

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la
productividad en un molino de arroz de Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Antero Jesus Junior Masquez Leon

ASESOR

Luis Eduardo Vertiz Diaz

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

Chiclayo, 2025

**Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para
incrementar la productividad en un molino de arroz de Lambayeque**

PRESENTADA POR

Antero Jesus Junior Masquez Leon

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Annie Mariella Vidarte Llaja

PRESIDENTE

Jose Alberto Echeverria Carrillo

SECRETARIO

Luis Eduardo Vertiz Díaz

VOCAL

Dedicatoria

A mis padres, Antero Masquez y María León quienes fueron los estuvieron conmigo apoyándome en todas las situaciones que he pasado en mi vida, por enseñarme los valores que hoy me han traído hasta acá y los cuales he aplicado en lo largo de este trabajo.

A Dios, por ser quien ha guiado con su infinita sabiduría siempre mi camino en esta travesía llamada vida.

Agradecimientos

A mis padres, Antero y María, sin ellos esto no hubiera sido posible, son mi motor y el motivo de mi vida.

A mi asesor, el ingeniero Luis Eduardo Vertiz, por ser quien me ha guiado y apoyado con su experiencia y dedicación a terminar mi trabajo de manera satisfactoria.

A Yamna, por ser quien me motivó y nunca dejó que me rindiera, por siempre estar ahí para mí acompañándome.

A mis docentes, por ser guías y consejeros en mi vida.

Y finalmente, a mis amigos, por ser quienes siempre me sacaron una sonrisa en los momentos más difíciles.

Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en un molino de arroz de Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

20% INDICE DE SIMILITUD	20% FUENTES DE INTERNET	4% PUBLICACIONES	7% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
6	tangara.uis.edu.co Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	10
Materiales y métodos	15
Resultados y discusión	16
Conclusiones	36
Recomendaciones	37
Referencias	38
Anexos	41

Resumen

El objetivo principal que tiene la investigación es la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad, teniendo como objetivos específicos, el diagnóstico de la situación actual del mantenimiento en la empresa, elaborar un sistema de gestión de mantenimiento para las máquinas y equipos en la empresa de estudio y realizar un análisis económico financiero de la propuesta. Para el diagnóstico, se tomó en cuenta una data de 12 meses de las fallas ocurridas en las máquinas, con lo cual se pudo evaluar a través de los indicadores de mantenimiento cómo se encontraba la empresa; asimismo, se utilizó el análisis de criticidad y el diagrama de Pareto para identificar las máquinas más críticas, y con ayuda de los árboles de fallos se pudo identificar las causas – raíces de las fallas de dichas máquinas. Por otro lado, para la implementación se utilizó la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), la cual fue apoyada con las herramientas AMEF y la hoja RCM, de esa forma permitió designar las tareas de mantenimiento adecuadas para cada falla identificada, dando como resultado que la disponibilidad, confiabilidad, el OEE y la productividad de materia prima subieron en 3,47%, 18,6%, 10,34% y 0,151 respectivamente. Finalmente, en la evaluación económica financiera se obtuvo un VAN de S/ 13 634,67, un TIR de 47,62%, un PRI de 3,22 años, y un beneficio costo de 1,03, evidenciando la viabilidad de la propuesta.

Palabras clave: Sistema de gestión de mantenimiento, Mantenimiento centrado en la confiabilidad, análisis de criticidad, indicadores de mantenimiento y disponibilidad.

Abstract

The main objective of the research is the implementation of a maintenance management system to increase productivity, having as specific objectives the diagnosis of the current maintenance situation in the company, the development of a maintenance management system for the machines and equipment in the company under study and an economic and financial analysis of the proposal. For the diagnosis, a 12-month data of the failures occurred in the machines was taken into account, with which it was possible to evaluate through the maintenance indicators how the company was; likewise, the criticality analysis and the Pareto diagram were used to identify the most critical machines, and with the help of the failure trees it was possible to identify the root causes of the failures of these machines. On the other hand, the reliability-centered maintenance (RCM) methodology was used for the implementation, which was supported by the FEA tools and the RCM sheet, thus allowing the designation of the appropriate maintenance tasks for each identified failure, resulting in an increase in availability, reliability, OEE and raw material productivity of 3,47%, 18,6%, 10,34% and 0,151, respectively. Finally, the economic and financial evaluation obtained an NPV of S/ 13 634,67, an IRR of 47,62%, a PRI of 3,22 years, and a benefit-cost of 1,03, evidencing the viability of the proposal.

Keywords: Maintenance management system, reliability-centered maintenance, criticality analysis, maintenance and availability indicators.

Introducción

En la actualidad, las empresas a nivel mundial ven al mantenimiento como algo indispensable, puesto que, contribuye a incrementar la productividad dentro de estas [1]. Es por ello, que su importancia dentro de las organizaciones ha quedado clara con el paso del tiempo, debido a que su principal objetivo es asegurar o alargar la vida útil de los equipos o maquinarias utilizados en la línea de producción [2], es decir, disminuye la degradación causada por el paso del tiempo y el uso constante. Así pues, es necesario recalcar que el mantenimiento busca que la planta trabaje un cierto número de horas necesarias para cumplir con las metas establecidas, aunque esto no significa necesariamente que la aplicación de un plan de mantenimiento busque una disponibilidad del 100% puesto que, esta puede generar costos elevados y no ser muy rentable para la organización [3].

En el Perú, las empresas no son conscientes de que las máquinas o equipos usados en el proceso productivo requieren un mantenimiento periódico que les permita mantener un funcionamiento adecuado, resultando en una baja productividad y competitividad [4]. Según González, Loyo, López, Pérez y Cruz [5] en su artículo expresan que el mantenimiento industrial es parte esencial del proceso de producción puesto que optimiza y reduce las interrupciones que puedan ocurrir durante el desarrollo de este, en cambio, Giuria, Noriega y Altamirano [6] en su investigación manifiesta que el mantenimiento evita o reduce el deterioro de un activo para que este pueda cumplir sus funciones sin ningún contratiempo.

Así pues, en la región Lambayeque se encuentra la mayor parte de las empresas arroceras registradas a nivel nacional, las cuales presentan un problema en común, y es que debido a la antigüedad de sus máquinas y la falta de un sistema de gestión de mantenimiento su productividad ha ido disminuyendo [7]. Debido a ello, las máquinas presentan un gran desafío para las empresas, puesto que, al no ser mantenidas y preservadas no funcionan de forma correcta y eficiente [8]. He aquí la importancia de implementar un sistema de gestión de mantenimiento, debido a que es un conjunto de procesos que involucran una serie de actividades coordinadas en la cual una máquina, equipo o instalación se mantenga o vuelva a estar en un estado donde pueda cumplir sus funciones de manera óptima, así pues, generando una mayor calidad y productividad en la empresa [9].

La empresa en estudio se ubica en el kilómetro 794 de la Panamericana norte dedicándose por más de 20 años a prestar servicios de pilado y reproceso de arroz. Asimismo, el molino

labora 2 turnos de 8 horas y cuenta con 28 máquinas, las cuales son una pre limpiadora, una descascaradora, dos mesas Paddy, un separador de pajilla, once elevadores, una selectora, dos ciclones, cuatro pulidores cónicos, un pulidor de agua, un rota vaivén, una clasificadora por espesor y dos cilindros clasificadores.

Así pues, esta no cuenta con un área de mantenimiento ni de operarios especializados, que puedan implementar un sistema de gestión de mantenimiento. Siendo así que, al originarse fallas debido a la antigüedad y descuido de las máquinas, es el mismo maquinista el que se encarga de arreglar las fallas ocurridas o en casos más graves el mantenimiento es tercerizado. Dichas fallas ocasionan paros en la producción produciendo pérdidas económicas, en consecuencia, en el año de estudio se produjeron 63 fallas donde la mayoría de estas fueron de parte de los elevadores, lo cual representó 265,4 horas de paros en dichos meses originando una pérdida económica en la empresa de S/ 92 505 (tabla 04). De la misma forma, al tercerizar el mantenimiento, esto conlleva un costo en el cual está incluido el pago del técnico que realiza dicha acción correctiva, siendo así que, en el mismo periodo de tiempo mencionado se generó S/ 32 016,37 (tabla 23) de pérdidas. En consecuencia, la productividad ha disminuido a 0,456 t de arroz/t de arroz cáscara, 0,98 t arroz/máquina y 3,43 t/operario respectivamente.

En base a ello se planteó la siguiente pregunta ¿Cómo la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento incrementará la productividad? Para ello, se tiene como objetivo general proponer un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en una molinera de Lambayeque; y como objetivos específicos, diagnosticar la situación actual del mantenimiento en el molino, elaborar un sistema de gestión de mantenimiento para las máquinas y equipos en la empresa de estudio y realizar un análisis económico financiero de la propuesta.

De esta forma, la investigación es de gran relevancia e importancia debido a que esta ayudará a la empresa en la prevención de fallas, disminuyendo las horas de paradas y aumentando la productividad de esta en el proceso, asimismo, el sistema de gestión de mantenimiento permitirá gestionar las actividades u operaciones de mantenimiento que se deben realizar en un plazo determinado, lo que conllevará a la empresa en un aumento de sus ingresos, aumento de competitividad en el mercado, uso eficiente de los recursos, disminución de la carga de trabajo del trabajador incrementado su calidad de vida y su seguridad.

Revisión de literatura

De acuerdo con Rondón [10] en su libro titulado “Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial” el cual tiene como objetivo principal esclarecer que las máquinas o equipos no son irrompibles o que no se deterioran con el tiempo, sino más bien, que estas sufren bajos rendimientos, averías o fallas mientras más tiempo de uso tienen, por lo cual, el mantenimiento es algo indispensable puesto que ayudará a alargar su vida útil y mantenerla en un estado donde pueda funcionar de manera correcta todas las funciones necesarias para llevar a cabo su tarea sin ningún inconveniente, asimismo, recalca la importancia de que las estrategias de mantenimiento de la empresa estén centradas en incrementar la eficiencia y competitividad, de esta forma, generar beneficios entre los cuales se encuentra el aumento de productividad en la organización.

Según Betancourt y Piguabe [11] en su artículo denominado “Sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad. Caso de estudio: Planta de tratamiento de agua empresa DIALILIFE S. A.”, tiene como finalidad aplicar una gestión adaptada a las condiciones de la planta lo que permitirá mejorar enormemente la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo. Para ello, se emplea la metodología RAM puesto que va a permitir establecer la mantenibilidad, estabilidad y disponibilidad como indicadores clave en base a los requisitos plasmados para el proceso productivo de agua tratada en hospitales como es el caso de DIALILIFE S.A., así pues, a través de este método se logra un mayor control en los equipos de tratamiento de agua de esa forma aumentar la confiabilidad de estos reduciendo significativamente las paradas de planta producto de algún fallo de la maquinaria durante el proceso.

Por su parte Villar, et al [12] en su investigación denominada “Análisis de herramientas para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento.”, tiene como fin analizar 25 herramientas de mantenimiento entre las cuales se encuentran, el cronograma de acciones, el análisis de efecto y modo de falla, diagrama de Pareto, árbol de fallas, entre otros. Esto con el propósito de ayudar a los investigadores a seleccionar la herramienta más adecuada para su campo de trabajo. De esta forma, se evalúa las ventajas e inconvenientes de cada herramienta, brindando un panorama completo, proporcionando de esta manera la información necesaria para su selección oportuna para cada situación que pueda surgir, asimismo, la toma de decisiones se facilita debido a que la información recopilada es procesada y ordenada mediante tablas

descriptivas, contribuyendo así a mejorar las actividades de mantenimiento y la sostenibilidad económica de las organizaciones.

Para Cangalaya y Alealá [13], en su trabajo denominado "Propuesta de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de sellado y envasado en línea de conservas de Atún, Ancash 2022", tienen como principal fin aplicar una gestión de mantenimiento preventivo, que tiene como metodología identificar las fallas ocurridas en las máquinas y las causas – raíces de cada una de ellas, posteriormente, se utilizó el AMEF el cual ayudo junto al análisis de criticidad a identificar la maquinaria crítica, las cuales fueron prioridad de la investigación, dando como resultado que la máquina cerradora de latas es la que presento más fallas. De esta forma mediante la gestión de mantenimiento preventivo se logró que la confiabilidad sea de 70% y que la disponibilidad suba un 14%.

De la misma forma, Cruz, Mendoza, Villena y Cueva [14], en su artículo de investigación titulado "Propuesta de gestión de mantenimiento basado en la fiabilidad para reducir las fallas de la maquinaria de la línea de pollo de engorde en una empresa avícola de Perú", aborda el propósito de disminuir las fallas en la maquinaria, así pues, para diagnosticar la situación de la empresa se hizo uso el análisis de criticidad y el árbol de fallas, teniendo como resultado que las máquinas más críticas fueron los comedores, extractores y los bebedores. Posteriormente se aplicó el AMEF lo que posibilitó la designación de tareas de mantenimiento para las máquinas que fueron catalogadas como críticas, logrando así, que la disponibilidad sea de 96%, la empresa tenga un beneficio de S/ 75 799,17 por reducción de costos por fallas y se redujo la frecuencia de fallas en un 65%.

Para, Gasca, Camargo y Medina [15], en su trabajo denominado " Gestión del mantenimiento para la confiabilidad operacional", el cual tiene como objetivo mejorar la eficiencia de las operaciones de producción de las empresas, mediante la combinación de herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad junto a el mantenimiento productivo total; se expresa que, las empresas debido a su rápido crecimiento muchas veces no logran una exitosa implementación de un sistema de gestión de mantenimiento (SGM) trayendo consigo consecuencias entre la cual está la baja en la productividad de la empresa, pues al no lograr o aplicar una buena introducción del SGM en la estructura organizacional de la empresa reducirá considerablemente los beneficios y efectos que este genera, además, sin una buena gestión de mantenimiento la eficiencia de los procesos realizados caería. De manera que, se determina que es posible implementar un SGM flexible y lógico mediante la

combinación de las herramientas del RCM y TPM, logrando de esta forma, un mejoramiento en la confiabilidad operacional.

Por otro lado, Solórzano [16], en su artículo titulado "Estrategias de gestión del mantenimiento de volquetes", plantea un modelo de gestión de mantenimiento basado en la mejora continua, este modelo tiene finalidad de mejorar la planificación, programación y ejecución del mantenimiento a todos los sectores de la empresa. La estrategia aplicada radica en analizar, cuantificar y ordenar los datos provenientes de los indicadores de mantenimiento, y de esta manera aplicar una serie de decisiones que permitirá determinar el incremento de la productividad y calidad del servicio dado. De esta forma, la gestión de mantenimiento pudo mejorar la disponibilidad de los volquetes y reducir los costos asociados al mantenimiento. Siendo así que, tras la aplicación de esta estrategia se logró optimizar los recursos y mejorar la eficiencia operativa, lo que se ve reflejado en ahorros significativos y un rendimiento más confiable de la flota de vehículos de la empresa.

Según Martínez y Planagumá [17] en su investigación llamada "Innovating from Maintenance Management. Remaintenance. Case study: Hydroelectric Power Plant", tiene como objetivo optimizar de manera significativa el mantenimiento para la reducción de costos y a la vez buscar mejoras en ciertos activos que puedan brindar a la empresa beneficios a través de herramientas de optimización como AMEF o RCM las cuales brindarán los medios necesarios para rediseñar los activos y a su vez optimizar el mantenimiento, siendo llamado a estos en conjunto como "Remantenimiento", el cual permitirá justificar los proyectos de mejora que se pueden realizar sin tener que hacerlos ver como un costo adicional sino más bien como un medio para obtener beneficios.

De acuerdo con García y Garzón [18] en su libro titulado "Propuesta para la gestión del mantenimiento en una industria forestal " en donde abordan la gestión del mantenimiento en el sector industrial, precisamente en cuanto a la unidad de mantenimiento de la división forestal, la cual representa parte fundamental para la empresa debido a que provee los materiales necesarios para el proceso dentro de la planta. Mediante esta gestión se tiene como propósito fundamental mejorar la disponibilidad de los equipos, aminorar la aplicación del mantenimiento correctivo y disminuir los tiempos improductivos, con la finalidad de generar ganancias a través de una eficiente materia prima. Su estrategia radica principalmente en diagnosticar la situación actual de los equipos, para posteriormente, realizar una propuesta que permita optimizar la gestión dentro de la organización. De manera que, la metodología

empleada se enfoca en el diseño, análisis y conclusiones. Siendo así que, tras el análisis, se logró determinar la viabilidad de la propuesta, puesto que, gracias a esta estrategia de gestión de mantenimiento fue posible mejorar en gran manera la eficiencia y productividad de la división forestal, contribuyendo a un mayor abastecimiento de materia prima, siendo esto reflejado en un incremento de ganancias para la empresa.

Según Solís y Torres [19] en su trabajo titulado "Contribuciones del TPM en la mejora de la gestión del mantenimiento", que tiene como objetivo principal demostrar los beneficios de incluir el mantenimiento productivo dentro de la gestión del mantenimiento, para ello, se comenzó una recopilación exhaustiva de varias bases teóricas, entre las cuales se encuentra, 25 artículos, 2 libros, 4 tesis, entre otros. Determinando de esta forma, que su correcta implementación permitirá incrementar la productividad de la empresa a través un manejo efectivo de los recursos, mejorando el desempeño, la fiabilidad, confiabilidad y disponibilidad de los equipos y maquinaria utilizada en los procesos, así como también, reducirá los costos generados por el mantenimiento de la maquinaria.

Para López, Benites, Rodríguez, Gutiérrez, Iturrizaga y Martínez [20] en su artículo investigativo denominado "Aplicación del Crystal Ball en la gestión del mantenimiento preventivo y su influencia en la productividad en una empresa fabricante de cartón" que tiene como fin principal el modelamiento de simulación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo (SGMP), para lo cual, se utilizó una muestra de la producción de huevos en un mes de trabajo, asimismo, las fallas que ocurrieron durante ese periodo de tiempo, así pues, se obtuvo como resultados que, de aplicarse un SGMP, la eficacia aumentaría en un 83,54%, la eficiencia en un 73,85% y la productividad en un 61,84%.

Marco Teórico

Mantenimiento preventivo

Es aquel que se hace cada cierto periodo de tiempo el cual está dentro de un planeamiento y tiene la finalidad de evitar accidentes o fallas durante el proceso productivo, es decir, se trata de un mantenimiento que se da a las máquinas para prevenir que estas fallen durante el desarrollo de algún proceso de la planta. [10]

Fallas en la maquinaria

Una falla es cualquier accidente o situación que se presenta en el equipo o maquinaria en cuestión, estas fallas pueden paralizar parcial o totalmente dicho

dispositivo lo que genera paradas en el proceso productivo en la cual se encuentra ubicada, siendo estas leves o graves. [10]

Sistema de gestión de mantenimiento

Para [10] el sistema de gestión de mantenimiento comprende varios procesos entre la gestión de las actividades, el personal encargado de realizarlas y el uso eficiente de los activos destinados a ello, todo con la finalidad de optimizar el mantenimiento para lograr una mayor disponibilidad de las maquinarias y de esta forma generar beneficios a la empresa, además, mantener una buena productividad en la empresa.

Productividad

La productividad de una empresa es definida como aquella capacidad que tiene una empresa de producir bienes o servicios con la menor cantidad de recursos, así pues, una empresa que tiene una alta productividad tendrá una alta eficiencia en su línea de producción, en consecuencia, generará más beneficios. [2]

Productividad de materia prima

$$Productividad_{materia\ prima} = \frac{Unidades\ producidas}{materia\ prima} \dots \text{(ecuación 01)}$$

Productividad de maquinaria

$$Productividad_{maquinaria} = \frac{Producción\ diaria}{Número\ de\ máquinas} \dots \text{(ecuación 02)}$$

Productividad del recurso humano

$$Productividad_{recurso\ humano} = \frac{Producción\ actual}{N^{\circ}\ de\ operarios} \dots \text{(ecuación 03)}$$

En este caso la productividad de múltiples factores nos permitirá ampliar de manera significativa las consideraciones a tomar en cuenta, siendo así, que a todos estos factores productivos se le conoce como productividad global, lo cual, es lo que busca el presente trabajo investigativo.

Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Según [21] consiste en incrementar la confiabilidad de la maquinaria y equipos utilizados en los procesos de la empresa, asimismo, disminuir los costos de mantenimiento que producen debido a los fallos. Esto es posible debido a que, a diferencia del mantenimiento preventivo tradicional, el RCM se basa en una investigación profunda de las fallas ocurridas, permitiendo la designación de las tareas de mantenimiento para cada tipo de modo de fallo.

