5**

*Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) en horas de los equipos en el periodo del 2020 – 2022.*

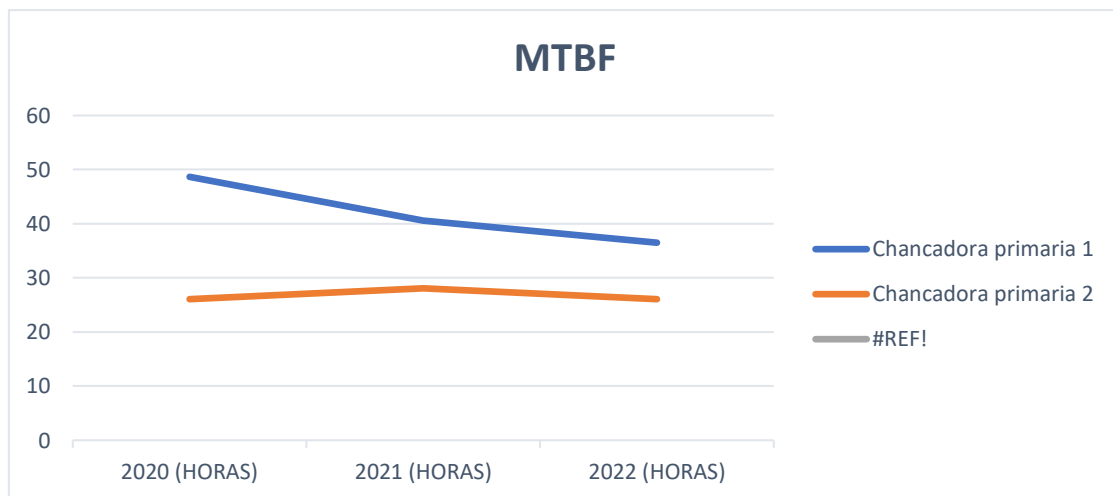
MTBF	AÑOS		
	2020 (HORAS)	2021 (HORAS)	2022 (HORAS)
Chancadora primaria 1	49	41	37
Chancadora primaria 2	26	28	26

*Nota.* Elaboración propia

El Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) se obtiene dividiendo las horas efectivas de operación anual entre el número de fallas registradas en cada año. Por ejemplo, para la Chancadora primaria 1 en el año 2020, si se consideran 7,300 horas de operación menos el tiempo total de inactividad acumulado en ese periodo, el resultado dividido entre el número de fallas permite obtener un MTBF de **49 horas**. Del mismo modo, los MTBF de 41 horas en 2021 y 37 horas en 2022 reflejan una reducción progresiva del intervalo medio entre fallas, lo que evidencia una disminución en la confiabilidad del equipo con el paso del tiempo.

**Figura 2**

*Comportamiento del tiempo promedio entre Fallas (MTBF) en horas, de los equipos en el periodo (2020-2022)*



*Nota.* Elaboración propia

### Tiempo Promedio en Reparación (MTTR)

Corresponde al tiempo medio requerido para subsanar una falla, desde que se produce la avería hasta que la máquina recupera su operatividad.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de inactividad}}{\text{Numero de fallas}}$$

**Tabla 6**

*Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) en horas de los equipos en el periodo del 2020 – 2022.*

MTTR	AÑOS		
	2020 (HORAS)	2021 (HORAS)	2022 (HORAS)
Chancadora primaria 1	5	5	5
Chancadora primaria 2	6	6	6

*Nota.* Elaboración propia

El Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) se obtiene dividiendo el total de horas de inactividad por el número de fallas registradas en el año. En el caso de las chancadoras primarias, los valores permanecen constantes en el periodo 2020–2022 debido a que las horas de reparación por intervención no presentan variación: la Chancadora primaria 1 mantiene un MTTR de **5 horas**, mientras que la Chancadora primaria 2 registra **6 horas** por cada reparación. Esto evidencia que, aunque el tiempo total de inactividad varía según la cantidad de fallas anuales, el tiempo promedio que toma atender cada reparación se mantiene estable para ambos equipos.

**Tabla 7**

*Tiempo de Reparación Acumulada en horas de los equipos en el periodo del 2020 – 2022.*

EQUIPOS	AÑOS		
	2020 (HORAS)	2021 (HORAS)	2022 (HORAS)
Chancadora primaria 1	750	900	1000
Chancadora primaria 2	1680	1560	1680

*Nota.* Elaboración propia

En el año 2021, el Tiempo de Reparación Acumulada de las chancadoras primarias resulta de multiplicar el tiempo promedio de reparación por el número de intervenciones realizadas. En la Chancadora primaria 1, las **900 horas** acumuladas provienen de 5 horas de MTTR por cada reparación; de manera similar, la Chancadora primaria 2 registra **1,560 horas**, producto de 6 horas de MTTR por intervención. Estos valores muestran que, aunque el tiempo promedio por reparación se mantiene constante, el número de fallas anuales incrementa o reduce la cantidad total de horas de inactividad acumulada.

**Disponibilidad**

La disponibilidad se entiende como la proporción de tiempo durante el cual un equipo permanece en funcionamiento y apto para operar dentro del periodo analizado, considerando únicamente las detenciones imprevistas.

Para hallar este indicador, usaremos la ecuación que se describe a continuación.

$$\% \text{ disponibilidad inherente} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100$$

**Tabla 8**

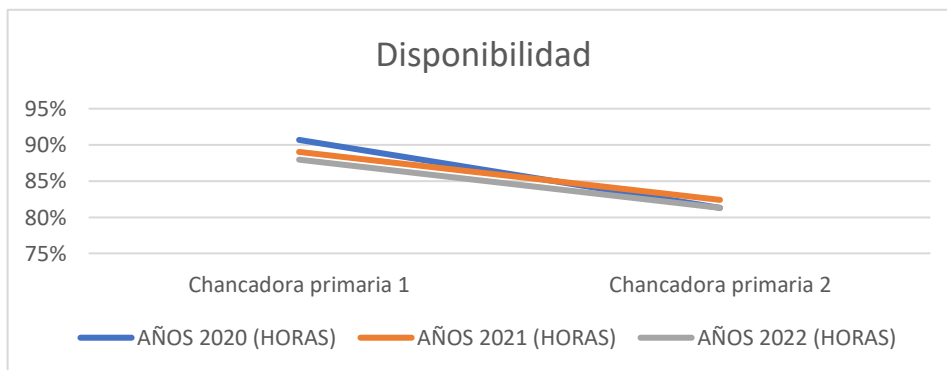
*Porcentaje de Disponibilidad Actual de los equipos en el periodo del 2020 – 2022.*

	AÑOS		
	2020 (HORAS)	2021 (HORAS)	2022 (HORAS)
Chancadora primaria 1	91%	89%	88%
Chancadora primaria 2	81%	82%	81%

