

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Rediseño de la gestión de mantenimiento para elevar la productividad  
de Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Francisco Ricardo Lezcano Bartra**

**ASESOR**

**Luis Eduardo Vertiz Diaz**

<https://orcid.org/0009-0004-1517-8175>

**Chiclayo, 2025**

**Rediseño de la gestión de mantenimiento para elevar la  
productividad de Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C**

PRESENTADA POR

**Francisco Ricardo Lezcano Bartra**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

José Alberto Echeverría Carrillo

PRESIDENTE

José Manuel Armas Zavaleta

SECRETARIO

Luis Eduardo Vertiz Diaz

VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios, por darme la fortaleza a diario. A mis padres, por su constante apoyo, por ser mi inspiración y ejemplo de esfuerzo. A mis hermanas, por siempre estar a mi lado, acompañándome en cada paso que doy. Y a Claudia, por ser mi compañera en esta etapa tan importante. Este trabajo es para ustedes.

## **Agradecimientos**

Agradezco de todo corazón a mis padres, cuyo apoyo incondicional y amor han sido la base de todo lo que he logrado. Gracias por enseñarme la importancia del esfuerzo y la perseverancia.

Asimismo, extiendo mi gratitud al profesor Luis Vértiz por su valiosa asesoría y orientación a lo largo de este proyecto. Su experiencia y dedicación han sido clave en este camino.

Finalmente, al profesor Abel Wong, por sus enseñanzas y constante motivación en el curso. A todos ellos, muchas gracias.

# REDISEÑO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA ELEVAR LA PRODUCTIVIDAD DE INCAIKO EJECUTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.usil.edu.pe">repositorio.usil.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="https://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://articulo.mercadolibre.com.pe">articulo.mercadolibre.com.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://articulo.mercadolibre.com.ve">articulo.mercadolibre.com.ve</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	10
Materiales y métodos.....	13
Resultados y discusión .....	15
Conclusiones.....	33
Recomendaciones .....	34
Referencias .....	35
Anexos:.....	41

## Resumen

Esta investigación tiene como objetivo general mejorar la productividad de Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C. mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, mientras que los objetivos específicos se centraron en diagnosticar el sistema de mantenimiento, rediseñar un plan de mantenimiento adecuado y evaluar su impacto económico. Se realizó un análisis exhaustivo del área de mantenimiento, identificando seis causas principales de ineficiencia, como la falta de un programa formal de mantenimiento y el uso de repuestos de segunda mano. Gracias a un análisis de criticidad, se decidió enfocar el mantenimiento en la zaranda de arena, específicamente en su motor principal. La metodología utilizada incluyó la elaboración de formatos basados en el manual del equipo, para que, con ayuda de datos históricos, se puedan simular escenarios según el grado de efectividad de la propuesta, corroborando la información con el software Promodel, el cual fue útil para encontrar el escenario ideal. Los resultados evidenciaron un aumento del 59,69% en la productividad, pasando de aproximadamente 2 207,78 cubos de arena zarandeada (en adelante “cubos de arena”) al mes a 3 525,7 cubos de arena al mes, en el mejor escenario. Además, aun en la visión más pesimista, el análisis económico arrojó un VAN positivo de S/43 540,84, un TIR del 32,79% y una relación beneficio-costos de 1,16, confirmando la viabilidad financiera de la propuesta, con un retorno de la inversión en 4,25 años. Estos resultados demuestran que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo incrementará considerablemente la productividad de la empresa.

**Palabras clave:** Mantenimiento, preventivo, productividad.

### **Abstract**

The general objective of this research is to improve the productivity of Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C. by implementing a preventive maintenance plan, while the specific objectives focused on diagnosing the maintenance system, redesigning an appropriate maintenance plan and evaluating its economic impact. A thorough analysis of the maintenance area was carried out, identifying six main causes of inefficiency, such as the lack of a formal maintenance program and the use of second-hand spare parts. Thanks to a criticality analysis, it was decided to focus maintenance on the sand screen, specifically on its main engine. The methodology used included the development of formats based on the equipment manual, so that, with the help of historical data, scenarios can be simulated according to the degree of effectiveness of the proposal, corroborating the information with the Promodel software, which was useful in finding the ideal scenario. The results showed a 59,69% increase in productivity, going from approximately 2 207,78 to 3 525,7 buckets of sifted sand per month, in the best scenario. Furthermore, even in the most pessimistic view, the economic analysis showed a positive NPV of S/43 540,84, an IRR of 32,79% and a benefit-cost ratio of 1,16, confirming the financial viability of the proposal, with a return on investment in 4,25 years. These results demonstrate that the implementation of a preventive maintenance plan will considerably increase the company's productivity.

**Keywords:** Maintenance, preventive, productivity.

## Introducción

La minería constituye una actividad económica fundamental a nivel mundial debido a su rol para obtener materiales esenciales como los agregados de construcción. Sin embargo, cuando se realiza una mala gestión de mantenimiento de los equipos, la productividad se ve drásticamente reducida. En Venezuela, por ejemplo, una cantera que tiene la capacidad teórica de producir 121,5 cubos/hora solo es capaz de obtener el 26,62% de esta capacidad debido a una rápida obsolescencia de su maquinaria causada por prácticas de mantenimiento ineficientes [1]. Este problema también se refleja en EE. UU, donde se estima que aproximadamente un 40% de las empresas propietarias de canteras gastan entre un 1% y un 20% de su presupuesto operativo en el mantenimiento y limpieza de la maquinaria [2]. Asimismo, en Ecuador el índice de productividad del sector minero es igualmente bajo, tal como se demuestra en una reducción de entre el 44% y el 51% de la productividad histórica de la maquinaria de una minera por falta de un plan de mantenimiento preventivo [3].

En el contexto nacional, la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo afecta gravemente la productividad en la minería. Un ejemplo en Huancayo muestra que el área de chancado secundario experimentó 270 paradas en seis meses, lo que representa el 26% del tiempo disponible, con una productividad de 2 vehículos/hora-hombre, muy por debajo del nivel teórico esperado. Además, el 28% de los problemas de la empresa se atribuyen a una gestión ineficiente del mantenimiento [4]. De forma similar, en La Libertad, la disponibilidad de una chancadora cayó a 79.76%, cuando el promedio solía ser 84%, con una meta de 96%. Este descenso se debe a la falta de un mantenimiento adecuado, ya que de los 21 equipos críticos y semicríticos, solo se realizaban labores básicas como engrase y lubricación [5]. Estas cifras son reflejo de una problemática más arraigada; y es que, en el Perú, solo el 75% de las empresas formales tiene un plan de mantenimiento continuo de sus instalaciones [6], lo que deja a muchas operaciones vulnerables a fallas recurrentes y pérdidas de productividad.

Desde un punto de vista local, el sector construcción en Lambayeque muestra un crecimiento acelerado en la demanda de cemento, con un incremento del 138,5% en 2021 respecto al año anterior [7]. Sin embargo, este crecimiento plantea una problemática: si las empresas productoras de agregados no implementan un mantenimiento adecuado de sus equipos, la falta de disponibilidad y eficiencia podría limitar su capacidad para satisfacer el mercado creciente, afectando la productividad y abastecimiento del sector.

La empresa en estudio es Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C y se dedica principalmente a la producción y venta de arena zarandeada, aunque también ofrece otros productos en menor proporción, como piedra chancada. Actualmente, Incaiko enfrenta desafíos significativos que han hecho que la disponibilidad de su activo principal, la zaranda, se encuentre en niveles inferiores a 71,4%, con el 75% de causas aparentes dirigidas a la ausencia de una correcta gestión del mantenimiento. Esto puede evidenciarse en los elevados tiempos de reparación, de aproximadamente 27 horas por fallo; predominancia del mantenimiento correctivo, donde el 90% de actividades de mantenimiento son reactivas y no preventivas, además de no contar con indicadores ni registros históricos formales de gestión de mantenimiento a nivel empresa. Asimismo, se presenta un alto uso de repuestos de segunda mano, y horas de parada excesivas, con aproximadamente 846 horas de enero a julio de 2023, lo que resultó en una pérdida económica de más de ochocientos mil soles ese mismo periodo. Todas estas problemáticas convergen en que la productividad de la empresa sea de aproximadamente 14 cubos por hora máquina, la cual se encuentra en un valor muy bajo ya que solo representa el 26,5% del valor teórico, que es de 52,34 cubos.

De esta manera, la presente investigación plantea la siguiente interrogante: ¿En qué medida el rediseño de la gestión de mantenimiento puede elevar la productividad en la empresa Incaiko? Así pues, el objetivo general de la presente investigación conlleva mejorar la productividad de la empresa Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C a través del rediseño de la gestión de mantenimiento, y como objetivos específicos se tienen, diagnosticar el área de mantenimiento de la empresa Incaiko; rediseñar la gestión de mantenimiento de la empresa Incaiko para elevar la productividad; y, por último, evaluar la viabilidad económica del rediseño de la gestión de mantenimiento.

El presente trabajo de investigación se justifica debido a que será de utilidad para la mejora del proceso productivo de zarandeado en la empresa Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C. Se espera que los resultados de este estudio proporcionen información relevante para la toma de decisiones estratégicas en lo que respecta a la gestión de mantenimiento. Esto no solo beneficiaría la empresa en términos de productividad, sino que también pueden ser una referencia útil para otras organizaciones que enfrenten desafíos similares. Asimismo, da pie a investigaciones similares para empresas del mismo rubro, pudiendo tomar este proyecto como punto de partida o modelo.

Del mismo modo, se justifica desde una perspectiva social, legal y ecológica. Asegura un entorno de trabajo seguro, reduce el riesgo de accidentes laborales, promueve un ambiente laboral motivador, y contribuye a la economía local en Zaña y la región Lambayeque; evita responsabilidades a la empresa por posibles accidentes, y reduce el impacto ambiental. A su vez, también mejora la sostenibilidad de las operaciones al optimizar el uso de recursos y reducir el desperdicio, lo cual es vital para la conservación ambiental.

### **Revisión de literatura**

Para la realización de la presente investigación, se tuvieron en cuenta los siguientes trabajos científicos con enfoques similares. Por ejemplo, Chávez [8] propuso un plan de mantenimiento preventivo en una planta chancadora para aumentar la utilidad. Utilizó herramientas como el análisis de criticidad, árbol de fallas y análisis de modo y efectos de fallo, logrando reducir la utilidad no percibida de S/ 846 073,039 a S/ 610 194,72, mejorando en un 28%. El estudio concluyó que el mantenimiento preventivo fue exitoso al incrementar la rentabilidad.

Chacón [4] implementó un plan de mantenimiento preventivo en una mina de Huancayo, usando técnicas como la creación e implementación de documentación, logrando aumentar la productividad de los equipos de chancado secundario en un 4,57% y la eficiencia de las horas máquina del 93,01% al 95,56%. Concluyó que una buena gestión de mantenimiento puede mejorar significativamente la productividad minera.

Guevara y Silvera [9] implementaron la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en una empresa minera, logrando ahorros de 800 mil soles y mejorando la disponibilidad de los equipos de 82 a 91%, el rendimiento de 47 a 100% y la calidad de 81 a 96%. Concluyeron que el TPM es una herramienta efectiva para mejorar la eficiencia operativa.

Huere [10] implementó un plan de mantenimiento preventivo en una cantera de Zaña para mejorar la producción de maquinaria. Utilizó herramientas como formatos, fichas técnicas y documentación, logrando aumentar la disponibilidad de los equipos en un 7,43%, ahorrar S/ 180 647,70 y extender en un 22,2% la vida útil de la maquinaria, concluyendo que, con la mejora de esos indicadores, la producción también incrementará.

Marca [11] investigó cómo la optimización de la gestión de mantenimiento puede aumentar la productividad en una empresa minera del sur. Aplicando mantenimiento

preventivo mediante documentación y cronogramas planificados, logró aumentar la disponibilidad de los equipos del 67% al 95%, reducir costos en más del 80% y aumentar la productividad al obtener los mismos resultados con menos recursos; concluyendo que el mantenimiento preventivo es efectivo para mejorar la productividad en el sector minero.

Jiménez [12] desarrolló un plan de mantenimiento para la trituradora móvil de Dismet S.A.S en Bogotá, usando mantenimiento preventivo y herramientas como análisis de criticidad y estudio de repuestos. Logró aumentar la disponibilidad del equipo de 87,1% a 93,4% en cuatro meses. Concluyó que la gestión de mantenimiento fue efectiva, mejorando significativamente la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Cuadra [13] propuso un rediseño del plan de mantenimiento en la operación Bayóvar de Primax S.A. Utilizando técnicas como el ciclo PHVA, control documentario y diseño de formatos de mantenimiento, logró reducir los costos operativos en un 8% y aumentar la disponibilidad de maquinaria de 66,06% a 74,77%. Concluyó que el rediseño aplicado con mantenimiento preventivo fue efectivo en la reducción de costos.

Un estudio realizado por Cristancho [14] implementó estrategias de mantenimiento preventivo en la cantera Nobsa, empleando diversas herramientas de gestión como hojas de ruta, análisis FODA y diagramas de Gantt para el equipo móvil. La investigación evidenció resultados positivos, alcanzando un incremento en la disponibilidad de equipos del 1,7% (de 73% a 74,7%) durante el primer mes, lo que permitió confirmar la eficacia del mantenimiento preventivo en la optimización de indicadores operativos.

Álvarez [15] elaboró e implementó un nuevo programa de mantenimiento en la Minera Volcán para mejorar el proceso de chancado, logrando aumentar la producción de 8 500 a 12 000 toneladas y la disponibilidad a 82,81%. Concluyó que el mantenimiento debe considerarse una inversión, ya que beneficia a la empresa a largo plazo.

Ayala [16] implementó un plan de mantenimiento preventivo en la planta de molienda de la Minera Luren, utilizando herramientas de diagnóstico, fichas técnicas y procedimientos de mantenimiento. Logró reducir en promedio un 64,13% las actividades correctivas de los equipos. Concluyó que el mantenimiento preventivo es eficaz para disminuir las intervenciones correctivas y su duración.

Por último, Ali [17], en su artículo científico, recopiló datos de estudios en mineras estadounidenses que aplicaron mantenimiento preventivo, logrando reducir el tiempo de inactividad en un 30-50%, los costos de mantenimiento en un 5-10% y las fallas de equipos en un 70-75%, concluyendo que estos cambios pueden generar importantes mejoras en productividad y beneficios para las empresas.

También es importante conocer cuáles son los conceptos básicos que abarca la presente investigación, ya que resultarán de utilidad para comprender los métodos utilizados y los resultados obtenidos.

Villanueva [18] define la conservación como las actividades que utilizan conocimientos científicos y técnicos para optimizar el uso de los recursos, promoviendo su eficiencia y el desarrollo social. La conservación se divide en preservación, que busca proteger la integridad física de los recursos, y mantenimiento, que se enfoca en garantizar su funcionalidad y calidad de servicio. Desde una perspectiva ecológica, el mantenimiento implica prácticas que minimizan el impacto ambiental y aseguran la operatividad de los recursos. Las acciones de preservación se clasifican como mantenimiento cuando su objetivo es mantener la calidad del servicio, y este se divide en mantenimiento correctivo y preventivo.

Según [19], el mantenimiento correctivo implica reparaciones no programadas realizadas tras detectar fallos en equipos o procesos, respondiendo a averías inesperadas. Estas intervenciones se orientan a restaurar el funcionamiento de la maquinaria y suelen solicitarse sin previo aviso, pudiendo haber un intervalo significativo entre ellas.

Según [18], el mantenimiento preventivo incluye operaciones programadas para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas y prevenir fallos. Se divide en dos tipos: el mantenimiento tradicional, basado en tiempo o uso, y el mantenimiento predictivo, que monitorea el desgaste de componentes mediante análisis para determinar el momento óptimo de intervención. Estas estrategias son clave para maximizar la vida útil y eficiencia de los equipos

Según [20], la gestión de mantenimiento implica planificar, ejecutar y monitorear actividades para asegurar la eficiencia y efectividad de los sistemas de una organización. Incluye el mantenimiento preventivo, con cuidados regulares para prevenir fallos, y el mantenimiento predictivo, que monitorea continuamente componentes críticos para intervenir antes de fallos mediante análisis y evaluación estadística.

Ahora hablaremos sobre los indicadores en estudio. Chacón [4], citando a Gutiérrez, define la productividad como un indicador que refleja la gestión de los sistemas productivos, evaluando la eficiencia en el uso de recursos para alcanzar la producción prevista en el menor tiempo posible. La eficiencia y la productividad son directamente proporcionales, y la fórmula de productividad se encuentra en el cuadro de operacionalización de variables.

La utilización mide el porcentaje de tiempo en que un recurso, como una máquina, se usa efectivamente para tareas productivas en relación con el tiempo total disponible. Este indicador evalúa la eficiencia en el uso de activos, ayudando a identificar mejoras para optimizar recursos en la gestión de operaciones [21].

El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) mide el tiempo promedio en que una máquina opera sin fallos, indicando la fiabilidad de un sistema. Un MTBF alto implica mayor fiabilidad, menos fallos y menores costos de mantenimiento y operación [21].

El Tiempo Medio Entre Reparaciones (MTTR) mide el tiempo promedio necesario para reparar un sistema tras una falla, evaluando la eficiencia del mantenimiento. Un MTTR bajo indica una rápida restauración operativa, minimizando el tiempo de inactividad y las interrupciones en la producción [21].

La disponibilidad mide el porcentaje de tiempo en que un equipo está operativo y listo para su uso, comparado con el tiempo total en que debería estar funcionando. Un alto nivel de disponibilidad refleja una operación eficiente, minimizando inactividad y maximizando la productividad [21].

### **Materiales y métodos**

La investigación fue de tipo aplicada y se centró en identificar estrategias para mejorar la relación entre la gestión de mantenimiento y la productividad, clasificada como explicativa para entender las causas y efectos de la ineficiencia en el mantenimiento. El diseño fue no experimental, observando variables en su entorno natural sin manipulación directa [22], permitiendo un análisis de la situación actual de Incaiko y proponiendo mejoras sin intervenir en sus operaciones. La población incluyó todos los equipos de la empresa, y la muestra se enfocó en la zaranda mecánica, el equipo más crítico. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, seleccionando la muestra disponible y accesible para el investigador.

Se elaboró la matriz de operacionalización (Anexo 1) que recoge las dos variables de la investigación: productividad (VD) y gestión de mantenimiento (VI). La productividad se mide en relación con los recursos empleados y se desglosa en dimensiones como materiales y máquina, con indicadores de eficacia, utilización y productividad. La gestión de mantenimiento se enfoca en planificar, ejecutar y monitorear las actividades para asegurar la eficiencia de los equipos, evaluándose a través de dimensiones como desempeño operativo y mantenibilidad, utilizando indicadores como disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparación. Estos indicadores se adaptaron al contexto de Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C. para evaluar las variables de manera efectiva.