Materiales y métodos

Según la finalidad, la presente investigación es aplicada, pues propuso un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en un molino de arroz de Lambayeque [22]. Asimismo, la investigación contó con un enfoque cuantitativo, puesto que surgió desde la formulación de la pregunta de investigación en concordancia con la metodología que se deseaba usar. Del mismo modo, el tipo de investigación con la que se llevó a cabo fue descriptiva, debido a que se han definido las variables. [22], asimismo, el diseño de investigación llevado a cabo fue del tipo “no experimental – Transversal” debido a que las variables no fueron manipuladas, por otro lado, la población, muestra y muestreo de estudio para este trabajo investigativo estuvo dado por las máquinas y equipos utilizados en el proceso productivo, esto debido a que la población no había sido de gran magnitud lo que hizo posible estudiar a todo lo que esta contiene, siendo los criterios que ha considerar los costos de mantenimiento generados por fallas en la maquinaria y los equipos involucrados en el proceso productivo los cuales ascendieron a S/ 32 016,37, asimismo, las pérdidas económicas por las paradas originadas por los fallos resultaron de S/ 92 505, en consecuencia, se ha producido una disminución en la productividad de la empresa. [22]

Ahora bien, con respecto a la matriz de operacionalización de variables (Anexo 01) realizada se basó en la identificación de las dimensiones para cada variable y sus indicadores respectivos, asimismo, las técnicas e instrumentos se establecieron según las variables de investigación, por otro lado, los procedimientos a emplear se dieron en base a los objetivos específicos, para el primero, se procedió a diagnosticar la situación actual de la empresa con respecto al mantenimiento en base a datos históricos, para el segundo, se usaron los datos del diagnóstico y se usó las herramientas tal como el AMEF que junto a los manuales de mantenimiento de las máquinas permitió elaborar los planes de mantenimiento, y por último, para el tercero, se tomaron en cuenta los costos de implementación de la mejora. Es necesario recalcar que, el plan de procesamiento y análisis de datos se realizó mediante tablas de Excel e indicadores de mantenimiento, con respecto a, la matriz de consistencia está conformada por los puntos en los cuales se basa el trabajo desde el tema hasta las herramientas utilizadas para la elaboración de la propuesta (Anexo 02).

Resultados y discusión

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Maquinaria utilizada en el proceso productivo

Tabla 01. Maquinaria utilizada en el proceso productivo

Máquinas	Cantidad	Antigüedad	Marca
Descascaradora	1	2003	Suzuki
Ciclón	2	2003-2007	Suzuki-Zaccaria
Pulidor cónico	4	2003	Suzuki
Pulidor al agua	1	2007	Zaccaria
Selectora	1	2011	Daewon
Clasificadora	1	2003	Suzuki
Separador de pajilla	1	2003	Suzuki
Rota Vaíven	1	2003	Suzuki
Cilindro clasificador	2	2003-2007	Suzuki-Zaccaria
Mesa Paddy	2	2003-2007	Suzuki-Zaccaria
Pre limpia	1	2003	Suzuki
Elevadores	11	2003	Suzuki-Zaccaria
TOTAL	28		

Fuente: [21].

Proceso productivo

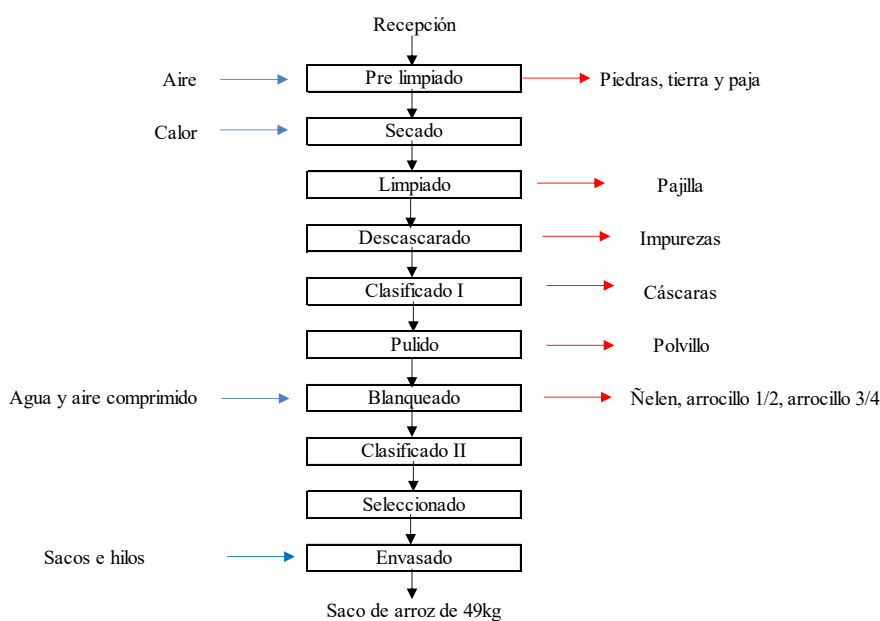


Figura 01: Proceso productivo de arroz de la empresa en estudio

Fuente: [21].

Plan de mantenimiento actual de la empresa

En la actualidad la empresa en estudio no cuenta con un plan o gestión de mantenimiento, puesto que, no hay una planificación de tareas de mantenimiento ni se cuenta con los operarios capacitados para realizarlas, lo cual se refleja en el estado actual de las máquinas.

Descripción de las fallas en las máquinas

Para el diagnóstico que se desarrolló, se tomó en cuenta los registros de las máquinas que presentaron fallas desde el 15 de agosto 2022 hasta el 15 de agosto del 2023. A continuación, se presentará el reporte de las fallas en el período anteriormente mencionado junto a las pérdidas económicas generadas por las paradas de producción producidas por estas, asimismo, las acciones correctivas que se hicieron al ocurrir dichos fallos se encuentran en el anexo 03.

Tabla 02: Resumen del número de fallas y el tiempo de parada por máquina

Máquinas	Fallas	Tiempo total de paradas año (h)	Pérdida económica
Descascaradora	4	15,5	S/ 5 425,00
Ciclón	6	14,5	S/ 5 075,00
Pulidor Cónico	5	9,7	S/ 3 395,00
Pulidor al agua	6	13	S/ 4 550,00
Selectora	4	33	S/ 11 550,00
Clasificadora	3	10,2	S/ 3 570,00
Separador de pajilla	3	10	S/ 3 500,00
Rota Vaivén	3	14	S/ 4 900,00
Cilindro clasificador	3	95	S/ 3 325,00
Mesa Paddy	4	10	S/ 3 500,00
Pre limpia	6	12,1	S/ 4 235,00
Elevadores	16	112,8	S/ 39 480,00
TOTAL	63	264,3	S/ 92 505,00

Fuente: [21].

Costos de mantenimiento correctivo

Los costos de mantenimiento correctivo de las máquinas como consecuencia de las fallas, en donde se incluye el costo de las piezas y el costo del mantenimiento tercerizado es de S/ 32 016,37 (Anexo 04).

Producción de arroz

En la tabla 03 se mostrará la producción de sacos de arroz durante el periodo de estudio, asimismo, esta tabla también contendrá la materia prima utilizada.

Tabla 03: Producción de sacos de arroz en el periodo 2022 – 2023

Meses	Sacos			Toneladas		
	Materia Prima	Arroz	Descarte	Materia Prima	Arroz (t)	Descarte (t)
Agosto	6 598,00	4 351,00	941,00	527,84	213,199	46,109
Julio	3 345,00	1 850,00	744,00	267,6	90,65	36,456
Junio	4 909,5	3 440,00	991,00	392,76	168,56	48,559
Mayo	6 125,00	4 881,00	956,00	490,00	239,169	46,844
Abril	3 684,00	1 405,00	2 005,00	294,72	68,845	98,245
Marzo	4 126,00	1 885,00	1 692,00	330,08	92,365	82,908
Febrero	3 341,00	2 970,00	51,00	267,28	145,53	2,499
Enero	6 303,00	5 211,00	58,00	504,24	255,339	2,842
Diciembre	5 814,00	5 205,00	106,00	465,12	255,045	5,194
Noviembre	4 415,00	3 449,00	54,00	353,2	169,001	2,646
Octubre	3 799,00	3 376,00	25,00	303,92	165,424	1,225
Septiembre	5 734,00	4 906,00	104,00	458,72	240,394	5,096
Agosto	3 202,00	2 817,00	67,00	256,16	138,033	3,283
TOTAL	61 395,05	45 746,00	7 794,00	4 911,64	2 241,554	381,906

Fuente: [21].

Indicadores de mantenimiento

Entre los indicadores de mantenimiento tenemos los tiempos medio entre fallas de cada máquina y el tiempo promedio para reparar (Anexo 05), estos dos permitirán encontrar la confiabilidad y disponibilidad de cada máquina para posteriormente hallar la del sistema (Anexo 06), una vez hallada la disponibilidad esta junto al indicador de calidad y rendimiento (Anexo 07) se podrá hallar la eficiencia general de los equipo o también llamada OEE, asimismo, en la siguiente tabla se muestra el OEE junto a los costos de mantenimiento, la producción, las pérdidas económicas y la confiabilidad por mes.

Tabla 04: Confiabilidad, OEE, costos de mantenimiento correctivo, producción mensual y pérdidas económicas

Mes	Confiabilidad Sistema	OEE	Costos de mantenimiento (S/.)	Producción (t)	Pérdidas económicas (S/.)
Agosto	62,56%	38,66%	S/ 920,00	138,033	S/ 6 825,00
Setiembre	79,16%	33,09%	S/ 872,00	240,394	S/ 3 675,00
Octubre	49,63%	41,50%	S/ 2 378,00	165,424	S/ 5 250,00
Noviembre	79,14%	47,41%	S/ 2 746,00	169,001	S/ 4 550,00
Diciembre	62,69%	22,84%	S/ 1 090,37	255,045	S/ 3 500,00
Enero	62,54%	26,75%	S/ 1 960,00	255,339	S/ 7 000,00
Febrero	78,99%	52,29%	S/ 2 700,00	145,53	S/ 6 300,00
Marzo	49,56%	48,69%	S/ 2 806,00	92,365	S/ 6 125,00
Abril	62,66%	53,11%	S/ 1 572,00	68,845	S/ 4 970,00
Mayo	39,06%	45,07%	S/ 2 630,00	239,169	S/ 9 310,00
Junio	49,52%	50,16%	S/ 2 488,00	168,56	S/ 12 600,00
Julio	49,63%	49,25%	S/ 4 660,00	90,65	S/ 9 625,00
Agosto	62,71%	49,54%	S/ 5 194,00	213,199	S/ 12 775,00

Fuente: [13].

En la tabla 04, se muestra la relación existente entre la eficiencia general de los equipos (indicadores de mantenimiento actuales) y la producción de los meses en que se basó este estudio, asimismo, los costos de mantenimiento también se encuentran dentro de dicha relación. Para un mejor análisis, el gráfico (Anexo 08) ha sido realizado por cada mes, puesto que, mostrará de una mejor manera la variación que se ha ido produciendo durante los 12 meses de estudio, haciendo posible determinar que, al tener una baja eficiencia de equipos, la productividad bajará de manera significativa. Asimismo, es necesario recalcar que el arroz es un producto estacional y que los meses en que más se producen es desde mediados de abril o finales. Por otro lado, el OEE al encontrarse en 49,54% este se encuentra por debajo de 65% siendo este el porcentaje aceptable mencionado en [14].

Indicadores de productividad

$$Productividad_{materia\ prima} = \frac{2\ 241,554}{4\ 911,64} = 0,456\ t\ de\ arroz/t\ arroz\ cáscara$$

$$Productividad_{maquinaria} = \frac{16 * 1,715}{28} = 0,98\ t\ arroz/máquina$$

$$Productividad_{recurso\ humano} = \frac{16 * 1,715}{8} = 3,43\ t/operario$$

Los indicadores de productividad de materia prima, maquinaria y recursos humanos, se encuentran por debajo del promedio establecido por el Minagri siendo este de 0,65 t de arroz/t de arroz cáscara [24], por consecuencia, los otros indicadores también están en el mismo estado.

Análisis de criticidad

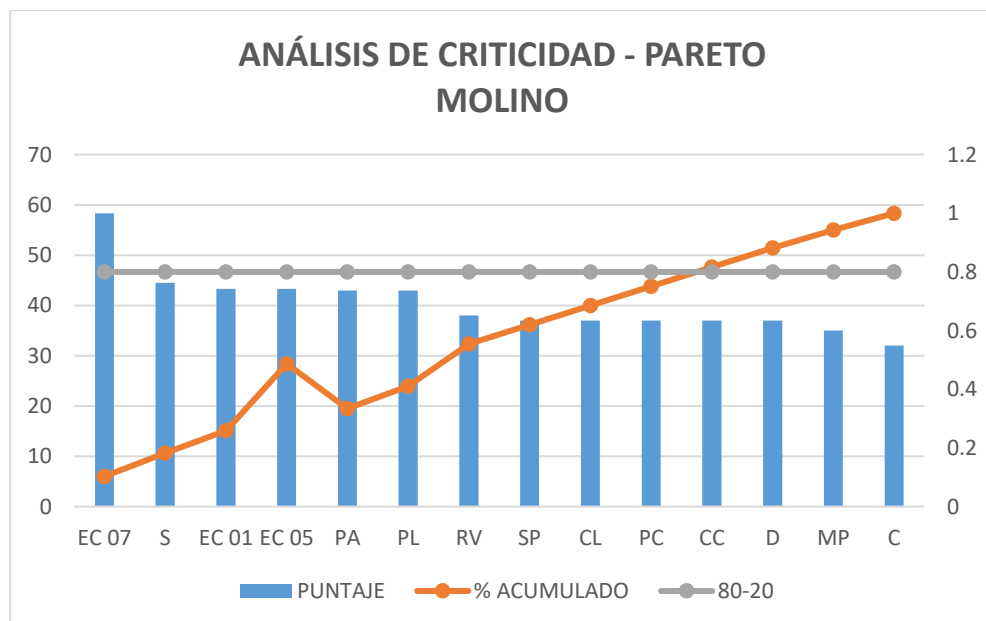
Se realizó un análisis de criticidad (Anexo 10) con el fin de determinar la criticidad de las máquinas siendo las más altas las cuales serán escogidas para su mantenimiento. Así pues, se considerará varios factores como el impacto que se tiene en la producción, en la calidad del producto, en el medio ambiente, los costos por mantenimiento generados, entre otros. Una vez valoradas según el puntaje de cada criterio se realizará una suma total por cada máquina y mediante una matriz ABC se determinará cuáles de estas en base a su puntaje total será priorizada.

Tabla 05: ABC

EQUIPO	PUNTAJE	%	%	80-20	NIVEL
EC 07	58,3	10%	10%	0,8	A
S	44,5	8%	18%	0,8	
EC 01	43,3	8%	26%	0,8	
EC 05	43,3	8%	33%	0,8	
PA	43	8%	41%	0,8	
PL	43	8%	49%	0,8	
RV	38	7%	55%	0,8	B
SP	37	7%	62%	0,8	
CL	37	7%	69%	0,8	
PC	37	7%	75%	0,8	
CC	37	7%	82%	0,8	C
D	37	7%	88%	0,8	
MP	35	6%	94%	0,8	
C	32	6%	100%	0,8	

Fuente: [21].

Como se puede observar, posterior a culminar de evaluar según criterios las máquinas en la matriz de criticidad, se procede a realizar un ABC lo que nos permitirá escoger las máquinas más críticas según el resultado de la ponderación. Para ello nos ayudaremos de un diagrama de Pareto que se muestra a continuación:

**Figura 02: Diagrama de Pareto de las máquinas de la empresa en estudio**

Fuente: [21]

Según el análisis de Pareto los equipos críticos son los elevadores de cangilones, la selectora, la pre limpia y el pulidor al agua, esto debido a que, el principio de Pareto se centra en que el 80% de los resultados provienen del 20% de las causas, siendo así que, la mayor criticidad proviene de las máquinas en la categoría A acumulando el 49% de criticidad. Por otro lado, si bien las máquinas en la categoría B y C, aunque estas tienen máquinas que están dentro del 80% acumulado, su porcentaje individual de criticidad es menor a las de primera categoría, es por ello, que no se les da la misma prioridad.

Árbol de fallas

Una vez identificadas las máquinas más críticas, se procederá a realizar un árbol de fallas para cada una de estas (Anexos 11-14) con el fin de determinar la causa raíz de cada modo de fallo presentado, esto nos permitió designar más fácilmente las tareas de mantenimiento más adecuadas para cada situación, lo cual se vio reflejada durante el desarrollo del AMEF.

Propuesta del sistema de gestión de mantenimiento

Diseño del sistema de gestión

Política de mantenimiento

La política de mantenimiento se realizará teniendo en cuenta la norma ISO 55001:2014. [23]

“Lograr la mayor disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria del proceso productivo mediante la implementación y aplicación de un mantenimiento preventivo en la molinera de arroz, contando con personal capacitado comprometido con la mejora continua del sistema.”

Objetivos de mantenimiento

Los objetivos de mantenimiento se realizaron teniendo en consideración los requisitos presentes en la norma ISO 55001:2014. [23]

- Mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria mediante el mantenimiento preventivo.

- Minimizar los tiempos de inactividad no planificados
- Reducir los costos de mantenimiento
- Elaborar procedimientos de actividades de mantenimiento

Planificación del programa del sistema de gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM

El sistema de gestión de mantenimiento se realizó mediante la aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), debido a que, se basa en un análisis para determinar qué tareas de mantenimiento se deben realizar para cada máquina que se utiliza en el proceso de la empresa, asimismo, identifica los modos de falla, sus causas y efectos, lo que por consiguiente, permite que los recursos sean dirigidos hacia los activos más críticos que afectan directamente a la disponibilidad y confiabilidad del sistema, siendo esta la base fundamental para el uso de esta metodología; y es por ello, que se han realizado una serie de actividades cruciales que han permitido recopilar y analizar los datos necesarios para elaborar el programa de mantenimiento:

- Realizar la codificación de la maquinaria
- Calcular el nivel de criticidad de las máquinas operativas
- Elaborar y analizar el diagrama de Pareto en base a la criticidad que presentan las máquinas.
- Elaborar el árbol de fallas para cada máquina crítica.
- Elaborar el método de análisis de modos y efecto de falla (AMEF).
- Elaborar las hojas de decisiones correspondientes a cada máquina crítica.
- Elaborar la mejora del análisis de modos y efecto de falla (AMEF) para ver la reducción del NPR por máquina.
- Elaborar el plan y el cronograma de mantenimiento para las máquinas críticas.
- Calcular los nuevos indicadores de mantenimiento

Desarrollo del programa planificado en el sistema de gestión de mantenimiento

Codificación de la maquinaria

Se codifican las máquinas que fueron evaluadas en el análisis de criticidad, se tiene en cuenta que, dichas máquinas son aquellas que se tienen registros que han tenido

fallas durante el periodo en estudio que se ha analizado en el trabajo investigativo (Anexo 15).

Determinación del nivel de criticidad de las máquinas

A través de un análisis de criticidad se identificó las máquinas más críticas, en las cuales el mantenimiento es prioritario, puesto que, afectan en gran medida al proceso productivo. Dicho análisis, ha sido realizado con anterioridad para el diagnóstico de la situación actual de la empresa en estudio, en las cuales 6 máquinas fueron identificadas como prioritarias a través de un ABC (Tabla 05) y un diagrama de Pareto (Fig. 02), dichas máquinas representan el 49% del total del nivel de criticidad, por lo cual, al ser priorizado su mantenimiento se podrá incrementar la capacidad de producción de la empresa, por ende, su productividad. Asimismo, a través de los árboles de fallas se pudo determinar la causa – raíz de cada modo de fallo de las 6 máquinas críticas (Anexos 11-14).

Análisis de modos y efecto de fallo

Se desarrolló el AMEF para determinar las fallas funcionales, los modos de fallas y los efectos que estas pueden causar en las máquinas críticas (Anexo 16-19) identificadas mediante el análisis de criticidad, lo cual sirvió para la elaboración de los planes de mantenimiento.

Hoja de decisión RCM

Una vez realizado el AMEF de las máquinas críticas se procedió a realizar las hojas de decisión RCM (Anexos 20-23) las cuales permitirán determinar las acciones recomendadas (tareas de mantenimiento) en base a la información recolectada anteriormente.