*Nota.* Elaboración propia

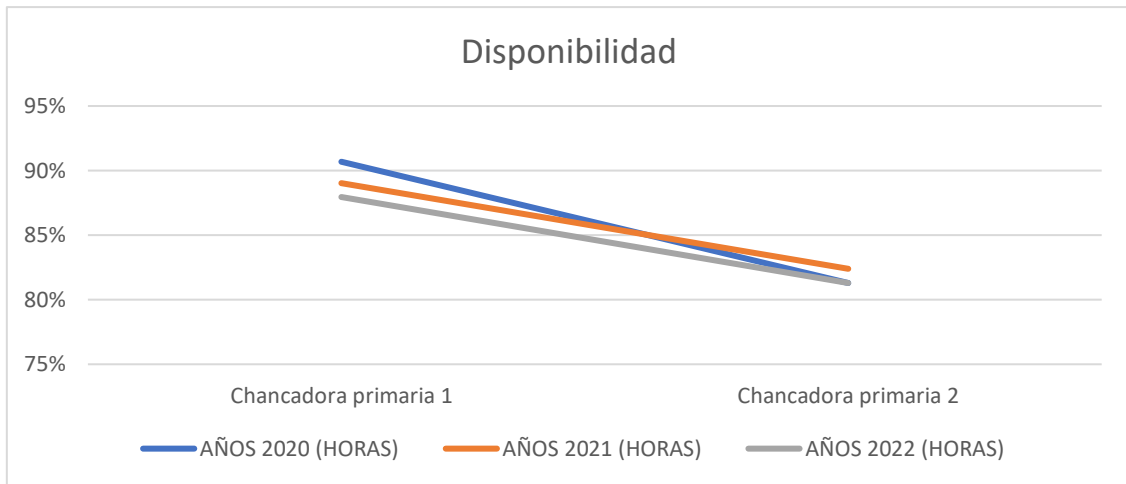
**Figura 3**

*Comportamiento de Disponibilidad Inherente de equipos en el periodo (2021-2023)*



En el periodo 2020–2022, la Chancadora primaria 1 mantuvo una disponibilidad

alta pero con ligera disminución (91% → 88%), mientras que la Chancadora primaria 2 mostró un comportamiento similar, oscilando entre 81% y 82%. Estos valores reflejan que, aunque los equipos operaron la mayor parte del tiempo, la tendencia a la baja



evidencia un incremento progresivo de paradas no programadas que afectaron su continuidad operativa.

### Plan de mejora en la gestión de equipos de acarreo mediante la metodología RCM

Para incrementar la confiabilidad de las chancadoras primarias y mejorar su disponibilidad operativa, es necesario implementar un sistema estructurado de mantenimiento preventivo que permita anticipar fallas, reducir las paradas no programadas y asegurar el funcionamiento continuo del equipo. Este sistema se fundamenta en la programación periódica de actividades de inspección, lubricación, evaluación de desgaste, verificaciones eléctricas y controles operativos vinculados directamente con las principales causas de falla identificadas (ver Tabla 1).

Para una adecuada gestión del mantenimiento, se han diseñado e implementado **dos instrumentos esenciales**. El primero es el **Plan de Mantenimiento Preventivo**, que detalla las actividades programadas para cada componente crítico de la chancadora, junto con su frecuencia, responsables y observaciones (ver Anexo 2). El segundo es el **Check List de Mantenimiento Predictivo y Operacional**, que permite realizar controles diarios, semanales o según necesidad sobre parámetros clave tales como lubricación, desgaste, vibraciones, condiciones eléctricas y estado general del equipo, garantizando que los problemas identificados en la etapa de diagnóstico no vuelvan a ocurrir (ver Anexo 3).

**Tabla 9***Numero de paradas de las chancadoras primarias durante el periodo 2023-2025*

<b>EQUIPOS</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
Chancadora primaria 1	70	55	45
Chancadora primaria 2	70	50	35

*Nota.* Elaboración propia

Los resultados muestran una reducción progresiva en el número de paradas de ambas chancadoras después de la implementación del mantenimiento preventivo. La Chancadora primaria 1 pasó de 70 paradas en 2023 a 45 en 2025, y la Chancadora primaria 2 disminuyó de 70 a 35 en el mismo periodo. Esta tendencia refleja que la intervención aplicada logró disminuir significativamente las fallas y mejorar la continuidad operativa de los equipos.

**Tabla 10***Tiempo Total de Reparación por Horas Inactivas del Periodo 2023-2025*

<b>EQUIPOS</b>	<b>HORAS PROMEDIO DE INACTIVIDAD POR FALLA</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
Chancadora primaria 1	4	280	220	180
Chancadora primaria 2	3	210	150	105

*Nota.* Elaboración propia

En el año 2024, el tiempo total de inactividad de la Chancadora primaria 1 fue de 220 horas, resultado de multiplicar las 4 horas promedio de inactividad por falla por las 55 paradas registradas ( $4 \text{ h/falla} \times 55 \text{ fallas} = 220 \text{ h}$ ). De manera similar, la Chancadora primaria 2 alcanzó 150 horas de inactividad en 2024, producto de 3 horas promedio por falla y 50 paradas ( $3 \text{ h/falla} \times 50 \text{ fallas} = 150 \text{ h}$ ). Estos valores evidencian una reducción progresiva de horas perdidas respecto al 2023, demostrando que la implementación del mantenimiento preventivo disminuyó tanto las fallas como el tiempo total de inactividad de las chancadoras primarias.

**Tabla 11**

*Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) en horas de los equipos en el periodo 2023 – 2025.*

MTBF	AÑOS		
	2023 (HORAS)	2024 (HORAS)	2025 (HORAS)
Chancadora primaria 1	104	133	162
Chancadora primaria 2	104	146	209

*Nota.* Elaboración propia

En 2023, ambas chancadoras registran un MTBF de 104 horas, valor que se obtiene al dividir las horas efectivas de operación entre el número de fallas de ese año; en 2024 estos intervalos se incrementan a 133 horas para la Chancadora primaria 1 y 146 horas para la Chancadora primaria 2, alcanzando en 2025 los valores máximos de 162 y 209 horas, respectivamente.

### **Tiempo Promedio en Reparación (MTTR)**

Para calcular este indicador, se han tomado en cuenta los valores estimados del tiempo total de inactividad y el número de fallas registradas en los equipos durante el periodo proyectado, el cual corresponde a un dato aproximado, aplicando la siguiente ecuación.

$$MTTR = \text{Tiempo total de inactividad} / \text{Numero de fallas}$$

**Tabla 12**

*Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) en horas de los equipos en el periodo (2023-2025)*

MTTR	AÑOS		
	2023 (HORAS)	2024 (HORAS)	2025 (HORAS)
Chancadora primaria 1	4	4	4
Chancadora primaria 2	3	3	3

*Nota.* Elaboración propia

En el año 2023, la Chancadora primaria 1 registró un MTTR de 4 horas, mientras que la Chancadora primaria 2 alcanzó 3 horas por reparación. Estos valores se mantienen estables en 2024 y 2025, lo que indica que el tiempo requerido para atender cada falla se ha reducido y controlado.

**Tabla 13**

*Tiempo de Reparación Acumulada en horas de los equipos en el periodo del 2023 – 2025.*

<b>Equipos</b>	<b>AÑOS</b>		
	<b>2023 (HORAS)</b>	<b>2024 (HORAS)</b>	<b>2025 (HORAS)</b>
Chancadora primaria 1	280	220	180
Chancadora primaria 2	210	150	105

*Nota.* Elaboración propia

En 2023, la Chancadora primaria 1 registró 280 horas de inactividad acumulada, valor que disminuyó a 220 horas en 2024 y a 180 horas en 2025; de igual manera, la Chancadora primaria 2 pasó de 210 horas en 2023 a 150 horas en 2024 y 105 horas en 2025.