Para esta investigación se emplearon diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos. En el diagnóstico de mantenimiento, se utilizaron análisis de contenido, observación y entrevistas, apoyados con registros de producción, estudios de procesos y cuestionarios al personal. La información fue procesada mediante matrices de criticidad, diagramas de causa-efecto y Pareto, y se usaron softwares como MiniTab y Statfit para determinar mediciones y distribuciones. En el segundo objetivo, se desarrollaron formatos para el mantenimiento preventivo y correctivo, programando tareas basadas en el manual y proponiendo capacitaciones y un espacio para realizarlas en la empresa. También se utilizaron Promodel y Statfit para simular el proceso de zarandeado, generando cuatro escenarios según la efectividad de los resultados; así como el balanced scorecard como método para garantizar la sostenibilidad de la propuesta. En el tercer objetivo, se clasificaron materiales y herramientas por frecuencia de uso, anualizando costos y cotizando cada ítem. Posteriormente, se evaluó la rentabilidad de cada escenario para determinar la viabilidad económica de la propuesta. En el Anexo 2 se resumen todos los indicadores y técnicas, mostrando los resultados esperados para cada uno. Se utilizaron investigaciones previas y antecedentes de la revisión literaria para estimar las posibles variaciones de los indicadores, ajustándolos de manera realista a la realidad de la empresa.

El estudio se basó en principios éticos como el consentimiento informado, con la participación voluntaria de dueños y operarios; beneficio mutuo, buscando mejorar las condiciones de trabajo y rentabilidad; no maleficencia, asegurando que los datos sean auténticos y no sesgados; y originalidad, citando todas las fuentes en formato IEEE para evitar apropiarse de material ajeno.

## Resultados y discusión

### *Diagnosticar el área de mantenimiento de la empresa Incaiko*

Para resolver el primer objetivo, es fundamental entender la estructura organizativa de Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C., que sigue una jerarquía clásica. La gerencia general, liderada por la dueña, supervisa tres áreas clave: contabilidad, administrada por una contadora; el área administrativa, encargada de la recepción de pedidos y gestión de recursos; y el área operativa, donde los operarios se dedican a la extracción y procesamiento de materiales. Dada la escala de la empresa, no existen subdivisiones formales, por lo que el mantenimiento, mayormente correctivo, es realizado por el mecánico, quien también opera la retroexcavadora. La estructura laboral es flexible, permitiendo que los empleados asuman múltiples roles según las necesidades. Entre los ocho trabajadores, dos tienen educación universitaria (la gerente y la contadora), dos tienen formación técnica (el mecánico y el soldador), y los cinco restantes no poseen estudios superiores. La capacitación propuesta se enfocará en el área operativa y en la gerente general, alcanzando, en principio, a siete trabajadores, de los cuales solo tres poseen educación superior, lo que sitúa el nivel de formación en un 42,9%. Este porcentaje destaca la necesidad de fortalecer las competencias técnicas en el equipo para optimizar la operatividad y eficiencia de la empresa.

A su vez, se determinó la criticidad de los activos mediante una matriz basada en el modelo de factores ponderados y riesgo (Anexo 3). Del análisis de criticidad realizado a los siete equipos evaluados (zaranda, chancadora, grupo electrógeno, volquete, cargadores y excavadora), se determinó que únicamente la zaranda mecánica alcanzó el nivel de criticidad necesario para ser considerada equipo crítico (188 puntos). Los demás equipos, aunque importantes para la operación, no superaron los umbrales definidos en la matriz, por lo que se clasifican como semicríticos o no críticos; por ello, la presente investigación se enfoca en este activo como caso representativo. No obstante, se reconoce que una gestión integral debería incluir también a los demás equipos, aspecto que se propone como línea de mejora para trabajos futuros. Este equipo ha registrado hasta 8 fallas mensuales en 2023, lo cual detiene toda la producción, ya que no existe un equipo similar de respaldo. Además, sus costos por sesión de mantenimiento son inferiores a 5 000 dólares, y sus operaciones generan un impacto reversible en el medio ambiente. Las tablas resumen de los demás equipos se encuentran en los anexos.

Cabe resaltar que, como los registros solo cubrían seis meses, se proyectaron los siguientes seis mediante una tendencia lineal simple, con el fin de contar con un panorama

anual. Esto permite un diagnóstico más representativo del estado de la gestión de mantenimiento y facilita la comparación con los estándares de la industria.

*Tabla 1: Resumen de datos de zaranda vibratoria*

Zaranda vibratoria					
Periodo	Fallas por periodo	Producción cubos de arena/mes	Costo anual de Mto.		Residuos
13	4	934,69			
14	5	1 521,67			
15	4	477,11			
16	8	1 367,7			
17	9	1 937,31			
18	10	1 004,82			
19	7	1 456,03	S/ 153 092,04		Polvo Piezas remplazadas
20	13	1 476,56			
21	8	1 719,35			
22	10	1 576,49			
23	12	1 564,53			
24	9	1 806,63			

*Fuente: Data histórica*

Se realizó una encuesta anónima a los 8 trabajadores de Incaiko sobre mantenimiento, administración y otras áreas (Anexo 9). Con los resultados, y gracias a un Diagrama Causa-Efecto (Anexo 11), se elaboró un Diagrama de Pareto (Anexo 12), el cual identifica las principales causas de la baja productividad en la empresa. Estos factores afectan la eficiencia y competitividad de la empresa. Se elaboró un cuadro que resume los porcentajes de cumplimiento de las actividades de mantenimiento preventivo (objetivo 2), evidenciando la falta de acciones por parte de la empresa para preservar el motor de la zaranda. Las respuestas se obtuvieron gracias a la disposición de los operarios para completar los formatos propuestos.

*Tabla 2: Porcentaje de cumplimiento de actividades de mantenimiento*

Actividad	Total de acciones	SÍ	NO	%SÍ	%NO
Limpieza del equipo	2	1	1	50.00%	50.00%
Pruebas de funcionamiento	6	2	4	33.33%	66.67%
Pruebas eléctricas	2	0	2	0.00%	100.00%
Cojinetes	6	2	4	33.33%	66.67%
Inspección física	3	1	2	33.33%	66.67%
Anillos rozantes	1	0	1	0.00%	100.00%
Bobinado	3	0	3	0.00%	100.00%

*Fuente: Encuesta a trabajadores (Anexo 9)*

En el proceso actual de zarandeado, se trabaja 9 horas diarias (540 minutos) durante 6 días a la semana. Cada tolva se vacía en 5 a 6 minutos, logrando entre 90 y 108 vaciadas

diarias. El cargador trae aproximadamente 5 cubos de hormigón por lampada, que se convierte en cuatro productos: piedra base, piedra over para chancado, arena fina residual y arena zarandeada, siendo este último el producto principal de Incaiko.

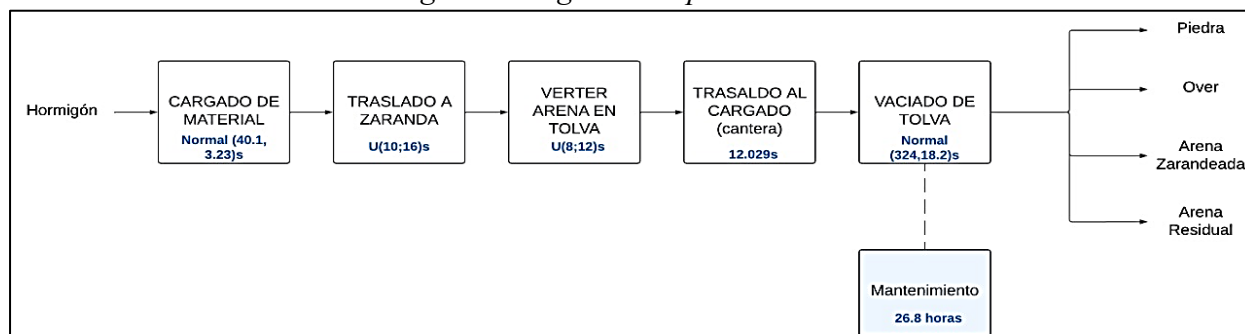
El flujo del proceso de zarandeado es continuo, desde el cargado hasta el regreso al cerro para recargar, por lo que el cargador debe asegurar un suministro constante de material para que la zaranda funcione sin interrupciones, excepto en las pausas programadas, que son el propósito de la simulación.

En primera instancia se tomaron 15 mediciones del tiempo (en segundos) para cada una de las etapas, las cuales sirvieron como base para hacer una depuración preliminar y así corroborar que las muestras sean suficientes. Luego, se utilizó el software de minitab para una prueba de valores atípicos por el método de Grubbs, utilizando un nivel de significancia del 0,05 (5%), donde una hipótesis nula significaba que todos los valores de los datos provienen de la misma población normal, mientras que una hipótesis alternativa quería decir que el valor más pequeño o más grande de los datos es un valor atípico.

Así, para cada variable, se verifica si el valor p es menor o igual al nivel de significancia (0,05). Si  $P \leq 0,05$ , se considera que hay un valor atípico. Según los resultados obtenidos, ninguna de las variables presentó valores atípicos, ya que todos los valores p fueron mayores a 0,05. Esto significa que todos los datos pueden ser considerados dentro de la normalidad y que no hay evidencia de valores atípicos que afecten el análisis del proceso de zarandeado.

Después, se procedió a utilizar la fórmula del tamaño de muestra para ver si la cantidad de tomas de tiempo son las adecuadas, encontrándose que solo fueron suficientes para el cargado de material y vaciado de tolva; por lo que se realizaron las mediciones para las etapas faltantes y se comprobó que no existían valores atípicos. Con esto claro, se pueden utilizar dichos datos para la programación en el promodel. Se introducen los tiempos en el StatFit, programa que nos ayudará a escoger las distribuciones adecuadas para cada etapa del proceso. Toda esta información puede corroborarse en el apartado de anexos, específicamente desde el anexo 15 hasta el 25. A continuación, se presenta el diagrama con las distribuciones ya incorporadas:

Imagen 2: Diagrama de proceso de zarandeado



Fuente: Elaboración propia

Tras un diagnóstico exhaustivo, se recopilaron los principales indicadores de mantenimiento, como el MTBF, MTTR, disponibilidad y productividad, con una escala de tiempo mensual de 18 períodos desde enero de 2022. La tabla resumen y los periodos específicos se detallan en el Anexo 13 y 14.

Tabla 3: Indicadores actuales de mantenimiento del periodo 2022- 2023

Indicador	Fórmula	Desarrollo	Cálculo
Eficacia	$Eficacia = \frac{Producción\ real}{Producción\ teórica}$	$\frac{2\ 207,78}{11\ 567,14} \times 100$	19,09%
Utilización	$Utilización = \frac{Horas\ Máquina\ reales}{Horas\ máquina\ teóricas}$	$\frac{156,39}{219} \times 100$	71,4%
Productividad	$Productividad = \frac{Produccion\ alcanzada}{Recursos\ utilizados}$	$\frac{2\ 207,78}{156,39}$	14 cubos/hora - máquina
Tiempo Medio entre Fallas	$MTBF = \frac{Tiempo\ total\ de\ trabajo - Tiempo\ de\ avería}{Número\ de\ fallo}$	Prom. MTBF mensual	58,36 horas
Tiempo Promedio Entre Reparaciones	$MTTR = \frac{Tiempo\ total\ de\ mantenimiento}{Número\ de\ reparaciones}$	Prom. MTTR mensual	26,8 horas
Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	$\frac{58,36}{58,36 + 26,8}$	71,4%
Nivel de formación	$Nivel\ de\ formación = \frac{N^{\circ}\ de\ trabajadores\ con\ estudios\ superiores}{N^{\circ}\ total\ de\ trabajadores}$	$\frac{3}{7}$	42,9%

Fuente: Elaboración propia basada en [21]

El estado actual de la gestión de mantenimiento en Incaiko puede catalogarse como deficiente, dado que, mientras la literatura establece que una chancadora o zaranda debe mantener una disponibilidad superior al 85% para asegurar continuidad operativa [4], la empresa apenas alcanza un 71,4%. Asimismo, el tiempo promedio entre reparaciones (MTTR) es de 26,8 h, muy por encima del estándar de 5–8 h reportado en la industria [9].

Para el cálculo de MTBF y MTTR se ha tomado el promedio mensual debido a que estos indicadores de mantenimiento reflejan el comportamiento dinámico de los equipos a lo largo de diferentes periodos. Al promediar estos valores, se captura mejor la variabilidad y fluctuaciones en el rendimiento y tiempos de reparación que pueden ocurrir debido a factores específicos de cada mes, permitiendo una visión más representativa y estable del desempeño del mantenimiento. En cambio, para los indicadores de eficacia, utilización y productividad, se han utilizado valores acumulativos o puntuales ya que estos se basan en resultados globales de producción y recursos, que no requieren el mismo nivel de ajuste periódico para representar fielmente el desempeño total en el periodo de análisis.

En síntesis, la gestión de mantenimiento en Incaiko presenta debilidades en todos sus procesos: en la planificación, no existen cronogramas ni un programa formal; en la organización, las funciones recaen en un solo mecánico que además realiza labores operativas; en la ejecución, predomina el correctivo con reparaciones prolongadas y uso de repuestos de segunda mano; y en el control y evaluación, no se llevan registros ni indicadores, lo que se refleja en el bajo cumplimiento de las actividades preventivas.

Del mismo modo, el análisis de causas realizado mediante el diagrama de Pareto (Anexo 12) muestra que la falla más común corresponde a la ausencia de un programa de mantenimiento establecido, la cual concentra más del 50% de los problemas reportados. Esta situación confirma que la mayoría de averías tienen origen en la falta de planificación preventiva, lo que repercute directamente en los elevados tiempos de reparación y en la baja disponibilidad de la zaranda.

De esta forma, gracias a la información analizada y a los indicadores obtenidos, se espera diseñar un nuevo plan de mantenimiento aplicando la metodología del mantenimiento preventivo, con el propósito de mejorar la situación de la empresa en términos de productividad, enfocando esfuerzos sobre todo en el activo crítico que es la zaranda mecánica y el motor principal que la hace funcionar, el modelo Westinghouse Life Line TBFC.

#### *Propuesta de mantenimiento preventivo*

Antes de empezar con la propuesta, es propio indicar que se ha optado por el mantenimiento preventivo debido a que representa el enfoque más adecuado para iniciar una gestión del mantenimiento. A diferencia de estrategias más complejas como el

mantenimiento predictivo o autónomo, el mantenimiento preventivo requiere menor inversión y nivel técnico, lo que lo convierte en una etapa inicial viable. A partir de su implementación, será posible establecer una base operativa sólida que permita, en el futuro, transitar progresivamente hacia métodos más avanzados.

Como primera propuesta, se elaboraron formatos basados en el manual de mantenimiento de los motores Westinghouse, detallando las actividades que deben llevarse a cabo y sus especificaciones técnicas para asegurar un mantenimiento preventivo eficiente y preciso:

- Clasificación de familias: En primer lugar, se detalló una serie de “familias” del motor eléctrico en las que se divide un mantenimiento apropiado. El propósito es clasificar las actividades por rama específica, para así saber con certeza a qué parte del motor se hace referencia. El formato se encuentra adjunto en el anexo 26.
- Mantenimiento diario: Se detallan las actividades a realizar por familia con una frecuencia diaria. Son actividades simples pero cruciales que garantizan el óptimo funcionamiento del equipo.
- Mantenimiento mensual: El mantenimiento mensual abarca inspecciones más detalladas y ajustes necesarios que requieren mayor atención, garantizando que el equipo funcione de manera óptima y corrigiendo posibles desgastes o desajustes acumulados durante su uso cotidiano.
- Mantenimiento semestral: El mantenimiento semestral se concentra en inspecciones y ajustes más exhaustivos, revisando componentes clave y llevando a cabo tareas preventivas que no requieren tanta frecuencia, pero que aseguran la eficiencia y extienden la vida útil del equipo.
- Mantenimiento anual (3000 horas): El mantenimiento anual es una revisión completa del equipo que abarca inspecciones detalladas, ajustes y reemplazos de componentes clave, además de reparaciones importantes para garantizar su correcto funcionamiento durante el próximo ciclo operativo. Además, es el que, según datos proporcionados por el manual original, se hace cada 3000 horas operativas, o, en este caso, una vez al año.
- Registro de fallas: Diseñado para registrar y gestionar fallos o paradas inesperadas en el motor Westinghouse Life Line TBFC, incluye detalles de síntomas, diagnóstico, acciones correctivas y verificación de pruebas para minimizar inactividad y asegurar eficiencia operativa. Este formato proporciona

retroalimentación para mejorar la gestión del mantenimiento preventivo en futuros eventos. El formato se presenta en el anexo 31.

- Registro de paradas: Documenta interrupciones en el equipo, incluyendo fecha, hora, diagnóstico, acciones, producción afectada y costo, facilitando el seguimiento de medidas correctivas y preventivas.
- Cronograma de operaciones: En este formato, ubicado en anexos, se documentan las principales operaciones realizadas a lo largo del año, desde registrar el mantenimiento preventivo hasta las posibles fallas que surjan.

Como segunda propuesta, se ideó un plan de capacitación para el personal de Incaiko, centrado en el mantenimiento preventivo de equipos críticos, como la zaranda vibratoria y su motor, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa y reducir paradas no planificadas, prolongando la vida útil de los activos. El objetivo general es capacitar a los operarios en la manipulación y mantenimiento preventivo de equipos de procesamiento de agregados, optimizando el rendimiento y reduciendo tiempos de inactividad. Los objetivos específicos incluyen: proporcionar formación teórico-práctica en técnicas de mantenimiento, enseñar a identificar señales tempranas de desgaste para acciones preventivas, y capacitar en el uso correcto de herramientas y equipos de medición para garantizar eficiencia en las tareas de mantenimiento.

Además, el alcance de dichas capacitaciones es sobre todo para el personal operativo, especialmente aquellos encargados de la operación y mantenimiento de equipos de procesamiento de agregados, con el objetivo de mejorar sus conocimientos en buenas prácticas y optimización de procesos para asegurar eficiencia y reducir paradas no planificadas. Además, se incluirá al técnico en mantenimiento contratado y a la gerente general de la empresa como muestra de liderazgo; obteniendo un total de 8 personas en lista de capacitación. Dichas capacitaciones son clave para asegurar el funcionamiento eficiente de los equipos y mejorar la productividad. Al proporcionar conocimientos actualizados en mantenimiento preventivo, se previenen fallas, se alarga la vida útil de los equipos y se reducen tiempos de inactividad. Además, se fomenta la seguridad laboral, beneficiando a la empresa y a sus trabajadores. Los temas de la capacitación incluyen la importancia del mantenimiento preventivo, planificación y programación, evaluación de eficiencia, técnicas de inspección, registro y control de actividades, y el uso de indicadores de desempeño.

