

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



**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la
confiabilidad para incrementar la utilidad en la empresa G&B Molinos
SAC**

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

AUTOR

Janicke Coronel Pasapera

ASESOR

Joselito Sanchez Perez

<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>

Chiclayo, 2023

**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la
confiabilidad para incrementar la utilidad en la empresa G&B
Molinos SAC**

PRESENTADA POR:

Janicke Coronel Pasapera

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

PRESIDENTE

María Raquel Maxe Malca

SECRETARIO

Joselito Sanchez Perez

VOCAL

Dedicatoria

A Dios por cuidarme y guiarme en todo momento y ser fuente de mi fortaleza; y darme la oportunidad de seguir viviendo el día a día.

A mis padres Rogelio Coronel y Teolinda Pasapera por ser mi soporte en todo momento y por darme su apoyo en todo momento.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por ser mi guía y permitirme ir cumpliendo mis objetivos.

A G&B Molinos SAC por permitirme desarrollar mis conocimientos adquiridos en la vida estudiantil.

A los profesores por ser los guías y brindarme los conocimientos necesarios para el desarrollo de esta tesis.

Coronel Pasapera V1

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
8	vsip.info Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen.....	9
Abstract.....	10
I. Introducción.....	11
II. Marco teórico.....	13
Antecedentes.....	13
Bases teóricas.....	16
III. Metodología.....	31
IV. Resultados.....	37
V. Discusión.....	125
VI. Conclusiones.....	126
VII. Recomendaciones.....	127
VIII. Referencias.....	128
IX. Anexos.....	130

Lista de tablas

Tabla 1. Simbología del Diagrama de árbol de fallas	22
Tabla 2. Modos y efectos de fallas	23
Tabla 3. Índice de severidad del fallo	24
Tabla 4: Determinar el grado de ocurrencia	25
Tabla 5: Determinar el grado de detección	25
Tabla 6. Factores ponderados.....	27
Tabla 7: Matriz de criticidad	28
Tabla 8. Hoja de información RCM	30
Tabla 9. Operacionalización de variables	33
Tabla 10. Matriz de consistencia.....	36
Tabla 11. Datos Generales de la empresa	37
Tabla 12. Presentación y precio de arroz.....	38
Tabla 13. Personal de la empresa	40
Tabla 14. Ficha técnica de la zaranda pre-limpiadora.....	41
Tabla 15. Ficha técnica de la descascaradora electroneumática	42
Tabla 16. Ficha técnica de separador de cáscara.....	44
Tabla 17. Ficha técnica de la Mesa Paddy.....	45
Tabla 18. Ficha técnica de Pulidora Vertical	47
Tabla 19. Ficha técnica de la zaranda de ñelen.....	48
Tabla 20. Ficha técnica de la Pulidora al agua.....	50
Tabla 21. Ficha técnica de la Cilindros alveolados	51
Tabla 22. Ficha técnica de Selectora de color.....	53
Tabla 23. Ficha técnica de Elevadores de cangilones	54
Tabla 24. Ficha técnica Compresor Schulz	55
Tabla 25. Maquinaria de G&B Molinos SAC.....	57
Tabla 26. Fallas de las máquinas del año 2019.....	64
Tabla 27. Resumen del número de fallas y el tiempo de parada.....	69
Tabla 28. Costos de mantenimiento de las máquinas.....	70
Tabla 29. Resumen de los costos de mantenimiento.....	74
Tabla 30. Producción de sacos pilados de arroz	88
Tabla 31. Confiabilidad de las máquinas.....	89
Tabla 32. Mantenibilidad de las máquinas	89
Tabla 33. Costo unitario por pilado de saco de arroz	90
Tabla 34. Utilidades del año 2019.....	91
Tabla 35. Utilidades no percibidas	91
Tabla 36. Codificación de máquinas	93
Tabla 37. Codificación del compresor.....	94
Tabla 38. Codificación de descascaradora electroneumática	94
Tabla 39. Codificación de componente de Pulidora Vertical	95
Tabla 40. Codificación de elevadores de cangilones.....	95
Tabla 41. Análisis de criticidad.....	97
Tabla 42. Análisis de Pareto de las máquinas	98
Tabla 43. AMEF del elevador de cangilones.....	100
Tabla 44. AMEF del compresor.....	101
Tabla 45. AMEF de la pulidora cónica.....	102
Tabla 46. AMEF de la descascaradora electroneumática	103
Tabla 47. Hoja de decisión Elevador de cangilones.....	104
Tabla 48. Hoja de decisión Compresor	105
Tabla 49. Hoja de decisión Pulidora Cónica.....	106