### **Porcentaje de Disponibilidad**

Para hallar el porcentaje de disponibilidad usaremos los cálculos anteriores como es el Tiempo Promedio entre Fallas y Tiempo Promedio de Reparación, mediante la fórmula.

$$\% \text{ disponibilidad inherente} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

**Tabla 14**

*Porcentaje de Disponibilidad Inherente de los equipos en el periodo 2023-2025.*

<b>Equipos</b>	<b>AÑOS</b>		
	<b>2023 (HORAS)</b>	<b>2024 (HORAS)</b>	<b>2025 (HORAS)</b>
Chancadora primaria 1	96%	97%	98%
Chancadora primaria 2	97%	98%	99%

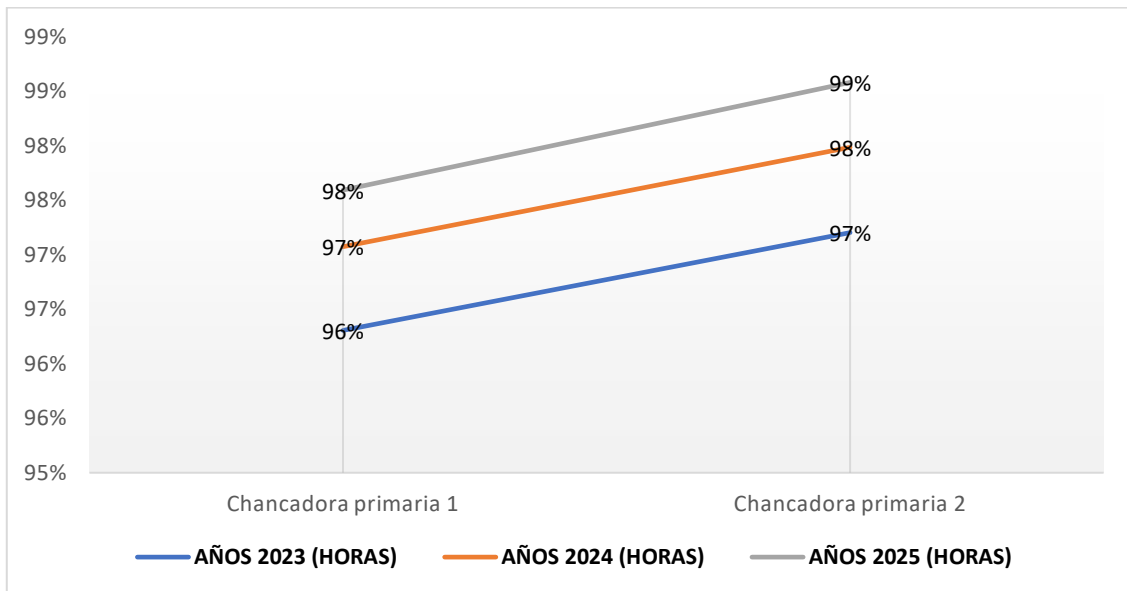
*Nota.* Elaboración propia

El porcentaje de disponibilidad inherente muestra un incremento sostenido después de la implementación del mantenimiento preventivo. La Chancadora primaria 1 pasa de niveles previos de 88%–91% (periodo 2023–2025) a valores superiores del 96% en 2023, 97% en 2024 y 98% en 2025. Del mismo modo, la Chancadora primaria 2, que

antes registraba disponibilidades entre 81% y 82%, eleva su rendimiento hasta 97%, 98% y 99% en los años posteriores. Este aumento significativo refleja que la reducción de fallas (mayor MTBF) y los menores tiempos de reparación (MTTR) lograron maximizar el tiempo operativo de las chancadoras, evidenciando una mejora directa en la continuidad y confiabilidad del proceso productivo.

**Figura 4**

*Comportamiento de Disponibilidad Inherente de equipos en el periodo (2023-2025)*



*Nota.* Elaboración propia

**Evaluar el efecto de la implementación del mantenimiento preventivo en la confiabilidad de las chancadoras primarias medida a través del tiempo medio entre fallas.**

**Tabla 15**

*Paradas por año y variación del MTBF*

Equipo	Paradas/año Pre	Paradas/año Post	↓ Reducción de paradas	MTBF (h) Pre	MTBF (h) Post
Chancadora primaria 1	176.67	56.67	<b>-67.9%</b>	42.22	133.08
Chancadora primaria 2	273.33	51.67	<b>-81.1%</b>	26.67	152.95

La Tabla 15 evidencia que la implementación del mantenimiento preventivo

mejoró de manera significativa la confiabilidad de las chancadoras primarias, reflejada en la reducción de paradas anuales y el incremento del MTBF. En la chancadora primaria 1 las paradas disminuyeron en  $-67.9\%$ , elevando el MTBF de 42.22 h a 133.08 h; mientras que en la chancadora primaria 2 la reducción de paradas fue de  $-81.1\%$  y el MTBF aumentó de 26.67 h a 152.95 h. Estos resultados muestran que los equipos operan ahora por mayor tiempo continuo antes de presentar fallas, cumpliéndose el objetivo de incrementar la confiabilidad operativa mediante el mantenimiento preventivo.

**Tabla 16**

*Comparación del MTTR, disponibilidad e inactividad*

Equipo	MTTR (h) Pre	MTTR (h) Post	Disponibilidad Pre	Disponibilidad Post	↑ Mejora (pp)
Chancadora primaria 1	5	4	89.40%	97.10%	+7.7 pp
Chancadora primaria 2	6	3	81.60%	98.10%	+16.5 pp

La Tabla 16 confirma que el mantenimiento preventivo no solo elevó la confiabilidad, sino que también optimizó el desempeño operativo de las chancadoras, ya que el MTTR disminuyó en ambos equipos, la disponibilidad aumentó (+7.7 pp en la chancadora 1 y +16.5 pp en la chancadora 2). Esto demuestra que los equipos no solo fallan menos, sino que cuando fallan se recuperan más rápido, incrementando su disponibilidad y reforzando la mejora de la confiabilidad tras la implementación del mantenimiento preventivo.

**Analizar la influencia del mantenimiento preventivo en la mantenibilidad (MTTR) de las chancadoras primarias**

**Tabla 17**

*Comparación del Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo en las chancadoras primarias*

Equipo	MTTR Pre	MTTR Post
Chancadora 1	5 h	4 h
Chancadora 2	6 h	3 h

Los resultados de la Tabla muestran que, luego de la implementación del mantenimiento preventivo, el tiempo promedio de reparación (MTTR) disminuyó de manera importante en ambas chancadoras. La Chancadora primaria 1 redujo su MTTR de 5 a 4 horas, mientras que la Chancadora primaria 2 pasó de 6 a 3 horas, es decir, ahora se repara en la mitad del tiempo. Esta reducción evidencia una mejora sustancial en la mantenibilidad, ya que las intervenciones se realizan de forma más rápida y eficiente, lo que disminuye el tiempo de inactividad y contribuye a un retorno más ágil de las máquinas a su operación normal.

### **Determinar el impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias**

Tabla 18

*Comparación del porcentaje de disponibilidad operacional antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo en las chancadoras primarias*

<b>Equipo</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Disponibilidad</b>
	<b>Pre</b>	<b>Post</b>
Chancadora 1	88%–91%	96%–98%
Chancadora 2	81%–82%	97%–99%

Los resultados de la Tabla 18 muestran que, tras la implementación del mantenimiento preventivo, la disponibilidad operacional de ambas chancadoras mejoró de manera significativa. La Chancadora primaria 1 elevó su disponibilidad de valores previos entre 88% y 91% a niveles posteriores de 96% a 98%, mientras que la Chancadora primaria 2 pasó de 81%–82% a 97%–99%. Este incremento refleja que los equipos permanecen más tiempo operativos y con menos paradas no programadas, debido al aumento del MTBF y la reducción del MTTR, lo que garantiza una mayor continuidad del proceso de chancado y un mejor desempeño global en la operación minera.