Se evaluaron tres alternativas de empresas que ofrecen servicios de capacitación en mantenimiento, considerando la cantidad de temas que abordan, la modalidad de enseñanza, la certificación y el costo. La tabla comparativa muestra que TuvSud [26] ofrece la mejor relación calidad-precio, con un contenido completo (6/6), certificación comparable (8.5/10) y costos mucho menores (480,00 €/persona) en comparación con Jccd Ltda [27] y Proforlab [28], que son considerablemente más caros. La modalidad online sincrónica de TuvSud también permite mayor interacción directa. Se concluye que un precio elevado no siempre refleja calidad, y en este caso, TuvSud es la opción más económica sin comprometer el contenido ni la certificación. Se consideró una frecuencia de 3 años con el fin de integrar a posibles nuevos operarios y actualizar conocimientos del personal actual, garantizando alineación con las mejores prácticas.

Otras propuestas incluyen construir un área de capacitación en la empresa y contratar un técnico de mantenimiento, cuya experiencia práctica y habilidades específicas se alinean mejor con las necesidades operativas. A diferencia de un profesional, un técnico se enfoca en labores preventivas y correctivas diarias, asegurando la continuidad de los equipos críticos. Además, su contratación es más económica, optimizando los recursos destinados al mantenimiento.

Con todo ello, se elaboró un cuadro que presenta los posibles escenarios al implementar una gestión de mantenimiento efectiva, basándose en un incremento de disponibilidad del 11,94% según [13]. La idea es que, con este incremento, se logren producciones similares a las obtenidas previamente con ese porcentaje de disponibilidad. Se plantearon tres escenarios: pesimista, donde, a pesar del incremento, los ingresos no alcanzan lo esperado; conservador, con márgenes prudentes y realistas; y optimista, que busca la máxima producción posible con los mayores porcentajes de disponibilidad. En cada escenario, se calcula el total de cubos resultante del rediseño, determinando los ingresos teóricos al multiplicar el precio de venta por la diferencia en cubos obtenidos. Así pues, con el total de cubos obtenidos después de la mejora, se halló la diferencia respecto a la suma de cubos históricos de Incaiko, que es de 41 947 cubos. Dicha diferencia fue multiplicada por el precio de venta de 18 soles el cubo, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4: Tabla resumen de ingresos posibles por escenario

Escenario	Cubos	Diferencia	Precio Venta	Ingresos
Pesimista	46 766.3	4 818.33		S/ 86 729,94
Conservador	50 226	8 278,03	18	S/ 149 004,54
Optimista	51 279,96	9 331,99		S/ 167 975,82

Fuente: Data histórica

Además, se llevó a cabo una simulación utilizando el software ProModel para corroborar la mejora en las operaciones de Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C. Como ya se mencionó en el análisis de criticidad, de los siete equipos evaluados únicamente la zaranda mecánica fue clasificada como crítica. Por tal motivo, la simulación se enfocó exclusivamente en este equipo, al ser el de mayor impacto en la continuidad del proceso productivo y en los costos asociados a las paradas. Este modelo incluyó mediciones en tiempo real y el uso de StatFit para determinar las distribuciones que se utilizarían en la simulación. Adicionalmente, se empleó el software Minitab para compilar la distinta información estadística. La modelación y criterios son los siguientes:

Imagen 9: Simulación en promodel



Fuente: Elaboración propia

La composición de los productos obtenidos fue determinada considerando que las cargas de material no siempre son constantes. Por ello, se trabajó utilizando probabilidades basadas en información proporcionada por la empresa, la cual detalla el porcentaje de composición de cada producto por cada cubo de materia prima ingresado. Según estos datos, los rangos mínimos y máximos para cada material fueron: Piedra Base (1,0560% - 1,2880%), Over para chancado (16,9730% - 19,2810%), Arena fina (6,3650% - 7,23%), y Arena Zarandeada (72,2270% - 75,6050%).

Además, se utilizó una tesis que no incluye simulación para determinar la variación porcentual de los indicadores, ya que proporciona una base empírica y metodológica robusta que puede ser adaptada y aplicada a nuestro estudio. La metodología y los resultados de dicha tesis ofrecen datos comparativos valiosos y enfoques alternativos que complementan nuestra investigación, permitiéndonos validar y enriquecer nuestro análisis con evidencia sólida y relevante; además de haberse centrado en una empresa de rubro y estructura similar. Las variaciones de indicadores que presenta [13] en su investigación fueron: +11,94% para la disponibilidad; -16,67% en el MTTR, y +8,33% en el MTBF.

En el análisis de la simulación se identificaron varias entidades, como "Piedra Base", "Over para chancado", "Arena fina residual", y "Arena zarandeada", las cuales representan los productos obtenidos durante el proceso de zarandeo. Las locaciones, por otro lado, incluyen áreas clave como la "Cantera", el "Ingreso de zaranda", las "Colas" de cada producto y sus respectivos lugares de almacenamiento, lo que permite un seguimiento detallado de los flujos de material a lo largo del proceso productivo.

Las redes de ruta definidas, como "Net1" para el cargador y "NetMant" para los operarios en caso de mantenimiento, facilitan el movimiento y monitoreo dentro del sistema, asegurando que cada recurso siga el trayecto correspondiente para optimizar tiempos y minimizar paradas no planificadas. Los recursos incluyen tanto el cargador frontal, que se encarga de trasladar la materia prima, como el equipo de mantenimiento, que interviene solo cuando es necesario, contribuyendo a la eficiencia del flujo de trabajo.

En cuanto al proceso, se estableció un lote inicial de 200 unidades para la simulación, con el objetivo de mantener un flujo constante de material que permita evaluar con precisión la eficiencia de la zaranda. Se determinó una constante de 0.025 para reflejar el flujo continuo de material, simulando las condiciones reales de trabajo y garantizando que el sistema opere de manera fluida, como si el material actuara de manera líquida para ser captado por el medidor.

Así pues, se presentan los resultados obtenidos gracias a la simulación, donde se puede comprobar que el total de cambios en el resumen de variables coincide con el total de salidas en el resumen de entidades, lo que garantiza que los cálculos realizados son correctos. No obstante, el valor realmente favorable para la empresa es en la columna de "Valor actual", las cuales son cifras afectadas por la variable incremento cuyo resultado

se puede inferir en metros cúbicos; por lo que, después de la propuesta de mejora, la empresa podría llegar a producir en promedio 3 525,7 cubos de arena zarandeada.

En cuanto a la viabilidad comercial del aumento de productividad propuesto, es importante destacar que la empresa Incaiko cuenta con un contrato vigente con DINO Pacasmayo, principal fabricante de cemento en el Perú. Este acuerdo estipula que DINO adquirirá la totalidad de la arena zarandeada que Incaiko produzca, debido a la limitada cantidad de proveedores en el norte del país. Por tanto, el incremento de producción mensual de 2,207.78 a 3,525.7 cubos no solo es técnicamente viable, sino también totalmente absorbible por el mercado, garantizando la colocación de la producción sin riesgos de sobreoferta.

Cabe resaltar que los resultados obtenidos se presentan en un esquema de antes y después de la propuesta. El escenario antes corresponde al diagnóstico de la situación actual de la empresa, mientras que el escenario después refleja la simulación realizada en ProModel con la implementación de las mejoras. Para el cálculo se asumió un promedio de 165 horas laborales, proyectando un incremento en la disponibilidad hasta 79,93%, como se había señalado en apartados anteriores. La comparación se hizo teniendo en cuenta los cálculos originales con 148 horas promedio trabajadas de manera mensual. De esta forma, los resultados son los siguientes:

*Tabla 5: Resumen general de resultados*

<b>Indicador</b>	<b>Antes</b>	<b>Actual</b>	<b>Variación</b>
Eficacia	19,09%	41,67%	118,28%
Utilización	67,63%	75,34%	11,24%
Producción	2 207,78	3 525,7	59,69%
Productividad	14 cubos/h-m	21,37 cubos/h-m	52,64%
Disponibilidad	71,36%	79,93%	11,94%
MTBF	58,38 horas	63,22	8,33%
MTTR	26,8 horas	22,25	-16,67%
Nivel de formación	42,9%	100%	133,10%

*Fuente: Elaboración propia basada en [13]*

Basándose en los tiempos de operación y los resultados obtenidos, se determinó que la capacidad actual del proceso de zarandeado es de aproximadamente 14 cubos por hora máquina, lo que representa el 26.75% del valor teórico de 52.34 cubos por hora. La capacidad teórica del proceso de zarandeo se calculó considerando un turno de trabajo de 9 horas diarias, equivalente a 540 minutos por día. Dado que el vaciado de cada tolva toma aproximadamente 5 minutos, se estimó un total de 108 vaciados por jornada. Cada

tolva transporta en promedio 6 cubos de material, lo que resulta en 648 cubos procesados al día. Finalmente, al dividir este total entre las 9 horas de operación, se obtiene una capacidad teórica aproximada de 52.34 cubos por hora máquina, valor que representa el máximo potencial de producción bajo condiciones ideales y sin interrupciones.

Con la propuesta, se espera alcanzar una productividad de 21.37 cubos por hora máquina, lo que equivaldría al 40.84% de la capacidad teórica. Esto demuestra que, aunque se lograría una mejora significativa en la eficiencia del proceso, aún existiría un margen disponible para futuras optimizaciones.

Para asegurar la sostenibilidad de la propuesta y la disponibilidad de recursos, se ha diseñado un *balanced scorecard* (anexo 44) que actúa como una herramienta fundamental para supervisar el desempeño de los indicadores claves en la empresa. Para controlarlos, se asigna un responsable capacitado que los monitorea periódicamente y reporta su avance mediante un sistema semáforo (rojo, amarillo, verde), lo que facilita la corrección inmediata de desviaciones gracias al plan de acción propuesto. Este cuadro de mando integral permite medir los resultados obtenidos en cada uno de los indicadores establecidos, abarcando tanto aspectos operativos como de capacitación. De esta manera, se promueve el compromiso y la responsabilidad de los trabajadores al visualizar su contribución directa en el logro de los objetivos organizacionales.

Además, en esta herramienta se incluye un plan de acción correctiva en caso de que los resultados se ubiquen en niveles deficientes. Este plan establece pasos específicos, como la realización de un análisis de causa raíz para identificar y abordar los problemas fundamentales, la implementación de un sistema de monitoreo continuo para la detección temprana de desviaciones, y un proceso de revisión y reajuste de las acciones correctivas para asegurar una adaptación adecuada a las necesidades operativas de la empresa. Con este enfoque, la organización no solo se prepara para enfrentar posibles desafíos, sino que también optimiza sus procesos en pro de alcanzar un rendimiento óptimo y sostenible.

Por último, se presentan las aptitudes básicas requeridas para el personal encargado del mantenimiento, las cuales han sido definidas en función de las exigencias técnicas y operativas del plan propuesto. Estas competencias son esenciales para que el personal pueda desempeñar su rol de manera óptima, garantizando la correcta ejecución de las tareas preventivas y la continuidad del plan de mantenimiento. (Anexo 67)

### *Viabilidad económica del rediseño de la gestión de mantenimiento*

Para cumplir el objetivo 3, se analizó en detalle los costos operativos relacionados con el mantenimiento y la mano de obra del motor, además de considerar costos de inversión inicial y gastos administrativos y de ventas (GAV). Este enfoque integral permite evaluar con precisión la viabilidad económica del plan de mantenimiento.

A continuación, se detallan los materiales y repuestos necesarios para las tareas diarias de mantenimiento, anualizando sus costos según la vida útil de cada elemento para optimizar recursos y planificar el presupuesto de manera eficiente:

*Tabla 6: Costos de mantenimiento diario anualizados*

<b>Mantenimiento diario</b>					
<b>Material</b>	<b>Tiempo de vida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>C. Anualizado</b>
Trapos de microfibra [29]	1 mes	6	unidades	11,9	142,8
Cepillo de cerdas suaves [30]	6 meses	2	unidad	16,2	32,4
Limpiador de superficies [31]	1 mes	1	unidad	32,3	387,6
Aire comprimido [32]	1 mes	1	set	132,7	1 592,4
Guantes de limpieza [33]	6 meses	2	par	9,5	38
Respirador buconasal [34]	6 meses	2	unidad	118,75	475
Cintas reflectivas [35]	3 meses	1	unidad	4	16
				Total	2 684,2

*Fuente: Elaboración propia*

Los materiales requeridos para el mantenimiento mensual se detallan considerando que, al igual que en el mantenimiento diario, sus costos han sido anualizados según la vida útil de cada uno, asegurando así una planificación adecuada del presupuesto.

*Tabla 7: Costos de mantenimiento mensual anualizados*

<b>Mantenimiento mensual</b>					
<b>Material</b>	<b>Tiempo de vida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>C. Anualizado</b>
Guantes dieléctricos [36]	6 meses	1	par	185	185
Gafas de protección [37]	6 meses	1	unidad	39	78
Solvente [38]	6 meses	1	galón	58	116
				Total	379

*Fuente: Elaboración propia*

Para el mantenimiento semestral, se utilizó la misma lógica, obteniendo un total de 790.44 soles anuales.

Tabla 8: Costos de mantenimiento semestral anualizados

Mantenimiento semestral					
Material	Tiempo de vida	Cantidad	Unidad	Costo	C. Anualizado
Desengrasante [39]	6 meses	1	galón	39,9	79,8
Grasa Shell Alvania R3 [40]	1 año	400	gramos	199	199
Aire comprimido [32]	1 semana	1	unidad	35,64	35,64
Cepillos de carbón [41]	6 meses	1	set	177	354
Guantes de seguridad [42]	6 meses	2	par	11	44
Gafas de protección [43]	6 meses	1	unidad	39	78
				Total	790,44

Fuente: Elaboración propia

Y, por último, los repuestos y materiales necesarios para el mantenimiento anual:

Tabla 9: Costos de mantenimiento anual

Mantenimiento anual					
Material	Tiempo de vida	Cantidad	Unidad	Costo	C. Anualizado
Shell Molina S2 BL 10 [44]	6 meses	1	cubo	484,26	484,26
Zapatos dieléctricos [45]	2 años	2	par	190	380
Aire comprimido [32]	1 semana	1	unidad	35,64	35,64
Trapos de microfibra [46]	6 meses	1	unidad	18	18
Cepillo de cerdas suaves [30]	6 meses	2	unidad	16,2	32,4
Cojinetes de repuesto [47]	1 año	2	unidad	79	158
Guantes de limpieza [48]	6 meses	2	par	9,5	38
				Total	1 146,3

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se consideró un técnico como mano de obra especializada para las labores de mantenimiento. Los datos de sueldo se obtuvieron gracias a información valiosa de mercado recaudada de [49] en Chiclayo, Perú:

Tabla 10: Cálculo de la mano de obra directa

Mano de obra	Sueldo	Cargas sociales (47%)	Costo diario	Costo por hora	Total horas	Total anual
Técnico de mantenimiento	1 446	2 125,62	81,75461538	9,08384615	219	23 872,3477

Fuente: Elaboración propia basada en [49]

Por otro lado, se presenta la tabla de inversión que especifica los costos relacionados con los recursos necesarios para implementar el plan de mantenimiento. Esta tabla incluye equipos, herramientas, infraestructura y capacitación, cada uno con su vida útil correspondiente, lo que permite planificar su reposición en los periodos adecuados. Cabe

resaltar que la capacitación se tomó en cuenta para 8 operarios, donde se incluyen los 6 trabajadores del área operativa, a la gerente de la empresa, y al técnico contratado, que son los que estarán involucrados a diario en las labores operacionales y de mantenimiento de la empresa. Además, para la construcción del área de capacitaciones, se contactó con la empresa Jaramillo Contratistas [50], quienes realizaron una cotización adecuada para los propósitos de Incaiko, la cual se encuentra visible en el Anexo 49. Esta inversión inicial es crucial para asegurar la eficiencia operativa y la sostenibilidad del mantenimiento a largo plazo, alineándose con los objetivos de optimizar el rendimiento del motor y aumentar la productividad:

*Tabla 11: Costos de inversión*

<b>Inversión</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Monto (soles)</b>	<b>Tiempo de vida (años)</b>
Capacitación	16 166,4	3
Construcción de sala	36 369,29	-
Computadora	3 500	3
Cable HDMI	55	3
Fusibles de repuesto 40A	39,5	3
Fusibles de repuesto 80A (4)	44,36	3
Sillas (10)	1 600	4
Escritorios (10)	1 700	4
Linterna de inspección	109	5
Pistola de engrase	78,9	5
Proyector	1 899	7
Sonómetro	109	7
Tacómetro láser	132	7
Interruptores de encendido (2)	57,8	7
Multímetro digital	139	7
Termómetro infrarrojo digital	94,99	7
Medidor de humedad	159	7
Megóhmetro	781,9	7
Fluke 810 [51]	49 438,52	10
Medidor de vibraciones portátil	927	10
Herramienta de desmontaje	140,6	10
Juego de llaves ajustables	169	15
Llave Dinamométrica	397	15
<b>Total inv.</b>	<b>114 107,26</b>	

*Fuente: Elaboración propia*

Se han asignado 150 soles anuales para gastos administrativos y de ventas, considerando que estas partidas menores se relacionan con la gestión operativa y comercial del mantenimiento. Este gasto controlado permite mantener el equilibrio

financiero sin impactar significativamente el presupuesto total, asegurando un soporte adecuado para las operaciones sin generar sobrecostos. Por otro lado, la depreciación de los equipos adquiridos se calculó según su vida útil estimada, distribuyendo el costo a lo largo de los años correspondientes. Esto permite reflejar el desgaste natural de los activos y asegurar una asignación adecuada de recursos en los estados financieros, con un total anual de S/12 589,54. Este cálculo garantiza la renovación oportuna de equipos, manteniendo la eficiencia del mantenimiento sin afectar la operatividad. Los datos de depreciación se basaron en las referencias [52] y [53].

Para efectos prácticos, el análisis se centrará en el escenario pesimista, que proyecta los ingresos más bajos. Se organizaron los montos separando ingresos, costos operativos, depreciación y gastos administrativos y de ventas (GAV), y se calcularon la utilidad antes y después de impuestos aplicando la tasa correspondiente. Este enfoque permite evaluar la viabilidad del proyecto en condiciones desfavorables, asegurando una planificación realista. Además, se aplicó una tasa de inflación del 2%, la cual fue obtenida a través de la revista Forbes [54] tomada del BCRP.