AMEF posterior a las acciones recomendadas

Una vez realizada las hojas de decisiones RCM se reevaluará el NPR del AMEF en base a las tareas de mantenimiento propuestas en dichas hojas (Anexos 24-27).

Planes y cronogramas de mantenimiento para las máquinas críticas

El plan de mantenimiento elaborado detalla las actividades de mantenimiento preventivo, así como el material, la frecuencia, el personal y el tiempo requerido para realizar dichas actividades. (Anexos 28-35).

Tiempo de parada por fallas y tiempo de parada por mantenimiento programado

En la tabla 06 se muestra la comparación entre el tiempo de parada que se ocasionaron debido a las fallas y el tiempo de parada ocasionado por el mantenimiento preventivo con respecto a las máquinas críticas (Anexos 36-39).

Tabla 06: Tiempo de paros y tiempo de mantenimiento programado

Máquina	Tiempo de parada sin la mejora (h)	Tiempo de mantenimiento preventivo (h)	Reducción de tiempo de parada (h)	% de mejora
Elevador de cangilones	112,8	83	29,8	26,42%
Pulidor al agua	13	11	2,1	15,38%
Selectora	33	3,5	29,5	89,39%
Pre limpia	12,1	9,5	2,6	21,45%
TOTAL	170,9	107	63,9	38,17%

Fuente: [13][14].

Como se puede visualizar en la tabla 06 se ha logrado una reducción de 63,9 horas de parada debido al mantenimiento preventivo, lo que, en consecuencia, aumentaría la producción en gran medida y, por ende, la productividad.

Producción después de la mejora de gestión de mantenimiento

Tabla 07: Producción después de la mejora de gestión de mantenimiento

Mes	ANTES DE LA MEJORA		PROYECCIÓN	ESCENARIOS		
	Mantenimiento real	Producción real (t)	Mantenimiento teórico	Conservador	Medio	Optimista
				Producción teórica (t)	Producción teórica (t)	Producción teórica (t)
Agosto	91,93%	213,199	99%	68,845	68,845	213,199
Julio	93,98%	90,65	99%	90,65	90,65	213,199
Junio	92,16%	168,56	99%	92,365	92,365	213,199
Mayo	94,19%	239,169	99%	138,033	213,199	213,199
Abril	96,86%	68,845	99%	145,53	213,199	213,199
Marzo	95,15%	92,365	99%	165,424	213,199	213,199
Febrero	96,04%	145,53	99%	168,56	213,199	213,199
Enero	95,60%	255,339	99%	169,001	213,199	213,199
Diciembre	97,78%	255,045	99%	255,339	255,339	255,339
Noviembre	97,13%	169,001	99%	255,339	255,339	255,339
Octubre	96,70%	165,424	99%	255,339	255,339	255,339
Setiembre	97,67%	240,394	99%	255,339	255,339	255,339
Agosto	95,72%	138,033	99%	255,339	255,339	255,339
		2 241,554		2 315,103	2 594,55	2 982,287

Fuente: [9][13].

En la tabla 07, tenemos que, la disponibilidad (mantenimiento real) de la maquinaria tiene un aumento significativo después de haberse implementado el sistema de gestión de mantenimiento, por lo que se toma, tres escenarios posibles: Conservador, medio y optimista.

El escenario conservador, es aquel escenario en donde el mantenimiento programado no es realizado conforme a lo planificado durante los primeros meses, asimismo, se toma en cuenta las condiciones y las temporadas en las cuales hay más demanda de arroz en el mercado. Por otro lado, el escenario medio, es aquel donde la demanda, la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos se mantiene se mantienen con un porcentaje similar a lo esperado debido al cumplimiento de los procedimientos y tareas de mantenimiento programadas, incrementando de manera considerable la producción desde el mes de agosto, por último, el escenario optimista es donde se pudo realizar todo lo planificado sin ningún contratiempo, logrando reducir de esa forma las horas de parada (63,9 horas) mediante el mantenimiento preventivo que se programó en las máquinas críticas, de esta forma, logrando el objetivo de aumentar la producción de la empresa, por ende, su productividad. Asimismo, la presente investigación se desarrollará en el escenario optimista.

Evaluación de los indicadores del sistema de gestión de mantenimiento

Evaluación de los indicadores de gestión de mantenimiento preventivo

Eficiencia general de los equipos

$$\text{Calidad} = \frac{2982,287}{(2982,287 + 391,906)} * 100 = 88,64\%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{2982,287}{4911,64} * 100 = 60,72\%$$

$$\text{Disponibilidad del sistema} = \frac{\text{MTTB}}{\text{MTTR} + \text{MTTB}} * 100 = 99\%$$

$$\text{OEE} = 88,64\% * 60,72\% * 99\% = \mathbf{53,29\%}$$

Como se observa la eficiencia general de los equipos tuvo un aumento significativo, debido a que la producción aumento según lo previsto en la planificación de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento

(escenario optimista) por lo que, se pudo operar en una capacidad alta, teniendo un gran porcentaje de utilización de las maquinarias. Asimismo, si bien está por debajo del 65% mencionado en [14] este incremento sigue siendo importante.

Confiabilidad

Tabla 08: Confiabilidad después de la mejora

Confiabilidad Sistema		
Mes	Antes	Despues
Agosto	62,56%	62,56%
Setiembre	79,16%	100%
Octubre	49,63%	79,15%
Noviembre	79,14%	79,14%
Diciembre	62,69%	79,16%
Enero	62,54%	100%
Febrero	78,99%	100%
Marzo	49,56%	62,63%
Abril	62,66%	62,66%
Mayo	39,06%	62,65%
Junio	49,52%	100%
Julio	49,63%	62,63%
Agosto	62,71%	79,16%
	60,61%	79,21%

Fuente: [9].

$$Conf.Sistema (agosto) = 79,03\% * 100\% * 79,16\% * 100\% * 100\%$$

$$Confiabilidad sistema (agosto) = 62,56\%$$

En primer lugar, vemos, que la confiabilidad del sistema se halla en serie y paralelo, para ello, se determina la confiabilidad en paralelo para luego desarrollarlo en serie (anexo 08). Por otro lado, se observa en la tabla 08, la confiabilidad ha aumentado a 79,21% siendo un poco menor que en [9] donde se incrementó de 49% a 82%.

Evaluación de los indicadores de productividad

$$Productividad_{mp} = \frac{2982,287}{4911,64} = 0,607 \text{ t de arroz/t arroz cáscara}$$

$$Productividad_{maquinaria} = \frac{16 * 1,862}{28} = 1,064 \text{ t arroz/máquina}$$

$$Productividad_{recurso humano} = \frac{16 * 1,862}{8} = 3,724 \text{ t/operario}$$

La productividad de materia prima aumento a 0,607 t de arroz/t arroz cáscara, lo cual es significativamente más cerca al 0,65 t de arroz/t arroz cáscara establecido por [24].

Comparación de indicadores antes y después de la mejora

Tabla 09: Cuadro comparativo de indicadores

INDICADOR	ANTES DE LA MEJORA		DESPUES DE LA MEJORA			
	VALOR	UND	VALOR	UND	VARIACIÓN	LOGRO
OEE	42,95%	%	53,29%	%	10,34%	Se incremento el OEE en un 10,34%
DISPONIBILIDAD	95,53%	%	99%	%	3,47%	Se incremento la disponibilidad a un 99%
CONFIABILIDAD	60,61%	%	79,21%	%	18,6%	Se incremento la confiabilidad en un 18,60%
PRODUCTIVIDAD (MATERIA PRIMA)	0,456	t de arroz/t de arroz cascara	0,607	t de arroz/t de arroz cascara	0,151	La productividad de materia prima aumento en un 0,151 t
PRODUCTIVIDAD (MÁQUINARIA)	0,98	t/máquina	1,064	t/máquina	0,084	La productividad de la maquinaria aumento en un 0,084 t
PRODUCTIVIDAD (RECURSO HUMANOS)	3,43	t/operario	3,724	t/operario	0,294	La productividad de recursos humanos u operarios aumento en un 0,294 t

Fuente: [14].

En base a [9], [11], [13] y [14] donde se utilizó la misma metodología el incremento en los indicadores de productividad y mantenimiento, se puede considerar significativo y de gran impacto en la empresa.

Así pues, para mantener dichos indicadores en niveles los cuales pueda impactar positivamente a la empresa es necesario tener un medio de control, en este caso, un tablero de control (anexo 60), el cual podrá hacer un seguimiento en tiempos determinados de los indicadores, es decir, si los resultados después de la propuesta

son de, por ejemplo, 53,29% en la eficiencia general de los equipos es imprescindible que en el tablero este sea considerado como “deficiente” pues si lo generado en el tiempo posterior a la implementación de la propuesta es menor a lo que se logró con esta, es razonable deducir que no se están realizando correctamente lo planificado en el sistema de gestión de mantenimiento, es por ello, que al estar en ese nivel y determinarlo se harán las acciones correctivas necesarias para que en la siguiente semana se logre levantar dicho indicador, en consecuencia, este pase de “deficiente” a “tolerable” o incluso a “optimo”.

Evaluación económica financiera de la propuesta

Para el desarrollo de la evaluación económica financiera de la propuesta se tendrá en cuenta los siguientes puntos:

Costos de materiales y herramientas

Las herramientas, materiales y repuestos que se encuentran en los anexos 40 y 41 han sido tomados de los planes de mantenimiento de las máquinas críticas en las cuales se basa la propuesta.

Costo de la gestión de mantenimiento

En este caso se considera el costo de la capacitación en RCM, software de mantenimiento y costos de útiles de oficina (archivadores, lapicero, papel, entre otros.) y mano de obra los cuales se encuentran en el anexo 42, 43 y 44.

Ingresos después de la mejora

Como se mostró con anterioridad el aumento de producción y por ende sus ingresos se hallarán teniendo en cuenta los escenarios conservador, medio y optimista como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10: Ingresos después de la mejora

Mes	ANTES DE LA MEJORA		ESCENARIOS		
	Mantenimiento real	Producción real (t)	Conservador Producción teórica (t)	Medio Producción teórica (t)	Optimista Producción teórica (t)
Agosto	91,93%	213,199	68,845	68,845	213,199
Julio	93,98%	90,65	90,65	90,65	213,199
Junio	92,16%	168,56	92,365	92,365	213,199
Mayo	94,19%	239,169	138,033	213,199	213,199
Abril	96,86%	68,845	145,53	213,199	213,199
Marzo	95,15%	92,365	165,424	213,199	213,199
Febrero	96,04%	145,53	168,56	213,199	213,199
Enero	95,60%	255,339	169,001	213,199	213,199
Diciembre	97,78%	255,045	255,339	255,339	255,339
Noviembre	97,13%	169,001	255,339	255,339	255,339
Octubre	96,70%	165,424	255,339	255,339	255,339
Setiembre	97,67%	240,394	255,339	255,339	255,339
Agosto	95,72%	138,033	255,339	255,339	255,339
Ingresos		S/ 457 460,00	S/ 472 470,00	S/ 529 500,00	S/ 608 630,00
	Diferencia		S/ 15 010,00	S/ 72 040,00	S/ 151 170,00
	Diferencia sin IGV		S/ 12 308,20	S/ 59 072,80	S/ 123 959,40

Fuente: [3].

En la tabla 10 se aprecia la diferencia entre los ingresos de la producción histórica y la producción en base a los escenarios propuestos en donde se ha descontado el IGV, así pues, para el primer escenario tenemos S/ 12 308,20 de diferencia, para el medio S/ 59 072,80 y para el optimista S/ 123 959,40.

Flujo de caja

Flujo de caja escenario optimista

Tabla 11: Estado de resultados del escenario optimista

Año	Estado de resultados						
	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/ 123 959,40	S/ 126 810,47	S/ 129 727,11	S/ 132 710,83	S/ 135 763,18	S/ 138 885,73
Costos operativos		S/ 112 496,74	S/ 115 084,17	S/ 117 731,10	S/ 120 438,92	S/ 123 209,01	S/ 126 042,82
Depreciación		S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67
GAV		S/ 200,00	S/ 204,60	S/ 209,31	S/ 214,12	S/ 219,04	S/ 224,08
Utilidad antes de impuestos		S/ 9 675,99	S/ 9 935,03	S/ 10 200,03	S/ 10 471,13	S/ 10 748,46	S/ 11 032,16
Impuestos (29,5%)		S/ 2 854,42	S/ 2 930,84	S/ 3 009,01	S/ 3 088,98	S/ 3 170,79	S/ 3 254,49
Utilidad después de impuestos		S/ 6 821,58	S/ 7 004,20	S/ 7 191,02	S/ 7 382,15	S/ 7 577,66	S/ 7 777,68

Fuente: [10].

Tabla 12: Flujo de caja del escenario optimista

Año	Flujo de caja						
	0	1	2	3	4	5	6
Utilidad después de impuestos		S/ 6 821,58	S/ 7 004,20	S/ 7 191,02	S/ 7 382,15	S/ 7 577,66	S/ 7 777,68
Inversión	S/ 15 841,68	S/0	S/0	S/ 1 500,00	S/ 16,67	S/70	S/ 1 500,00
FNE	-S/ 15 841,68	S/ 8 408,24	S/ 8 590,87	S/ 7 277,69	S/ 8 952,15	S/ 9 094,33	S/ 7 864,34

Fuente: [10].

Tabla 13: Indicadores económicos del escenario optimista

VAN	S/ 13 634,67		
TIR	47,62%	TMAR	17.68%
PRI	3,23 años		
B/C	1,03		

Fuente: [10].

En la tabla 13 podemos observar que como resultados tenemos un VAN (Valor neto actual) de S/ 13 634,07, asimismo, la tasa interna de retorno de la inversión (TIR) es de 47,62% anual siendo significativamente mayor a la tasa mínima de ganancia sobre la inversión (TMAR), de igual manera el periodo de retorno de la inversión (PRI) es de 3,23 años, es decir, que la inversión se recupera en 3 años, 2 meses y 7 días aproximadamente, por último, el beneficio – costo es de 1,03 siendo este aceptable. Ahora bien, en este caso en este escenario se considera la totalidad de los costos planteado en la propuesta, esto es debido a que, este escenario es lo que se espera lograr con la propuesta a diferencias de los escenarios conservador (Anexos 45 - 47) y medio (Anexos 48-50). Así pues, en base a lo mencionado anteriormente, podemos decir que la propuesta es viable. Por otro lado, también se consideró en los mismos escenarios ya mencionados una serie de circunstancias (análisis de sensibilidad) que podrían impactar a los indicadores económicos de la propuesta, en este caso se tomó que los ingresos aumentarían un 7% anual, los costos operativos un 5% anual y que en base a la incertidumbre que tiene la empresa por su estado actual y sumado a posibles eventos naturales que puede afectar la cosecha de arroz su TMAR ascendió a 38,18% (Anexos 51-59).

Discusión

El diagnóstico realizado en la empresa de estudio tuvo como resultado un total de 63 fallas, representando un total de 263,3 horas de parada, generando pérdidas económicas de S/ 92 505, asimismo, esto causó que, la confiabilidad del sistema en el año 2023 sea de 60,61%. En [11], al realizar su diagnóstico se obtuvo un total de 150 fallas identificadas, teniendo una confiabilidad de 69% de su sistema. Por otro lado, [14] utilizando las mismas herramientas de diagnóstico se identificó 1 442 fallas con un total de 5 147 horas de parada ocasionando pérdidas económicas por S/ 122 142,01, asimismo, en [13] utilizando de manera similar las mismas herramientas identificó la máquina que más fallas tenía, la cual presentaba 93 fallas provocando 5 760 horas de inactividad en la línea de producción y provocando pérdidas de S/ 315 477. Siendo así, la presente investigación realizada, a pesar de tener un número considerablemente menor de fallas y horas de parada, la confiabilidad y las pérdidas económicas a excepción de [13] no tienen una gran diferencia, esto es debido a que las máquinas que han representado una gran número de fallas durante el periodo de estudio de la empresa en cuestión, son claves para el proceso productivo y al tener solamente un mantenimiento correctivo la línea de producción no ha podido funcionar de manera óptima, causando una baja productividad en la empresa.

Del estudio realizado se tuvo como segundo objetivo específico elaborar un sistema de gestión de mantenimiento en la empresa de estudio, así pues, en [4] para lograr una mayor disponibilidad y la prevención de fallas en sus camiones, la empresa optó por la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo el cual una vez diseñado, planificado e implementado dio como resultado un reducción progresiva en los MTBF y MTTR, lo que permitió que la disponibilidad de la flota incrementara a 92,57% , dándoles un mayor margen de utilización, aumentando de esa forma su productividad. Por otro lado, en [11] después de aplicar el sistema de gestión de mantenimiento en la empresa de estudio la disponibilidad de la maquinaria aumenta a un 97,07%, por el contrario, en [17] se aplica el sistema de gestión de mantenimiento con una perspectiva diferente la cual logro pasar de 79% a 90% de disponibilidad de los equipos. Siendo así que, la investigación realizada utiliza un conjunto más de herramientas siendo algunas de ellas el AMEF que permitió la designación de las tareas de mantenimientos más adecuadas para elaborar el plan de mantenimiento y, además, la codificación de equipos que permitió tener una mejor ubicación de las zonas donde se encontraba la maquinaria logrando que la disponibilidad suba

de 95, 33% a 99%, puesto que, la máquina más crítica y con la mayor cantidad de fallas fue el elevador de cangilones.

En el análisis económico financiero realizado a la propuesta de implementación de una gestión de mantenimiento se obtuvo como un valor neto actual (VAN) S/ 13 634,67 y una tasa interna de retorno de 47,62%, en comparación en la investigación realizada por [13] que tuvo como resultado un VAN de S/ 1 629 441,02 y una tasa interna de 59% donde se puede visualizar que a pesar de que el VAN es significativamente mayor el TIR es similar al de la propuesta esto es debido a que la inversión que se ha realizado en [13] es mayor, asimismo, en el trabajo de [15] se tuvo como utilidad una S/ 76 463,83 de manera similar [14] en su artículo investigativo en el cual realiza la aplicación de un gestión de mantenimiento preventivo tuvo un ahorro de S/ 75 799,17 después de aplicar su propuesta en su organización. En diferencia la propuesta realizada obtuvo como utilidad en el primer año un total de S/ 6 821,58, si bien es cierto que la utilidad no es tan grande como los obtenidos en los antecedentes, sigue habiendo una ganancia por parte de la empresa, en consecuencia, se evidencia que la implementación de la gestión está dando resultados favorables.

Conclusiones

La propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento tuvo como resultado estimado el incremento de la productividad de materia prima, maquinaria y recursos humanos en 0,151 t de arroz/t de arroz cáscara, 0,084 t/máquinas, 0,294 t/operarios respectivamente, a través de usos de herramientas que haría posible dicha implementación.

El diagnóstico de la situación actual del mantenimiento en la empresa en estudio pudo identificar 63 fallas, que originaron un total de 264,3 horas de paradas de producción y una pérdida económica S/. 95 505, dando como consecuencia que, los indicadores de mantenimiento sean bajos, como la confiabilidad (60,61%) y el OEE (42,95%).

Así pues, la elaboración de la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento utilizando la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad dio como resultado que en un escenario optimista la eficiencia general de los equipos se incremente de 42,95% a 53,29%, la confiabilidad de 60,61% a 79,21%; y por último, que la disponibilidad aumentara de 95,53% a 99%.

En la evaluación económica financiera de la propuesta de implementación se obtuvo como resultado un valor neto actual (VAN) de S/ 13 634,67, una tasa interna de retorno de la inversión (TIR) 47,62% siendo esta mayor al TMAR el cual fue de 17,68%, asimismo, el periodo de retorno de la inversión (PRI) fue de 3 años con 2 meses y 7 días, por último, el costo – beneficio fue de 1,03, es decir, los costos son menores a las ganancias generadas por la propuesta.

Recomendaciones

Se aconseja utilizar para futuras propuestas relacionadas al tema de la presente investigación, un software de mantenimiento como el GMAO para lograr una gestión más eficiente sobre el mantenimiento y las actividades que este conlleva.

Asimismo, se sugiere que se utilice el método de mantenimiento productivo total, esto conllevará un aumento significativo en todos los indicadores claves de la empresa, generando beneficios significativos para esta.