**Establecer la contribución del mantenimiento preventivo al cumplimiento del programa de producción en las chancadoras primarias**

**Tabla 19**

*Indicadores operativos pre y post mantenimiento preventivo y su contribución al cumplimiento del programa de producción*

<b>Indicador</b>	<b>Equipo</b>	<b>Pre-Mantenimiento</b>	<b>Post Mantenimiento</b>
<b>Número de paradas al año</b>	Chancadora 1	176.67	56.67
	Chancadora 2	273.33	51.67
<b>Horas de inactividad acumulada</b>	Chancadora 1	750 – 1000 h	180 – 220 h
	Chancadora 2	1560 – 1680 h	105 – 150 h
<b>MTBF (Tiempo entre fallas)</b>	Chancadora 1	42 h	133 h
	Chancadora 2	26 h	153 h
<b>Disponibilidad operacional</b>	Chancadora 1	88% – 91%	96% – 98%
	Chancadora 2	81% – 82%	97% – 99%

La Tabla 19 demuestra que la implementación del mantenimiento preventivo contribuyó de manera directa y contundente al cumplimiento del programa de producción, ya que redujo significativamente el número de paradas anuales (entre 67.9% y 81.1%) y las horas de inactividad acumulada (más del 75% en ambos equipos). Asimismo, el MTBF aumentó de forma notable en las chancadoras, permitiendo que operen durante más horas continuas sin fallar, y la disponibilidad operacional se elevó hasta rangos de 96%–99%, garantizando que los equipos se mantengan funcionales prácticamente todo el tiempo requerido por el plan de producción. En conjunto, estas mejoras aseguran un flujo constante de mineral y evitan retrasos en el proceso metalúrgico, evidenciando una contribución directa al cumplimiento del programa de producción establecido por la compañía minera.

## Análisis Inferencial

H0: La implementación del mantenimiento preventivo no modifica significativamente la confiabilidad de las chancadoras primarias; es decir, el MTBF promedio no presenta diferencias significativas entre el periodo previo (2020–2022) y posterior (2023–2025) a la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la Compañía Minera Estrella S.A. Huamachuco, 2025.

H1: La implementación del mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de las chancadoras primarias; es decir, el MTBF promedio es mayor en el periodo posterior (2023–2025) respecto al periodo previo (2020–2022) a la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la Compañía Minera Estrella S.A. Huamachuco, 2025.

Tabla 20

Prueba T- Mtbf Pre y Post

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	MTBF PRE - MTBF POST	-108.500	44.671	18.237	-155.379	-61.621	5.949	5	0.002

La prueba t para muestras emparejadas mostró que existe una diferencia significativa entre el MTBF antes y después del mantenimiento preventivo. La diferencia media fue de -108.50 horas (la confiabilidad aumentó), siendo estadísticamente significativa ( $t = -5.949$ ,  $gl = 5$ ,  $p = 0.002$ ).

El intervalo de confianza al 95% (-155.38; -61.62) confirma que el incremento del MTBF no se debe al azar.

H0: La implementación del mantenimiento preventivo no reduce significativamente el tiempo promedio de reparación (MTTR) de las chancadoras

primarias; es decir, el MTTR permanece igual o mayor en el periodo posterior a la implementación del mantenimiento preventivo, respecto al periodo previo.

H1: La implementación del mantenimiento preventivo reduce significativamente el tiempo promedio de reparación (MTTR) de las chancadoras primarias; es decir, el MTTR es menor en el periodo posterior a la implementación del mantenimiento preventivo, respecto al periodo previo.

**Tabla 21**

*Prueba T- Mtrr Pre y Post*

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	MTTR PRE - MTTR POST	2.000	1.095	0.447	0.850	3.150	4.472	5	0.007

La prueba t para muestras emparejadas mostró que el Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) disminuyó significativamente tras la implementación del mantenimiento preventivo, pasando de un promedio de 5.50 horas en el periodo previo a 3.50 horas en el periodo posterior, con una diferencia media de 2.00 horas que resultó estadísticamente significativa ( $t = 4.472$ ,  $gl = 5$ ,  $p = 0.007$ ). El intervalo de confianza al 95% (0.850 a 3.150) confirma que la reducción observada es real y no producto del azar, concluyéndose que el mantenimiento preventivo mejora de manera significativa la mantenibilidad de las chancadoras primarias.

H0: La implementación del mantenimiento preventivo no incrementa significativamente la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias; es decir, la disponibilidad del periodo posterior es igual o menor que la del periodo previo.

H1: La implementación del mantenimiento preventivo incrementa significativamente la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias; es decir, la disponibilidad del periodo posterior es mayor que la del periodo previo.

**Tabla 22***Prueba T- Disponibilidad Pre y Post*

		Diferencias emparejadas					t	g l	Sig. (bilateral )
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Disponibilidad PRE - Disponibilidad POST	-10.333	4.412	1.801	-14.964	-5.703	-5.737	5	0.002

La disponibilidad operacional aumentó significativamente después del mantenimiento preventivo, con una diferencia media de 10.33 puntos porcentuales entre el periodo previo y posterior. Esta mejora fue estadísticamente significativa ( $t = -5.737$ ,  $gl = 5$ ,  $p = 0.002$ ), con un intervalo de confianza del 95% entre  $-14.964$  y  $-5.703$ , lo que confirma que el incremento en la disponibilidad no se debe al azar.

H0: La implementación del mantenimiento preventivo no contribuye significativamente al cumplimiento del programa de producción en las chancadoras primarias; es decir, no existe una reducción significativa en el número de paradas operativas después del mantenimiento.

H1: La implementación del mantenimiento preventivo contribuye significativamente al cumplimiento del programa de producción en las chancadoras primarias; es decir, el número de paradas operativas disminuye de manera significativa después del mantenimiento.

**Tabla 23***Prueba T*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Paradas PRE - Paradas POST	170.833	61.921	25.279	105.852	235.815	6.758	5	0.001

La prueba t para muestras emparejadas mostró que el número de paradas disminuyó de manera significativa tras la implementación del mantenimiento preventivo, con una diferencia media de 170.83 paradas menos entre el periodo previo y posterior. Esta reducción es estadísticamente significativa ( $t = 6.758$ ,  $gl = 5$ ,  $p = 0.001$ ), y el intervalo de confianza al 95% (105.85 a 235.82) confirma que la disminución no se debe al azar. En conjunto, estos resultados evidencian que el mantenimiento preventivo redujo sustancialmente las paradas operativas, contribuyendo al cumplimiento del programa de producción.

#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman que la situación problemática identificada en la Compañía Minera Estrella S.A., caracterizada por paradas no planificadas, incrementos en los tiempos de reparación y una disponibilidad operacional decreciente, está directamente asociada a deficiencias en el mantenimiento preventivo. Los datos fueron procesados mediante hojas de cálculo y software estadístico especializado, utilizando estadística descriptiva comparativa para analizar el comportamiento de los indicadores antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, lo que permitió evaluar con objetividad su impacto sobre la continuidad operativa de las chancadoras primarias.