Tabla 50. Hoja de decisión Descascaradora electroneumática	107
Tabla 51. Cronograma de actividades Elevadores de cangilones	109
Tabla 52. Cronograma de actividades Compresor Schulz	110
Tabla 53. Cronograma de actividades Pulidora cónica	111
Tabla 54. Cronograma de actividades Descascaradora electroneumática	112
Tabla 55. Cronograma de mantenimiento	113
Tabla 56. Cronograma de actividades-capacitación	115
Tabla 57. Capacitación de mantenimiento	115
Tabla 58. Tiempo mantenimiento preventivo Elevador de cangilones	116
Tabla 59. Tiempo mantenimiento preventivo Compresor Schulz	116
Tabla 60. Tiempo mantenimiento preventivo Pulidora Cónica	117
Tabla 61. Tiempo mantenimiento preventivo Descascaradora Electroneumáticas	117
Tabla 62. Tiempo reducido de paradas aplicado el mantenimiento	117
Tabla 63. Comparación de indicadores	120
Tabla 64. Costo de las herramientas	120
Tabla 65. Costo de materiales e insumos	121
Tabla 66. Costo de repuestos	121
Tabla 67. Cuadro resumen costos del plan de mantenimiento	121
Tabla 68. Utilidad actual vs utilidad con plan	122
Tabla 69. Utilidad perciba- horas reducidas	122
Tabla 70. Utilidad percibida anual de pilado	123
Tabla 71. Comparación de utilidad	123
Tabla 72. Flujo de caja de la propuesta de mantenimiento preventivo	124
Tabla 73. Costo-Beneficio	124
Tabla 74. Costo unitario por saco	132
Tabla 75. Costo unitario por hilo	132
Tabla 76. Sueldos de personal	133
Tabla 77. Mano de obra directa	133
Tabla 78. Costo de agua	133
Tabla 79. Costo de energía	134
Tabla 80. Gastos administrativos	134
Tabla 81. Utilidad recuperadas en los diferentes meses	135

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de árbol de falla	21
Figura 2. Análisis de modo de fallas	23
Figura 3. Ubicación de la empresa G&B Molinos SAC.....	37
Figura 4. Presentación familiar y pirata añejo	38
Figura 5. Presentación saco blanco y casserita	38
Figura 6. Presentación Pirata Verde y Pirata lila	39
Figura 7. Arrocillo y Rechazo	39
Figura 8. Zaranda pre-limpiadora.....	41
Figura 9. Entrada, Proceso y Salida de la zaranda pre-limpia	42
Figura 10. Descascaradora electroneumática.....	43
Figura 11. Entrada, Proceso y Salida de Descascaradora.....	43
Figura 12. Separador de cáscara.....	44
Figura 13. Mesa Paddy	45
Figura 14. Entrada, Proceso y Salida de la Mesa Paddy	46
Figura 15. Pulidora cónica	46
Figura 16. Entrada, Proceso y Salida de la Pulidora Cónica	47
Figura 17. Pulidora Vertical.....	47
Figura 18. Entrada, Proceso y Salida de la Pulidora Vertical.....	48
Figura 19. Zaranda de ñelen y zaranda rota-vaivén	49
Figura 20. Entrada, Proceso y Salida de la Pulidora de Ñelen	49
Figura 21. Pulidora al agua	50
Figura 22. Entrada, Proceso y Salida de Pulidora al agua	51
Figura 23. Cilindros alveolados	52
Figura 24. Entrada, Proceso y Salida Cilindros alveolados	52
Figura 25. Selectora de color	53
Figura 26. Entrada, Proceso y Salida de la Selectora de color.....	54
Figura 27. Elevadores de cangilones	54
Figura 28. Entrada, Proceso y Salida de Elevadores de cangilones	55
Figura 29. Compresor Schulz.....	56
Figura 30. Entrada, Proceso y Salida de Compresor Schulz	56
Figura 31. Descarga y almacenamiento de los sacos de arroz.....	60
Figura 32. Proceso productivo del arroz.....	61
Figura 33. Forma de Mantenimiento	63
Figura 34. Árbol de falla de Zaranda Pre-limpiadora.....	75
Figura 35. Árbol de falla de Descascaradora Electroneumáticas.....	76
Figura 36. Árbol de falla de Separadores de cáscara.....	77
Figura 37. Árbol de falla Mesa Paddy.....	78
Figura 38. Árbol de falla Pulidora cónica.....	79
Figura 39. Árbol de falla Pulidora vertical	80
Figura 40. Árbol de falla Pulidora al agua.....	81
Figura 41. Árbol de falla Zaranda de ñelen	82
Figura 42. Árbol de falla Zaranda rotavaiven	83
Figura 43. Árbol de falla Cilindros alveolados	84
Figura 44. Árbol de falla Selectora de color	85
Figura 45. Árbol de falla Compresor Schulz	86
Figura 46. Árbol de falla Elevador de cangilones	87
Figura 47. Diagrama de Pareto de las máquinas de la empresa G&B Molinos SAC	98