Analizar la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento en empresas del rubro en el departamento de Lambayeque teniendo en cuenta la gestión de mejora continua partiendo desde un mantenimiento preventivo y tecnificándose con el desarrollo del tiempo.

Referencias

- [1] C. Mafla Yépez, C. Morales Bayetero, E. Hernández Rueda y I. Benavides Cevallos, «Vehicle maintenance management based on machine learning in agricultural tractor engines,» DYNA, vol. 90, n° 225, pp. 22-28, 2022.
- [2] García Sierra, Cárcel Carrasco y V. Mendoza, «Importancia del mantenimiento, aplicación a una industria textil y su evolución en eficiencia,» 3c tecnología, vol. 8, n° 2, pp. 30-67, 2019.
- [3] J. Diestra Quevedo, L. Esquiviel Parede y R. Guevara Chinchayan, «Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor capacidad,» Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación, vol. 4, n° 1, pp. 1-10, 2017.
- [4] C. Alavedra Flores, Y. Gastelu Pinedo, Méndez Orellana, Minaya Luna, B. Pineda Ocas, K. Prieto Gilio, K. Rios Mejía y C. Moreno Rojo, «Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013,» Ingeniería Industrial, vol. 2, n° 34, pp. 11-26, 2018.
- [5] j. González Sosa, J. Loyo Quijada, M. López Ontiveros, P. Pérez Montoya y A. Cruz Hernández, «Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE,» Ingeniería industrial, vol. 1, n° 3, pp. 209-225, 2018.
- [6] A. Giuria Farías, C. Noriega Revoredo y E. Altamirano Flores, «Maintenance management model based on RCM and TPM to optimize times and costs within the useful life cycle of nautical assets,» LACCEI, vol. 4, n° 1, pp. 18-22, 2022.
- [7] C. Pastor, «El mantenimiento como herramienta para conseguir infraestructura de alta calidad y durabilidad,» United States of America, vol. 1, n° 1, pp. 1-36, 2020.
- [8] K. Eneque Flores, J. Tello Barahona y M. Vásquez Coronado, «Gestión por procesos para incrementar la productividad en la empresa "Comercio industria y servicio GMV E.I.R.L.",» Científica, vol. 1, n° 1, pp. 1-15, 2020.

- [9] J. Pérez Alegría y D. Supo Rojas, «Gestión de mantenimiento para reducir costos en el área de electromecánica en el hospital regional de Lambayeque,» Científica, vol. 1, n° 1, pp. 1-11, 2018.
- [10] F. Rondon, Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial, vol. 23, Colombia: USTA, 2021, pp. 43-50.
- [11] E. Betancourt y L. Piguabe, «Sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad. Caso de estudio: Planta de tratamiento de agua empresa DIALILIFE,» Ingeniar, vol. 4, n° 8, pp. 46-77, 2021.
- [12] L. Villar Ledo, A. Díaz Concepción, M. B. Infante Abreu, J. A. Vilalta Alonso, A. Alfonso Álvarez y Á. A. Rodríguez Soto, «Análisis de herramientas para diagnóstico del mantenimiento,» Universidad y sociedad, vol. XIV, n° 14, p. 18, 2022.
- [13] M. A. Cangalaya del río y M. E. Alcalá Adrianzén, «Propuesta de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de sellado y envasado en línea de conservas de atún, Ancash 2022,» LACCEI, n° 21, pp. 1-9, 2023.
- [14] L. E. Cruz Salinas, C. E. Mendoza Ocaña, K. Villena Mendieta y C. A. Cueva Ramos, «Propuesta de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para reducir las fallas de la maquinaria de la línea de pollo de engorde en una empresa avícola de Perú,» LACCIE, n° 21, pp. 1-6, 2023.
- [15] M. C. Gasca, L. L. Camargo y B. Medina, «Gestión del mantenimiento para la confiabilidad operacional,» Revistas espacios, vol. XLI, n° 41, p. 12, 2020.
- [16] E. Solórzano, «Estrategias de gestión del mantenimiento de volquetes,» Ingeniar, vol. 5, n° 9, pp. 25-33, 2022.
- [17] F. Martínez y A. Planagumá, «Innovating from Maintenance Management. Remaintenance. Case study: Hydroelectric Power Plant,» vol. 42, n° 2, pp. 1-13, 2021.
- [18] A. García y J. Garzón, «Gestión de inventario, gestión del conocimiento y gestión de mantenimiento,» de Propuesta para la gestión del mantenimiento en una industria forestal, Cali, Universidad Icesi, 2020, pp. 113-170.

- [19] M. Solís Meza y R. Torres Rodríguez, «Contribuciones del TPM en la mejora de la gestión del mantenimiento,» *Ingeniar*, vol. IV, n° 8, p. 21, 2021.
- [20] R. López Padilla, E. Benites Alfaro, L. Rodríguez Alegre, J. Gutiérrez Ascón, J. Iturrizaga Romero y J. Martínez Loayza, «Aplicación del Crystal Ball en la gestión del mantenimiento preventivo y su influencia en la productividad en una empresa fabricante de cartón,» *LACCEI*, n° 20, pp. 1-8, 2022.
- [21] C. A. Montilla Montaña, *Fundamentos de mantenimiento industrial*, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2018.
- [22] C. Bernal, *Metodología de la investigación*, Colombia: Pearson Education, 2010.
- [23] ISO 55001:2014, «Sistemas de gestión de activos — Fundamentos y vocabulario,» [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55001:ed-1:v1:es> [Último acceso: 7 junio 2024].
- [24] Ministerio de Agricultura y Riego, «Perú: Producción, importaciones y precios del arroz,» n° 2, pp. 1-8, 2020.
- [25] D. Gloria Valdivia, M. Zegarra, J. Ramos y K. Aguilar, «Preventive maintenance model to improve maintenance management in a laboratory center of a school of engineering,» *LACCEI*, pp. 1-11, 2023.
- [26] M. Valenzuela Fuchs, A. Rodríguez Cáceres, E. Altamirano Flores, G. Marcelo Lastra y J. Álvarez Merino, «Propuesta de mejora del plan de gestión de mantenimiento basado en RCM y Lean Office en el proceso de inyección de polímeros,» *Risti*, vol. 1, n° 37, pp. 41-51, 2020.
- [27] F. Guimarey López, L. Hernández Monsalve y M. Vasquez Coronado, «Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC,» *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 8, n° 3, pp. 77-91, 2021.

Anexos

Anexo 01. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	
			Dimensión	Indicadores
Sistema de gestión de mantenimiento	Independiente	Un sistema de gestión de mantenimiento es aquel conjunto de actividades coordinadas realizadas para garantizar el funcionamiento óptimo y eficiente de toda máquina, equipo o activo involucrado con el proceso productivo.	Disponibilidad	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
			Tiempo medio entre fallas	$\frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Número de fallas}}$
			Tiempo medio de reparación	$\frac{\text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de reparaciones}}$
			Rendimiento	$\frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}}$
			Calidad	$\frac{\text{Unidades buenas}}{\text{Total de unidades producidas}}$
			Eficiencia general de los equipos	Disponibilidad * rendimiento * calidad
			Confiabilidad	$E^{-\lambda t}$
Productividad	Dependiente	Es aquella relación entre la cantidad que se ha producido y la cantidad de materia prima que se utiliza para obtener aquel resultado. Siendo esta un factor determinante en el futuro de la empresa, puesto que, a mayor productividad mayor beneficios generados, es decir, siendo uno de ellos el incremento de bienes con la misma cantidad de recursos.	Productividad materia prima	$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Materia prima}}$
			Productividad de la maquinaria	$\frac{\text{Producción diaria}}{\text{Número de máquinas}}$
			Productividad del recurso humano	$\frac{\text{Producción actual}}{\text{Número de operarios}}$

Fuente. [22].

Anexo 02. Matriz de consistencia

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Operación de variables	Diseño metodológico			Técnicas e instrumentos de recolección de datos
					Tipo/diseño de estudio	Población	Muestra	
								Técnicas
								Observación
		Diagnosticar la situación actual del sistema de gestión mantenimiento en el molino.						Análisis documental
				Independiente Sistema de gestión de mantenimiento				Entrevistas orales
								Instrumentos
								Registro de fallas
Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en un molino de arroz de Lambayeque	¿Cómo la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento incrementara la productividad en un molino de arroz de Lambayeque?	Elaborar un sistema de gestión de mantenimiento en un molino de arroz.	La propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento incrementara la productividad en la empresa de estudio		Según la finalidad, la presente investigación es aplicada. Asimismo, la investigación tiene un enfoque cuantitativo no experimental de tipo transversal, y esta a su vez es descriptiva	Maquinas y equipos que intervienen en el proceso productivo o línea de producción		Tabla Excel de fallas
				Dependiente Productividad				Matriz de criticidad
								Diagrama de Pareto
								Formato AMEF
								Diagrama de Grant
								Tabla Excel
								Registros de ventas
		Realizar un análisis económico financiero de la propuesta.						Registros de costos de mantenimiento

Fuente: [22].

Anexo 03: Modos de fallas y tiempos de parada en el periodo agosto 2022- agosto 2023

Mes	Máquina - Equipo	Tipo de falla	Modos de Fallo	Acción correctiva	Horas paradas	Perdidas (S/)
Agosto	Mesa Paddy	Mecánico	Desajuste de pernos	Ajuste	2,5	
	Pre limpia	Mecánico	Desgaste de rodamientos	Lubricación	3	
	Descascaradora	Mecánico	Rotura del eje de motor	Cambio del eje	6	S/ 6 825,00
	Ciclón	Mecánico	Suciedad en la tobera	Limpieza	1	
	Elevador 01	Mecánico	Desalineación del rodamiento	Regulación	7	
Setiembre	Elevador 01	Mecánico	Atascamiento	Limpieza de la bota	4,3	
	Pulidor cónico	Mecánico	Desgaste de rodamientos	Cambio de rodamientos	3,2	S/ 3 675,00
	Pre limpia	Mecánico	Rotura del tensor	Cambio de tensor	3	
Octubre	Descascaradora	Mecánico	Desgaste de rodamientos	Cambio de rodamientos	3,3	
	Elevador 07	Mecánico	Rotura de cangilones	Cambio	4,5	
	Pulidor al agua	Mecánico	Rotura de manguera	Cambio de manguera - Mantenimiento	1,5	S/ 5 250,00
	Selectora	Mecánico	Eyectores malogrados	Cambio de eyectores	3	
	Clasificadora	Mecánico	Atascamiento en las mallas	Inspección y limpieza de mallas	2,7	
Noviembre	Pulidor cónico	Mecánico	Rotura de fajas	Cambio de fajas	2	
	Rota vaivén	Mecánico	Desgaste de mallas	Cambio de mallas	5	S/ 4 550,00
	Cilindro clasificador	Mecánico	Desgaste de paletas	Cambio de paletas - Mantenimiento	3,5	
	Mesa Paddy	Mecánico	Desgaste de faja	Cambio de faja	2,5	
Diciembre	Pulidor al agua	Mecánico	Rotura del atomizador	Cambio	2	
	Ciclón	Mecánico	Desgaste en los cojinetes	Cambio	5	S/ 3 500,00
	Separador de pajilla	Mecánico	Desgaste de mallas	Cambio de mallas	3	
Enero	Ciclón	Mecánico	Suciedad en la tobera	Limpieza	1,5	
	Pre limpia	Mecánico	Rotura de fajas	Cambio de faja	1,5	S/ 7 000,00
	Elevador 01	Mecánico	Polea rota	Cambio y templado de polea	9	
	Selectora	Mecánico - Eléctrico	Lampara dañada	Cambio - Mantenimiento	8	

Modos de fallas y tiempos de parada en el periodo agosto 2022- agosto 2023

Febrero	Ciclón	Mecánico	Desgaste en los cojinetes	Cambio	4	S/ 6 300,00
	Rota vaivén	Mecánico	Desgaste de mallas	Cambio de mallas	5	
	Elevador 05	Mecánico	Desalineación del rodamiento	Regulación	7	
	Pulidor cónico	Mecánico	Desgaste de los frenos	Cambio de frenos	2	
Marzo	Separador de pajilla	Mecánico	Desgaste de polea	Cambio de poleas	4	S/ 6 125,00
	Pulidor al agua	Mecánico	Desgaste de la botella pulidora	Cambio	3,5	
	Mesa Paddy	Mecánico	Desgaste de faja	Cambio de faja	3	
	Rota vaivén	Mecánico	Rotura de faja	Cambio de faja	4	
	Cilindro clasificador	Mecánico	Desgaste de paletas	Cambio de paletas - Mantenimiento	3	
Abril	Elevador 01	Mecánico	Polea rota	Cambio y templado de polea	8	S/ 4 970,00
	Descascaradora	Mecánico	Desgaste de faja	Cambio de faja	3,2	
	Pulidor al agua	Mecánico	Desgaste de cribas	Cambio	3	
Mayo	Pre limpia	Mecánico	Rotura del tensor	Cambio de tensor	3,1	S/ 9 310,00
	Selectora	Mecánico	Filtro de aceite defectuoso	Lubricación	12	
	Elevador 01	Mecánico	Rotura de faja	Cambio de fajas - mantenimiento	5	
	Clasificadora	Mecánico	Rotura de faja	Cambio de fajas	3,5	
	Separador de pajilla	Mecánico	Desgaste de malla	Cambio de mallas	3	
Junio	Elevador 05	Mecánico	Desalineación del rodamiento	Regulación	8	S/ 12 600,00
	Elevador 05	Mecánico	Eje descentrado	Ajuste de fajas	7	
	Selectora	Mecánico - Eléctrico	Lámpara dañada	Cambio - Mantenimiento	10	
	Pulidor al agua	Mecánico	Rotura de manguera	Cambio de manguera - Mantenimiento	1,5	
	Elevador 05	Mecánico	Rotura de cangilones	Cambio	5	
	Mesa Paddy	Mecánico	Desgaste de los engranajes	Cambio de engranajes	2	
	Ciclón	Mecánico	Rotura en los alabes	Mantenimiento	2	
	Pre limpia	Mecánico	Atascamiento	Limpieza	0,5	

Modos de fallas y tiempos de parada en el periodo agosto 2022- agosto 2023

Julio	Pulidor cónico	Mecánico	Rotura de fajas	Cambio de fajas	1	S/ 9 625,00
	Elevador 07	Mecánico	Desajuste prisioneros	Ajuste	3	
	Elevador 07	Mecánico	Rotura de cangilones	Cambio de pieza	6	
	Pre limpia	Mecánico	Rotura templadores	Mantenimiento	1	
	Clasificadora	Mecánico	Rotura de fajas	Cambio de fajas	4	
	Descascaradora	Mecánico	Rotura del eje de motor	Cambio del eje	3	
	Elevador 07	Mecánico	Rotura de cangilones	Cambio de pieza	5	
	Ciclón	Mecánico	Rotura en los alabes	Mantenimiento	1	
	Elevador 07	Mecánico	Motor sobrecalentado	Limpieza y lubricación	2	
	Pulidor cónico	Mecánico	Rotura de fajas	Cambio de fajas	1,5	
Agosto	Elevador 07	Mecánico	Polea rota	Cambio y templado de polea	24	S/ 12 775,00
	Elevador 07	Mecánico	Rotura de fajas	Cambio de fajas - mantenimiento	8	
	Cilindro clasificador	Mecánico	Desgaste de paletas	Cambio de paletas - Mantenimiento	3	
	Pulidor al agua	Mecánico	Rotura de manguera	Cambio de manguera - Mantenimiento	1,5	
TOTAL					264,3	S/ 92 505,00

Fuente: [21].

Anexo 04: Costos de mantenimiento correctivo por máquina en estudio

Máquina / Equipo	Costos de mantenimiento
Elevador 01	S/ 3 020,00
Elevador 05	S/ 3 030,00
Elevador 07	S/ 5 130,00
Mesa Paddy	S/ 920,00
Pre limpia	S/ 1 660,00
Descascaradora	S/ 1 660,00
Ciclón	S/ 2 300,00
Pulidor Cónico	S/ 1 347,00
Pulidor al agua	S/ 2539,37
Selectora	S/ 2 700,00
Clasificadora	S/ 1 202,00
Separador de pajilla	S/ 1 030,00
Rota Vaivén	S/ 2 430,00
Cilindro clasificador	S/ 3 048,00
TOTAL	S/ 32 016,37

Fuente: [21].

Anexo 05: MTBF, MTTR y Confiabilidad anual de los equipos

Máquinas/Equipos	MTBF	MTTR	CONFIABILIDAD
Elevador 01	1 068,54	6,66	65,75%
Elevador 05	1 337,25	6,75	71,5%
Elevador 07	760,50	7,5	55,5%
Mesa Paddy	1 341,50	2,5	71,58%
Pre limpia	893,983	2,017	60,55%
Descascaradora	1 340,125	3,875	71,55%
Ciclón	893,58	2,417	60,55%
Pulidor Cónico	1 073,26	1,94	65,85%
Pulidor al agua	893,833	2,17	60,52%
Selectora	1 335,75	8,25	71,49%
Clasificadora	1 788,60	3,4	77,84%
Separador de pajilla	1 788,67	3,33	77,82%
Rota Vaivén	1 787,33	4,7	77,81%
Cilindro clasificador	1 788,83	3,17	77,84%

Fuente: [3].

Anexo 06: Indicadores de mantenimiento mensuales.

Mes	Maquina - Equipo	Horas paradas	MTTB (h)	MTRR (h)	Confiabilidad	Disponibilidad	Confiabilidad Sistema	Disponibilidad Sistema	Costos de mantenimiento (S/.)	Producción (t)
Agosto	Mesa Paddy	2.5	445.5	2.5	79.18%	99.44%				
	Pre limpia	3	445	3.0	79.16%	99.33%				
	Descascaradora	6	442	6.0	79.03%	98.66%	62.56%	95.72%	S/ 920.00	138.033
	Ciclon	1	447	1.0	79.24%	99.78%				
Setiembre	Elevador 01	7	441	7.0	78.99%	98.44%				
	Elevador 01	4.3	443.7	4.3	79.11%	99.04%				
	Pulidor cónico	3.2	444.8	3.2	79.15%	99.29%	79.16%	97.67%	S/ 872.00	240.394
Octubre	Pre limpia	3	445	3.0	79.16%	99.33%				
	Descascaradora	3.3	444.7	3.3	79.15%	99.26%				
	Elevador 07	4.5	443.5	4.5	79.10%	99.00%				
	Pulidor al agua	1.5	446.5	1.5	79.22%	99.67%	49.63%	96.70%	S/ 2,378.00	165.424
	Selectora	3	445	3.0	79.16%	99.33%				
Noviembre	Clasificadora	2.7	445.3	2.7	79.17%	99.40%				
	Pulidor cónico	2	446	2.0	79.20%	99.55%				
	Rota vaivén	5	443	5.0	79.08%	98.88%	79.14%	97.13%	S/ 2,746.00	169.001
	Cilindro clasificador	3.5	444.5	3.5	79.14%	99.22%				
Diciembre	Mesa Paddy	2.5	445.5	2.5	79.18%	99.44%				
	Pulidor al agua	2	446	2.0	79.20%	99.55%				
	Ciclon	5	443	5.0	79.08%	98.88%	62.69%	97.78%	S/ 1,090.37	255.045
Enero	Separador de pajilla	3	445	3.0	79.16%	99.33%				
	Ciclon	1.5	446.5	1.5	79.22%	99.67%				
	Pre limpia	1.5	446.5	1.5	79.22%	99.67%	62.54%	95.60%	S/ 1,960.00	255.339
	Elevador 01	9	439	9.0	78.91%	97.99%				
Febrero	Selectora	8	440	8.0	78.95%	98.21%				
	Ciclon	4	444	4.0	79.12%	99.11%				
	Rota vaivén	5	443	5.0	79.08%	98.88%	78.99%	96.04%	S/ 2,700.00	145.53
	Elevador 05	7	441	7.0	78.99%	98.44%				
Marzo	Pulidor cónico	2	446	2.0	79.20%	99.55%				
	Separador de pajilla	4	444	4.0	79.12%	99.11%				
	Pulidor al agua	3.5	444.5	3.5	79.14%	99.22%				
	Mesa Paddy	3	445	3.0	79.16%	99.33%	49.56%	96.15%	S/ 2,806.00	92.365
	Rota vaivén	4	444	4.0	79.12%	99.11%				
	Cilindro clasificador	3	445	3.0	79.16%	99.33%				

Indicadores de mantenimiento mensuales.