Seguidamente, se elaboró el flujo de caja teniendo en cuenta la utilidad después de impuestos y las inversiones realizadas a lo largo del periodo de análisis. En el año 0, se registra una inversión inicial de S/106 024,06, y en los años siguientes se incluyen montos adicionales para reposiciones según lo previsto. El flujo neto anual (FNE) refleja la diferencia entre los ingresos y los egresos de cada año, incluyendo costos operativos, depreciación e inversión, evaluando así la capacidad del proyecto para generar efectivo de forma sostenible y determinar su rentabilidad. Por último, se comparan los ingresos y egresos del proyecto a lo largo de los años, con el objetivo de calcular el beneficio-costeo de la propuesta.

Tabla 12: Evaluación económica del escenario pesimista

Estado de resultados							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/86 729,94	S/88 464,54	S/90 233,83	S/92 038,51	S/93 879,28	S/95 756,86
Costos operativos		S/29 022,29	S/29 602,73	S/30 194,79	S/30 798,68	S/31 414,66	S/32 042,95
Depreciación		S/12 589,54	S/12 589,54	S/12 589,54	S/11 376,59	S/10 551,59	S/10 514,01
GAV		S/150,00	S/153,00	S/156,06	S/159,18	S/162,36	S/165,61
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		<b>S/44 968,11</b>	<b>S/46 119,26</b>	<b>S/47 293,44</b>	<b>S/49 704,05</b>	<b>S/51 750,66</b>	<b>S/53 034,29</b>
Impuestos (29,5%)		S/13 265,59	S/13 605,18	S/13 951,56	S/14 662,69	S/15 266,45	S/15 645,12
Utilidad después de impuestos		<b>S/31 702,52</b>	<b>S/32 514,08</b>	<b>S/33 341,87</b>	<b>S/35 041,36</b>	<b>S/36 484,22</b>	<b>S/37 389,17</b>
Flujo de caja							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Utilidad después de impuestos		S/31 702,52	S/32 514,08	S/33 341,87	S/35 041,36	S/36 484,22	S/37 389,17
<b>Inversión</b>	-S/114 107,26	S/44 292,06	S/45 103,62	S/26 126,16	S/43 117,95	S/46 847,91	S/31 736,78
FLUJO NETO ANUAL							
Año	0	1	2	3	4	5	6
<b>FNE</b>	-S/114 107,26	S/44 292,06	S/45 103,62	S/26 126,16	S/43 117,95	S/46 847,91	S/31 736,78
FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/86 729,94	S/88 464,54	S/90 233,83	S/92 038,51	S/93 879,28	S/95 756,86
Egresos	S/114 107,26	S/42 437,88	S/43 360,92	S/64 107,67	S/48 920,56	S/47 031,37	S/64 020,08

Fuente: Elaboración propia

Con todo ello, se proceden a hallar los indicadores, teniendo en cuenta que, para el cálculo de la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR), se consideró un porcentaje de riesgo del 15% debido al alto valor y volumen de las operaciones, lo que incrementa el riesgo de inversión y demanda una rentabilidad que compense las posibles fluctuaciones financieras. Estos datos se basaron en [55]. De esta forma, se concluye que el proyecto es rentable aun en el escenario más austero, infiriéndose que, para los demás, también será así. A continuación, se presenta una tabla resumen donde se reúnen los resultados de todos los escenarios, los cuales pueden observarse a detalle en el apartado de anexos a partir del anexo 50.

Tabla 13: Indicadores de rentabilidad por escenario

Indicador	E. Pesimista	E. Conservador	E. Optimista	E. Ideal
VAN (soles)	27 444,39	188 865,88	238 041,18	970 955,46
PRI (años)	4,84	2,26	1,94	0,63
TIR	26,92%	79,91%	85,68%	264,55%
TMAR			17,65%	
BC (soles)	1,09	1,53	1,63	2,41

Fuente: Elaboración propia basada en [55]

### Discusión de resultados:

Para el primer objetivo, se calculó una disponibilidad promedio de 71,4% y un MTTR de 26,8 horas. Ambas cifras distan mucho del 81% y 5 horas respectivamente que calculó

[8]. Esta diferencia puede atribuirse a varios factores, como la formalización, lo que se refleja en su maquinaria moderna y en su organigrama bien estructurado que incluye personal especializado para diferentes tipos de problemas, como electricistas, mecánicos, asistentes de operario y un controlador de almacén; tal como lo demuestra [10] en su investigación en una cantera de Lima. Tener una base sólida implica que el punto de partida no sea tan trágico, evidenciándose en su disponibilidad de 92,34%. En cambio, Incaiko enfrenta desafíos debido al personal insuficiente y la asignación de múltiples funciones a los mismos trabajadores, lo que genera una gestión de mantenimiento y logística ineficiente. Esta situación se traduce a su vez en una productividad inferior a la de 17,71 cubos de arena por hora planteada por [8], siendo que la de Incaiko apenas llega a 13,9 cubos de arena por hora.

Para el segundo objetivo de la herramienta de mejora propuesta, se determinó que se puede incrementar la disponibilidad en un 8% y la productividad en un 52,64%, pasando de un promedio de 2 207 cubos hasta 3 525,07 cubos de arena zarandeada al mes. Estos resultados se contrastaron con la investigación de Cuadra [13] y Chávez [8], quienes lograron una variación de 11,94% en la disponibilidad y 6,78% en la productividad respectivamente, aplicado a todos los equipos y maquinaria de planta. Se comparó con estas dos indagaciones debido a que son similares en métodos, haciendo uso de manuales de mantenimiento para diseñar formatos apropiados según la criticidad de los equipos. No obstante, el poco incremento en la productividad de Chávez se debe a que su propuesta está diseñada para una empresa con mayor recorrido y experiencia en el mercado, lo que conlleva una gestión más eficiente. Esto deja en evidencia que una gestión de mantenimiento apropiada es útil siempre, pero tiene mayor impacto en empresas con mala organización y gestión deficiente. En estos entornos, pequeños cambios pueden generar grandes resultados, transformando significativamente la productividad y eficiencia, a diferencia de las empresas más estructuradas donde el impacto puede ser menor. Asimismo, el presente informe hizo uso de una simulación en el software Promodel, lo cual le da un valor agregado en comparación con [13] y [8]. Es importante destacar que, aunque esta modelación aún se encuentra en estado de prueba, estos resultados iniciales sirven para corroborar lo valioso de la propuesta y su potencial impacto positivo en la producción y los ingresos de la empresa. La simulación demuestra que la producción puede fluctuar, pero que se ha logrado una mejora considerable que justifica la implementación del mantenimiento preventivo; donde además se ha propuesto el

balanced scorecard como herramienta para garantizar la sostenibilidad y el compromiso por parte de los trabajadores.

Para el tercer objetivo, se puede apreciar que el proyecto es económicamente viable, ya que nuestro  $VAN > 0$ , el  $TIR > TMAR$ , y el  $BC > 1$ . Al comparar estos resultados con los de investigaciones similares, como las de Cuadra [13] y Chávez [8], se comprueba que, al utilizar la misma herramienta de mantenimiento preventivo para aumentar la productividad, la propuesta es rentable. No obstante, la diferencia principal radica en que en el presente trabajo se hizo uso de distintos escenarios calculados en base a los datos históricos y a una simulación, lo que permite tener distintas visiones sobre lo que podría pasar dado el grado de impacto y efectividad de la propuesta. Además, cabe resaltar el hecho que los indicadores finales no siempre son directamente proporcionales a la cantidad de dinero invertido, ya que, en el caso de [13], a pesar de haber incurrido en costos exclusivamente de mantenimiento de unos 200 000,00 soles aproximadamente, su beneficio costo es de 1,07, el cual resulta menor comparado al 1,09 del escenario pesimista de la presente propuesta, que, considerando costos e inversión, se obtienen cifras de 143 129,55 soles. Con la misma cantidad de dinero, se pueden obtener mejores resultados en escenarios un poco más favorecedores, demostrando el potencial de la propuesta y su viabilidad económica.

### **Conclusiones**

1. El rediseño de la gestión de mantenimiento permitió mejorar la productividad de Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C, llevándola de 14 cubos por hora máquina hasta 21,37 en el escenario más idóneo.
2. El diagnóstico del área de mantenimiento de la empresa, identificó 6 causas raíz: falta de un programa de mantenimiento establecido, falta de asignación de recursos y presupuesto para el mantenimiento, falta de personal calificado para realizar el mantenimiento, falta de inspecciones y monitoreo de la condición de las máquinas, uso de repuesto de segunda mano y falta de indicadores de mantenimiento. Todo ello acarrea una productividad promedio de 2207,78 cubos de arena zarandeada al mes, representando solo el 19,08% de su productividad teórica de 11567.14 cubos al mes.
3. Se rediseñó la gestión de mantenimiento a través de la elaboración de un plan basado en el manual original de la marca del equipo crítico, y gracias a una simulación en el software Promodel, donde el resultado fue un aumento de

59,69% en la productividad, pasando de un promedio de 2 207,78 a 3 525,7 cubos de arena zarandeada al mes. Otros indicadores también muestran la efectividad de la propuesta, pasando de 67,63% a 75,34% en términos de utilización, 71,36% a 79,93% en términos de disponibilidad, 58,38 a 63,22 horas en términos del tiempo medio entre fallas y 26,8 a 22,25 horas en términos del tiempo medio entre reparaciones.

4. La evaluación económica del proyecto resultó rentable para todos los escenarios, según los siguientes indicadores: valor actual neto de 27 444,39; tasa interna de retorno de 26,92%, mayor a la tasa mínima aceptable de rendimiento de 17,65%, un periodo de retorno de la inversión de 4,84 años y un beneficio – costo de 1,09; todo ello para el escenario pesimista, dando por sentado que, si la propuesta es rentable en el escenario menos favorecedor, lo será también para los más optimistas.

### **Recomendaciones**

1. Planificar cuidadosamente el cronograma de trabajo, estableciendo plazos realistas para cada etapa de la tesis, con el fin de evitar retrasos y cumplir con los objetivos a tiempo. Es importante dividir el proyecto en fases manejables, asignando tiempos específicos para la recolección de datos, análisis, redacción, y revisión final, asegurando así un flujo continuo de trabajo.
2. Permanecer en constante capacitación y actualización en diversas áreas relacionadas al tema de la tesis, con el fin de estar al tanto de las mejores herramientas y metodologías disponibles. Esto permitirá abordar el proyecto con enfoques innovadores y evitará quedarse limitado a opciones básicas, favoreciendo un trabajo más robusto y alineado con las tendencias actuales.
3. Consultar con expertos o profesionales en el área del tema de la tesis, para validar los enfoques utilizados y obtener recomendaciones que mejoren la calidad del trabajo final. Mantener comunicación constante con asesores y personas con experiencia permitirá identificar posibles mejoras en el proyecto, además de fortalecer las conclusiones y aportes del estudio.

## Referencias

- [1] Y. Méndez, “Universidad Central de Venezuela: Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas Y Geofísica Presentado por: Yusbelys Méndez, para optar por la asignatura: Minería de Campo.” Available: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/16715/1/PasantiaYusbelysMendez.pdf>
- [2] “Facility management: budget spent on maintenance equipment U.S. 2024 | Statista,” *Statista*, 2024. <https://www.statista.com/statistics/799977/share-of-operating-budget-spent-on-cleaning-or-maintenance-equipment-and-supplies/> (accessed Nov. 15, 2024).
- [3] Esmilka Guerra-López and A. Montes, “Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería,” *Boletín de Ciencias de la Tierra*, no. 45, pp. 14–21, Jan. 2019, doi: <https://doi.org/10.15446/rbct.n45.68711>.
- [4] B. Henry and A. León, “Universidad Peruana los Andes: Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial Presentado por: Henry Chacón, para optar el título profesional de: Ingeniero Industrial.” Available: [https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1789/T037\\_46600172\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1789/T037_46600172_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [5] J. Roman, R. Gonzales, M. Luis, and A. Rosas, 2019. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23695/Rojas%20Gonzales%20Jaime%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] P. de, “Sector mantenimiento mueve alrededor de S/250 millones anuales en el Perú,” *Andina.pe*, Feb. 23, 2021. <https://andina.pe/agencia/noticia-sector-mantenimiento-mueve-alrededor-s250-millones-anuales-el-peru-834935.aspx> (accessed Nov. 15, 2024).
- [7] “ShieldSquare Captcha,” *www.bcrp.gob.pe*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Piura/2021/sintesis-lambayeque-04-2021.pdf>
- [8] *Lookproxy.com*, 2024. [https://tesis-usat-edu-pe.usat.lookproxy.com/bitstream/20.500.12423/2654/3/TL\\_ChavezGaonaOmar.pdf](https://tesis-usat-edu-pe.usat.lookproxy.com/bitstream/20.500.12423/2654/3/TL_ChavezGaonaOmar.pdf) (accessed Apr. 26, 2024).
- [9] B. Carlos *et al.*, 2019. Accessed: Apr. 26, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22255/Guevara%20Alejabo%20Carlos%20Gast%c3%b3n%20-%20Silvera%20Pe%c3%b1a%20Carlos%20Alberto.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- [10] H. Anderson *et al.*, 2021. Accessed: Apr, 26, 2024. [Online]. Available: [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5622/A.Huere\\_Trabajo\\_de\\_Suficiencia\\_Profesional\\_Titulo\\_Profesional\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5622/A.Huere_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [11] B. Marca, S. Luis, I. Simpalo López, and W. Bernardo, “Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Escuela Profesional de Ingeniería, Empresa minera del sur, para optar el título profesional de Ingeniero Industrial”. Accessed: Apr. 26, 2024.

[Online]. Available: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8471/Marca%20Saico%20Luis%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[12] L. Jimenez, *et al.*, 2021. Accessed: Apr, 26, 2024. [Online]. Available <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7555/1/4141782-2019-2-IM.pdf>

[13] M. Cuadra, 2024. [https://tesis-usat-edu-pe.usat.lookproxy.com/bitstream/20.500.12423/4272/1/TM\\_CuadraCollazosMiguel.pdf](https://tesis-usat-edu-pe.usat.lookproxy.com/bitstream/20.500.12423/4272/1/TM_CuadraCollazosMiguel.pdf) (accessed Apr. 26, 2024).

[14] A. Cristancho, 2024. Accessed: Apr, 26, 2024. Available <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21061/2019arveycristancho.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

[15] M. Álvarez, “Implementación de un programa de mantenimiento para la mejora del proceso de chancado en la Planta Paragsha, Compañía Minera Volcán,” *Unac.edu.pe*, 2024, doi: <https://doi.org/10.620.1.A47>.

[16] J. Ayala, “Universidad Nacional del Callao Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica ‘Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la Planta Molienda. compañía minera Luren S.A’ Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Perú,” 2017. Accessed: Apr. 26, 2024. [Online]. Available: [https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5968/TSP\\_PREGRADO\\_AYALA%20GUTIERREZ\\_FIME\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5968/TSP_PREGRADO_AYALA%20GUTIERREZ_FIME_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[17] O. Ali, “Mining Equipment Maintenance: Strategies for Maximizing Productivity,” *AZoMining*, Oct. 20, 2023. <https://www.azomining.com/Article.aspx?ArticleID=1767#:~:text=Preventive%20maintenance%20is%20proven%20to%20offer%20tremendous%20advantages.,can%20lead%20to%20major%20productivity%20and%20profit%20gains.> (accessed Apr. 26, 2024).

[18] “La Productividad en el Mantenimiento Industrial,” *Google Books*, 2014. [https://books.google.com.pe/books/about/La\\_Productividad\\_en\\_el\\_Mantenimiento\\_Ind.html?id=bM7hBAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/La_Productividad_en_el_Mantenimiento_Ind.html?id=bM7hBAAQBAJ&redir_esc=y) (accessed Apr. 26, 2024).

[19] <https://www.linkedin.com/company/stel-order>, “Mantenimiento Correctivo: Qué es, tipos y cuándo utilizarlo,” *STEL Order*, Dec. 21, 2021. <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-correctivo/> (accessed Apr. 26, 2024).

[20] “Revista Venezolana de Gerencia.” Available: <https://www.redalyc.org/pdf/290/29026161004.pdf>

[21] I. Team, “Indicadores de mantenimiento: 7 KPIs para una gestión eficaz,” *Infraspeak Blog*, Mar. 23, 2023. <https://blog.infraspeak.com/es/indicadores-de-mantenimiento/> (accessed Apr. 26, 2024).

[22] G. Samaniego, “Enfoque, tipo, diseño y método de investigación [Aclarando conceptos] -,” *Asesoría de Tesis*, Aug. 28, 2022. <https://miasesordetesis.com/enfoque-tipo-diseno-metodo-de-investigacion/> (accessed Apr. 26, 2024).

[23] G. Mancuzo, “¿Qué es el Mantenimiento Productivo Total?,” Blog - ComparaSoftware, Sep. 08, 2020. <https://blog.comparasoftware.com/mantenimiento-productivo-total/> (accessed Oct. 31, 2023).

[24] A. Mendizabal, “El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer Leer más.....,” *Angelmendizabal.com*, Jun. 25, 2020. <https://angelmendizabal.com/mantenimiento/ejemplo-practico-para-realizar-un-analisis-de-criticidad/> (accessed Apr. 28, 2024).

[25] Tecowestinghouse, “OPERATION & MAINTENANCE MANUAL FOR THREE PHASE INDUCTION MOTORS” *Tecowestinghouse.com*, Aug. 24, 2010. [https://www.tecowestinghouse.com/PDF/O%26M\\_manual\\_56-449T\\_frames.pdf/](https://www.tecowestinghouse.com/PDF/O%26M_manual_56-449T_frames.pdf/) (accessed Jun. 24, 2024).

[26] “MANTENIMIENTO PREVENTIVO INDUSTRIAL,” *Tuvsud.com*, 2024. <https://www.tuvsud.com/es-es/store/academy-es/mantenimiento/gestion-del-mantenimiento/1013-curso-mantenimiento-preventivo-industrial> (accessed Oct. 12, 2024).

[27] R. Chile, “Gestión de mantenimiento,” *REDCAPACITACION Chile*, 2021. <https://redcapacitacion.cl/curso/gestion-de-mantenimiento/10280> (accessed Oct. 12, 2024).

[28] R. Chile, “Planificación y Programación del Mantenimiento,” *REDCAPACITACION Chile*, 2024. <https://redcapacitacion.cl/curso/planificacion-y-programacion-del-mantenimiento/9540> (accessed Oct. 12, 2024).