Resumen

G&B Molinos SAC es una empresa de servicio de pilado, comercialización de arroz y subproductos. En la actualidad desarrollan un mantenimiento correctivo el cual se ve reflejado en las 312 fallas que representan 994,90 horas de parada a nivel del sistema de producción del molino; provocando pérdidas de utilidades S/ 484 297, 42 generadas durante todo el año 2019. Es por ello que se tuvo como objetivo general proponer un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC. Para ello se usó la metodología RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad), donde se desarrollaron herramientas como Árbol de fallas, Análisis de Criticidad y Diagrama de Pareto que nos determinaron las siguientes máquinas críticas Descascaradora Electroneumáticas, Compresor Schulz, Pulidora Cónica y Elevador de Cangilones , y otras herramientas como AMEF y Hojas de decisión RCM para poder desarrollar el plan de mantenimiento, dando como resultado la disminución del 41,02% de las horas de parada, lo que refleja una disminución de 408,1 horas. A su vez, se mejoraron los indicadores de mantenimiento en la confiabilidad de 14,81 h a 31,63 h, representando un aumento del 113,57 %; una reducción de la mantenibilidad de 3,19 h a 1,66 h, disminuyendo en un 92,49% y el incremento de la disponibilidad en un 8,83%. Finalmente, se concluye un incremento en la utilidad en un 8,84% y un costo-beneficio de 2,87 soles, obteniendo S/1,87 de ganancia por cada sol invertido.

Palabras clave: mantenimiento, RCM, utilidad.

Abstract

G&B Molinos SAC is a milling service company, commercialization of rice and by-products. They are currently carrying out corrective maintenance which is reflected in the 312 failures that represent 994,90 hours of downtime at the mill production system level; causing loss of profits S / 484 297, 42 generated throughout the year 2019. That is why the general objective was to propose a preventive maintenance plan focused on reliability to increase the profit in the company G&B Molinos SAC. For this, the RCM (Reliability-Centered Maintenance) methodology was used, where tools such as Fault Tree, Criticality Analysis and Pareto Diagram were developed that determined the following critical machines Electro-Pneumatic Dehuller, Schulz Compressor, Conical Polisher and Bucket Elevator, and other tools such as FMEA and RCM Decision Sheets to be able to develop the maintenance plan, resulting in a 41,02% reduction in downtime hours, which reflects a decrease of 408,1 hours. In turn, the reliability maintenance indicators were improved from 14,82 h to 31,63 h, representing an increase of 113,57%; a reduction in maintainability from 3,19 h to 1,66 h, decreasing by 92,49% and an increase in availability by 8,83%. Finally, an 8,84% increase in profit and a cost-benefit of 2,87 soles are concluded, obtaining S / 1,87 profit for each sol invested.

Keywords: maintenance, RCM, serviceability.

I. Introducción

Muchas de las empresas utilizan el mantenimiento para poder desempeñar sus labores de manera más eficiente y sin problemas, la cual se define como las acciones que buscan preservar o restaurar algún artículo hacia un estado que le permita desarrollar las funciones por las cuales fueron diseñadas. Es por esta razón, que resulta muy importante el área de mantenimiento, pues sin ella, no se podrían seguir desarrollando las acciones frente a distintos fallos que puedan existir.