Abril	Elevador 01	8	440	8.0	78.95%	98.21%	62.66%	96.86%	S/ 1,572.00	68.845
	Descascaradora	3.2	444.8	3.2	79.15%	99.29%				
	Pulidor al agua	3	445	3.0	79.16%	99.33%				
Mayo	Pre limpia	3.1	444.9	3.1	79.16%	99.31%	39.06%	94.19%	S/ 2,630.00	239.169
	Selectora	12	436	12.0	78.78%	97.32%				
	Elevador 01	5	443	5.0	79.08%	98.88%				
	Clasificadora	3.5	444.5	3.5	79.14%	99.22%				
	Separador de pajilla	3	445	3.0	79.16%	99.33%				
Junio	Elevador 05	8					49.52%	92.16%	S/ 2,488.00	168.56
	Elevador 05	7	142.666667	6.7	48.24%	95.54%				
	Elevador 05	5								
	Selectora	10	438	10.0	78.86%	97.77%				
	Pulidor al agua	1.5	446.5	1.5	79.22%	99.67%				
	Mesa Paddy	2	446	2.0	79.20%	99.55%				
	Ciclon	2	446	2.0	79.20%	99.55%				
	Pre limpia	0.5	447.5	0.5	79.26%	99.89%				
Julio	Pulidor cónico	1	222.75	1.3	62.69%	99.44%	49.63%	93.98%	S/ 4,660.00	90.65
	Pulidor cónico	1.5								
	Elevador 07	3								
	Elevador 07	6	108	4.0	38.18%	96.43%				
	Elevador 07	5								
	Elevador 07	2								
	Pre limpia	1	447	1.0	79.24%	99.78%				
	Clasificadora	4	444	4.0	79.12%	99.11%				
Descascaradora	3	445	3.0	79.16%	99.33%					
	Ciclon	1	447	1.0	79.24%	99.78%				
Agosto	Elevador 07	24	208	16.0	60.65%	92.86%	62.71%	91.93%	S/ 5,194.00	213.199
	Elevador 07	8								
	Cilindro clasificador	3	445	3.0	79.16%	99.33%				
	Pulidor al agua	1.5	446.5	1.5	79.22%	99.67%				

Fuente: [21].

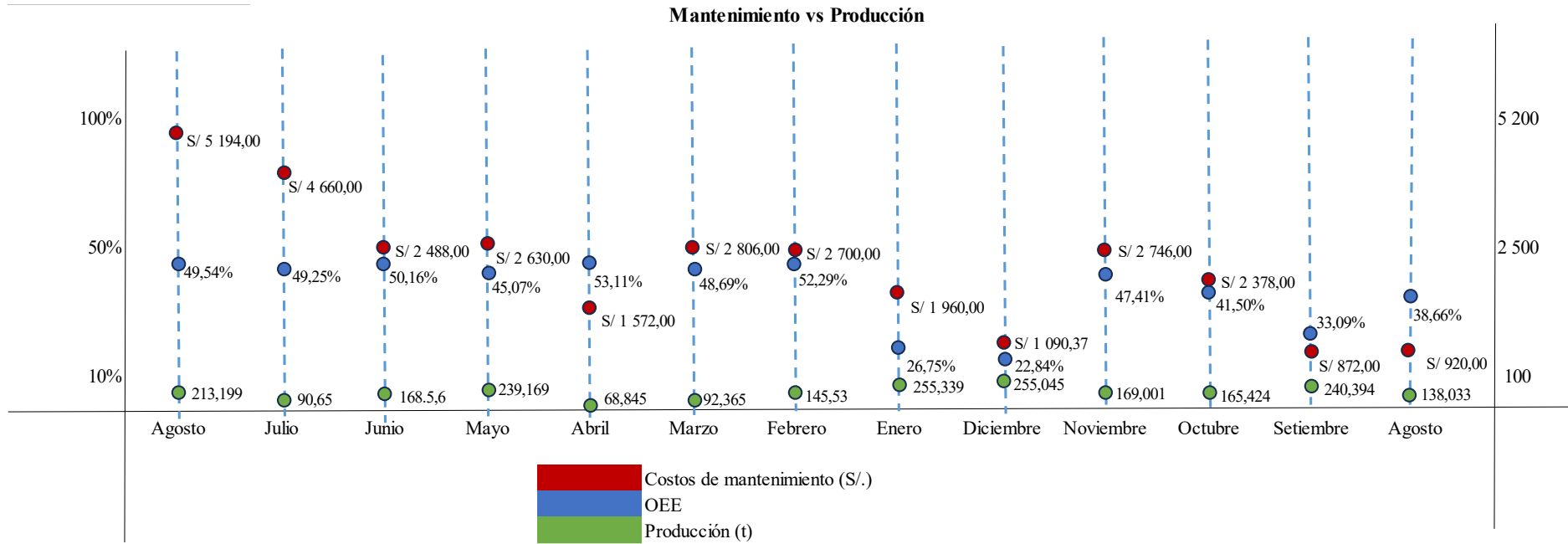
Anexo 07: Eficiencia global de los equipos

En la siguiente tabla se mostrará el cálculo de los indicadores de calidad, rendimiento y la disponibilidad del sistema, para esto se consideró la producción del mes en toneladas, tanto para la materia prima como para el arroz (producción ok) y el descarte, asimismo, para el rendimiento se tomó en cuenta la producción teórica, la producción real y la disponibilidad del sistema se calculó mediante el MTTR y MTTB de cada máquina por mes, para luego sacar su disponibilidad, teniendo en cuenta eso, se identificó si dichas máquinas estaban en serie y paralelo, procediendo inmediatamente con la operación para determinar la disponibilidad del sistema. Finalmente, una vez obtenidos los tres indicadores estos serán multiplicados para calcular la eficiencia global de los equipos o mejor conocido como OEE, la cual se puede observar está por debajo del límite establecido.

Mes	Calidad	Rendimiento	Disponibilidad del sistema	OEE
Agosto	82,2%	49,1%	95,72%	38,7%
Julio	71,3%	47,5%	97,67%	33,1%
Junio	77,6%	55,3%	96,7%	41,5%
Mayo	83,6%	58,4%	97,13%	47,4%
Abril	41,2%	56,7%	97,78%	22,8%
Marzo	52,7%	53,1%	95,6%	26,8%
Febrero	98,3%	55,4%	96,04%	52,3%
Enero	98,9%	51,2%	96,15%	48,7%
Diciembre	98,00%	56,0%	96,86%	53,1%
Noviembre	98,5%	48,6%	94,19%	45,1%
Octubre	99,3%	54,8%	92,16%	50,2%
Septiembre	97,9%	53,5%	93,98%	49,2%
Agosto	97,7%	55,2%	91,9%	49,5%

Fuente: [13][14].

Anexo 08. Gráfico de correlación del mantenimiento con la producción



Fuente: [21].

Anexo 09. Indicadores de productividad**Productividad de materia prima**

$$Productividad_{materia\ prima} = \frac{2\ 241,554}{4\ 911,64} = 0,456\ t\ de\ arroz/t\ arroz\ cáscara$$

Productividad de maquinaria

$$Productividad_{maquinaria} = \frac{16 * 1,715}{28} = 0,98\ t\ arroz/máquina$$

Productividad de recursos humanos

$$Productividad_{recurso\ humano} = \frac{16 * 1,715}{8} = 3,43\ t/operario$$

Anexo 10. Matriz de criticidad

HOJA RESUMEN DE VALORACIÓN DE PARÁMETROS DE CRITICIDAD														
PARÁMETROS DE CRITICIDAD	EC 01	MP	PL	D	C	PC	PA	S	CL	SP	RV	CC	EC 05	EC 07
1. NIVEL DE USO DE LA MAQUINARIA														
No más de 4 horas por día														
Entre 5 y 8 horas por día														
Entre 9 y 12 horas por día														
Entre 13 y 16 horas por día		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Entre 17 y 24 horas por día														
	A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2. FRECUENCIA DE FALLA (Todo tipo de falla)														
No más de 1 por año														
Entre 2 y 15 por año		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Entre 16 y 30 por año														
Entre 31 y 50 por año														
Más de 50 por año														
	B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)														
Menos de 4 horas			1	1	1	1	1		1	1		1		
Entre 4 y 8 horas		2									2		2	2
Entre 8 y 24 horas								3						
Entre 24 y 48 horas														
Más de 48 horas														
	C	2	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	2	2
4. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN														
No afecta la producción			0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05	0,05		0,05		
25 % de impacto		0,3									0,3		0,3	0,3
50 % de impacto								0,5						
75 % de impacto														
100 % de impacto														
	D	0,3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,5	0,05	0,05	0,3	0,05	0,3	0,3

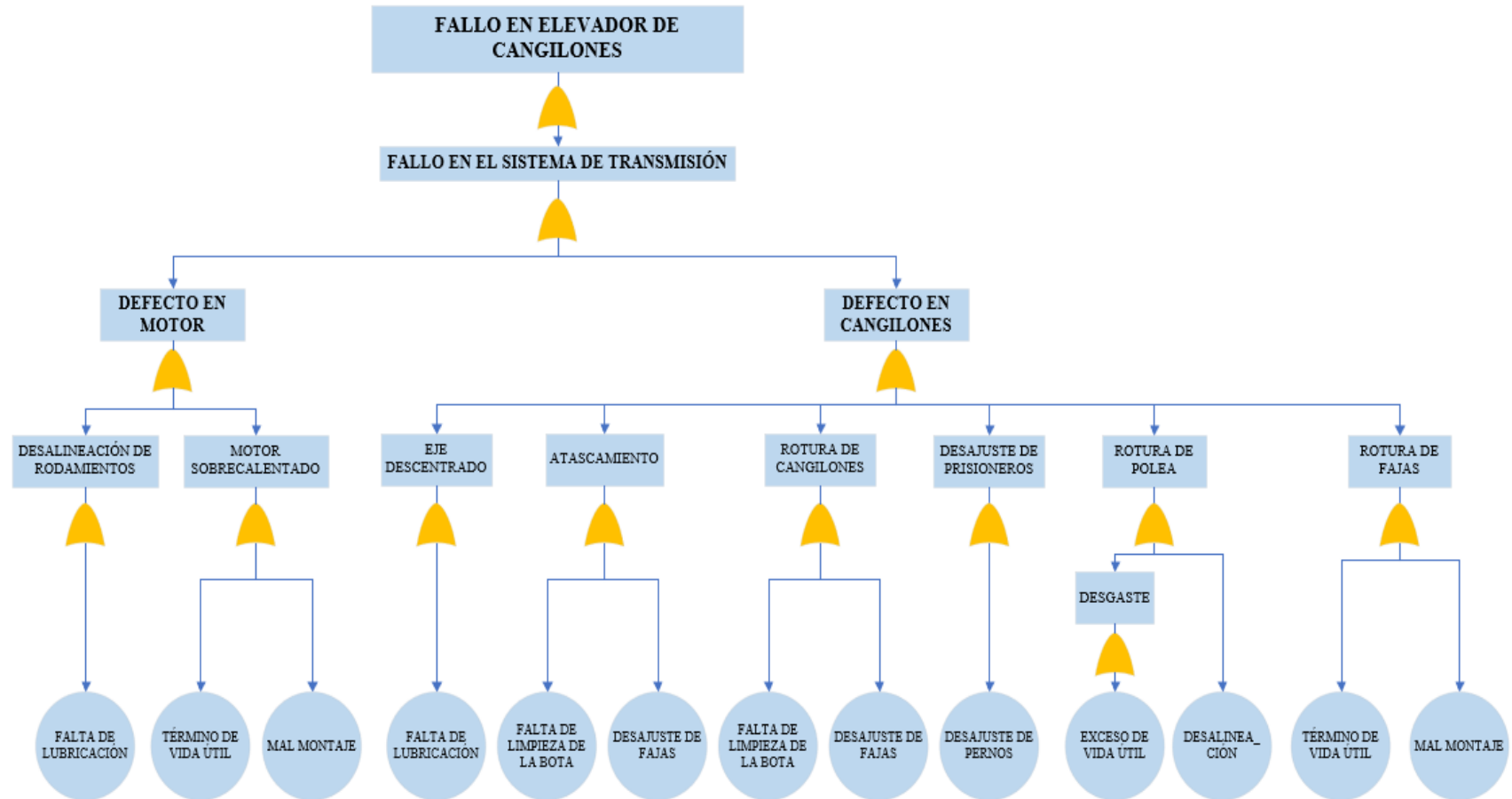
Matriz de criticidad

9. IMPACTO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

No ocasiona pérdidas económicas en las áreas (producción, ventas)						0									
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 100 < 500 nuevos soles		5	5		5		5			5	5	5	5	5	5
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 500 < 1000 nuevos soles				10				10	10						
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 1000 mil nuevos soles															
	J	5	5	10	5	0	5	10	10	5	5	5	5	5	5
STENCIA TÉCNICA															
Si existe															
Regular															
Escasa		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
No existe															
	K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
MPLAZO DE EQUIPOS / ACCESORIOS															
Si existe															
Regular															
Escasa		3	3		3	3	3		3	3	3	3	3	3	3
No existe				4				4							
	F	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
Puntaje Total		43,3	35,05	43,05	37,05	32,05	37,05	43,05	44,5	37,05	37,05	38,3	37,05	48,3	58,3
Aplicación de fórmula de CRITICIDAD		51	36	50	40	30	40	50	53	40	40	41	40	61	81

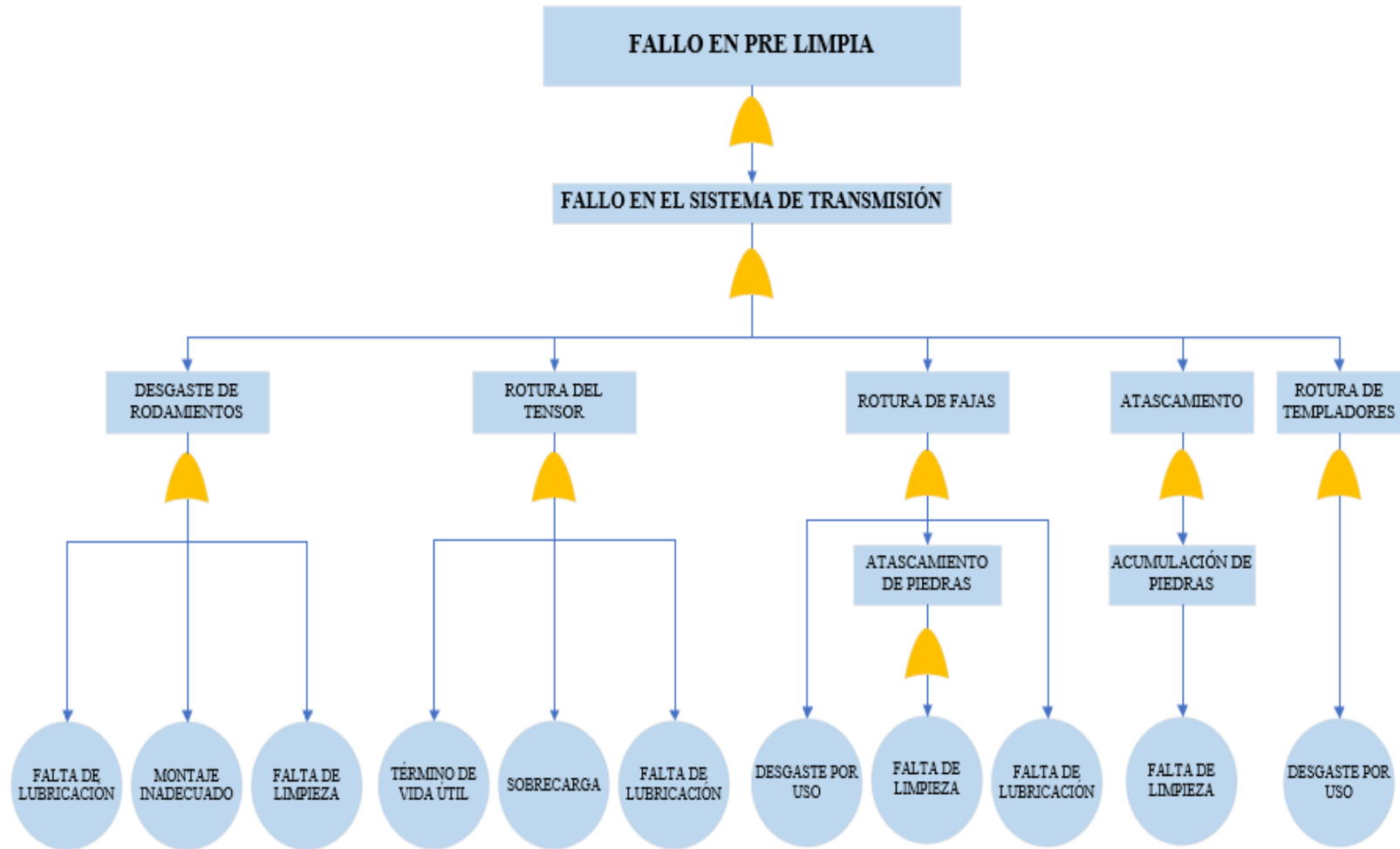
Fuente: [21].

Anexo 11. Árbol de fallas del elevador de cangilones



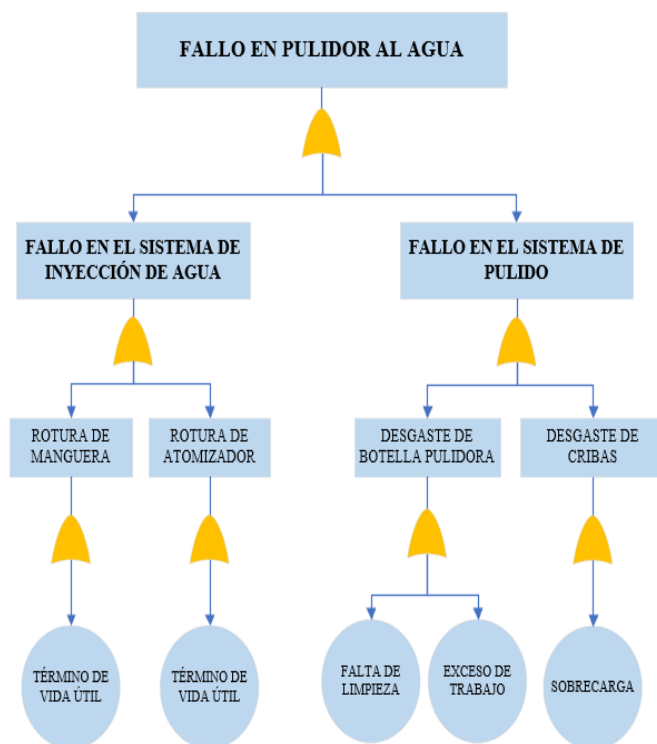
Fuente: [21]

Anexo 12. Árbol de fallas de la pre limpia



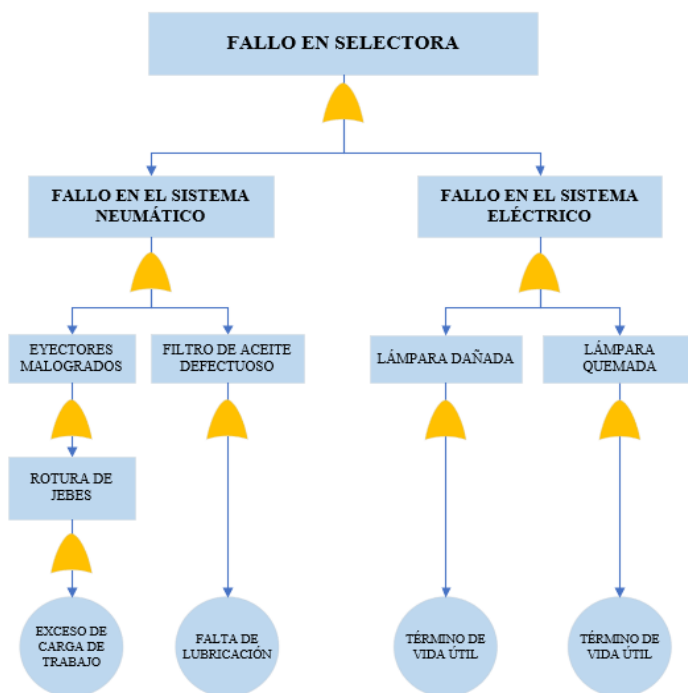
Fuente: [21]

Anexo 13. Árbol de fallas del pulidor al agua



Fuente: [21]

Anexo 14. Árbol de fallas de la selectora



Fuente: [21]

Anexo 15. Codificación de las máquinas operativas

Máquina	Área	Código
Elevador de cangilones 07	Producción	PREC07
Selectora	Producción	PRS01
Elevador de cangilones 01	Producción	PREC01
Elevador de cangilones 05	Producción	PREC05
Pulidor al agua	Producción	PRPA01
Pre Limpia	Producción	PRPL01
Rota Vaivén	Producción	PRRV01
Separador de pajilla	Producción	PRSP01
Clasificadora	Producción	PRCL01
Pulidor Cónico	Producción	PRPC01
Cilindro Clasificador	Producción	PRCC01
Descascaradora	Producción	PRD01
Mesa Paddy	Producción	PRMP01
Ciclón	Producción	PRC01

Fuente: [3].