El análisis de Pareto evidenció que tres causas principales, inspecciones insuficientes (18.2 %), fugas y lubricación deficiente (16.4 %) y fallas eléctricas en sensores o motores (14.5 %), concentran casi el 50 % de las incidencias; junto con el desgaste de liners, los atascos por humedad y la sobrealimentación elevan el acumulado al 81.8 %. Este patrón coincide con lo reportado por Bustillos (2022) y Chávez (2019), quienes demostraron que la falta de rutinas preventivas sistemáticas, de inspecciones oportunas y del control de las condiciones operativas genera un aumento de fallas recurrentes, tiempos muertos y sobrecostos, afectando directamente la continuidad operativa de las plantas de chancado. De este modo, se corrobora que la problemática inicial de la empresa está vinculada a una gestión insuficiente del mantenimiento preventivo y se justifica la intervención propuesta en la presente investigación.

En relación con el Objetivo Específico 1, orientado a evaluar el efecto del mantenimiento preventivo en la confiabilidad medida a través del tiempo medio entre fallas (MTBF), los datos muestran que, en la etapa previa, los MTBF promedio eran relativamente bajos, de 42.22 horas en la chancadora primaria 1 y 26.67 horas en la chancadora primaria 2, con un número de paradas anuales elevado de 176.67 y 273.33, respectivamente. Luego de la implementación del mantenimiento preventivo, las paradas se redujeron en 67.9 % en la chancadora 1 y 81.1 % en la chancadora 2, mientras que el MTBF se incrementó hasta 133.08 horas y 152.95 horas. Estos resultados indican que los equipos operan ahora durante más horas continuas antes de presentar una falla, lo que evidencia un incremento significativo de la confiabilidad.

Este comportamiento se alinea con lo planteado por Márquez (2019), quien sostiene que un plan preventivo bien estructurado permite anticiparse a las averías y aumentar el tiempo medio entre fallas, así como con los hallazgos de Putri et al. (2020), que verificaron que una programación preventiva adecuada reduce sustancialmente los tiempos muertos y mejora el aprovechamiento de los recursos de mantenimiento. Asimismo, concuerda con lo demostrado por Barabady (2005) en plantas de trituración, donde la aplicación de análisis de fallas y planes preventivos optimizados incrementó la confiabilidad de los equipos críticos. En consecuencia, los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis específica 1, al evidenciar que la implementación del mantenimiento preventivo incrementa de manera significativa el MTBF y, por tanto, la confiabilidad de las chancadoras primarias.

Respecto al Objetivo Específico 2, referido a analizar la influencia del mantenimiento preventivo en la mantenibilidad medida a través del tiempo promedio de reparación (MTTR), se observa una reducción clara de este indicador. En la situación inicial, la chancadora primaria 1 presentaba un MTTR de 5 horas y la chancadora primaria 2 de 6 horas por intervención; después de la implementación del plan preventivo, estos valores se redujeron a 4 horas en la chancadora 1 y 3 horas en la chancadora 2, lo que implica que en este último caso el tiempo de reparación se redujo a la mitad. Esta disminución del MTTR significa que, frente a una falla, los equipos retornan más rápidamente a operación, reduciendo el tiempo efectivo de inactividad y el impacto de las paradas sobre el proceso de chancado.

Estos hallazgos son coherentes con lo señalado por Márquez (2019), quien resalta que la mantenibilidad, expresada a través del MTTR, constituye un componente esencial de la gestión de activos físicos, y se alinea con las directrices establecidas en la norma ISO 14224:2016, la cual reconoce el MTTR como un indicador clave para evaluar la capacidad de recuperación de los equipos frente a fallas. Del mismo modo, guardan concordancia con los resultados reportados por Angulo (2025), quien evidenció que la implementación de estrategias preventivas y la adecuada gestión de repuestos críticos contribuyó a disminuir los tiempos de reparación y a incrementar la disponibilidad de una chancadora cónica de alta capacidad. Sobre la base de estos resultados, se confirma la hipótesis específica 2, al comprobar que el mantenimiento preventivo optimizado mejora la mantenibilidad de las chancadoras primarias mediante la reducción del MTTR.

En cuanto al Objetivo Específico 3, que buscaba determinar el impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad operacional, las series históricas muestran que, en el periodo 2020–2022, la chancadora primaria 1 registraba disponibilidades entre 88 % y 91 %, mientras que la chancadora primaria 2 se encontraba entre 81 % y 82 %, con una ligera tendencia decreciente asociada al incremento de paradas no programadas.

Después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, la disponibilidad inherente se elevó a rangos de 96 % a 98 % en la chancadora 1 y de 97 % a 99 % en la chancadora 2, representando mejoras de 7.7 y 16.5 puntos porcentuales al comparar la situación previa y posterior. Este aumento de la disponibilidad es consecuencia directa del incremento del MTBF y de la reducción del MTTR, y refleja que los equipos permanecen operativos durante una mayor proporción del tiempo planeado. Este comportamiento coincide con los resultados de Huamán (2024) y Lazarte (2021), quienes reportaron que la implementación de modelos y sistemas de gestión de mantenimiento preventivo permitió elevar la disponibilidad de equipos mineros por encima del 90 % y reducir los tiempos muertos. Asimismo, se encuentra en consonancia con lo descrito por Florea et al. (2024), quienes señalan que programas preventivos bien diseñados incrementan la productividad y disminuyen las fallas inesperadas, y con lo planteado por Vasilyeva et al. (2023), que demostraron que la optimización de parámetros de operación y diseño contribuye a prolongar la vida útil de los equipos y a reducir paradas imprevistas. Con base en esta evidencia, se acepta la hipótesis específica 3, al verificarse que la implementación del mantenimiento preventivo incrementa significativamente la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias.

Finalmente, el Objetivo Específico 4 estuvo orientado a establecer la contribución del mantenimiento preventivo al cumplimiento del programa de producción. La comparación de indicadores operativos pre y post intervención muestra que el número de paradas anuales se redujo de 176.67 a 56.67 en la chancadora 1 y de 273.33 a 51.67 en la chancadora 2, mientras que las horas de inactividad acumulada pasaron de rangos de 750–1000 horas a 180–220 horas en la chancadora 1 y de 1560–1680 horas a 105–150 horas en la chancadora 2. Al mismo tiempo, el MTBF se incrementó de 42 a 133 horas en la chancadora 1 y de 26 a 153 horas en la chancadora 2, y la disponibilidad operacional se elevó hasta intervalos de 96 %–98 % y 97 %–99 %, respectivamente. Este conjunto de mejoras permitió que las chancadoras se mantuvieran funcionales prácticamente todo el

tiempo requerido por el plan de producción, asegurando un flujo constante de mineral hacia las etapas posteriores del proceso metalúrgico y evitando retrasos significativos. Estos resultados son coherentes con lo descrito por Chávez (2019), quien evidenció que un plan preventivo estructurado reduce el tiempo de inactividad y mejora el cumplimiento de los objetivos de producción, y con lo señalado por Gálvez (2022), que destaca que la optimización del mantenimiento preventivo disminuye los costos correctivos y favorece la continuidad operativa de los procesos industriales. En este contexto, se confirma la hipótesis específica 4, al demostrarse que el mantenimiento preventivo contribuye de manera directa y relevante al cumplimiento del programa de producción en las chancadoras primarias de la Compañía Minera Estrella S.A.

En síntesis, el análisis de los resultados pre y post intervención, procesados con apoyo de software estadístico y contrastados con la literatura especializada, permite confirmar la hipótesis general de la investigación: la implementación de un mantenimiento preventivo optimizado influye significativamente en la continuidad operativa de las chancadoras primarias de la Compañía Minera Estrella S.A., al incrementar la confiabilidad mediante el aumento del MTBF, mejorar la mantenibilidad reduciendo el MTTR, elevar de manera importante la disponibilidad operacional y favorecer el cumplimiento del programa de producción establecido por la empresa minera.