Por el año 1945, la industria de la aviación se vio en la necesidad de revisar cada avión en un determinado tiempo para evitar que estos fallen en pleno funcionamiento, por lo que se empezó a estudiar cada una de las piezas y a cambiarlas en base a las horas de funcionamiento, apareciendo así, el concepto de mantenimiento preventivo [1], un tipo de mantenimiento que representa un conjunto de planes enfocados al desarrollo de distintas actividades de mantenimiento antes de que se produzcan las fallas, para disponer así de las instalaciones, sistemas, maquinarias, etc., necesarias para el desarrollo de bienes y servicios.

En el Perú, según [2], el sector mantenimiento genera alrededor de S/ 200 millones al año en el país, mencionando que existe potencial para la expansión de este sector. Además, que el servicio más ofrecido en el mercado es el de mantenimiento preventivo. Lo que representa un elevado interés por parte de las industrias respecto al rubro mantenimiento, pues se sabe que se requiere de estos servicios, ya sean de forma interna o externa, para poder desarrollar las actividades de la empresa teniendo en cuenta las posibles incidencias que podrían pasar.

Tal es el caso de la empresa G&B Molinos SAC, la cual se encuentra ubicada en el departamento de Lambayeque, Car. Panamericana Norte km. 775 lote a-10 (frente norte de Induamerica SL SAC Lambayeque. Lambayeque-Lambayeque). Esta empresa se encarga de pilar y comercializar arroz y tiene 20 años de experiencia en el mercado. Sin embargo, presenta en el funcionamiento de sus máquinas de producción un total de 312 fallas, lo que representan un total de 994,90 horas, mostrándose así la falta de un mantenimiento preventivo que ayude a disminuir estas fallas e integre los recursos necesarios para realizar los procesos de mantenimiento de manera más eficiente. Además, estas fallas, generan paradas de producción que disminuyen las unidades producidas, lo que genera disminución de las utilidades de la empresa.

Por consiguiente, se planteó la siguiente formulación de problema: ¿La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad incrementará la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC? Para ello, se determinó como objetivo general proponer un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC. Planteándose como objetivos específicos: diagnosticar la situación actual de la empresa G&B Molinos SAC, elaborar un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC y realizar el costo beneficio de la implementación de la propuesta.

El desarrollo de la presente investigación resulta ser de suma importancia ya que la implementación de un mantenimiento preventivo ayuda a la identificación de las fallas, modo de fallas y consecuencias de estas, así como ayuda a la identificación de las actividades a desarrollar para la disminución de tiempos, costos, impactos y ocurrencias de las fallas, tomando en cuenta los tiempos necesarios, recursos y la programación necesaria, lo que ayuda a mejorar la gestión de los procesos de mantenimiento, la seguridad del trabajador, la disminución de tiempos y de paradas de máquinas o plantas que generan pérdidas de producción, aumenta la disponibilidad y confiabilidad de cada maquinaria, disminuye los costos de mantenimiento, obteniendo como resultado el incremento de la utilidad de la empresa.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes

Diestra, Esquivel y Guevara [3] en su investigación **“Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad”**, el propósito fue elaborar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que esté basado en las necesidades operacionales de Puentes Grúa N°2 & 5. Para esta razón, se recolectó información teórico-práctica con la ayuda de encuestas y otras herramientas de los últimos 3 años, lo que permitió determinar el estado actual de todas las máquinas que se usan en la empresa debido a los fallos continuos, generando el 43% de incumplimiento de los proyectos requeridos. Luego, con la ayuda de una matriz de criticidad se logró obtener las maquinas más críticas. Obteniendo como máquina crítica a la grúa horizontal, teniendo que el 60% de ellas presentan deficiencias por no realizarles un mantenimiento continuo a pesar que se emplean en su totalidad. A su vez, su DO (disponibilidad operacional) fue de 91,76%, el MTBM (tiempo medio entre mantenimiento) fue de 78 días y TMM (tiempo muerto medio) de 7 días. En base a la data obtenida, se elaboró un AMEF, para lo cual, se realizó el despiece de las piezas críticas, se incluyó las acciones de mejora a realizar para evitar y corregir los fallos de cada una de estas, y se determinó a los responsables de cada mejora. En conclusión, se obtuvo que los puentes grúa N°2 y N°5 son lo más críticos, las fallas frecuentes provocan pérdida de tiempo en la fabricación de 4,62% y la pérdida de \$3 530,1 dólares. El plan de mejora permitió disminuir la pérdida.