Anexo 16. AMEF del elevador de cangilones

AMEF DE: ELEVADOR DE CANGILONES			ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO						
Proceso	Diseño	Amef N°				Situación actual			
Máquina o equipo	Función que desempeña (F)	Falla funcional (FF)	Modo de falla (FM)	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	
1	Transporte de materia prima a los subprocesos	A Aumento de vibraciones anormales y presencia de arroz quebrado	1 Desalineación de rodamientos (Término de vida útil - Mal montaje)	La desalineación de la polea de los rodamientos del elevador, causa el incorrecto transporte del arroz, quebrándolo por las excesivas vibraciones.	5	3	8	120	
1	Transporte de materia prima a los subprocesos	B Incapaz de transportar la materia prima	1 Atascamiento (Falta de limpieza de la bota - Desajuste de fajas)	El atascamiento, debido a la excesiva cantidad de materia prima, ha hecho que se interrumpa el transporte del arroz a los siguientes subprocesos, parando así la producción.	6	1	8	48	
1	Transporte de materia prima a los subprocesos	B Incapaz de transportar la materia prima	2 Rotura de cangilones (Sobrecarga de material - Término de vida útil)	La rotura de los cangilones ha provocado la caída de la materia prima del elevador, lo que podría dañar el equipo o lesionar al personal.	8	4	8	256	

AMEF del elevador de cangilones

	1	Transporte de materia prima a los subprocesos	B	Incapaz de transportar la materia prima	3	Polea rota (Exceso de vida útil - Desalineación)	La rotura de la polea ha provocado que la correa del elevador se salga, causando una interrupción en el proceso de la molienda, ya que el arroz no puede ser transportado hacia los siguientes subprocesos.	8	3	8	192
Elevador de cangilones	1	Transporte de materia prima a los subprocesos	C	Deficiencia al transmitir movimiento a las poleas	1	Rotura de la faja (Término de vida útil - Mal montaje)	La rotura de la faja ha provocado que las poleas no se comporten con el movimiento planificado, siendo así que debido a ello, al encontrarse estáticas, se tienen paradas en la producción.	6	3	8	144
	1	Transporte de materia prima a los subprocesos	D	Ineficiencia en el soporte de las poleas	1	Eje descentrado (Falta de lubricación)	El eje descentrado ocasiona que las poleas se encuentren inestables, por lo cual, el sistema de transmisión del elevador de cangilones sufre una desviación.	5	1	7	35
	1	Transporte de materia prima a los subprocesos	E	Deficiencia de ajuste y soporte de cangilones	1	Desajuste de prisioneros (Desajuste de pernos)	El desajuste de los prisioneros repercute en que el material pueda sufrir caídas al ocurrir deslizamientos de los cangilones, conllevando a pérdidas en la producción y/ o desmedros.	7	1	8	56

AMEF del elevador de cangilones

1	Transporte de materia prima a los subprocesos	F	El motor deja de impulsar potencia mecánica	1	Motor sobrecalentado (Falta de limpieza - Falta de lubricación)	Al encontrarse el motor sobrecalentado, es posible que se siga utilizando, sin bargo, lo más recomendable es que se paralice esto para evitar mayor daño en el componente. Así pues, se consideran dos efectos primordiales, los cuales son daño permanente al motor y paradas en la producción.	9	1	8	72
---	-----------------------------------------------	---	---------------------------------------------	---	-----------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---	---	----

Fuente: [13].

Anexo 17. AMEF del Pulidor al agua

AMEF DE: PRE LIMPIA		ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO				RESP: ÁREA							
Proceso	Diseño	AmeF N°				Situación actual							
Maquina o equipo	Función que desempeña (F)	Falla funcional (FF)	Modo de falla (FM)	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR					
		A	Aumento de vibraciones en la máquina, haciendo que el flujo del arroz cáscara con impurezas sean mayores	1	Desgaste de rodamientos (Falta de lubricación - Montaje inadecuado - Falta de limpieza)	La mayor generación de vibraciones causadas por el desgaste de rodamientos dificultan la separación de impurezas del arroz cáscara.				5	1	8	40
		A	Aumento de vibraciones en la máquina, haciendo que el flujo del arroz cáscara con impurezas sean mayores	2	Rotura del tensor (Término de vida útil - Sobrecarga - Falta de lubricación)	La rotura del tensor provoca un incremento en las vibraciones, lo que a su vez aumenta el flujo del arroz cáscara con impurezas. Asimismo, al aumentar el flujo de impurezas hacia la siguiente etapa puede generar atascamientos.				8	2	8	128

Pre limpia	Separar las impurezas del arroz cáscara	B	Irregularidad en el movimiento durante el funcionamiento de la transmisión	1	Rotura de fajas (Desgaste por uso - Falta de limpieza - Falta de lubricación)	La maquina pre limpiadora deja de funcionar debido a la rotura de fajas	8	1	8	64
		C	Incapacidad de producir movimiento	1	Atascamiento (Falta de limpieza)	La incapacidad de producir movimiento detendrá el flujo de arroz cáscara, provocando atascamientos y permitiendo el paso de impurezas sin separar.	5	1	8	40
		C	Disminución del flujo de arroz cáscara	1	Rotura templadores (Desgaste por uso)	La rotura de los templadores que mantienen la tensión de las fajas puede provocar que estas se aflojen y generen una disminución en el flujo del arroz cáscara. Esto dificulta la separación de las impurezas y puede provocar atascamientos en la máquina.	8	1	8	64

Fuente: [13].

Anexo 18. AMEF de la Selectora

AMEF DE: SELECTORA		ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO				RESP: ÁREA					
Proceso	Diseño	Amef N°				Situación actual					
Maquina o equipo	Función que desempeña (F)	Falla funcional (FF)	Modo de falla (FM)		Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR		
	1	Separar granos que presenten defectos	A	Incapacidad expulsar/separar los granos defectuosos .	1	Eyectores malogrados	Si los eyectores fallaran, por la línea principal pasarían todos los granos con defectos, lo cual bajaría mucho la calidad	4	1	8	32
Selectora	1	Separar granos que presenten defectos	B	Incapacidad para remover las partículas e impurezas del aceite lubricante.	1	Filtro de aceite defectuoso	Si fallara el filtro de aceite, causaría que la lubricación sea deficiente en diferentes piezas de la maquinas, causando desgaste, además de que pueden ocasionarse filtraciones de aceite significando contaminación	7	1	8	56
	2	Separar granos que presenten defectos	C	Iluminación deficiente o nula en el área de inspección óptica.	1	Lámpara dañada	Una lampara dañada puede causar una iluminación baja o incluso una falta de esta misma, lo que altera directamente la inspección visual en esta área, permitiendo que granos defectuosos pasen por la línea principal	8	2	8	128

Fuente: [13].

Anexo 19. AMEF de la Pre limpia

AMEF DE: PRE LIMPIA		ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO				RESP: ÁREA					
Proceso	Diseño	Amef N°				Situación actual					
Maquina o equipo	Función que desempeña (F)	Falla funcional (FF)	Modo de falla (FM)	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			
Maquina o equipo	Función que desempeña (F)	A	Aumento de vibraciones en la máquina, haciendo que el flujo del arroz cáscara con impurezas sean mayores	1	Desgaste de rodamientos (Falta de lubricación - Montaje inadecuado - Falta de limpieza)	La mayor generación de vibraciones causadas por el desgaste de rodamientos dificultan la separación de impurezas del arroz cáscara.	5	1	8	40	
		A	Aumento de vibraciones en la máquina, haciendo que el flujo del arroz cáscara con impurezas sean mayores	2	Rotura del tensor (Término de vida útil - Sobrecarga - Falta de lubricación)	La rotura del tensor provoca un incremento en las vibraciones, lo que a su vez aumenta el flujo del arroz cáscara con impurezas. Asimismo, al aumentar el flujo de impurezas hacia la siguiente etapa puede generar atascamientos.	8	2	8	128	
	Pre limpia	Separar las impurezas del arroz cáscara	B	Irregularidad en el movimiento durante el funcionamiento de la transmisión	1	Rotura de fajas (Desgaste por uso - Falta de limpieza - Falta de lubricación)	La maquina pre limpiadora deja de funcionar debido a la rotura de fajas	8	1	8	64
			C	Incapacidad de producir movimiento	1	Atascamiento (Falta de limpieza)	La incapacidad de producir movimiento detendrá el flujo de arroz cáscara, provocando atascamientos y permitiendo el paso de impurezas sin separar.	5	1	8	40
		C	Disminución del flujo de arroz cáscara	1	Rotura templadores (Desgaste por uso)	La rotura de los templadores que mantienen la tensión de las fajas puede provocar que estas se aflojen y generen una disminución en el flujo del arroz cáscara. Esto dificulta la separación de las impurezas y puede provocar atascamientos en la máquina.	8	1	8	64	

Fuente: [13]

Anexo 20. Hoja de decisión RCM del elevador de cangilones

Área: Producción							Hoja de decisión								
Referencias de información							Máquina: Elevador de cangilones								
Referencias							H1	H2	H3	Acción a falta			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	S4	H5			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	N	N	S	N	N	N	S				Cambio de rodamientos	Semestral	Mecánico
							S	N	N				Inspección del rodamiento	Mensual	Mecánico
1	B	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza en la bota	Semanal	Mecánico
							N	S	N				Ajuste de la faja portacangilones	Mensual	Mecánico
1	B	2	N	N	S	N	S	N	N				Inspección de la carga de materia prima en los cangilones	Semanal	Mecánico
							N	N	S				Cambio de cangilones	Semestral	Mecánico
1	B	3	N	N	S	N	N	S	N				Rectificación de la polea	Semestral	Mecánico
							N	N	S				Cambio de polea	Semestral	Mecánico
1	C	1	N	N	S	N	S	N	N				Inspección de la tensión de la faja	Semanal	Mecánico
							N	N	S				Cambio de la faja	Semestral	Mecánico
1	D	1	N	N	S	N	S	N	N				Lubricación en el eje	Semestral	Mecánico
1	E	1	S	N	S	N	N	S	N				Ajuste de prisioneros	Semanal	Mecánico
							S	N	N				Lubricación del motor	Mensual	Mecánico
1	F	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza del motor	Mensual	Mecánico

Fuente: [13].

Anexo 21. Hoja de decisión RCM del pulidor al agua

Hoja de decisión															
Área: Producción								Máquina: Pulidor al agua							
Referencias			Referencias de información				H1	H2	H3	Acción a falta			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	S4	H5			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	S	N	N	N	S				Cambio de manguera	Anual	Mecánico
1	B	1	S	N	S	N	N	N	S				Cambio de atomizador	Semestral	Mecánico
1	C	1	N	N	S	N	S	N	N				Limpieza de botella pulidora	Quincenal	Mecánico
							N	N	S				Cambio de botella pulidora	Semestral	Mecánico
1	D	1	N	N	S	N	S	N	N				Inspección de cribas	Diario	Mecánico
							N	N	S				Cambio de cribas	Anual	Mecánico

Fuente: [13].

Anexo 22. Hoja de decisión RCM de la selectora

Hoja de decisión															
Área: Producción								Máquina: Selectora							
Referencias			Referencias de información				H1	H2	H3	Acción a falta			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	S4	H5			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	N	N	S	N	N	N	S				Cambio de eyectores	Anual	Mecánico
1	B	1	N	S	S	N	N	N	S				Cambio de filtro de aceite	Semestral	Mecánico
1	C	1	N	N	S	N	N	N	S				Cambio de lámparas	Semestral	Electricista

Fuente: [13].

Anexo 23. Hoja de decisión RCM de la pre limpia

Hoja de decisión														
Área: Producción								Máquina: Pre limpia						
Referencias			Referencias de información				H1	H2	H3	Acción a falta		Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	S4			
							O1	O2	O3					
							N1	N2	N3					
							S	N	N					
1	A	1	S	N	S	N	N	N	N		S	Limpieza de los rodamientos	Mensual	Mecánico
							S	N	N			Capacitación sobre ensamblado de maquinaria	Anual	Mecánico
							N	N	S			Lubricación entre los cuerpos rodantes	Mensual	Maquinista
							N	N	S			Cambio del tensor	Trimestral	Mecánico
1	A	2	S	N	S	N	S	N	N			Inspección de las condiciones del tensor	Semanal	Maquinista
							S	N	N			Lubricación de los tensores	Diario	Mecánico
							N	N	S			Cambio de faja	Semestral	Mecánico
1	B	1	N	N	S	N	S	N	N			Limpieza de faja	Semanal	Maquinista
							S	N	N			Lubricación de la faja	Semanal	Mecánico
1	C	1	N	N	S	N	S	N	N			Limpieza del eje	Semanal	Maquinista
1	C	2	N	N	S	N	N	N	S			Cambio de templador	Cuatrimestral	Mecánico

Fuente: [13].

Anexo 24. AMEF correctivo del elevador de cangilones

AMEF DE: ELEVADOR DE CANGILONES		ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO				RESP: ÁREA								
Proceso	Diseño	Amef N°				Situación actual				Departamento de:		Evaluación de		
Máquina o equipo	Función que desempeña (F)	Falla funcional (FF)	Modo de falla (FM)	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Res ponsable	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
1	Transporte de materia prima a los subprocesos	A Aumento de vibraciones anormales y presencia de arroz quebrado	1 Desalineación de rodamientos (Término de vida útil - Mal montaje)	La desalineación de la polea de los rodamientos del elevador, causa el incorrecto transporte del arroz, quebrándolo por las excesivas vibraciones.	5	3	8	120	- Cambio de rodamientos - Inspección de rodamientos	Mecánico	4	1	6	24
1	Transporte de materia prima a los subprocesos	B Incapaz de transportar la materia prima	1 Atascamiento (Falta de limpieza de la bota - Desajuste de fajas)	El atascamiento, debido a la excesiva cantidad de materia prima, ha hecho que se interrumpa el transporte del arroz a los siguientes subprocesos, parando así la producción.	6	1	8	48	- Limpieza en la bota - Ajuste de la faja portacangilones	Mecánico	5	1	6	30
1	Transporte de materia prima a los subprocesos	B Incapaz de transportar la materia prima	2 Rotura de cangilones (Sobrecarga de material - Término de vida útil)	La rotura de los cangilones ha provocado la caída de la materia prima del elevador, lo que podría dañar el equipo o lesionar al personal.	8	4	8	256	- Inspección de la carga de materia prima en los cangilones - Cambio de cangilones	Mecánico	4	2	5	40
1	Transporte de materia prima a los subprocesos	B Incapaz de transportar la materia prima	3 Polea rota (Exceso de vida útil - Desalineación)	La rotura de la polea ha provocado que la correa del elevador se salga, causando una interrupción en el proceso de la molienda, ya que el arroz no puede ser transportado hacia los siguientes subprocesos.	8	3	8	192	- Rectificación de la polea - Cambio de polea	Mecánico	4	1	7	28

Elevador de cangilones	1	Transporte de materia prima a los subprocesos	C	Deficiencia al transmitir movimiento a las poleas	1	Rotura de la faja (Término de vida útil - Mal montaje)	La rotura de la faja ha provocado que las poleas no se comporten con el movimiento planificado, siendo así que debido a ello, al encontrarse estáticas, se tienen paradas en la producción.	6	3	8	144	- Inspección de la tensión de la faja. - Cambio de faja.	Mecánico	5	2	7	70
	1	Transporte de materia prima a los subprocesos	D	Ineficiencia en el soporte de las poleas	1	Eje descentrado (Falta de lubricación)	El eje descentrado ocasiona que las poleas se encuentren inestables, por lo cual, el sistema de transmisión del elevador de cangilones sufre una desviación.	5	1	7	35	- Lubricación en el eje.	Mecánico	3	1	6	18
	1	Transporte de materia prima a los subprocesos	E	Deficiencia de ajuste y soporte de cangilones	1	Desajuste de prisioneros (Desajuste de pernos)	El desajuste de los prisioneros repercute en que el material pueda sufrir caídas al ocurrir deslizamientos de los cangilones, conllevando a pérdidas en la producción y/ o desmedros.	7	1	8	56	- Ajuste de prisioneros	Mecánico	5	1	3	15
	1	Transporte de materia prima a los subprocesos	F	El motor deja de impulsar potencia mecánica	1	Motor sobrecalentado (Falta de limpieza - Falta de lubricación)	Al encontrarse el motor sobrecalentado, es posible que se siga utilizando, sin bargo, lo más recomendable es que se paralice esto para evitar mayor daño en el componente. Así pues, se consideran dos efectos primordiales, los cuales son daño permanente al motor y paradas en la producción.	9	1	8	72	- Lubricación del motor. - Limpieza del motor.	Mecánico	7	1	3	21

Fuente: [13].

Anexo 25. AMEF correctivo del pulidor al agua

AMEF DE: PULIDOR AL AGUA		ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO								RESP: ÁREA							
Proceso	Diseño	Amef N°		Situación actual				Departamento de:									
Maquina o equipo	Función que desempeña (F)	Falla funcional (FF)	Modo de falla (FM)	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR			
Maquina o equipo	1	Pulir el arroz descascarado de imperfecciones y salvado	A	Incapaz de suministrar agua a las partes de la pulidora que lo requieren	1	Rotura de manguera (Término de vida útil)	Una rotura de la manguera, provocaría que el agua no sea inyectada en las botellas pulidoras, no humedeciendo el grano y resultando en una mala calidad de este	8	3	8	192	Cambio de manguera	Mecánico	5	2	5	50
	1	Pulir el arroz descascarado de imperfecciones y salvado	B	Incapaz de humedecer los granos descascarados	1	Rotura del atomizador (Término de vida útil)	Al no humedecer adecuadamente el grano tendría un pulido no uniforme y apariencia heterogénea, con presencia de granos de diferentes tonalidades y texturas mezclados	8	1	7	56	Cambio de atomizador	Mecánico	5	1	4	20
Pulidora al agua	1	Pulir el arroz descascarado de imperfecciones y salvado	C	Incapaz de remover el salvado y remanentes del grano	1	Desgaste de la botella pulidora (Falta de limpieza y exceso de trabajo)	El desgaste de la botella o cilindro provoca una superficie rugosa, que reduce la fricción, por lo que el grano obtendría un pulido de baja calidad con una gran cantidad de imperfecciones y falta de homogeneidad	6	1	8	48	Limpieza de botella pulidora	Maquinista	3	1	5	15
	1	Pulir el arroz descascarado de imperfecciones y salvado	C	Incapaz de remover el salvado y remanentes del grano	2	Desgaste de cribas (Sobrecarga)	El desgaste de las cribas impediría realizar adecuadamente el pulido de los granos de arroz, lo que causaría que este tenga una baja calidad.	8	1	8	64	Inspección de cribas	Maquinista	4	1	3	12

Fuente: [13].

Anexo 26. AMEF correctivo de la selectora

Análisis de modo de falla y efecto																	
AMEF DE: SELECTORA		ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO						RESP: ÁREA									
Proceso	Diseño	Amef N°				Situación actual				Departamento de:		Evaluación de					
Maquina o equipo	Función que desempeña (F)	Falla funcional (FF)	Modo de falla (FM)	Efecto de falla		Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR		
	1	Separar granos que presenten defectos	A	Incapacidad expulsar/separar los granos defectuosos .	1	Eyectores malogrados	Si los eyectores fallaran, por la línea principal pasarían todos los granos con defectos, lo cual bajaría mucho la calidad	4	1	8	32	Cambio de eyectores	Mecánico	6	1	6	36
Selectora	1	Separar granos que presenten defectos	B	Incapacidad para remover las partículas e impurezas del aceite lubricante.	1	Filtro de aceite defectuoso	Si fallara el filtro de aceite, causaría que la lubricación sea deficiente en diferentes piezas de la maquinas, causando desgaste, además de que pueden ocasionarse filtraciones de aceite significando contaminación	7	1	8	56	Cambio de filtro de aceite	Mecánico	4	1	6	24
	2	Separar granos que presenten defectos	C	Iluminación deficiente o nula en el área de inspección óptica.	1	Lámpara dañada	Una lampara dañada puede causar una iluminación baja o incluso una falta de esta misma, lo que altera directamente la inspección visual en esta área, permitiendo que granos defectuosos pasen por la línea principal	8	2	8	128	Cambio de lámpara	Electricista	3	1	4	12

Fuente: [13].