## V. CONCLUSIONES

Se concluye que la continuidad operativa de las chancadoras primarias de la Compañía Minera Estrella S.A. se encontraba comprometida principalmente por inspecciones insuficientes (18.2 %), fugas y lubricación deficiente (16.4 %) y fallas eléctricas en sensores o motores (14.5 %), que en conjunto representan cerca del 50 % de las incidencias. Al considerar también el desgaste de liners, los atascos por humedad y la sobrealimentación, el porcentaje acumulado alcanza el 81.8 %, lo que demuestra que la mayoría de las fallas estaba asociada a deficiencias en el mantenimiento preventivo y en el control operativo. Esta situación se reflejaba en MTBF bajos, tiempos de reparación elevados y disponibilidades que fluctuaban entre 88 %–91 % y 81 %–82 % según el equipo.

La implementación del mantenimiento preventivo optimizado incrementó de manera significativa la confiabilidad de las chancadoras primarias. En la Chancadora 1, el número de paradas anuales se redujo aproximadamente en **67.9 %**, mientras que el MTBF pasó de **42.22 h a 133.08 h**; en la Chancadora 2, las paradas disminuyeron alrededor de **81.1 %**, elevándose el MTBF de **26.67 h a 152.95 h**. Estos resultados evidencian que los equipos operan ahora durante periodos mucho más prolongados sin fallar, cumpliéndose el objetivo de incrementar la confiabilidad operativa mediante la optimización del mantenimiento preventivo.

Se concluye que el mantenimiento preventivo mejoró de forma notable la mantenibilidad de las chancadoras primarias. El **MTTR** de la Chancadora 1 se redujo de **5 h a 4 h**, mientras que el de la Chancadora 2 descendió de **6 h a 3 h**, lo que en este último caso representa una reducción del 50 % en el tiempo promedio de reparación. Esta disminución implica que, ante una avería, los equipos regresan más rápidamente a operación, reduciendo el impacto de las paradas en la continuidad del proceso y demostrando un avance significativo en la capacidad de respuesta del sistema de mantenimiento.

La optimización del mantenimiento preventivo incrementó de manera sustancial la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias. La Chancadora 1 pasó de disponibilidades previas en el rango de **88 %–91 %** a valores de **96 %–98 %**, mientras que la Chancadora 2 se elevó de **81 %–82 %** a **97 %–99 %**. Este incremento de entre **7.7 y 16.5 puntos porcentuales** evidencia que los equipos permanecen más tiempo

operativos y con menos paradas no programadas, consolidando una mejora directa en la continuidad operativa y en el desempeño global de la planta de chancado.

Finalmente, se concluye que la implementación del mantenimiento preventivo contribuyó de forma decisiva al cumplimiento del programa de producción. La reducción de paradas anuales (de 176.67 a 56.67 y de 273.33 a 51.67), junto con la disminución de las horas de inactividad acumulada (de **750–1000 h** a **180–220 h** en la Chancadora 1 y de **1560–1680 h** a **105–150 h** en la Chancadora 2), permitió asegurar un flujo continuo de mineral y minimizar retrasos en el proceso metalúrgico. En conjunto, estos resultados confirman que la optimización del mantenimiento preventivo no solo mejora los indicadores técnicos (MTBF, MTTR y disponibilidad), sino que también fortalece el cumplimiento del plan de producción y la competitividad de la empresa minera.

## VI. RECOMENDACIONES

Formalizar y consolidar el sistema de mantenimiento preventivo optimizado.

En coherencia con lo planteado por Márquez (2019) y con la norma ISO 14224:2016, se recomienda formalizar el sistema de mantenimiento preventivo implementado en las chancadoras primarias, integrándolo como parte de la gestión estratégica de activos de la Compañía Minera Estrella S.A. Esto implica documentar claramente las rutinas, frecuencias, responsables e indicadores (MTBF, MTTR y disponibilidad), garantizando su cumplimiento sistemático y su revisión periódica en reuniones de seguimiento técnico.

Priorizar las causas críticas identificadas en el análisis de Pareto.

De acuerdo con la evidencia obtenida y en línea con los hallazgos de Bustillos (2022) y Chávez (2019), se recomienda focalizar las acciones de mantenimiento en las causas que concentran el 81.8 % de las fallas: inspecciones insuficientes, lubricación deficiente, fallas eléctricas, desgaste de componentes, atascos por humedad y sobrealimentación. Para ello, deben reforzarse las rutinas de inspección, estandarizar los procedimientos de lubricación, implementar protocolos de verificación eléctrica y establecer controles operativos que eviten la sobrecarga de las chancadoras.

Implementar un monitoreo permanente de indicadores MTBF, MTTR y disponibilidad.

Siguiendo los lineamientos de la ISO 14224:2016 y lo reportado por Barabady (2005) y Putri et al. (2020), se recomienda consolidar una base de datos histórica que registre, de forma continua y confiable, las horas de operación, número de fallas, tiempos de reparación y disponibilidad operacional de cada chancadora. Estos indicadores deben ser analizados mensualmente para identificar tendencias, validar la eficacia del mantenimiento preventivo y ajustar las rutinas cuando se detecten desviaciones en la confiabilidad o la mantenibilidad.

Fortalecer la capacitación y la cultura de mantenimiento en el personal.

En concordancia con lo señalado por Huamán (2024), Lazarte (2021) y Florea et al. (2024), se recomienda desarrollar programas de capacitación continua orientados tanto al personal de mantenimiento como a los operadores de planta. Estos programas deben abordar temas de inspección efectiva, técnicas de lubricación, diagnóstico de fallas, uso adecuado de checklists, manejo de repuestos críticos y buenas prácticas operativas. Una cultura de mantenimiento preventivo compartida por todo el equipo contribuye a reducir

errores humanos, mejorar la detección temprana de fallas y sostener los niveles de disponibilidad alcanzados.

Optimizar la gestión de repuestos críticos y tiempos de respuesta

Considerando los resultados y la evidencia de Angulo (2025) y Bustillos (2022), se recomienda fortalecer la gestión de repuestos críticos asociados a las chancadoras primarias (liners, rodamientos, componentes eléctricos, elementos de lubricación, etc.). Esto incluye definir listas de repuestos críticos, establecer niveles mínimos de stock, coordinar con logística para evitar demoras y diseñar procedimientos que minimicen el tiempo de espera en caso de falla. Una gestión eficiente de repuestos reduce los tiempos de reparación reales y ayuda a mantener MTTR bajos y disponibilidades cercanas al 100%.