[29] Promart, “Paño de microfibra 40x40cm 6 unidades Orange,” *Promart.pe*, 2024. <https://www.promart.pe/paño-de-microfibra-x-6-unidades/p> (accessed Oct. 12, 2024).

[30] “Cepillo Lavandería Cerda Suave,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-659342820-cepillo-lavanderia-cerda-suave-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=10&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=2d820c74-2ab5-46f1-bd2a-3a2768033d93](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-659342820-cepillo-lavanderia-cerda-suave-_JM#polycard_client=search-nordic&position=10&search_layout=stack&type=item&tracking_id=2d820c74-2ab5-46f1-bd2a-3a2768033d93) (accessed Oct. 12, 2024).

[31] Promart, “Limpiador spray 60040 500ml industrial Tesa,” *Promart.pe*, 2024. <https://www.promart.pe/limpiador-spray-60040-500ml-industrial/p> (accessed Oct. 12, 2024).

[32] “Set De 4 Latas Aire Comprimido Abro De 400ml C/u,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-619115081-set-de-4-latas-aire-comprimido-abro-de-400ml-cu-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=4&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=1b9b20e1-3e9d-4733-9acc-4c34b527b6c9](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-619115081-set-de-4-latas-aire-comprimido-abro-de-400ml-cu-_JM#polycard_client=search-nordic&position=4&search_layout=stack&type=item&tracking_id=1b9b20e1-3e9d-4733-9acc-4c34b527b6c9) (accessed Oct. 12, 2024).

[33] Promart, “Guantes antideslizante Flex Talla: 7 Eterna,” *Promart.pe*, 2024. <https://www.promart.pe/guantes-antideslizante-flex-talla--7/p> (accessed Oct. 12, 2024).

- [34] “Kit Respirador 3m 6200 + Filtro 3m 7093 - S/ 118.75,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441216449-kit-respirador-3m-6200-filtro-3m-7093-\\_JM#is\\_advertising=true&position=19&search\\_layout=stack&type=pad&tracking\\_id=463d2fef-1b9b-4208-9d10-5fc5b6141a8b&is\\_advertising=true&ad\\_domain=VQCATCORE\\_LST&ad\\_position=19&ad\\_click\\_id=ODA4NDQ3ZGMtOWVhMy00MWI4LWEyN2UtZjY5NDRiNWYzMmMy](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441216449-kit-respirador-3m-6200-filtro-3m-7093-_JM#is_advertising=true&position=19&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=463d2fef-1b9b-4208-9d10-5fc5b6141a8b&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=19&ad_click_id=ODA4NDQ3ZGMtOWVhMy00MWI4LWEyN2UtZjY5NDRiNWYzMmMy) (accessed Oct. 12, 2024).
- [35] “Cinta Reflectiva De Ropa Liviana De 1 Y 2 Pulgadas (x Mt),” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-440316235-cinta-reflectiva-de-ropa-liviana-de-1-y-2-pulgadas-x-mt-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=11&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=98cd9331-3c34-45a5-84c1-bdbae2c99fc8](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-440316235-cinta-reflectiva-de-ropa-liviana-de-1-y-2-pulgadas-x-mt-_JM#polycard_client=search-nordic&position=11&search_layout=stack&type=item&tracking_id=98cd9331-3c34-45a5-84c1-bdbae2c99fc8) (accessed Oct. 12, 2024).
- [36] “Guante Dielectrico Cl 1 Novax,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-672999376-guante-dielectrico-cl-1-novax-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=4&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=c5485b93-6e7a-4957-8b6d-e0afebc4f37b](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-672999376-guante-dielectrico-cl-1-novax-_JM#polycard_client=search-nordic&position=4&search_layout=stack&type=item&tracking_id=c5485b93-6e7a-4957-8b6d-e0afebc4f37b) (accessed Oct. 12, 2024).
- [37] “Lentes De Seguridad Antiparra Pro Curvo,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441014167-lentes-de-seguridad-antiparra-pro-curvo-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=37&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=526942e9-b460-4ad3-b873-b23dfabe16b6](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441014167-lentes-de-seguridad-antiparra-pro-curvo-_JM#polycard_client=search-nordic&position=37&search_layout=stack&type=item&tracking_id=526942e9-b460-4ad3-b873-b23dfabe16b6) (accessed Oct. 12, 2024).
- [38] “Solvente Dielectrico Sol-991987857 Biodegradable No Clorado,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-652266628-solvente-dielectrico-sol-991987857-biodegradable-no-clorado-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=32&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=90e40af3-366e-44bb-ac84-7eec8e398859](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-652266628-solvente-dielectrico-sol-991987857-biodegradable-no-clorado-_JM#polycard_client=search-nordic&position=32&search_layout=stack&type=item&tracking_id=90e40af3-366e-44bb-ac84-7eec8e398859) (accessed Oct. 12, 2024).
- [39] “Saca Grasa Multiusos (desengrasante) - Gln 3.7 Lt + Gatillo,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-668394346-saca-grasa-multiusos-desengrasante-gln-37-lt-gatillo-\\_JM#is\\_advertising=true&position=1&search\\_layout=stack&type=pad&tracking\\_id=a081395f-5242-4e94-b5f8-06c11f060f78&is\\_advertising=true&ad\\_domain=VQCATCORE\\_LST&ad\\_position=1&ad\\_click\\_id=ZTKyZmUzOGYtY2JkZS00NzRiLWEwNTetZmQ4YTI5ZGM1ODUx](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-668394346-saca-grasa-multiusos-desengrasante-gln-37-lt-gatillo-_JM#is_advertising=true&position=1&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=a081395f-5242-4e94-b5f8-06c11f060f78&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=1&ad_click_id=ZTKyZmUzOGYtY2JkZS00NzRiLWEwNTetZmQ4YTI5ZGM1ODUx) (accessed Oct. 12, 2024).
- [40] “Shell Gadus S3 V220c 2 Grasa Premium Multiuso Extrema P,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-641438958-shell-gadus-s3-v220c-2-grasa-premium-multiuso-extrema-p-\\_JM#polycard\\_client=search-](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-641438958-shell-gadus-s3-v220c-2-grasa-premium-multiuso-extrema-p-_JM#polycard_client=search-)

nordic&position=1&search\_layout=stack&type=item&tracking\_id=12da2aef-059c-4821-944c-c58f29e8a72c (accessed Oct. 12, 2024).

[41] “2 Pares De Cepillos De Motor De Carbón 65521302 617848...,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-658247124-2-pares-de-cepillos-de-motor-de-carbon-65521302-617848-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=8&search\\_layout=grid&type=item&tracking\\_id=9cb91996-f556-4ac1-b5a9-4983b72ebc91](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-658247124-2-pares-de-cepillos-de-motor-de-carbon-65521302-617848-_JM#polycard_client=search-nordic&position=8&search_layout=grid&type=item&tracking_id=9cb91996-f556-4ac1-b5a9-4983b72ebc91) (accessed Oct. 12, 2024).

[42] “Guante De Cuero Reforzado C&a - Gris,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-644946052-guante-de-cuero-reforzado-ca-gris-\\_JM#is\\_advertising=true&position=9&search\\_layout=stack&type=pad&tracking\\_id=8745ae3f-2f8e-42cd-997d-ad8f79ae0619&is\\_advertising=true&ad\\_domain=VQCATCORE\\_LST&ad\\_position=9&ad\\_click\\_id=YjhlNTllZjQtZDZjMS00NmVILWE4YTEtNjI3M2IxZTI1NGZj](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-644946052-guante-de-cuero-reforzado-ca-gris-_JM#is_advertising=true&position=9&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=8745ae3f-2f8e-42cd-997d-ad8f79ae0619&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=9&ad_click_id=YjhlNTllZjQtZDZjMS00NmVILWE4YTEtNjI3M2IxZTI1NGZj) (accessed Oct. 12, 2024).

[43] “Lentes De Seguridad Antiparra Pro Curvo,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441014167-lentes-de-seguridad-antiparra-pro-curvo-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=32&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=8783b915-e39b-46e1-ae0d-31c0978875cd](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-441014167-lentes-de-seguridad-antiparra-pro-curvo-_JM#polycard_client=search-nordic&position=32&search_layout=stack&type=item&tracking_id=8783b915-e39b-46e1-ae0d-31c0978875cd) (accessed Oct. 12, 2024).

[44] “Shell Morlina S2 BL 10 Cubo de 20 litros,” *Lubrificantiricambi*, 2024. <https://www.lubrificantiricambi.com/es/sistemas-de-circulacion-de-aceite/324-shell-morlina-s2-bl-10-cubo-de-20-litros.html> (accessed Oct. 12, 2024).

[45] “Zapatos De Hombre Dialectricos Punta De Acero - S/ 190,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-661959886-zapatos-de-hombre-dialectricos-punta-de-acero-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=5&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=46a93d87-8718-45e0-a56b-4cfb65eb2255](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-661959886-zapatos-de-hombre-dialectricos-punta-de-acero-_JM#polycard_client=search-nordic&position=5&search_layout=stack&type=item&tracking_id=46a93d87-8718-45e0-a56b-4cfb65eb2255) (accessed Oct. 12, 2024).

[46] “Toalla Paño De Microfibra Para Limpieza De Autos 40 X 40 Cms,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-619362613-toalla-pano-de-microfibra-para-limpieza-de-autos-40-x-40-cms-\\_JM#is\\_advertising=true&position=1&search\\_layout=stack&type=pad&tracking\\_id=55113f4d-c10c-46d2-809b-352349d073a9&is\\_advertising=true&ad\\_domain=VQCATCORE\\_LST&ad\\_position=1&ad\\_click\\_id=MWZkOTJiNzgtY2VmMy00NWU0LTljOTMtOGEzNGI3YWwiYTcw](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-619362613-toalla-pano-de-microfibra-para-limpieza-de-autos-40-x-40-cms-_JM#is_advertising=true&position=1&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=55113f4d-c10c-46d2-809b-352349d073a9&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=1&ad_click_id=MWZkOTJiNzgtY2VmMy00NWU0LTljOTMtOGEzNGI3YWwiYTcw) (accessed Oct. 12, 2024).

[47] “Rodaje 608 609 607,” *Mercadolibre.com.pe*, 2024. [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-613462326-rodaje-608-609-607-\\_JM#polycard\\_client=search-](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-613462326-rodaje-608-609-607-_JM#polycard_client=search-)

nordic&position=2&search\_layout=stack&type=item&tracking\_id=8d32874a-b8a9-453f-b42e-d7a89a181c22 (accessed Oct. 12, 2024).

[48] Promart, “Guantes antideslizante Flex Talla: 9 Eterna,” *Promart.pe*, 2024. <https://www.promart.pe/guantes-antideslizante-flex-talla--9/p> (accessed Oct. 12, 2024).

[49] “Sueldo de Técnico/a en mantenimiento en Chiclayo, Lambayeque,” *Indeed.com*, 2022. [https://pe.indeed.com/career/técnico-en-mantenimiento/salaries/Chiclayo--Lambayeque?from=top\\_sb](https://pe.indeed.com/career/técnico-en-mantenimiento/salaries/Chiclayo--Lambayeque?from=top_sb) (accessed Oct. 12, 2024).

[50] Jaramillo Contratistas, “Construcción y Remodelación en Perú | Jaramillo Contratistas,” *Jaramillocontratistas.pe*, 2014. <https://jaramillocontratistas.pe/> (accessed Oct. 12, 2024).

[51] “Fluke 810 Handheld Vibration Tester, 0 to 80g Peak: Vibration Meters: Amazon.com: Industrial & Scientific,” *Amazon.com*, 2024. <https://www.amazon.com/-/es/Fluke-810-Comprobador-vibración-manual/dp/B007ICD1LI> (accessed Oct. 12, 2024).

[52] “Tabla de Tiempos de Vida Útil de los Equipos.” Available: <https://www.sunat.gob.pe/legislacion/superin/2022/anexo-071-2022.pdf>

[53] Ceocontable, “Entendiendo la Depreciación de Activos Fijos según la SUNAT: Guía Completa para Empresas en Perú,” *Impuestos y Declaraciones*, Jul. 16, 2024. <https://impuesto.pe/depreciacion-de-activos-fijos-sunat/#:~:text=Según la normativa peruana%2C los periodos de depreciación,equivalente a una vida útil de 5 años.> (accessed Oct. 12, 2024).

[54] F. Staff, “Banco Central ajustó ligeramente la previsión de inflación: aumentará a 2,3% al cierre del 2024 y caerá a 2% en 2025,” *Forbes Perú*, Sep. 20, 2024. <https://forbes.pe/economia-y-finanzas/2024-09-20/banco-central-ajusto-ligeramente-la-prevision-de-inflacion-aumentara-a-23-al-cierre-del-2024-y-caera-a-2-en-2025> (accessed Oct. 12, 2024).

[55] INFOBAE, “Inflación en el Perú supera el 8.7% a nivel nacional, cifra más alta en los últimos 10 años,” *infobae*, Jun. 2022. <https://www.infobae.com/america/peru/2022/06/01/inflacion-en-el-peru-supera-el-8-a-nivel-nacional-cifra-mas-alta-en-10-anos/> (accessed Oct. 18, 2024)

**Anexos:**

*Anexo 1: Tabla de operacionalización de variables*

<b>Propuesta de implementación de una Gestión de Mantenimiento para elevar la productividad de Incaiko Ejecutores y Constructores S.A.C</b>					
<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>DIMENSIONES</b>		<b>INDICADORES</b>
Variable dependiente	Productividad	La productividad es la relación entre la cantidad de productos o servicios obtenidos y los recursos empleados para su producción.	Materiales	Eficacia	= (Producción alcanzada x 100) / (Producción prevista)
			Máquina	Utilización	= (Horas Máquina Real) / (Horas Máquina Programada)
				Productividad	= (Producción Real) / (Horas Máquina Real)
Variable independiente	Gestión de mantenimiento	Proceso organizado de planificar, ejecutar y monitorear las actividades de mantenimiento para asegurar que los equipos y sistemas funcionen de manera eficiente y confiable.	Rendimiento operativo	Nivel de formación	= (Cantidad de operarios capacitados) / Total de operarios
				Disponibilidad	= (MTBF) / (MTBF + MTTR)
			Mantenibilidad	Tiempo medio entre fallas MTBF Tiempo medio de reparación MTTR	= (Tiempo total disponible-Tiempo de inactividad) / (Número de fallas) = (Tiempo de inactividad no planeado) / (Número de fallas)

*Fuente: Elaboración propia*

Anexo 2: Tabla resumen del procedimiento de investigación

<b>Resumen del procedimiento de la investigación</b>					
<b>Fase del estudio</b>	<b>Fuente de información</b>	<b>Técnicas y herramientas</b>		<b>Indicador</b>	<b>Meta</b>
		<b>Recopilación de información</b>	<b>Tratamiento de información</b>		
Diagnóstico	Archivos de la empresa	Estudio del proceso productivo	Diagrama de Ishikawa	Eficacia	95%
	Personal de la organización	Entrevistas	Diagrama de Pareto	Utilización	80%
	Registros históricos	Revisión documentaria	Matrices de criticidad	Productividad	>2848
				Nivel de formación	100%
Rediseño de la gestión de mantenimiento	Antecedentes e investigaciones previas	Análisis documentario	Realización de formatos	Disponibilidad	90%
	Personal de mantenimiento			MTBF	>80
				MTTR	<20
Viabilidad económica	Resultado de fases anteriores			VAN	
				TIR	Viabilidad económica
				Indicador B/C	

*Fuente: Elaboración propia*

## Anexo 3: Matriz de criticidad

GUIA DE CRITICIDAD								
PARÁMETROS	Puntaje	Chancadora	Zaranda Mecánica	Grupo Electrógeno	Volquete Howo ZZ3	Cargador CAT 950H	Cargador SEM 656D	Excavadora CAT 320D
<b>1. Frecuencia de falla (todo tipo de falla)</b>								
Mayor o igual a 8 fallas/mes	4							
De 5 a 7 fallas/mes	3							
De 2 a 4 fallas/mes	2	3	4	1	2	2	2	2
Menor o igual a 1 falla/mes	1							
<b>2. Impacto operacional (IO)</b>								
Parada inmediata de toda la producción	10							
Afecta más del 50% de la producción	7							
Afecta menos del 50% a la producción	4	4	10	10	1	7	7	4
No afecta la producción	1							
<b>3. Flexibilidad operacional (FO)</b>								
No se dispone de otro equipo igual o similar	4							
El sistema puede seguir funcionando	2	4	4	4	1	1	1	4
Se dispone de otro equipo igual o similar	1							
<b>4. Costo de mantenimiento (en dólares)</b>								
Más de 10 000 dólares	3							
Entre 5 000 y 10 000	2	1	1	1	1	1	1	1
Menos de 5 000	1							
<b>5. Impacto en seguridad ambiente</b>								
Afecta a la seguridad humana	8							
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6							
Afecta las instalaciones causando daños severos	4							
Provoca daños menores - accidentes e incidentes	2	1	6	1	8	0	0	0
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1							
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0							
<b>FRECUENCIA</b>		3	4	1	2	2	2	2
<b>CONSECUENCIA</b>		18	47	42	10	8	8	17
<b>CRITICIDAD</b>		54	188	42	20	16	16	34

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 4: Resumen de la chancadora de piedra

Chancadora de piedra				
Periodo	Fallas por periodo	Producción cubos piedra/mes	Costo anual de Mto.	Residuos
13	6	467,345		Polvo
14	5	760,835		Fragmentsos de
15	7	238,555		piedra
16	7	683,85	S/ 38 925,36	
17	6	968.655		
18	5	502,41		
13	6			

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 5: Resumen del grupo electrógeno

Grupo electrógeno				
Periodo	Fallas por periodo	Costo anual de Mto.	Residuos	
13	1			Aceite
14	0			Trapos
15	0			Filtros
16	1	S/ 9 480,00		
17	0			
18	1			

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 6: Resumen del volquete Howo

Volquete Howo				
Periodo	Fallas por periodo	Costo anual de Mto.	Residuos	
13	2			Aceite
14	0			Neumáticos
15	1			Piezas desgastadas
16	3	S/ 16 680,00		
17	1			
18	2			

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 7: Resumen del cargador SEM

Cargador SEM				
Periodo	Fallas por periodo	Costo anual de Mto.	Residuos	
13	2			Aceite
14	0			Trapos
15	0			Filtros
16	1	S/ 5 595,96		
17	0			
18	2			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Resumen de la excavadora CAT

Excavadora CAT			
Fallas por mes	Fallas por periodo	Costo anual de Mto.	Residuos
13	1		Aceite
14	1		Trapos
15	0	S/ 8 842,00	Filtros
16	2		
17	0		
18	0		Escoria de soldadura

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Formato de encuesta

## ENCUESTA N°1 DE MANTENIMIENTO

Agradecemos sinceramente tu participación en esta encuesta. Tu perspectiva y experiencias son esenciales para evaluar nuestra situación actual y trabajar juntos en mejoras significativas. Queremos enfatizar que todas las respuestas serán tratadas con la máxima confidencialidad y solo se utilizarán con fines de análisis y mejora interna. Te pedimos que respondas con honestidad y franqueza, ya que esto nos ayudará a abordar las áreas que requieren atención y potenciar nuestros puntos fuertes. Tu participación es fundamental para el éxito de este proceso.