Anexo 27. AMEF correctivo de la pre limpia

AMEF DE: PRE LIMPIA		ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO				RESP: ÁREA				RESP: ÁREA					
Proceso	Diseño	Amef N°			Situación actual				Departamento de:						
Maquina o equipo	Función que desempeña (F)	Falla funcional (FF)	Modo de falla (FM)	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	
Maquina o equipo limpia	Separar las impurezas del arroz cáscara	A	Aumento de vibraciones en la máquina, haciendo que el flujo del arroz cáscara con impurezas sean mayores	Desgaste de rodamientos (Falta de lubricación - Montaje inadecuado - Falta de limpieza)	La mayor generación de vibraciones causadas por el desgaste de rodamientos dificultan la separación de impurezas del arroz cáscara.	5	1	8	40	Limpieza de los rodamientos Montaje correcto del rodamiento	Mecánico y maquinista	3	1	5	15
		A	Aumento de vibraciones en la máquina, haciendo que el flujo del arroz cáscara con impurezas sean mayores	Rotura del tensor (Término de vida útil - Sobrecarga - Falta de lubricación)	La rotura del tensor provoca un incremento en las vibraciones, lo que a su vez aumenta el flujo del arroz cáscara con impurezas. Asimismo, al aumentar el flujo de impurezas hacia la siguiente etapa puede generar atascamientos.	8	2	8	128	Lubricación entre los cuerpos rodantes Inspección de las condiciones del tensor Lubricación entre los cuerpos rodantes Cambio del tensor	Mecánico y maquinista	5	1	6	30
		B	Irregularidad en el movimiento durante el funcionamiento de la transmisión	Rotura de fajas (Desgaste por uso - Falta de limpieza - Falta de lubricación)	La maquina pre limpiadora deja de funcionar debido a la rotura de fajas	8	1	8	64	Lubricación de los tensores Cambio de faja Limpieza de faja	Maquinista y mecánico	4	1	5	20
		C	Incapacidad de producir movimiento	Atascamiento (Falta de limpieza)	La incapacidad de producir movimiento detendrá el flujo de arroz cáscara, provocando atascamientos y permitiendo el paso de impurezas sin separar.	5	1	8	40	Limpieza del eje	Maquinista	3	1	6	18
		C	Disminución del flujo de arroz cáscara	Rotura templadores (Desgaste por uso)	La rotura de los templadores que mantienen la tensión de las fajas puede provocar que estas se aflojen y generen una disminución en el flujo del arroz cáscara. Esto dificulta la separación de las impurezas y puede provocar atascamientos en la máquina.	8	1	8	64	Cambio de templador	Mecánico	6	1	5	30

Fuente: [13].

Anexo 28. Plan de mantenimiento para el elevador de cangilones

Componente	Actividad	Descripción de actividad	Material	Herramienta	Período	Personal requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido (h)
Rodamiento	Cambio	Se debe desmontar el motor y cambiar el rodamiento.	Trapo Industrial Rodamiento	- Destornilladores - Llave inglesa Llave #14	Semestral	Mecánico	Apagado	5
	Inspección	Se desmonta el motor y se inspecciona el rodamiento	Trapo industrial	- Destornilladores - Llave inglesa Llave #14	Mensual	Mecánico	Apagado	2
Motor	Limpieza y Lubricación	Limpieza y aplicación de lubricante en el motor.	Lubricante Trapo industrial	- Pistola de engrase - Destornilladores - Llave inglesa - Martillo	Mensual	Mecánico	Apagado	1
Cangilones	Inspección	Se inspecciona la carga de los cangilones.	Trapo industrial	-	Semanal	Mecánico	Apagado	0,1
	Cambio	Cambiar los cangilones	Trapo industrial Cangilones	- Destornilladores - Llave inglesa - Llave hexagonal - Martillo	Semestral	Mecánico	Apagado	4

Polea	Rectificación	Se debe desmontar y rectificar la polea.	Lubricante Trapo industrial	- Servicio de torneado. - Llave hexagonal.	Semestral	Mecánico (Servicio tercerizado)	Apagado	6
	Cambio	Cambiar la polea.	Trapo industrial Polea	- Destornilladores - Llave inglesa 3/4" y 3/8" - Llave hexagonal	Semestral	Mecánico	Apagado	1
Faja	Inspección	Se inspecciona la tensión de la faja.	Trapo industrial	Llave #22.	Semanal	Mecánico	Apagado	0,1
	Cambio	Cambiar la faja.	Trapo industrial Faja	- Destornilladores - Llave inglesa - Llave hexagonal - Martillo	Semestral	Mecánico	Apagado	0,5
Eje	Lubricación	Aplicación de lubricante en el eje.	Trapo industrial Lubricante	- Pistola de engrase - Destornilladores - Llave inglesa - Martillo	Semestral	Mecánico	Apagado	0,2
Prisioneros	Ajuste	Ajuste de prisioneros	Trapo Industrial Spray Lubricante	Llave #14	Semanal	Mecánico	Apagado	0,083

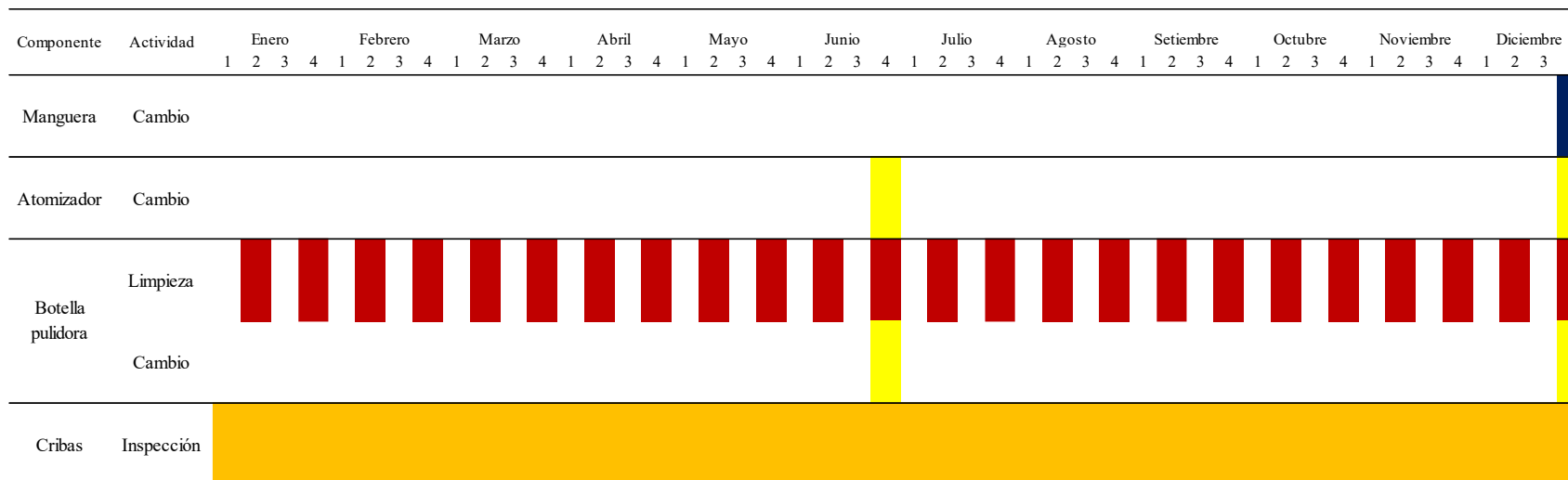
Fuente: [2][3][13].

Anexo 30. Plan de mantenimiento para el pulidor al agua

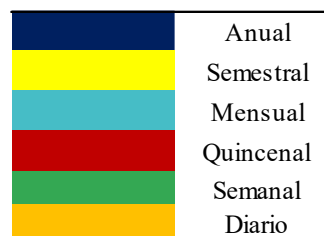
Componente	Actividad	Descripción de actividad	Material	Herramienta	Período	Personal requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido (h)
Manguera	Cambio	Se realiza el cambio de botella manguera.	Trapo industrial Manguera	- Destornilladores - Llave inglesa - Aplicador	Anual	Mecánico	Apagado	1
Atomizador	Cambio	Se realiza el cambio de atomizador.	Trapo industrial Atomizador	- Pistola de engrase - Destornilladores - Llave inglesa - Martillo	Semestral	Mecánico	Apagado	1
Botella pulidora	Limpieza	Limpieza de botella pulidora.	Trapo industrial	-	Quincenal	Mecánico	Apagado	0,25
	Cambio	Se realiza el cambio de botella pulidora.	Trapo industrial Botella pulidora	- Destornilladores - Llave inglesa - Llave hexagonal - Martillo	Semestral	Mecánico	Apagado	1
Cribas	Inspección	Se inspecciona el uso de las cribas.	Trapo industrial	-	Diario	Mecánico	Apagado	0,25

Fuente: [2][3][13].

Anexo 31. Cronograma de mantenimiento para el pulidor al agua



Simbología



Fuente: [2][3][13].

Anexo 32. Plan de mantenimiento para selectora

Componente	Actividad	Descripción de actividad	Material	Herramienta	Período	Personal requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido (h)
Eyectores	Cambio	Cambio de eyectores.	Trapo industrial Eyector Aire comprimido	- Destornilladores - Llave inglesa	Anual	Mecánico	Apagado	0,5
Filtro de aceite	Lubricación	Aplicación de aceite industrial en el filtro de aceite.	Aceite industrial Motul A3 Trapo industrial	- Pistola de engrase - Destornilladores - Llave inglesa - Martillo	Mensual	Mecánico	Apagado	0,17
Lámpara	Cambio	Cambio de lámparas.	Trapo industrial Lámpara led	- Destornilladores - Multitester	Semestral	Electricista	Apagado	0,5

Fuente: [2][3][13].

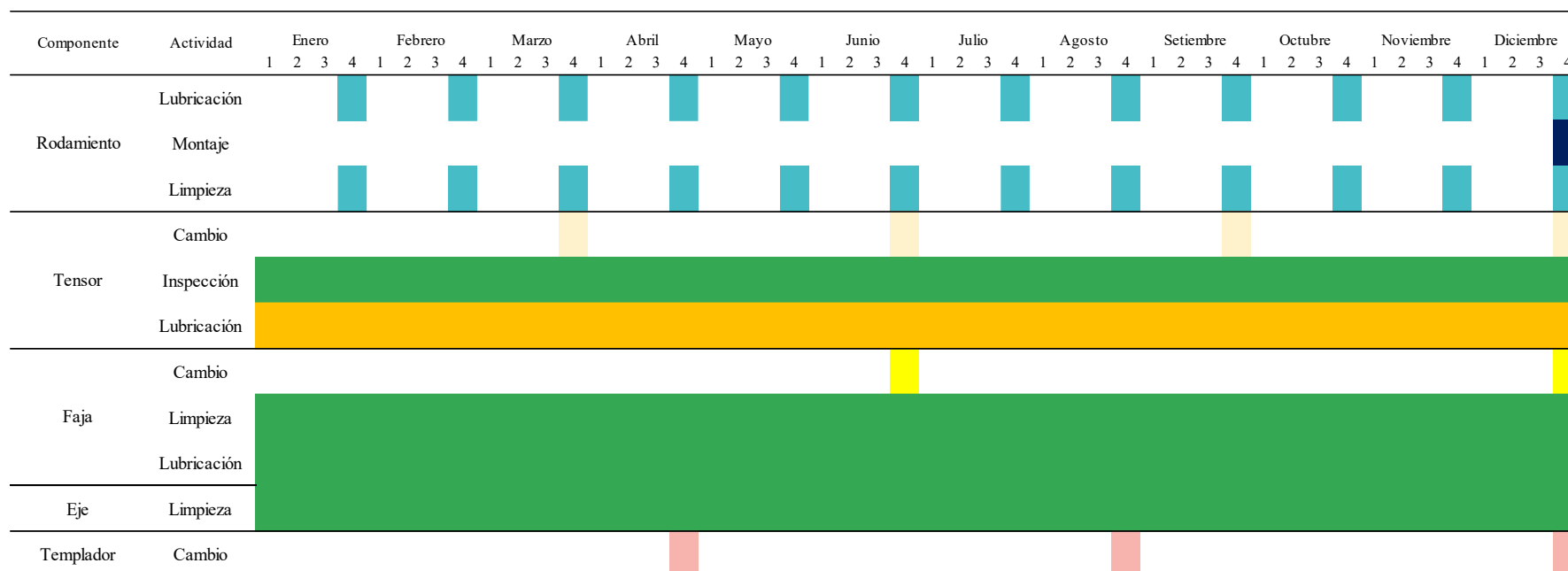
Anexo 34. Plan de mantenimiento para la Pre limpia

Componente	Actividad	Descripción de actividad	Material	Herramienta	Período	Personal requerido	Estado de máquina	Tiempo requerido (h)
Rodamiento	Lubricación	Aplicación de lubricante entre los cuerpos rodantes.	Grasa industrial Trapo industrial	- Destornilladores - Llave inglesa - Aplicador	Mensual	Mecánico	Apagado	0.17
	Montaje	Se consideran todas las condiciones para un correcto montaje	Trapo industrial	- Destornilladores - Llave inglesa - Llave hexagonal - Martillo	Añual	Mecánico	Apagado	0.67
	Limpieza	Se limpian los rodamientos	Trapo industrial	-	Mensual	Maquinista	Apagado	0.17
Tensor	Cambio	Cambio de tensor	Trapo industrial Tensor Spray lubricante	Llave #17	Trimestral	Mecánico	Apagado	1.7
	Inspección	Se revisan las condiciones del tensor	Trapo industrial	-	Semanal	Maquinista	Apagado	0.5
	Lubricación	Lubricación a tensores anteriores y posteriores	Spray lubricante Trapo industrial	- Llave #17 - Aire comprimido	Diario	Mecánico	Apagado	0.50

	Cambio	Cambio de faja	Trapo industrial Faja	Llave stilson	Semestral	Mecánico	Apagado	0.5
Faja	Limpieza	Limpieza de faja	Trapo industrial	-	Semanal	Maquinista	Apagado	0.33
	Lubricación	Aplicación de lubricante a la faja	Lubricante Trapo industrial	- Pistola de engrase - Destornilladores - Llave inglesa - Martillo	Semanal	Mecánico	Apagado	0.50
Eje	Limpieza	Limpieza de eje	Trapo industrial	-	Semanal	Maquinista	Apagado	0.33
Templador	Cambio	Cambio de templador	Trapo industrial Templador	Llave #22	Cuatrimstral	Mecánico	Apagado	0.33

Fuente: [2][3][13].

Anexo 35. Cronograma de mantenimiento para la Pre limpia



Simbología	
■	Anual
■	Semestral
■	Cuatrimestral
■	Trimestral
■	Mensual
■	Semanal
■	Diario

Fuente: [2][3][13].

Anexo 36. Tiempo de mantenimiento preventivo del Elevador de cangilones

Máquina	Actividad	Tiempo requerido (h)	Número de intervenciones	Tiempo anual de parada (h)
Elevador de cangilones	Cambio	5	2	10
	Inspección	2	12	24
	Limpieza y Lubricación	1	12	12
	Inspección	0,1	48	4,8
	Cambio	4	2	8
	Rectificación	6	2	12
	Cambio	1	2	2
	Inspección	0,1	48	4,8
	Cambio	0,5	2	1
	Lubricación	0,2	2	0,4
	Ajuste	0,083	48	4
TOTAL				83

Fuente: [2][3][13].

Anexo 37. Tiempo de mantenimiento preventivo del Pulidor al agua

Máquina	Actividad	Tiempo requerido (h)	Numero de intervenciones	Tiempo de parada anual (h)
Pulidor al agua	Cambio	1	1	1
	Cambio	1	2	2
	Limpieza	0,25	24	6
	Cambio	1	2	2
	Inspección	0,25	-	-
TOTAL				11

Fuente: [2][3][13].

Anexo 38. Tiempo de mantenimiento preventivo de la Selectora

Máquina	Actividad	Tiempo requerido (h)	Numero de intervenciones	Tiempo de parada anual (h)
Selectora	Cambio	0,5	1	0,5
	Lubricación	0,17	12	2
	Cambio	0,5	2	1
TOTAL				3,5

Fuente: [2][3][13].

Anexo 39. Tiempo de mantenimiento preventivo de la Pre limpia

Componente	Actividad	Tiempo requerido (h)	Numero de intervenciones	Tiempo de parada anual (h)
Pre limpia	Lubricación	0,17	-	-
	Montaje	0,67	1	0,67
	Limpieza	0,17	-	-
	Cambio	1,7	4	6,8
	Inspección	0,5	-	-
	Lubricación	0,5	-	-
	Cambio	0,5	2	1
	Limpieza	0,33	-	-
	Lubricación	0,5	-	-
	Limpieza	0,33	-	-
	Cambio	0,33	3	1
TOTAL				9,47

Fuente: [2][3][13].

En los anexos 36 al 39 se nos muestran los tiempos de mantenimiento de las máquinas críticas, en las cuales, se toma en cuenta, las tareas de mantenimiento que se realizan en horario laboral y que requiera que la máquina sea apagada, por ende, el proceso productivo pare, a diferencia, de las otras tareas que se realizan antes de que comience la producción o no se tiene la necesidad de que para realizarse la máquina sea detenida.

Anexo 40. Costo de las herramientas

Materiales/herramientas	Cantidad anual	Unidad	Costo (S/)	Sub total (S/)
Kit de llaves	1	und	S/ 280	S/ 280
Kit de herramientas	1	und	S/ 132,25	S/ 132,25
Kit de dados	1	und	S/ 226,28	S/ 226,28
Aplicador de grasa	1	und	S/ 80	S/ 80
Trapo industrial	1	5 kg	S/ 32,5	S/ 32,5
Grasa industrial SKF LGMT	1	5 kg	S/ 206,56	S/ 206,56
Aceite industrial Singer	1	4 litros	S/ 84,15	S/ 84,15
Spray lubricante 3M -08878	8	432 cm ³	S/ 27,5	S/ 220
Escobilla industrial	12	und	S/ 4	S/ 48
Zapato dieléctrico	1	und	S/ 135	S/ 135
Guante de hilo con palma de caucho	1	und	S/ 35	S/ 35
Cascos de seguridad	2	und	S/ 130	S/ 260
TOTAL			S/ 1 373,24	S/ 1 739,74

Fuente: [13][14].

Anexo 41. Costo de los materiales

Repuestos	Cantidad anual	Unidad	Costo (S/)	Sub total (S/)
Cangilones Starco	12	und	S/ 40	S/ 480
Polea	6	und	S/ 223	S/ 1 338
Rodamiento 6201 ZZ	6	und	S/ 40	S/ 240
Faja de transmisión SKF	6	und	S/ 30	S/ 180
Manguera de pulidor al agua WP800-19A	1	und	S/ 75	S/ 75
Botella pulidora	2	und	S/ 30	S/ 60
Atomizador de pulidor al agua ANG	2	und	S/ 38	S/ 76
Eyector	1	und	S/ 200	S/ 200
Lampara led	2	und	S/ 45	S/ 90
Tensor	4	und	S/ 30	S/ 120
Faja Karflex	2	und	S/ 70	S/ 140
Templador	3	und	S/ 28	S/ 84
Rodamiento 6317 - NTN	1	und	S/ 70	S/ 70
TOTAL				S/ 3 153

Fuente: [13][14].

Anexo 42. Costos de software y capacitaciones

Ítem	Cantidad	Costo (S/)
Software Mapcon	1	S/ 7 399,68
Capacitación RCM	1	S/ 4 512
Capacitación de mantenimiento	1	S/ 600
TOTAL		S/ 12 511,68

Fuente: [13][14].