En línea con la justificación práctica y social (Gálvez, 2022; SNMPE, 2022), se recomienda que los resultados de MTBF, MTTR, disponibilidad y horas de inactividad se integren en los tableros de control del programa de producción y en la planificación global de la operación minera. De este modo, las decisiones sobre cargas de trabajo, secuencias de chancado y programación de paradas podrán basarse en datos reales de confiabilidad y disponibilidad, asegurando una continuidad operativa sostenible que contribuya tanto a la rentabilidad de la empresa como al desarrollo económico y social de la región La Libertad.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AENOR. (2011). Gestión del mantenimiento. UNE 151001. Madrid: AENOR.
- Barabady, J. (2005). Reliability and maintainability analysis of mining equipment: A case study of a crushing plant. *Reliability Engineering & System Safety*, 88(3), 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2004.07.005>.
- Bogdanovská, G., Benková, M., & Bednárová, D. (2025). Analysis of causes and consequences of failures in process of andesite crushing by jaw crusher. *Processes*, 13(1), 225. <https://doi.org/10.3390/pr13010225>.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Dashtaki, M. R., Jandaghi Jafari, A., & Hoseinie, S. H. (2025). Development of a new method for maintainability and downtime analysis of mining machinery. *Scientific Reports*, 15(1), 4565. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88505-3>.
- Dhillon, B. S. (2017). *Engineering maintainability: How to design for reliability and easy maintenance* (2nd ed.). CRC Press.
- Facilio. (2023, 20 de junio). Maintenance reliability: Definition, strategies & examples. Facilio. <https://facilio.com/blog/maintenance-reliability/>
- Flores, R., Vega, C., & Martínez, A. (2021). Reliability-centered maintenance applied to crushing plants in Latin American mining. *Journal of Mining and Metallurgy*, 57(2), 145–154. <https://doi.org/10.5937/jmm57-29450>
- Gálvez, J. (2022). *Gestión del mantenimiento preventivo en equipos de planta concentradora: Estudio de caso en la minería peruana [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]*. Cybertesis UNMSM. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15715>.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- International Organization for Standardization. (2016). ISO 14224:2016. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. ISO.
- Lizana, J., & Suxe, J. (2022). Evaluación del mantenimiento preventivo en chancadoras de la mediana minería peruana. *Revista de Ingeniería Industrial*, 14(1), 33–42. <https://doi.org/10.15381/rinv.v14i1.22955>

- Márquez, A. C. (2019). *The maintenance management framework: Models and methods for complex systems maintenance* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6778-2>.
- Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Anuario Minero 2022*. MINEM. <https://www.gob.pe/minem>.
- Moubray, J. (2001). *Reliability-centered maintenance* (2nd ed.). Industrial Press.
- Pérez-Guerrero, E. E., Guillén-Medina, M. R., Márquez-Sandoval, F., Vera-Cruz, J. M., Gallegos-Arreola, M. P., Rico-Méndez, M. A., Aguilar-Velázquez, J. A., & Gutiérrez-Hurtado, I. A. (2024). Consideraciones metodológicas y estadísticas para estudios transversales, de casos y controles, y de cohortes. *Journal of Clinical Medicine*, 13(14), 4005. <https://doi.org/10.3390/jcm13144005>
- Rahimdel, M. J., & Ataei, M. (2020). Reliability analysis of mining equipment: A case study of a crushing plant. *Applied Engineering Research*, 15(3), 231–239. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1741246>.
- Sinha, R., & Mukhopadhyay, A. K. (2014). Reliability centered maintenance of cone crusher: A case study. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 5(1), 24–28. <https://doi.org/10.1007/s13198-013-0199-x>.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (2022). *Informe anual del sector minero peruano*. SNMPE. <https://www.snmpe.org.pe>
- Vasilyeva, N., Golyshevskaya, U., & Sniatkova, A. (2023). Modeling and improving the efficiency of crushing equipment. *Symmetry*, 15(7), 1343. <https://doi.org/10.3390/sym15071343>.

## ANEXO

### Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables
¿De qué manera la implementación de un mantenimiento preventivo optimiza la continuidad operativa de las chancadoras primarias en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?	Determinar la influencia de la optimización del mantenimiento preventivo de las chancadoras primarias en la continuidad operativa de la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco 2025.	La implementación del mantenimiento preventivo en las chancadoras primarias influye significativamente en la continuidad operativa de la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco 2025.	VARIABLE Independiente: Implementación de un Mantenimiento preventivo. Dimensiones <ul style="list-style-type: none"> <li>Planificación y control</li> </ul>
Problema Especifico	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifica	
¿Cómo la implementación del mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de las chancadoras primarias, medida a través del tiempo medio entre fallas (MTBF), en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?	Evaluar el efecto de la implementación del mantenimiento preventivo en la confiabilidad de las chancadoras primarias medida a través del tiempo medio entre fallas.	La implementación del mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de las chancadoras primarias, medida a través del tiempo medio entre fallas.	VARIABLE dependiente: Continuidad Operativa Dimensiones <ul style="list-style-type: none"> <li>Confiabilidad</li> <li>Mantenibilidad</li> <li>Disponibilidad operacional</li> <li>Cumplimiento de programa de producción</li> </ul>
¿De qué manera la implementación del mantenimiento preventivo incrementa la mantenibilidad de las chancadoras primarias, expresada en el tiempo medio de reparación (MTTR), en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?	Analizar la influencia del mantenimiento preventivo en la mantenibilidad de las chancadoras primarias, expresada en el tiempo medio de reparación.	La implementación del mantenimiento preventivo incrementa la mantenibilidad de las chancadoras primarias, expresada en el tiempo medio de reparación.	
¿En qué medida la implementación del mantenimiento preventivo influye en la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?	Determinar el impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias.	La implementación del mantenimiento preventivo aumenta la disponibilidad operacional de las chancadoras primarias.	
¿Cómo la implementación del mantenimiento preventivo contribuye al cumplimiento del programa de producción en la Compañía Minera Estrella S.A., Huamachuco, 2025?	Establecer la contribución del mantenimiento preventivo al cumplimiento del programa de producción en las chancadoras primarias.	La implementación del mantenimiento preventivo contribuye significativamente al cumplimiento del programa de producción en las chancadoras primarias.	

## Anexo 2: Plan de Mantenimiento preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
EQUIPO: CHANCADORAS PRIMARIAS				
VIGENCIA: ENERO 2023 - NOVIEMBRE 2023			FECHA:	Nº: 1
ACTIVIDAD	REALIZÓ (Nombre y Puesto)	FRECUENCIA	PERIODO	OBSERVACIONES
1. Limpieza General del Equipo				
2. Motor				
Obtener muestra de aceite del motor				
Cambiar filtro de aceite				
Revisar nivel de aceite				
Revisar sistema de ventilación				
Revisar sensores y motores				
Revisar fugas de aceite				
3. Sistema de Lubricación				
Revisar líneas de lubricación				
Revisar presión del sistema				
Cambiar filtros de lubricación				
4. Sistema Eléctrico				
Revisar motores eléctricos				
Revisar sensores de proximidad				
Revisar tableros eléctricos				
5. Sistema de Alimentación				
Revisar atascos por arcilla/humedad				
Revisar parrillas y alimentadores				
Verificar sobrealimentación				
6. Cámara de Trituración				
Revisar desgaste de liners				
Revisar desgaste de placas				
7. Predictivo				
Análisis de vibraciones				
Termografía				
Análisis de aceite				
8. Otros				
ELABORÓ:		Vo. Bo.		