- ¿Has notado problemas en la maquinaria o equipos utilizados en la producción últimamente?  
a) Sí b) No
- ¿Notas algún cambio en la manera en la que se utilizan los recursos? (Tiempo, dinero, hormigón, etc.)  
a) Sí b) No
- ¿Has observado interrupciones frecuentes en el proceso de producción?  
a) Interrupciones frecuentes  
b) No tan frecuentes  
c) No he observado interrupciones
- ¿Crees que la empresa está usando correctamente sus recursos?  
a) Sí b) No
- ¿Has recibido alguna vez charlas/capacitaciones acerca de mantenimiento de los equipos?  
a) Sí b) No
- Si la respuesta anterior fue sí, ¿Con qué frecuencia las recibes?  
a) Muy seguido  
b) Usualmente  
c) Casi nunca
- ¿Con qué frecuencia crees que se debe hacer mantenimiento a las máquinas?  
a) Diario  
b) Semanal  
c) Quincenal  
d) Mensual  
e) Semestral  
f) Anual
- ¿Consideras que en la empresa hace falta personal calificado para realizar el mantenimiento?  
a) Sí b) No

9. ¿Consideras que la empresa posee un plan de mantenimiento adecuado?  
a) Sí b) No
10. ¿Conoces los indicadores de mantenimiento?  
a) Sí b) Algunos c) No sé de ninguno
11. Cuando una máquina se malogra, ¿La empresa posee repuestos de primera mano al momento en que se necesitan?  
a) Sí b) No
12. ¿Consideras que alguno de los equipos/repuestos ya cumplió su ciclo de vida?  
a) Sí b) No
13. ¿Con qué frecuencia se realizan inspecciones y monitoreos completos de la maquinaria?  
a) Diario  
b) Semanal  
c) Quincenal  
d) Mensual  
e) Semestral  
f) Anual  
g) Desconozco
14. ¿Consideras que las condiciones actuales de la máquina favorecen a que trabaje a su máxima capacidad?  
a) Sí b) No c) No lo sé
15. ¿Cuál consideras que es el equipo más importante para el proceso productivo de la empresa?  
a) Cargadores frontales  
b) Retroexcavadora  
c) Volquetes  
d) Grupo electrógeno  
e) Zaranda mecánica
16. ¿Cuál de los equipos requiere de un mantenimiento más urgente y cotidiano?  
a) Cargadores frontales  
b) Retroexcavadora  
c) Volquetes  
d) Grupo electrógeno  
e) Zaranda mecánica
17. Si tuvieras la oportunidad de invertir más dinero en la compra de repuestos de primera mano y en mantenimientos apropiados, ¿Lo harías?  
a) Sí b) No

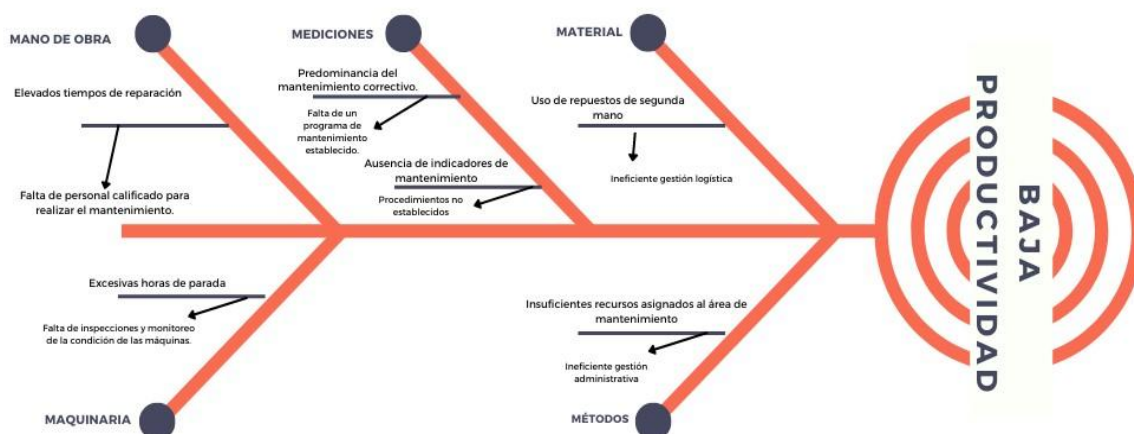
*Fuente: Elaboración propia*

*Anexo 10: Resumen de encuestas*

<b>Aspecto Evaluado</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Problemas notados en maquinaria/equipos	87%
Cambio negativo en uso de recursos	75%
Interrupciones en producción: Frecuentes/No tan/No observadas	50% / 37% / 13%
Uso inadecuado de recursos	50%
Falta de capacitación sobre mantenimiento	63%
Frecuencia de capacitación: Nunca	62.50%
Frecuencia de mantenimiento sugerida: Semestral/Quincenal/Semanal/Anual	38% / 12% / 13% / 25%
Falta de personal calificado para mantenimiento	75%
Falta de un plan de mantenimiento adecuado	75%
Conocimiento sobre indicadores de mantenimiento	50% no conoce
Disponibilidad de repuestos de primera mano	63% no posee
Equipos con ciclo de vida completado	62%
Frecuencia de inspecciones: Semestral/Mensual/Quincenal	50% / 38% / 12%
Condiciones actuales no favorecen máxima capacidad	25%
Máquina más importante: Zaranda/Grupo electrógeno/Retroexcavadora	50% / 38% / 12%
Equipo que requiere mantenimiento más urgente:	
Zaranda/Cargadores/Volquetes/Otros	38% / 25% / 25% / 12%
Inversión en repuestos de primera mano y mantenimiento	87%

*Fuente: Elaboración propia*

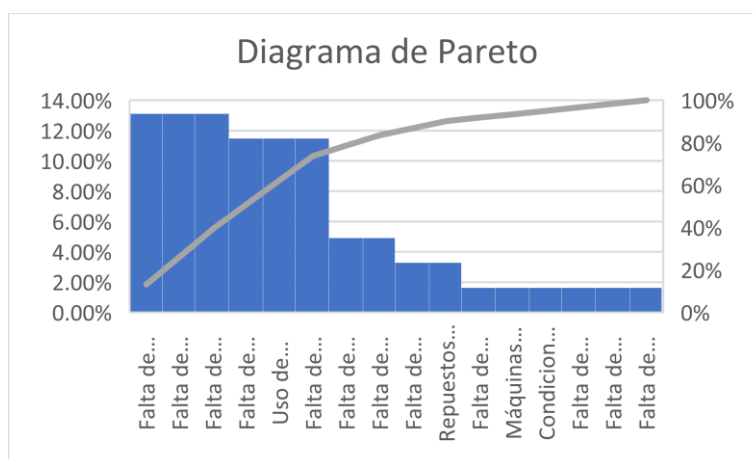
Anexo 11: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Diagrama de Pareto

Causas	Conteo	Porcentaje	% Acumulado
Falta de un programa de mantenimiento establecido	8	13,11%	13,11%
Falta de asignación de recursos y presupuesto para el mantenimiento	8	13,11%	26,23%
Falta de personal calificado para realizar el mantenimiento	8	13,11%	39,34%
Falta de inspecciones y monitoreo de la condición de las máquinas	7	11,48%	50,82%
Uso de repuestos de segunda mano	7	11,48%	62,30%
Falta de indicadores de mantenimiento	7	11,48%	73,77%
Falta de capacitación adecuada en mantenimiento	3	4,92%	78,69%
Falta de conciencia sobre la importancia del mantenimiento preventivo	3	4,92%	83,61%
Falta de disponibilidad de piezas de repuesto de alta calidad	2	3,28%	86,89%
Repuestos mal ubicados y almacenes desordenados	2	3,28%	90,16%
Falta de inversiones en actualización de equipos	1	1,64%	93,44%
Máquinas envejecidas y desgastadas	1	1,64%	91,80%
Condiciones ambientales adversas que afectan el funcionamiento de las máquinas	1	1,64%	95,08%
Falta de limpieza y mantenimiento del entorno de trabajo	1	1,64%	96,72%
Falta de liderazgo y dirección de la implementación del mantenimiento preventivo	1	1,64%	98,36%
Falta de seguimiento y evaluación de los programas de mantenimiento	1	1,64%	100,00%
<b>TOTAL</b>	<b>61</b>		



Fuente: Elaboración propia

## Anexo 13: Indicadores de productividad

## INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD – ZARANDA MECÁNICA

Periodo	Hormigón	Prod. Arena Real	Prod. Teórica	Eficacia	H.M Real	H.M Prog.	Utilización	Productividad real (cubos/h-m)	Productividad teórica	% de total
1	4 400	3 180,72	11 567,14	27,50%	192	213	90,14%	16,566	54,31	30,51%
2	4 200	3 000,01	11 567,14	25,94%	173	204	84,80%	17,341	56,70	30,58%
3	5 600	4 048,2	11 567,14	35,00%	209	230	90,87%	19,369	50,29	38,51%
4	2 180	1 575,92	11 567,14	13,62%	185	221	83,71%	8,518	52,34	16,28%
5	5 000	3 005,81	11 567,14	25,99%	180	221	81,45%	16,699	52,34	31,90%
6	5 024,34	3 614,49	11 567,14	31,25%	195	221	88,24%	18,536	52,34	35,41%
7	4 800	3 469,89	11 567,14	30,00%	198	221	89,59%	17,525	52,34	33,48%
8	4 200	3 036,12	11 567,14	26,25%	202	230	87,83%	15,030	50,29	29,89%
9	4 750	3 603,62	11 567,14	31,15%	194	213	91,08%	18,575	54,31	34,21%
10	5 900	4 265,11	11 567,14	36,87%	197	213	92,49%	21,650	54,31	39,87%
11	400	289,15	11 567,14	2,50%	32	213	15,02%	9,036	54,31	16,64%
12	2 235	1 615,63	11 567,14	13,97%	165	221	74,66%	9,792	52,34	18,71%
13	1 240	934,69	11 567,14	8,08%	137	221	61,99%	6,823	52,34	13,04%
14	2 105	1 521,67	11 567,14	13,16%	133	204	65,20%	11,441	56,70	20,18%
15	660	477,11	11 567,14	4,12%	109	230	47,39%	4,377	50,29	8,70%
16	1 892	1 367,7	11 567,14	11,82%	114	230	49,57%	11,997	50,29	23,86%
17	2 680	1 937,31	11 567,14	16,75%	115	221	52,04%	16,846	52,34	32,19%
18	1 390	1 004,82	11 567,14	8,69%	85	221	38,46%	11,821	52,34	22,59%
<b>Promedio</b>		2 207,79		19,09%			67,63%	13,997	52,89	26,47%

Fuente: Elaboración propia

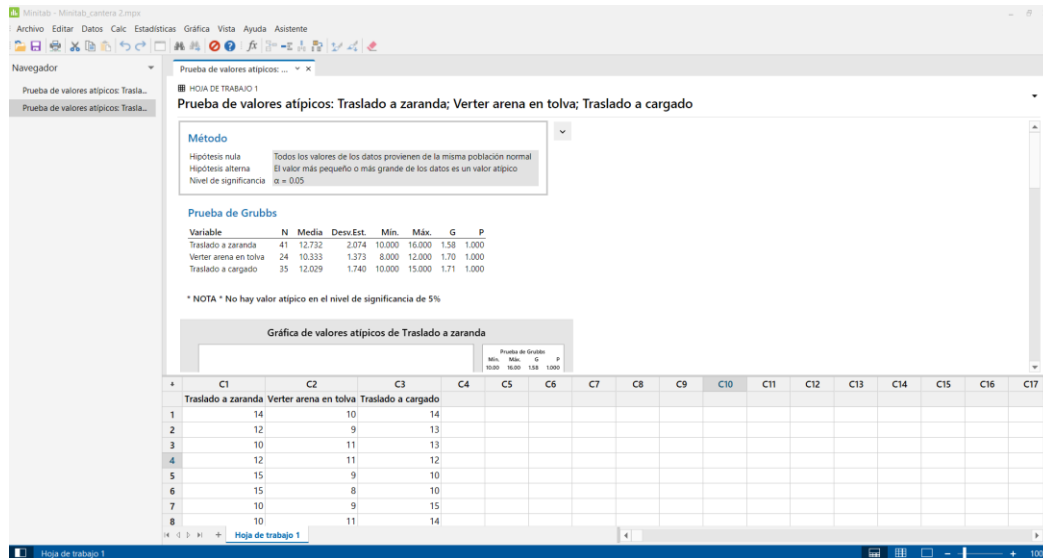
## Anexo 14: Indicadores de mantenimiento

## INDICADORES DE MANTENIMIENTO – ZARANDA MECÁNICA

Periodo	H. Progam.	H. Funcionando	H. Parada	N° Fallas	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad	Confiabilidad	$\lambda$	Horas
1	213	192	21	2	96,00	10,50	90,1%	13,53%	0,0104	10,13141642
2	204	173	31	1	173,00	31,00	84,8%	36,79%	0,0058	18,26672034
3	230	209	21	2	104,50	10,50	90,9%	13,53%	0,0096	11,01980212
4	221	185	36	4	46,25	9,00	83,7%	1,83%	0,0216	4,873608073
5	221	180	41	5	36,00	8,20	81,4%	0,67%	0,0278	3,782343243
6	221	195	26	4	48,75	6,50	88,2%	1,83%	0,0205	5,098323578
7	221	198	23	3	66,00	7,67	89,6%	4,98%	0,0152	6,951558933
8	230	202	28	2	101,00	14,00	87,8%	13,53%	0,0099	10,65356147
9	213	194	19	1	194,00	19,00	91,1%	36,79%	0,0052	20,45747062
10	213	197	16	7	28,14	2,29	92,5%	0,09%	0,0355	2,966845869
11	213	32	181	4	8,00	45,25	15,0%	1,83%	0,1250	0,850335924
12	221	165	56	2	82,50	28,00	74,7%	13,53%	0,0121	8,735407497
13	221	137	84	4	34,25	21,00	62,0%	1,83%	0,0292	3,60928667
14	204	133	71	5	26,60	14,20	65,2%	0,67%	0,0376	2,825274275
15	230	109	121	4	27,25	30,25	47,4%	1,83%	0,0367	2,878684634
16	230	114	116	8	14,25	14,50	49,6%	0,03%	0,0702	1,49782215
17	221	115	106	9	12,78	11,78	52,0%	0,01%	0,0783	1,334069313
18	221	85	136	10	8,50	13,60	38,5%	0,00%	0,1176	0,902247922
<b>Promedio</b>	219		846		58.36	26.80	71,4%	7,96%		6,490821059

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 15: Uso del minitab



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 16: Elección de la distribución para Traslado a Zaranda

**Document1: Automatic Fitting**

**Auto::Fit of Distributions**

distribution	rank	acceptance
Uniform(10., 16.)	43.8	do not reject
Exponential(10., 2.73)	1.45	do not reject
Lognormal(10., 1.01, 0.641)	1.25	reject

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 17: Elección de la distribución para Verter arena en tolva

**Document2: Automatic Fitting**

**Auto::Fit of Distributions**

distribution	rank	acceptance
Lognormal(8., 0.875, 0.493)	90.8	do not reject
Uniform(8., 12.)	89.	do not reject
Exponential(8., 1.25)	1.25	reject

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 18: Elección de la distribución para Traslado a cargado

**Document3: Automatic Fitting**

**Auto::Fit of Distributions**

distribution	rank	acceptance
Uniform(10., 15.)	32.1	reject
Exponential(10., 2.03)	0.628	reject
Lognormal(10., 0.835, 0.616)	5.5e-002	reject

Fuente: Elaboración propia

*Anexo 19: Elección de la distribución para Cargado de material*

distribution	rank	acceptance
Lognormal(28.5, 2.41, 0.281)	100	do not reject
Normal(40.1, 3.23)	76.5	do not reject
Uniform(35, 47)	7.84	do not reject
Exponential(35, 5.07)	3.46	do not reject

*Fuente: Elaboración propia*

*Anexo 20: Elección de la distribución para Vaciado de tolva*

autofit of distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal(293, 3.21, 0.678)	100	do not reject
Exponential(300, 23.8)	61.2	do not reject
Normal(324, 18.2)	47.4	do not reject
Uniform(300, 360)	5.47	do not reject

*Fuente: Elaboración propia*

*Anexo 21: Mediciones para cada etapa*

	<b>Cargado de material</b>	<b>Traslado a zaranda</b>	<b>Verter arena en tolva</b>	<b>Traslado a cargado</b>	<b>Vaciado de tolva</b>
T1	40	14	10	14	310
T2	35	12	9	13	300
T3	42	10	11	13	335
T4	37	12	11	12	330
T5	39	15	9	10	312
T6	41	15	8	10	360
T7	47	10	9	15	323
T8	40	10	11	14	305
T9	36	10	12	13	350
T10	39	11	11	10	344
T11	45	13	10	10	340
T12	37	13	12	10	310
T13	39	10	10	11	307
T14	40	14	12	14	304
T15	44	15	12	11	327

*Fuente: Elaboración propia*

Anexo 22: Resultados Minitab

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
Cargado de material	15	40,067	3,348	35	47	02,07	384
Traslado a zaranda	15	12,267	2,017	10	15	1,36	1
Verter arena en tolva	15	10,467	1302	8	12	1,89	674
Traslado a cargado	15	12	1,813	10	15	1,66	1
Vaciado de tolva	15	323,8	18,82	300	360	1,92	617

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23: Número de muestras a tomar

	Cargado de material	Traslado a zaranda	Verter arena en tolva	Traslado a cargado	Vaciado de tolva
n!=	10,4274351	40,3591682	23,1084425	34,0740741	5,04244748

Fuente: Elaboración propia

Anexo 24: Prueba de valores atípicos

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
Traslado a zaranda	41	12,732	2,074	10	16	1,58	1
Verter arena en tolva	24	10,333	1,373	8	12	1,7	1
Traslado a cargado	35	12,029	1,74	10	15	1,71	1