Anexo 43. Costos mano de obra de mantenimiento

Actividades	Sueldo	Cargas sociales	Costo mensual (S/.)	Costo anual (S/.)
Ingeniero de mantenimiento	S/ 2 500	S/ 1 175	S/ 3 675	S/ 44 100
Técnico de mantenimiento	S/ 1 800	S/846	S/ 2 646	S/ 31 752
Técnico electricista	S/ 1 800	S/846	S/ 2 646	S/ 31 752
TOTAL				S/ 107 604

Fuente: [13][14].

Es necesario recalcar que el ingeniero será el encargado del sistema de gestión de mantenimiento con la ayuda de los técnicos.

Anexo 44. Costos de equipos y útiles de oficina

Materiales y equipos	Costo (S/)	Vida útil (años)	Depreciación
Computadora	S/ 2 200	2	S/ 1 100
Impresora	S/800	2	S/400.00
Sillas	S/50	3	S/ 16,67
Escritorios	S/280	4	S/70
Útiles de oficina	S/200	-	-
TOTAL	S/ 3 530		S/ 1 586,67

Fuente: [13][14].

En los anexos 42 al 44 se muestran los costos que implica la gestión de mantenimiento, sin embargo, es necesario recalcar que para la evaluación económica financiera en lo que respecta al costo de mano de obra para el escenario conservador no se tomará en cuenta, para el escenario medio se considerará el ingeniero de mantenimiento, por último, para el escenario optimista se tendrá presente el costo en su totalidad el cual es de S/ 107 604,00.

Anexo 45. Estado de resultados del escenario conservador

Estado de resultados							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/ 12 308,20	S/ 12 591,29	S/ 12 880,89	S/ 13 177,15	S/ 13 480,22	S/ 13 790,27
Costos operativos		S/ 4 892,74	S/ 5 005,27	S/ 5 120,39	S/ 5 238,16	S/ 5 358,64	S/ 5 481,89
Depreciación		S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67
GAV		S/ 200,00	S/ 204,60	S/ 209,31	S/ 214,12	S/ 219,04	S/ 224,08
Utilidad antes de impuestos		S/ 5 628,79	S/ 5 794,75	S/ 5 964,52	S/ 6 138,20	S/ 6 315,87	S/ 6 497,63
Impuestos (29.5%)		S/ 1 660,49	S/ 1 709,45	S/ 1 759,53	S/ 1 810,77	S/ 1 863,18	S/ 1 916,80
Utilidad después de impuestos		S/ 3 968,30	S/ 4 085,30	S/ 4 204,99	S/ 4 327,43	S/ 4 452,69	S/ 4 580,83

Fuente: [10].

Anexo 46. Flujo de caja del escenario conservador

Flujo de caja							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Utilidad después de impuestos		S/ 3 968,30	S/ 4 085,30	S/ 4 204,99	S/ 4 327,43	S/ 4 452,69	S/ 4 580,83
Inversión	S/ 15 841,68	S/0	S/0	S/ 1 500,00	S/ 16,67	S/ 70,00	S/ 1 500,00
FNE	-S/ 15 841,68	S/ 7 215,46	S/ 7 381,42	S/ 6 051,19	S/ 7 708,20	S/ 7 832,54	S/ 6 584,30

Fuente: [10].

Anexo 47. Indicadores económicos del escenario conservador

VAN	S/ 3 087,61		
TIR	25,07%	TMAR	17,68%
PRI	5,02 años		
B/C	1,07		

Fuente: [10].

En el anexo 47 podemos observar que como resultados tenemos un VAN (Valor neto actual) de S/ 3 087,61, asimismo, la tasa interna de retorno de la inversión (TIR) es de 25,07% anual siendo mayor a la tasa mínima de ganancia sobre la inversión (TMAR), de igual manera el periodo de retorno de la inversión (PRI) es de 5,02 años, es decir, que la inversión se recupera en 5 años y 7 días aproximadamente, por último, el beneficio – costo es de 1,07.

Anexo 48. Estado de resultados del escenario medio

Año	Estado de resultados						
	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/ 59 072,80	S/ 60 431,47	S/ 61 821,40	S/ 63 243,29	S/ 64 697,89	S/ 66 185,94
Costos operativos		S/ 48 992,74	S/ 50 119,57	S/ 51 272,32	S/ 52 451,59	S/ 53 657,97	S/ 54 892,11
Depreciación		S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67
GAV		S/200,00	S/ 204,60	S/ 209,31	S/ 214,12	S/ 219,04	S/ 224,08
Utilidad antes de impuestos		S/ 8 293,39	S/ 8 520,63	S/ 8 753,10	S/8,990.92	S/9,234.20	S/9,483.08
Impuestos (29.5%)		S/2,446.55	S/2,513.59	S/ 2 582,17	S/ 2 652,32	S/ 2 724,09	S/ 2 797,51
Utilidad después de impuestos		S/ 5 846,84	S/ 6 007,05	S/ 6 170,94	S/ 6 338,60	S/ 6 510,11	S/ 6 685,57

Fuente: [10].

Anexo 49. Flujo de caja del escenario medio

Flujo de caja							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Utilidad después de impuestos		S/ 5 846,84	S/ 6 007,05	S/ 6 170,94	S/ 6 338,60	S/ 6 510,11	S/ 6 685,57
Inversión	S/ 15 841,68	S/0	S/0	S/ 1 500,00	S/ 16,67	S/ 70,00	S/ 1 500,00
FNE	-S/ 15 841,68	S/ 7 433,51	S/ 7 593,71	S/ 6 257,60	S/ 7 908,60	S/ 8 026,78	S/ 6 772,24

Fuente: [10].

Anexo 50. Indicadores económicos del escenario medio

VAN	S/ 10 031,60		
TIR	40,25%	TMAR	17,68%
PRI	3,67 años		
B/C	1,05		

Fuente: [10].

En el anexo 50 podemos observar que como resultados tenemos un VAN (Valor neto actual) de S/ 10 031,60, asimismo, la tasa interna de retorno de la inversión (TIR) es de 40,25% anual siendo significativamente mayor a la tasa mínima de ganancia sobre la inversión (TMAR), de igual manera el periodo de retorno de la inversión (PRI) es de 3,67 años, es decir, que la inversión se recupera en 3 años, 7 meses y 20 días aproximadamente, por último, el beneficio – costo es de 1,05, es decir, que los beneficios superan a los costos realizados. Cabe recalcar, que, en este escenario, como antes se había mencionado se tomó en cuenta la mano de obra del ingeniero de mantenimiento.

Anexo 51. Estado de resultados del escenario conservador – Análisis de sensibilidad

Estado de resultados							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/ 13 169,77	S/ 14 415,77	S/ 15 779,64	S/ 17 272,55	S/ 18 906,71	S/ 20 695,47
Costos operativos		S/ 5137,38	S/ 5 518,31	S/ 5 927,50	S/ 6 367,02	S/ 6 839,13	S/ 7 346,26
Depreciación		S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67
GAV		S/ 200,00	S/ 204,60	S/ 209,31	S/ 214,12	S/ 219,04	S/ 224,08
Utilidad antes de impuestos		S/ 6 245,73	S/ 7 106,19	S/ 8 056,17	S/ 9 104,75	S/ 10 261,86	S/ 11 538,47
Impuestos (29.5%)		S/ 1 842,49	S/ 2 096,32	S/ 2 376,57	S/ 2 685,90	S/ 3 027,25	S/ 3 403,85
Utilidad después de impuestos		S/ 4 403,24	S/ 5 009,86	S/ 5 679,60	S/ 6 418,85	S/ 7 234,61	S/ 8 134,62

Fuente: [10].

Anexo 52. Flujo de caja del escenario conservador – Análisis de sensibilidad

Flujo de caja							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Utilidad después de impuestos		S/ 4 403,24	S/ 5 009,86	S/ 5 679,60	S/ 6 418,85	S/ 7 234,61	S/ 8 134,62
Inversión	S/ 15 841,68	S/0	S/0	S/ 1 500,00	S/ 16,67	S/ 70,00	S/ 1 500,00
FNE	-S/ 15 841,68	S/ 5989,91	S/ 6 596,53	S/ 5 766,27	S/ 7 988,85	S/ 8 751,28	S/ 8 221,29

Fuente: [10].

Anexo 53. Indicadores económicos del escenario conservador – Análisis de sensibilidad

VAN	-S/ 755.38		
TIR	35,81%	TMAR	38,18%
PRI	6,30 años		
B/C	0,98		

Fuente: [10].

En el anexo 53 podemos observar que como resultados del análisis de sensibilidad realizado en el escenario conservador tenemos un VAN (Valor neto actual) de -S/ 755,38, asimismo, la tasa interna de retorno de la inversión (TIR) es de 35,81% anual siendo menor a la tasa mínima de ganancia sobre la inversión (TMAR), de igual manera el periodo de retorno de la inversión (PRI) es de 6,30 años, es decir, que la inversión se recupera en 6 años, 3 meses y 18 días aproximadamente superando el periodo de evaluación, por último, el beneficio – costo es de 0,98, en conclusión la propuesta bajo estas condiciones no es viable.

Anexo 54. Estado de resultados del escenario medio – Análisis de sensibilidad

Estado de resultados							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/ 63 207,896	S/ 69 187,995	S/ 75 733,871	S/ 82 899,053	S/ 90 742,132	S/ 99 327,245
Costos operativos		S/ 51 442,377	S/ 55 256,829	S/ 59 354,123	S/ 63 755,231	S/ 68 482,682	S/ 73 560,673
Depreciación		S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67
GAV		S/ 200,00	S/ 204,60	S/ 209,31	S/ 214,12	S/ 219,04	S/ 224,08
Utilidad antes de impuestos		S/ 9 978,852	S/ 12 139,899	S/ 14 583,776	S/ 17 343,035	S/ 20 453,739	S/ 23 955,823
Impuestos (29.5%)		S/ 2 943,761	S/ 3 581,270	S/ 4 302,214	S/ 5 116,195	S/ 6 033,853	S/ 7 066,968
Utilidad después de impuestos		S/ 7 035,091	S/ 8 558,629	S/ 10 281,562	S/ 12 226.839	S/ 14 419,886	S/ 16 888,856

Fuente: [10].

Anexo 55. Flujo de caja del escenario medio – Análisis de sensibilidad

Flujo de caja							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Utilidad después de impuestos		S/ 7 035,091	S/ 8 558,629	S/ 10 281,562	S/ 12 226.839	S/ 14 419,886	S/ 16 888,856
Inversión	S/ 15 841,68	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 1 500,00	S/ 16,67	S/ 70,00	S/ 1 500,00
FNE	-S/ 15 841,68	S/ 8 621,758	S/ 10 145.296	S/ 10 368,228	S/ 13 796,839	S/ 15 936,553	S/ 16 975,522

Fuente: [10].

Anexo 56. Indicadores económicos del escenario medio – Análisis de sensibilidad

VAN	S/ 9 030,31		
TIR	62,62%	TMAR	38,18%
PRI	3,82 años		
B/C	1,06		

Fuente: [10].

En el anexo 56 podemos observar que como resultados tenemos un VAN (Valor neto actual) de S/ 9 030,31, asimismo, la tasa interna de retorno de la inversión (TIR) es de 62,62% anual siendo significativamente mayor a la tasa mínima de ganancia sobre la inversión (TMAR), de igual manera el periodo de retorno de la inversión (PRI) es de 3,82 años, es decir, que la inversión se recupera en 3 años, 9 meses y 25 días aproximadamente, por último, el beneficio – costo es de 1,06, es decir, que los beneficios superan a los costos realizados. Cabe recalcar, que, en este escenario, como antes se había mencionado se tomó en cuenta la mano de obra del ingeniero de mantenimiento, así como también, el incremento de ingresos, costos operativos y TMAR.

Anexo 57. Estado de resultados del escenario optimista – Análisis de sensibilidad

Año	Estado de resultados						
	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/ 132 636,56	S/ 145 185,30	S/ 158 921,28	S/ 173 956,83	S/ 190 414,88	S/ 208 430,03
Costos operativos		S/ 118 121,58	S/ 126 880,29	S/ 136 288,47	S/ 146 394,26	S/ 157 249,39	S/ 168 909,43
Depreciación		S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67	S/ 1 586,67
GAV		S/ 200,00	S/ 204,60	S/ 209,31	S/ 214,12	S/ 219,04	S/ 224,08
Utilidad antes de impuestos		S/ 12 728,31	S/ 16 513,74	S/ 20 836,85	S/ 25 761,79	S/ 31 359,78	S/ 37 709,85
Impuestos (29.5%)		S/ 3 754,86	S/ 4 871,55	S/ 6 146,87	S/ 7 599,73	S/ 9 251,14	S/ 11 124,41
Utilidad después de impuestos		S/ 8 973,46	S/ 11 642,19	S/ 14 689,98	S/ 18 162,06	S/ 22 108,65	S/ 26 585,45

Fuente: [10].

Anexo 58. Flujo de caja del escenario optimista – Análisis de sensibilidad

Año	Flujo de caja						
	0	1	2	3	4	5	6
Utilidad después de impuestos		S/ 8 973,46	S/ 11 642,19	S/ 14 689,98	S/ 18 162,06	S/ 22 108,65	S/ 26 585,45
Inversión	S/ 15 841,68	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 1 500,00	S/ 16,67	S/ 70,00	S/ 1 500,00
FNE	-S/ 15 841,68	S/ 10 560,13	S/ 13 228,86	S/ 14 776,64	S/ 19 732,06	S/ 23 625,31	S/ 26 672,11

Fuente: [10].

Anexo 59. Indicadores económicos del escenario optimista – Análisis de sensibilidad

VAN	S/ 18 267,37		
TIR	S/ 82,57%	TMAR	38,18%
PRI	2,79 años		
B/C	1,06		

Fuente: [10].

En el anexo 59 podemos observar que como resultados tenemos un VAN (Valor neto actual) de S/ 18 267,37, asimismo, la tasa interna de retorno de la inversión (TIR) es de 82,57% anual siendo significativamente mayor a la tasa mínima de ganancia sobre la inversión (TMAR), de igual manera el periodo de retorno de la inversión (PRI) es de 2,79 años, es decir, que la inversión se recupera en 2 años, 9 meses y 14 días aproximadamente, por último, el beneficio – costo es de 1,06 siendo este aceptable.

Anexo 60. Tablero de control

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Fórmula	Unidad de medida	Objetivo	Frecuencia de medición	Óptimo	Tolerable	Deficiente	Resultado	Responsable
Procesos		Productividad de materia prima	$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Materia prima}}$	t arroz/t arroz cáscara	Aumentar en 1,5	Semanal	1,5 t arroz/t arroz cáscara	0,607 - 1,4 t arroz/t arroz cáscara	<0,607 t arroz/t arroz cáscara		Jefe de producción
Procesos	Optimizar los procesos productivos internos	Productividad de mano de obra	$\frac{\text{Producción actual}}{\text{Número de operarios}}$	t/operario	Aumentar en 6	Semanal	6 t/operario	3,724 - 5,9 t/operario	<3,724 t/operario		
Procesos		Productividad de maquinaria	$\frac{\text{Producción diaria}}{\text{Número de máquinas}}$	t/máquina	Aumentar en 7,5	Semanal	7,5 t/máquina	1,064 - 7,4 t/máquina	<1,064 t/máquina		Jefe de mantenimiento
Procesos	Optimizar la eficiencia de las máquinas	Eficiencia General de Equipos (OEE)	Disponibilidad x rendimiento x calidad	%	Mantener por encima de 65%	Semanal	>65%	53,29% - 64%	<53,29%		
Procesos		Productividad de maquinaria	$e^{-\lambda}$	%	Mantener por encima de 90%	Semanal	>90%	79,21% - 90%	<79,21%		
Recursos humanos	Facilitar la gestión del capital humano	Productividad de maquinaria	$\frac{\text{Total de horas de capacitación}}{\text{Número total de empleados}}$	Horas	Aumentar a 20h	Anual	20h	10h - 19h	<10h		Jefe de producción

Fuente: [18].

Como podemos observar en el tablero de control los indicadores responden a un objetivo a alcanzar y estos serán medidos en un lapso de tiempo determinado, una vez realizada la medición a través de la semaforización se determinara en que rango se encuentra si es óptimo, tolerable o deficiente, por ejemplo, si productividad de materia prima llegara a 1,5 t arroz/t arroz cáscara este pintaría de color verde y seria considerado como un objetivo cumplido, por otro lado, supongamos que no se llego a la meta, pero si a 1,4 t arroz/t arroz cáscara si bien es cierto esta cerca a lo requerido pero se encuentra dentro del rango “tolerable” por lo que pintaría de amarillo, indicando que, aunque el rendimiento es aceptable, es necesario investigar las causas para implementar mejoras y evitar que caiga al rango deficiente. Finalmente, si este indicador al momento de su medición diera un resultado menor a 0,607 arroz/t arroz cáscara tendrá un color rojo, indicando que se deben tomar medidas inmediatas a través de herramientas de análisis para saber la razón de porque el indicador está en ese estado.

Anexo 61: Encuesta de mantenimiento

ENCUESTA DEL MANTENIMIENTO

Ocupación: Maquinista

ESTUDIO SOBRE LA CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

¿Ha recibido alguna capacitación sobre el mantenimiento de la maquinaria por parte de la empresa?

Si No X

¿Cree usted que es importante ser capacitado por la empresa en temas de mantenimiento?

Si X No

¿Considera de suma importancia que la empresa haga un plan de mantenimiento preventivo?

Si X No

¿Tiene algún conocimiento sobre el mantenimiento de la maquinaria?

Si X No

¿Dónde adquirió su conocimiento sobre el mantenimiento de la maquinaria?

Respuesta: Colegio técnico agropecuario (INA)

¿Cuántos años de experiencia tiene ocupando el cargo de maquinista?

Respuesta: 18

La empresa en caso de una falla en la maquinaria, ¿Tiene un proceso en el cual de solución a lo ocurrido?

Si No X

Usted como maquinista, al realizar las acciones correctivas ¿Cuenta con los implementos adecuados para realizarlas?

Si No X

Fuente: La empresa en estudio.

Anexo 62: Datos específicos del operario de la maquinaria

Ocupación	Maquinista
Experiencia laboral en el molino	18 años
Capacitaciones por parte de la empresa	No
Grado de estudio	Secundaria completa
Ultimo centro de estudio	Colegio tecnico - agropecuario (INA)

Fuente: La empresa en estudio.

Anexo 63: Ficha de elevador de cangilones 01

Especificaciones técnicas del elevador de cangilones 01	
Capacidad de diseño	3 t/h
Material	Acero
Número de motores	1
Potencia de motor	1,5 kw
Voltaje	220V
Marca	Zaccaria
Antigüedad	21 años

Fuente: La empresa en estudio.

Anexo 64: Ficha de elevador de cangilones 05

Especificaciones técnicas del elevador de cangilones 05	
Capacidad de diseño	3 t/h
Material	Acero
Número de motores	1
Potencia de motor	1,8 kw
Voltaje	220V
Marca	Zaccaria
Antigüedad	21 años

Fuente: La empresa en estudio.

Anexo 65: Ficha de elevador de cangilones 07

Especificaciones técnicas del elevador de cangilones 07	
Capacidad de diseño	3 t/h
Material	Acero
Número de motores	1
Potencia de motor	1,5 kw
Voltaje	220V
Marca	Zaccaria
Antigüedad	21 años

Fuente: La empresa en estudio.

Anexo 66: Ficha de la Pre limpia

Especificaciones técnicas de la pre limpia	
Capacidad de diseño	3 t/h
Material	Acero inoxidable
Número de motores	1
Potencia de motor	2 kw
Voltaje	220
Marca	Suzuki
Antigüedad	21

Fuente: La empresa en estudio.

Anexo 67: Ficha de la Selectora

Especificaciones técnicas de la selectora	
Capacidad de diseño	2 - 2,5 t/h
Material	Acero
Número de motores	1
Potencia de motor	4,5 kw
Voltaje	220V
Marca	Daewon
Antigüedad	13 años

Fuente: La empresa en estudio.

Anexo 68: Ficha del Pulidor al agua

Especificaciones técnicas del pulidor al agua	
Capacidad de diseño	3 - 4 t/h
Material	Acero
Número de motores	1
Potencia de motor	2 kw
Voltaje	220V
Marca	Zaccaria
Antigüedad	17

Fuente: La empresa en estudio.

Anexo 69: TMAR

Inflación (f)	Riesgo (r)	Rango
2.30%	0-10%	bajo
	11-20%	medio
	>20%	alto
TMAR =		f + r + fr

Fuente: La empresa en estudio.