### Anexo 3: Check List Maquinaria

<b>CHECK LIST DE MAQUINARIA</b>					
<b>MAQUINA:</b>		<b>CHANCADORA PRIMARIA</b>			
<b>FECHA:</b>		<b>8/01/2023</b>			
<b>SUPERVISOR:</b>		<b>JUAN PEREZ</b>			
<b>Rwvisiones Basicas de Mantenimiento Predictivo</b>		<b>Antes de comenzar el trabajo</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Semanalmente</b>	<b>Según las necesidades</b>
<b>Nivel de aceite</b>	Control visual				
	Rellenado				
<b>Fugas de aceite</b>	Control visual				
	Rellenado				
<b>Neumaticos</b>	Control visual				
	Sustitución				
<b>Luces, rotativos</b>	Control visual				
	Sustitución				
<b>Frenos</b>	Comprobar				
	Servicio técnico				
<b>Placas de instrucciones y señales</b>	Control visual				
	Cambio				
<b>Mandos en vacío Comprobar</b>	Comprobar				
	Servicio técnico				
<b>Parada de emergencia</b>	Comprobar				
	Servicio técnico				
<b>Conexiones eléctricas</b>	Comprobar				
	Servicio técnico				
<b>Puerta de acceso</b>	Comprobar				
	Servicio técnico				
<b>Interrupción de movimientos con dispositivo de seguridad</b>	Comprobar				
	Servicio técnico				

Anexo: Reporte de turnitin

## **Anexo 4: Reporte de turnitin**

# Facultad De INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

## INFORME DE TESIS - ZAVALETA RODRIGUEZ JOSE JAVIER (1)

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:560336766

Fecha de entrega

24 feb 2026, 17:40 GMT

Fecha de descarga

24 feb 2026, 17:45 GMT

Nombre del archivo

INFORME DE TESIS - ZAVALETA RODRIGUEZ JOSE JAVIER (1).docx

Tamaño del archivo

8.0 MB

56 páginas

12.929 palabras

75.304 caracteres




# 14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

<b>1</b>	Internet		
	repositorio.uct.edu.pe		5%
<b>2</b>	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-10	2%
<b>3</b>	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2026-02-06	<1%
<b>4</b>	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Mayor de San Marcos on 2025-03-19	<1%
<b>5</b>	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-07-25	<1%
<b>6</b>	Internet	repositorio.upse.edu.ec	<1%
<b>7</b>	Trabajos del estudiante	Universidad Católica Boliviana "San Pablo" on 2025-10-25	<1%
<b>8</b>	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-10-06	<1%
<b>9</b>	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-10-26	<1%
<b>10</b>	Internet	hdl.handle.net	<1%
<b>11</b>	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma on 2019-11-05	<1%
13	Internet	repositorio.puce.edu.ec	<1%
14	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica del Peru on 2024-12-02	<1%
15	Internet	repositorio.unach.edu.pe	<1%
16	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
17	Internet	crows.org	<1%
18	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-09-23	<1%
19	Internet	icecat.ru	<1%
20	Internet	www.sitelike.org	<1%
21	Publicación	Estrada Guadarrama, Jose Antonio. "Mechanisms of demyelination and axonal da..."	<1%
22	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-09-21	<1%
23	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2025-09-08	<1%
24	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2025-09-09	<1%
25	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2026-01-10	<1%

26	Trabajos del estudiante PREGRADO on 2025-09-30	<1%
27	Trabajos del estudiante PREGRADO on 2025-10-30	<1%
28	Trabajos del estudiante Universidad Cesar Vallejo on 2024-12-13	<1%
29	Trabajos del estudiante Consortio CIXUG on 2024-04-16	<1%
30	Trabajos del estudiante PREGRADO on 2025-10-30	<1%
31	Trabajos del estudiante Universidad Abierta para Adultos on 2024-10-16	<1%
32	Internet gestiopolis.com	<1%
33	Internet ojs.brazilianjournals.com.br	<1%
34	Internet prezi.com	<1%
35	Trabajos del estudiante uaq on 2025-04-29	<1%
36	Trabajos del estudiante undac on 2025-08-22	<1%
37	Internet www.avalon-gsub.de	<1%
38	Trabajos del estudiante POSGRADO on 2025-08-16	<1%
39	Trabajos del estudiante PREGRADO on 2025-09-30	<1%

40	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-10-26	<1%
41	Trabajos del estudiante	UNIBA on 2020-09-07	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-11-25	<1%
43	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Agraria La Molina on 2023-09-21	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego 2025 on 2025-12-06	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2025-03-01	<1%
46	Internet	contrataciondelestado.es	<1%
47	Internet	core.ac.uk	<1%
48	Internet	educas.com.pe	<1%
49	Internet	galaxyng.com	<1%
50	Internet	preval.org	<1%
51	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
52	Internet	repositorio.ujcm.edu.pe	<1%
53	Internet	repository.usta.edu.co	<1%

# Facultad De INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

## INFORME DE TESIS - ZAVALETA RODRIGUEZ JOSE JAVIER (1)

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:560336766

Fecha de entrega

24 feb 2026, 17:40 GMT

Fecha de descarga

24 feb 2026, 17:45 GMT

Nombre del archivo

INFORME DE TESIS - ZAVALETA RODRIGUEZ JOSE JAVIER (1).docx

Tamaño del archivo

8.0 MB

56 páginas

12.929 palabras

75.304 caracteres

## \*% detectado como IA

La detección de IA incluye la posibilidad de que haya falsos positivos. Aunque cierto texto en esta entrega se generó probablemente con IA, los puntajes inferiores al umbral del 20 % no aparecen porque tienen una mayor probabilidad de falsos positivos.

**Precaución: Se necesita revisión.**

Es esencial comprender los límites de la detección de IA antes de tomar decisiones acerca del trabajo del estudiante. Te alentamos a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

### Aviso legal

Nuestra evaluación de escritura con IA está diseñada para ayudar a los académicos a identificar texto que podrían haberse preparado mediante una herramienta de IA generativa. Es posible que nuestra evaluación de escritura con IA no siempre sea precisa (existe la posibilidad de que identifique erróneamente redacciones probablemente generadas por humanos como generadas por IA, y redacciones probablemente generadas por IA como generadas por humanos), por lo que no debe usarse como único fundamento para aplicar sanciones a un estudiante. Para determinar si es un caso de deshonestidad académica, se necesita de un escrutinio mayor y el juicio humano, junto con la aplicación de las políticas académicas específicas de la organización.

## Preguntas frecuentes

### ¿Cómo debería interpretar los falsos positivos y el porcentaje de escritura con IA de Turnitin?

El porcentaje que se muestra en el reporte de escritura con IA es la cantidad del texto calificado en la entrega que el modelo de detección de escritura con IA de Turnitin determina se generó probablemente con IA desde un modelo de lenguaje de gran tamaño.

Los falsos positivos (que marcan incorrectamente alertas de texto escrito por humanos como generado con IA) son una posibilidad en los modelos de IA.

Los puntajes de detección de IA inferiores al 20 %, que no aparecen en reportes nuevos, tienen una mayor probabilidad de ser falsos positivos. Para reducir la probabilidad de malinterpretación, no se atribuye ningún puntaje o resaltado y se indican con un asterisco en el reporte (\*%).

El porcentaje de escritura con IA no debe ser el único fundamento para determinar si ha ocurrido una mala conducta. El revisor/instructor debería usar el porcentaje como un medio para iniciar una conversación formativa con sus estudiantes o usarlo para examinar el ejercicio entregado según las políticas de la escuela.

### ¿Qué significa 'texto calificado'?

Nuestro modelo sólo procesa texto calificado en la forma de escritura de formato largo. La escritura de formato largo se refiere a los enunciados individuales en párrafos que constituyen una parte más grande del trabajo escrito, como un ensayo, una disertación, un artículo, etc. El texto calificado que se ha determinado que se generó probablemente con IA se resaltarán en color cian en la entrega.

El texto no calificado, como viñetas, bibliografías comentadas, etc., no se procesará y puede crear disparidad entre los puntos destacados de la entrega y el porcentaje mostrado.