Fuente: Elaboración propia

Anexo 25: Cuadro resumen con las distribuciones

ETAPA	DISTRIBUCIÓN
Traslado a zaranda	U(10;16)s
Verter arena en tolva	U(8;12)s
Traslado a cargado	12,029 s
Cargado de material	Normal(40,1;3,23)s
Vaciado de tolva	Normal(324;18,2)s


Fuente: Elaboración propia

## Anexo 26: Clasificación de familias

 <b>INCAIKO</b> <small>EJECUTORES Y CONSTRUCTORES</small>	<b>CLASIFICACIÓN DE FAMILIAS</b>					
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
	Versión:	001	Código:	IEC - CF001	Fecha:	Oct. 2024
<b>Familia</b>	<b>Actividad a realizar</b>					
Inspección física	Consiste en revisar visualmente el estado general del equipo, buscando signos de desgaste, sobrecalentamiento o daños. Es crucial para detectar problemas a tiempo.					
Pruebas de funcionamiento	Verifica que el equipo opera de acuerdo con los parámetros esperados, como velocidad, vibración, y ruido. Asegura un desempeño óptimo y previene fallas mayores.					
Bobinado	Implica la revisión y mantenimiento del aislamiento y las bobinas del motor. Un bobinado en buen estado asegura la eficiencia y prolonga la vida útil del motor.					
Cojinetes	Permiten el giro suave del eje del motor. Su mantenimiento es esencial para evitar fricción excesiva, desgaste prematuro y fallos en el sistema.					
Limpieza	Se refiere a la eliminación de polvo, grasa y residuos en el equipo. Mantener el equipo limpio previene obstrucciones, sobrecalentamiento y desgaste prematuro.					
Pruebas eléctricas	Incluye la revisión de conexiones, fusibles, y medición de tensiones y corrientes. Es importante para evitar fallos eléctricos que puedan dañar componentes críticos.					
Anillos rozantes	Permiten la transmisión de corriente a partes rotativas. Mantenerlos limpios y en buen estado es fundamental para asegurar la continuidad del flujo eléctrico sin interrupciones.					
Realizado por:	Revisado por:		Aprobado por:			


Fuente: Elaboración propia en base a [21]

## Anexo 27: Mantenimiento diario

 <b>INCAIKO</b> <small>EJECUTORES Y CONSTRUCTORES</small>	<b>MANTENIMIENTO DIARIO</b>					
	REGISTRO DE TAREAS					
	Versión:	001	Código:	IEC - RT001	Fecha:	Octubre 2024
<b>Máquina/Equipo:</b>	Motor de zaranda vibratoria Westinghouse Life Line TBFC					
<b>Encargado:</b>						
<b>Fecha de inspección:</b>						
<b>Concepto:</b>	El mantenimiento diario consiste en acciones simples y de rápida ejecución que se realizan de manera periódica para garantizar el correcto funcionamiento del equipo y prevenir fallas mayores.					
<b>Familia:</b>	<b>Actividad</b>			<b>Cumplimiento</b>		
Limpieza del equipo	Limpiar la superficie externa del motor			SÍ	NO	
Pruebas de funcionamiento	Determinar la existencia de ruidos elevados o vibraciones (análisis de vibración)			SÍ	NO	
	Inspección visual para asegurar que el eje gire con suavidad y sin vibraciones			SÍ	NO	
	Comprobar las velocidades de operación (RPMS) del motor			SÍ	NO	
Comentarios:						
Realizado por:	Revisado por:		Aprobado por:			

Fuente: Elaboración propia en base a [21]

## Anexo 28: Mantenimiento mensual

	<b>MANTENIMIENTO MENSUAL</b>				
	REGISTRO DE TAREAS				
Versión:	001	Código:	IEC-RT001	Fecha:	Octubre 2024
<b>Máquina/Equipo:</b>	Motor de zaranda vibratoria Westinghouse Life Line TBFC				
<b>Encargado:</b>					
<b>Fecha de inspección:</b>					
<b>Concepto:</b>	El mantenimiento mensual incluye revisiones más detalladas y ajustes necesarios que requieren mayor atención, asegurando que el equipo mantenga un rendimiento óptimo y corrigiendo posibles desgastes o desajustes acumulados durante el uso diario.				
<b>Familia:</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cumplimiento</b>			
Pruebas eléctricas	Examinar el estado de las conexiones a tierra, fusibles, interruptor de encendido y cables	SÍ	NO		
	Medir la tensión y corriente de alimentación y compararla con los parámetros normales de funcionamiento.	SÍ	NO		
Cojinetes	Verificar visualmente el lubricante o grasa en los rodamientos	SÍ	NO		
Inspección física	Medir la temperatura de la carcasa del motor	SÍ	NO		
	Inspeccionar cualquier decoloración debido a sobrecalentamiento	SÍ	NO		
Pruebas de funcionamiento	Comprobar los pernos del pie del motor y realizar el ajuste necesario sin desalinear el sistema.	SÍ	NO		
Limpieza del equipo	Limpieza del ventilador	SÍ	NO		
Comentarios:					
Realizado por:		Revisado por:		Aprobado por:	


Fuente: Elaboración propia en base a [21]

## Anexo 29: Mantenimiento semestral

	<b>MANTENIMIENTO SEMESTRAL</b>				
	REGISTRO DE TAREAS				
Versión:	001	Código:	IEC-RT001	Fecha:	Octubre 2024
<b>Máquina/Equipo:</b>	Motor de zaranda vibratoria Westinghouse Life Line TBFC				
<b>Encargado:</b>					
<b>Fecha de inspección:</b>					
<b>Concepto:</b>	El mantenimiento semestral se enfoca en inspecciones y ajustes más profundos, revisando componentes clave y realizando tareas preventivas que no son necesarias con tanta frecuencia, pero que garantizan la eficiencia y prolongan la vida útil del equipo.				
<b>Familia:</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cumplimiento</b>			
Cojinetes	Limpier los rodamientos lubricados con grasa y reponer grasa nueva.	SÍ	NO		
	Inspección de desgaste y daño, limpieza de las piezas	SÍ	NO		
	Verificar la alineación del eje del motor con el eje conducido y su acople correspondiente.	SÍ	NO		
	Programar una alineación de ejes si existe desalineación	SÍ	NO		
Pruebas de funcionamiento	Monitorear los niveles de vibración en el motor con instrumentos adecuados y un técnico certificado.	SÍ	NO		
Anillos rozantes	Reemplazo de cepillos de carbón	SÍ	NO		
Bobinado	Chequeo general de humedad en las bobinas	SÍ	NO		
	Inspección general de los devanados	SÍ	NO		
Comentarios:					
Realizado por:		Revisado por:		Aprobado por:	

Fuente: Elaboración propia en base a [21]

## Anexo 30: Mantenimiento anual

	<b>MANTENIMIENTO ANUAL</b>				
	REGISTRO DE TAREAS				
Versión:	001	Código:	IEC-RT001	Fecha:	Octubre 2024
Máquina/Equipo:	Motor de zaranda vibratoria Westinghouse Life Line TBFC				
Encargado:					
Fecha de inspección:					
Concepto:	El mantenimiento anual es una revisión exhaustiva del equipo que incluye inspecciones profundas, ajustes y reemplazos de componentes críticos, así como la realización de reparaciones mayores para asegurar su óptimo funcionamiento durante el siguiente ciclo operativo.				
Familia:	Actividad	Cumplimiento			
Inspección física	Inspeccionar el estado del estator, aislamiento, caja de bornes, ventilador, etc.	SÍ	NO		
Prueba de funcionamiento	Realizar una prueba de aislamiento de motor	SÍ	NO		
Bobinado	Limpiar el bobinado del motor	SÍ	NO		
Cojinetes	Limpiar y enjuagar cojinetes con aceite caliente y examinarlos en busca de defectos como desgastes y ralladuras. Reemplazar en caso de desgaste excesivo	SÍ	NO		
Anillos rozantes	Inspeccionar el anillo de sujeción del conmutador y juego axial	SÍ	NO		
Comentarios:					
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:			

Fuente: Elaboración propia en base a [21]

## Anexo 31: Registro de fallas

	<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>				
	REGISTRO DE FALLAS				
Versión:	001	Código:	IEC-MC001	Fecha:	Mayo 2024
Máquina/Equipo:	Motor de zaranda vibratoria Westinghouse Life Line TBFC				
Encargado:					
Fecha de falla:					
Hora de falla:					
Descripción del problema:					
Síntomas observados:	Diagnóstico y causa:	Acciones correctivas:	Verificación y pruebas:		
<input type="checkbox"/> Ruidos anormales <input type="checkbox"/> Vibración excesiva <input type="checkbox"/> Temperatura elevada <input type="checkbox"/> Fuga de aceite/grasa <input type="checkbox"/> Pérdida de potencia <input type="checkbox"/> Otra (especificar)	<input type="checkbox"/> Desgaste natural <input type="checkbox"/> Sobrecarga <input type="checkbox"/> Falta de mantenimiento <input type="checkbox"/> Instalación Incorrecta <input type="checkbox"/> Otra (especificar)	<input type="checkbox"/> Reemplazo de piezas <input type="checkbox"/> Ajuste de componentes <input type="checkbox"/> Lubricación <input type="checkbox"/> Reparación de conexiones <input type="checkbox"/> Otra (especificar)	<input type="checkbox"/> Prueba de funcionamiento <input type="checkbox"/> Verificación de vibraciones <input type="checkbox"/> Inspección de temperatura <input type="checkbox"/> Comprobación de conexiones <input type="checkbox"/> Prueba de carga completa		
<u>Comentario</u>	<u>Comentario</u>	<u>Comentario</u>	<u>Comentario</u>		
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:			


Fuente: Elaboración propia en base a [21]

Anexo 32: Registro de paradas

	<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>					
	REGISTRO DE PARADAS					
Versión:	001	Código:	IEC - MC002	Fecha:	Mayo 2024	
Fecha de parada:			Equipo:			
Hora de parada:			Ubicación:			
Diagnóstico inicial:						
Fecha de reanudación:			Hora de reanudación:			
Medidas implementadas:						
Producción afectada:						
Costo estimado:						
Realizado por:	Revisado por:		Aprobado por:			

Fuente: Elaboración propia en base a [21]

Anexo 33: Cronograma 2024

	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>					
	CRONOGRAMA DE OPERACIONES					
Versión:	001	Código:	IEC - MP001	Fecha:	Mayo 2024	

Calendario 2024



Leyenda



Fuente: Elaboración propia en base a [21]

## Anexo 34: Comparación de empresas capacitadoras

Crterios	TUV SUD [22]	JCCD LTDA [23]	PROFORLAB [24]
Contenido	6/6	6/6	6/6
Modalidad	Online sincrónica	Online asincrónica	Online asincrónica
Certificación y reconocimiento	8.5/10	8/10	8.5/10
Costo	480,00 €/persona	\$ 25 000.00	\$ 112 500.00

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 35: Escenarios de producción

MES	Disponibilidad	Producción de rediseño (cubos al mes)				
		Producción (cubos/mes)	Rediseño Gestión de Mto.	Escenario Pesimista	Escenario Conservador	Escenario Optimista
1	90,14%	3 180,72	96,451%	4 265,11	4 265,11	4 265,11
2	84,80%	3 000,01	90,740%	3 180,72	3 180,72	3 180,72
3	90,87%	4 048,20	97,230%	4 265,11	4 265,11	4 265,11
4	83,71%	1 575,92	89,570%	1 575,92	3 005,81	4 048,2
5	81,45%	3 005,81	87,149%	3 005,81	3 005,81	3 000,01
6	88,24%	3 614,49	94,412%	4 265,11	4 265,11	4 265,11
7	89,59%	3 469,89	95,864%	4 265,11	4 265,11	4 265,11
8	87,83%	3 036,12	93,974%	4 265,11	4 265,11	4 265,11
9	91,08%	3 603,62	97,455%	4 265,11	4 265,11	4 265,11
10	92,49%	4 265,11	98,962%	4 265,11	4 265,11	4 265,11
11	15,02%	289,15	16,075%	289,15	289,15	289,15
12	74,66%	1 615,63	79,887%	1 615,63	1 615,63	1 615,63
13	61,99%	934,69	66,330%	934,69	934,69	1 521,67
14	65,20%	1 521,67	69,760%	1 521,67	1 521,67	1 521,67
15	47,39%	477,11	50,709%	477,11	1 937,31	1 367,7
16	49,57%	1 367,7	53,035%	1 367,7	1 937,31	1 937,31
17	52,04%	1 937,31	55,679%	1 937,31	1 937,31	1 937,31
18	38,46%	1 004,82	41,154%	1 004,82	1 004,82	1 004,82
<b>TOTAL</b>		<b>41 947,97</b>		<b>46 766,3</b>	<b>50 226</b>	<b>51 279,96</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 36: Comparación de indicadores

INDICADOR	ANTES	DESPUÉS
Disponibilidad	71,36%	79,93%
MTBF	58,38	63,22
MTTR	26,8	22,25

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 36: Leyenda de entidades y su significado

Entidad	Significado
Piedra	Piedra Base
Over_F	Over para chancado
Arena_F	Arena fina residual
Arena_Z	Arena Zarandeada

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 37: Entidades

Entidades		
Icono	Nombre	Velocidad (Fpm)
	Materia_prima	150
	Piedra	150
	Over_F	150
	Lote	150
	Arena_F	150
	Arena_Z	150

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 38: Locaciones

Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...
	cantera	1000	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Ingreso_zaranda	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	zaranda	500	1	Reloj	Serie de tiempo	Más Tiempo
	ColaPiedra	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	ColaOver	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	ColaArenaf	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	ColaArenaz	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	LocPiedra	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	LocOver	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	LocArenaf	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	LocArenaz	1	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 39: Leyenda sobre locaciones

Locación	Descripción
Cantera	Lugar donde acude el cargador frontal a cargar el material. Fuente de materia prima, llamada hormigón.
Ingreso_Zaranda	Es la tolva donde el cargador frontal deposita el hormigón.
Zaranda	Esta locación sirve como medidor, el cual recibe el flujo constante de material y se va llenando o vaciando en relación a las entradas o salidas de material.
ColaPiedra	Faja transportadora de piedra base.
ColaOver	Faja transportadora de over para chancado.
ColaArenaf	Faja transportadora de arena fina residual.
ColaArenaz	Faja transportadora de arena zarandeada.
LocPiedra	Lugar donde se almacena la piedra base.
LocOver	Lugar donde se almacena el over para chancado.
LocArenaf	Lugar donde se almacena la arena fina residual.
LocArenaz	Lugar donde se almacena la arena zarandeada.

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 40: Leyenda de leyes de ruta

Locación	Descripción
Net1	Ruta que sigue el cargador, de la cantera a la zaranda y viceversa
NetMant	Ruta que "sigue" el operario cuando ocurre una falla y se requiere realizar mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 41: Redes de ruta

Gráfica...	Nombre
	Net1
	NetMant

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 42: Redes de ruta

Recursos					
Icono	Nombre	Unidades	TMs...	Estadist	Especif. ...
	Cargador	1	Ninguna	Por Unidad	Net1, N1
	Mantenimiento	1	Ninguna	Por Unidad	NetMant, N1, Rtn Home

Fuente: Elaboración propia


## Anexo 43: Resultados de simulación

Variable Resumen						
Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Min)	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Actual	Valor Promedio
Piedra base	4,891.00	2.82	0.00	122.28	122.28	57.34
Over	78,808.00	0.18	0.00	1,970.20	1,970.20	923.53
Arena fina	29,926.00	0.46	0.00	748.15	748.15	351.63
Arena Zarandeada	301,243.00	0.05	0.00	7,531.07	7,531.07	3,525.70
tipo	415,371.00	0.03	0.00	4.00	4.00	3.81

Entidad Resumen					
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)
Materia prima	0.00	1,500.00	0.00	0.00	0.00
Piedra	4,891.00	0.00	5,177.26	0.84	0.00
Over F	78,808.00	1.00	5,173.61	0.84	0.00
Lote	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Arena F	29,926.00	0.00	5,159.04	0.84	0.00
Arena Z	301,243.00	2.00	5,194.44	0.84	0.00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 44: Balanced Scorecard<sup>1</sup>

 <b>BALANCED SCORECARD</b> INCAIKO EJECUTORES Y CONSTRUCTORES S.A.C.										
Versión:		001		Código:		IEC - BSC01		Fecha:		Noviembre de 2024
Responsable:		Gerencia general								
Perspectiva	Objetivo	Indicador	Unidad de medida	Objetivo	Frecuencia de medición	Óptimo	Tolerable	Deficiente	Resultado	Responsable
Operativa	Mejorar la producción de la empresa en relación a los recursos utilizados	Productividad	Cubos / Hora - máquina	>2848	mensual	>2848	2790	<2598		Jefe de planta
Operativa	Aumentar los tiempos entre fallas de la maquinaria	MTBF	horas	65	anual	>80	65	<60		Jefe de planta
Operativa	Reducir los tiempos de reparación de la maquinaria	MTTR	horas	<20	anual	<20	25	>30		Jefe de planta
Operativa	Mejorar el indicador de disponibilidad	Disponibilidad	Porcentaje	85%	mensual	90%	85%	80%		Jefe de planta
Operativa	Mejorar el indicador de eficacia	Eficacia	Porcentaje	85%	mensual	95%	90%	85%		Jefe de planta
Operativa	Mejorar el indicador de utilización	Utilización	Porcentaje	80%	mensual	90%	85%	80%		Jefe de planta
Capacidad de aprendizaje	Aumentar la cantidad de operarios capacitados para las labores de mantenimiento	Nivel de formación	Porcentaje	100%	anual	100%	85%	80%		Gerente general
Plan de acción correctiva para indicadores deficientes										
Indicador:	Fecha:			Responsable:						
1. Realizar un análisis causa raíz		2. Realizar las correcciones pertinentes			3. Implementar un sistema de monitoreo continuo			4. Revisar y reajustar		
Utilizar herramientas como el diagrama de Ishikawa o 5 porqués para identificar las causas específicas que generan la deficiencia y así poder implementar soluciones efectivas.		Una vez encontrado el ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? y ¿Por qué?, se procede a establecer acciones correctivas específicas en relación al indicador o indicadores que muestran deficiencia.			Mantener un control y supervisión regular sobre los indicadores de desempeño para detectar desviaciones a tiempo y aplicar ajustes inmediatos.			Evaluar periódicamente los resultados del monitoreo y ajustar el plan de acción según sea necesario para mejorar la efectividad del mantenimiento y alcanzar los objetivos establecidos.		
Realizado por:		Revisado por:			Aprobado por:					

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 45: Comparación de resultados

Indicador	Antes	Después	Variación porcentual
Producción	2 207,78	3 525,7	59,69%
Productividad	14	21,37	52,64%

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 46: Cálculo de depreciación

MATERIALES Y EQUIPOS	Costo	Vida útil (años)	Depreciación
Computadora	S/3 500,00	3	S/1 166,67
Cable HDMI	S/55,00	3	S/18,33
Fusibles de repuesto 40A	S/39,50	3	S/13,17
Fusibles de repuesto 80A (4)	S/44,36	3	S/14,79
Sillas (10)	S/1 600,00	4	S/400,00
Escritorios (10)	S/1 700,00	4	S/425,00
Linterna de inspección	S/109,00	5	S/21,80
Pistola de engrase	S/78,90	5	S/15,78
Proyector	S/1 899,00	7	S/271,29
Sonómetro	S/109,00	7	S/15,57
Tacómetro láser	S/132,00	7	S/18,86
Interruptores de encendido (2)	S/57,80	7	S/8,26
Multímetro digital	S/139,00	7	S/19,86
Termómetro infrarrojo digital	S/94,99	7	S/13,57
Medidor de humedad	S/159,00	7	S/22,71
Megóhmetro	S/781,90	7	S/111,70
Fluke 810 [47]	S/49 438,52	10	9 887,70
Medidor de vibraciones portátil	S/927,00	10	S/92,70
Herramienta de desmontaje	S/140,60	10	S/14,06
Juego de llaves ajustables	S/169,00	15	S/11,27
Llave Dinamométrica	S/397,00	15	S/26,47
<b>TOTAL</b>	<b>S/61 571,57</b>		<b>S/12 589,54</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 47: Ingresos por escenario

	Periodo	Producción	E. Pesimista	E. Conservador	E. Optimista	E. Ideal
2022	1	3 180,72	4 265,11	4 265,11	4 265,11	
	2	3 000,01	3 180,72	3 180,72	3 180,72	
	3	4 048,2	4 265,11	4 265,11	4 265,11	
	4	1 575,92	1 575,92	3 005,81	4 048,2	
	5	3 005,81	3 005,81	3 005,81	3 000,01	
	6	3 614,49	4 265,11	4 265,11	4 265,11	
	7	3 469,89	4 265,11	4 265,11	4 265,11	
	8	3 036,12	4 265,11	4 265,11	4 265,11	
	9	3 603,62	4 265,11	4 265,11	4 265,11	
	10	4 265,11	4 265,11	4 265,11	4 265,11	3 525,7
2023	11	289,15	2 89,15	289,15	289,15	
	12	1 615,63	1 615,63	1 615,63	1 615,63	
	13	934,69	934,69	934,69	1 521,67	
	14	1 521,67	1 521,67	1 521,67	1 521,67	
	15	477,11	477,11	1 937,31	1 367,7	
	16	1 367,7	1 367,7	1 937,31	1 937,31	
	17	1 937,31	1 937,31	1 937,31	1 937,31	
	18	1 004,82	1 004,82	1 004,82	1 004,82	
Precio Venta	<b>TOTAL</b>	41 947,97	46 766,3	50 226	51 279,96	66 988,3
18	<b>INGRESOS</b>	S/ 755 063,46	S/ 841 793,40	S/ 904 068,00	S/ 923 039,28	S/ 1 205 789,40
	<b>DIFERENCIA</b>	S/ -	S/ 86 729,94	S/ 149 004,54	S/ 167 975,82	S/ 450 725,94

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 48: Cálculo de TMAR

Cálculo del TMAR		
Inflación (f)	riesgo (r)	
	0-10%	bajo
2,30%	11-20%	medio
	>20%	alto
TMAR =	f + r + fxr	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 49: Cotización de construcción del área de capacitación



## COTIZACIÓN

		N° COTIZACIÓN	F. EMISIÓN	F. VALIDA
		0001 - 0695	5/10/2024	12/10/2024
<b>CLIENTE</b>	FRANCISCO LEZCANO	<b>CLIENTE ID</b>	COMERCIAL	
<b>RUC / DNI</b>	-	<b>DOMICILIO</b>	SAN NICOLAS, CHICLAYO	
<b>ATENCIÓN</b>	-	<b>CARGO</b>	PROPIETARIO.	
<b>TELÉFONO</b>	+51 939141800	<b>E-MAIL</b>	-	
<b>PROYECTO</b>	MODULO DE DRYWALL.	<b>TIPO DE CTZ.</b>	A TODO COSTO	
<b>DURACIÓN</b>	15 DÍAS HÁBILES	<b>FORMA DE PAGO</b>	60% ADELANTO, 40% SEGÚN VALORIZACIONES.	
<b>UBICACIÓN</b>	SAN NICOLAS, CHICLAYO.	<b>ELABORADO POR</b>	GERARDO JARAMILLO E.	

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.D.M	CANT.	P. UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL
01.00.00	TRABAJOS PRELIMINARES:				S/	2,000.00
01.01.00	Movilización y desmovilización de herramientas y materiales dentro de la ciudad de Chiclayo.	Glb.	1.00	S/ 1,445.00	S/ 1,445.00	
01.02.00	Viaáticos (Transporte, alimentación, otros)	Glb.	1.00	S/ 555.00	S/ 555.00	
02.00.00	MODULO:				S/	28,821.43
02.01.00	SISTEMA DRYWALL:				S/	18,428.57
02.01.01	<b>Tabiquería de Drywall:</b> Se estructurará con perfiles de acero galvanizado de 3 5/8" e=0.45mm modulados a 0.40m c/u, forrado con placas ST 1/2" la cara interior y placas RH la cara exterior, se instalará lanada de fibra de vidrio en el interior del tabique, acabado masillado y remasillado en juntas.	Glb.	1.00	S/ 18,428.57	S/ 18,428.57	
02.01.02	<b>Techo de Drywall:</b> Se estructurará con perfiles de acero galvanizado de 3 5/8" e=0.45mm modulados a 1.00m c/u, y tejido con perfiles omega de forma transversal, la cobertura se forrará con plancha Aluzinc TR4 y el cielo raso con placas de yeso ST 1/2" extraliviana, se instalará lana de fibra de vidrio en el interior, acabado masillado y remasillado en juntas.	Glb.	1.00	S/ 18,428.57	S/ 18,428.57	
02.02.00	INSTALACIONES ELECTRICAS				S/	3,928.57
02.02.01	Suministro e instalación de puntos de iluminación con paneles circulares LED.	Uni.	15.00	S/ 135.71	S/ 2,035.71	
02.02.02	Suministro e instalación de interruptor triple.	Uni.	1.00	S/ 107.14	S/ 107.14	
02.02.03	Suministro e instalación de tomacorrientes.	Uni.	10.00	S/ 107.14	S/ 1,071.43	
02.02.04	Suministro e instalación de tablero de distribución eléctrica.	Glb.	1.00	S/ 714.29	S/ 714.29	
02.03.00	CARPINTERIA Y VIDRIOS:				S/	3,978.57
02.03.01	Suministro e Instalación puerta contraplacada, con medidas de 0.90m * 2.10m, acabado engloss.	Uni.	1.00	S/ 1,014.29	S/ 1,014.29	
02.03.02	Suministro e Instalación ventanas de vidrio crudo con lamina de seguridad de e=6mm, sistema nova con medidas de 1.00m * 1.20m.	Uni.	5.00	S/ 592.86	S/ 2,964.29	
02.04.00	PINTURA:				S/	2,485.71
02.04.01	Pintado de muros y cielo raso, no incluye empastado.	m2	145.00	S/ 17.14	S/ 2,485.71	
					<b>SUBTOTAL</b>	<b>S/ 30,821.43</b>
					<b>I.G.V</b>	<b>S/ 5,547.86</b>
					<b>TOTAL</b>	<b>S/ 36,369.29</b>
<b>SON:</b>	TREINTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS SESENTA Y NUEVE CON 29/100 SOLES.					

## TERMINOS Y CONDICIONES:

- 1.- Cualquier trabajo no especificado en la presente cotización se considerará un adicional.
- 2.- El cliente debe facilitar todos los accesos a las áreas donde se realizarán los trabajos.

A NOMBRE DE JARAMILLO CONSTRUCCIONES GENERALES S.A.C. / RUC: 20563243644

INTERBANK:	BANCO DE LA NACIÓN:
N° de cuenta (soles): 200-3006362328	N° de cuenta de detracciones: 00-013-043736
CCI#: 003-200-003006362328-31	

+51 994630762  
(01) 7460766

info@jaramillocontratistas.pe  
gjaramillo@jaramillocontratistas.pe

www.jaramillocontratistas.pe  
@jaramillocontratistas

Ca. Santa Rosa 225,  
Surquillo.

Fuente: Elaboración propia

*Anexo 50: Estado de resultados de escenario conservador*

<b>Estado de resultados</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Ingresos		S/149 004,54	S/151 984,63	S/155 024,32	S/158 124,81	S/161 287,31	S/164 513,05
costos operativos		S/29 022,29	S/29 602,73	S/30 194,79	S/30 798,68	S/31 414,66	S/32 042,95
depreciación		S/12 589,54	S/12 589,54	S/12 589,54	S/11 376,59	S/10 551,59	S/10 514,01
GAV		S/150,00	S/153,00	S/156,06	S/159,18	S/162,36	S/165,61
<b>utilidad antes de impuestos</b>		<b>S/107 242,71</b>	<b>S/109 639,35</b>	<b>S/112 083,93</b>	<b>S/115 790,35</b>	<b>S/119 158,69</b>	<b>S/121 790,48</b>
Impuestos (29,5%)		S/31 636,60	S/32 343,61	S/33 064,76	S/34 158,15	S/35 151,81	S/35 928,19
<b>utilidad después de impuestos</b>		<b>S/75 606,11</b>	<b>S/77 295,74</b>	<b>S/79 019,17</b>	<b>S/81 632,20</b>	<b>S/84 006,88</b>	<b>S/85 862,29</b>

*Fuente: Elaboración propia**Anexo 51: Flujo de caja de escenario conservador*

<b>Flujo de caja</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
utilidad después de impuestos		S/75 606,11	S/77 295,74	S/79 019,17	S/81 632,20	S/84 006,88	S/85 862,29
<b>Inversión</b>	<b>S/114,107.26</b>	S/0.00	S/0.00	S/19,805.26	S/3,300.00	<b>S/187.90</b>	S/16,166.40

*Fuente: Elaboración propia**Anexo 52: Flujo neto anual de escenario conservador*

<b>FLUJO NETO ANUAL</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>FNE</b>	-S/114,107.26	S/88,195.65	S/89,885.29	S/71,803.46	S/89,708.79	S/94,370.57	S/80,209.90

*Fuente: Elaboración propia**Anexo 53: Indicadores de rentabilidad del escenario conservador*

<b>INDICADORES DE RENTABILIDAD</b>	
<b>VAN</b>	S/188,865.88
<b>TIR</b>	72.91%
<b>PRI</b>	2.26
<b>TMAR</b>	17.65%

*Fuente: Elaboración propia**Anexo 54: Flujo de ingresos y egresos del escenario conservador*

<b>FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Ingresos		S/149,004.54	S/151,984.63	S/155,024.32	S/158,124.81	S/161,287.31	S/164,513.05
Egresos	S/114,107.26	S/60,808.89	S/62,099.34	S/83,220.87	S/68,416.02	S/66,916.74	S/84,303.15

*Fuente: Elaboración propia**Anexo 55: Cálculo del beneficio – costo del escenario conservador*

<b>Cálculo del beneficio - costo</b>	
<b>VAN Ingresos</b>	S/547,848.87
<b>VAN Egresos</b>	S/358,983.00
<b>B/C</b>	1.53

*Fuente: Elaboración propia*

## Anexo 56: Estado de resultados del escenario optimista

<b>Estado de resultados</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Ingresos		S/167,975.82	S/171,335.34	S/174,762.04	S/178,257.28	S/181,822.43	S/185,458.88
costos operativos		S/29,022.29	S/29,602.73	S/30,194.79	S/30,798.68	S/31,414.66	S/32,042.95
depreciación		S/12,589.54	S/12,589.54	S/12,589.54	S/11,376.59	S/10,551.59	S/10,514.01
GAV		S/150.00	S/153.00	S/156.06	S/159.18	S/162.36	S/165.61
<b>utilidad antes de impuestos</b>		<b>S/126,213.99</b>	<b>S/128,990.06</b>	<b>S/131,821.65</b>	<b>S/135,922.83</b>	<b>S/139,693.82</b>	<b>S/142,736.30</b>
Impuestos (29.5%)		S/37,233.13	S/38,052.07	S/38,887.39	S/40,097.23	S/41,209.68	S/42,107.21
<b>utilidad después de impuestos</b>		<b>S/88,980.86</b>	<b>S/90,937.99</b>	<b>S/92,934.26</b>	<b>S/95,825.59</b>	<b>S/98,484.14</b>	<b>S/100,629.09</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 57: Flujo de caja del escenario optimista

<b>Flujo de caja</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
utilidad después de impuestos		S/88,980.86	S/90,937.99	S/92,934.26	S/95,825.59	S/98,484.14	S/100,629.09
<b>Inversión</b>	S/114,107.26	S/0.00	S/0.00	S/19,805.26	S/3,300.00	S/187.90	S/16,166.40

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 58: Flujo neto anual del escenario optimista

<b>FLUJO NETO ANUAL</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>FNE</b>	<b>-S/114,107.26</b>	<b>S/101,570.41</b>	<b>S/103,527.54</b>	<b>S/85,718.55</b>	<b>S/103,902.18</b>	<b>S/108,847.83</b>	<b>S/94,976.71</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 59: Indicadores de rentabilidad del escenario optimista

<b>INDICADORES DE RENTABILIDAD</b>	
<b>VAN</b>	S/238,041.18
<b>TIR</b>	85.68%
<b>PRI</b>	1.94 años
<b>TMAR</b>	17.65%

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 60: Flujo de ingresos y egresos del escenario optimista

<b>FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Ingresos		S/167,975.82	S/171,335.34	S/174,762.04	S/178,257.28	S/181,822.43	S/185,458.88
Egresos	S/114,107.26	S/66,405.41	S/67,807.80	S/89,043.50	S/74,355.10	S/72,974.60	S/90,482.17

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 61: Cálculo del beneficio – costo del escenario optimista

<b>Cálculo del beneficio - costo</b>	
<b>VAN Ingresos</b>	S/617,601.07
<b>VAN Egresos</b>	S/379,559.90
<b>B/C</b>	1.63

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 62: Estado de resultados del escenario ideal

<b>Estado de resultados</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Ingresos		S/450,725.94	S/459,740.46	S/468,935.27	S/478,313.97	S/487,880.25	S/497,637.86
costos operativos		S/29,022.29	S/29,602.73	S/30,194.79	S/30,798.68	S/31,414.66	S/32,042.95
depreciación		S/12,589.54	S/12,589.54	S/12,589.54	S/11,376.59	S/10,551.59	S/10,514.01
GAV		S/150.00	S/153.00	S/156.06	S/159.18	S/162.36	S/165.61
<b>utilidad antes de impuestos</b>		<b>S/408,964.11</b>	<b>S/417,395.18</b>	<b>S/425,994.88</b>	<b>S/435,979.52</b>	<b>S/445,751.64</b>	<b>S/454,915.28</b>
Impuestos (29.5%)		S/120,644.41	S/123,131.58	S/125,668.49	S/128,613.96	S/131,496.73	S/134,200.01
<b>utilidad después de impuestos</b>		<b>S/288,319.70</b>	<b>S/294,263.60</b>	<b>S/300,326.39</b>	<b>S/307,365.56</b>	<b>S/314,254.91</b>	<b>S/320,715.28</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 63: Flujo de caja del escenario ideal

<b>Flujo de caja</b>							
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>utilidad después de impuestos</b>		S/288,319.70	S/294,263.60	S/300,326.39	S/307,365.56	S/314,254.91	S/320,715.28
<b>Inversión</b>	S/114,107.26	S/0.00	S/0.00	S/19,805.26	S/3,300.00	S/187.90	S/16,166.40

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 62: Flujo de caja del escenario ideal

**FLUJO NETO ANUAL**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>FNE</b>	<b>-S/114,107.26</b>	<b>S/300,909.24</b>	<b>S/306,853.15</b>	<b>S/293,110.67</b>	<b>S/315,442.15</b>	<b>S/324,618.60</b>	<b>S/315,062.89</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 64: Indicadores de rentabilidad del escenario ideal

**INDICADORES DE RENTABILIDAD**

<b>VAN</b>	S/970,955.46
<b>TIR</b>	264.55%
<b>PRI</b>	0.63 años
<b>TMAR</b>	17.65%

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 65: Flujo de ingresos y egresos del escenario ideal

**FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Ingresos		S/450,725.94	S/459,740.46	S/468,935.27	S/478,313.97	S/487,880.25	S/497,637.86
Egresos	S/114,107.26	S/149,816.70	S/152,887.31	S/175,824.60	S/162,871.82	S/163,261.66	S/182,574.97

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 66: Cálculo del beneficio - costo del escenario ideal

**Cálculo del beneficio - costo**

<b>VAN Ingresos</b>	S/1,657,195.80
<b>VAN Egresos</b>	S/686,240.34
<b>B/C</b>	2.41

Fuente: Elaboración propia

*Anexo 67: Competencias del personal*

<b>N.º</b>	<b>Aptitud / Competencia Requerida</b>	<b>Justificación</b>	<b>Método de Evaluación</b>	<b>Frecuencia de Evaluación</b>
1	Conocimiento en mantenimiento preventivo	Es la base para ejecutar las actividades propuestas según el manual técnico.	Examen teórico-práctico	Trimestral / al ingreso
2	Uso de instrumentos de medición	Permite diagnosticar fallas tempranas en el motor y equipos asociados.	Evaluación práctica (uso de multímetro, etc.)	Semestral
3	Registro en formatos y seguimiento de fallas	Asegura la trazabilidad de intervenciones y facilita el análisis posterior.	Simulación con formatos técnicos	Mensual (supervisión interna)
4	Aplicación de normas de seguridad y uso de EPP	Previene accidentes y daños durante el mantenimiento.	Lista de chequeo en campo	Permanente
5	Interpretación de manuales técnicos	Garantiza una correcta ejecución de rutinas de mantenimiento.	Prueba de lectura técnica con preguntas clave	Al ingreso / Anual
6	Capacidad de liderazgo técnico-operativo	Necesaria para delegar tareas, supervisar y guiar al equipo.	Observación directa + autoevaluación de grupo	Trimestral
7	Proactividad y mejora continua	Impulsa el cumplimiento sostenido del sistema propuesto.	Evaluación por indicadores de desempeño	Trimestral
8	Trabajo en equipo y comunicación	Mejora la coordinación operativa y el clima laboral.	Dinámicas grupales / Encuestas internas	Semestral

*Fuente: Elaboración propia*