Uribe [4] en su investigación **“Aplicación de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la máquina remalladora de una empresa textil”**. El objetivo general de este proyecto fue desarrollar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para una máquina remalladora, para ello, se realizó una investigación aplicada; no experimental, obteniendo la información a través de hojas de control, hojas de check list, etc. Se obtuvo mediante un análisis de criticidad que, de las 4 máquinas, la máquina remalladora tiene más frecuencia de fallas e impacto operacional, obteniendo un riesgo de 160. El despiece de esta máquina determinó que el modo de falla de mayor impacto fue el de puntada floja con 210 de riesgo, lo que generó pérdidas de producción. Para las tareas se designó un presupuesto de 3 100 soles para el

mantenimiento. Se obtuvo una disponibilidad mejorada del 92%, a diferencia de la disponibilidad antigua que fue del 74%. En conclusión, el autor resaltó la importancia de poder prevenir fallas para lograr incrementar la disponibilidad, así como la implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad que permita aumentar la disponibilidad.

Gasca *et al.* [5] en su investigación “**Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial**”, determinó como objetivo general el proponer un sistema para la evaluación de la confiabilidad de equipos críticos en una industria transformadora de plásticos. Para lo cual, realizó una investigación descriptiva, y para la recolección de datos se utilizó un registro de fallas. Como parte de los resultados, se determinó aquellos equipos que tienen un mayor impacto, para después realizar una base de fallas, un análisis de la industria e ingresar los datos a un sistema de evaluación de confiabilidad. De ello, se obtuvo que, entre los equipos de la planta, las extrusoras 1 130 y 1 206 presentan una criticidad alta a comparación de los otros equipos. Presentado 18 fallas, 35 modos de fallas, 174 causas de fallas, etc. Obteniendo un porcentaje del 45% de confiabilidad al término de trabajar 250 horas y de 17% a las 750 horas. Además, el MTBF Tiempo medio entre fallos fue de 406,8 horas. Como conclusión, se determinó que la extrusora fue el equipo crítico de la industria en mención, afectando directamente a la producción en el 100%.

Rizkya *et al.* [6] en su investigación “**Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode**”. Se obtuvo que el tiempo de inactividad de las máquinas género que su proceso de producción tuviera interrupciones, dando como resultado que la avería del motor en la producción fue de 35,66 horas/mes, por lo que el método de mantenimiento correctivo no fue capaz de garantizar un proceso de producción normal: es porque ello que se propuso un estudio donde se programó las actividades de mantenimiento preventivo con el fin de aumentar la confiabilidad de la maquinaria de producción y también mantener el proceso de producción sin problema. El estudio se llevó a cabo identificando el nivel de daño de una máquina esterilizadora con el método FMEA. Basado en el resultado del método FMEA, planificación de mantenimiento de la máquina de producción utilizando el mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM). El FMEA indicó que hubo cinco valores de prioridad de riesgo más altos, el IGBT, el Mosfet, los casquillos, los componentes rool former y v-block. Para la planificación del mantenimiento utilizando el método RCM, los

resultados obtenidos fueron los criterios de Total Minimum Downtime (TMD) que indican que el intervalo óptimo de rotación de los componentes Roll Former, Mosfet, V-Block, IGBT y Bearing Bushing es de 24 días, 23 días, 25 días, 26 días y 22 días. La recomendación del método de mantenimiento del RCM puede tener un impacto positivo, a saber, una disminución del tiempo medio de inactividad crítica de los componentes del 37,103 % y un aumento de la fiabilidad.

Sajaradj *et al.* [7] en su investigación “**The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing**”. Este artículo introduce conceptos básicos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en la fabricación que constituye el proceso de selección del enfoque de mantenimiento más eficaz. El mantenimiento centrado en la fiabilidad es una metodología establecida para identificar tareas de mantenimiento. Este método se utiliza principalmente en los campos de las industrias de mantenimiento de líneas aéreas. Aproveche el mantenimiento centrado en la fiabilidad es un enfoque que estructurado para determinar las etapas de mantenimiento tipo, así como óptimo. Esto se hace a través de un análisis detallado del FMEA. Aunque el objetivo principal del mantenimiento centrado en la fiabilidad es determinar el coste del mantenimiento, los resultados del análisis también se pueden utilizar en relación con las prioridades planteadas en la observancia de la cual fue la reparación, el proyecto porque piensan un automóvil repuesto, las consideraciones siendo el hecho límite logístico natural y también tiene un papel importante en los sistemas de gestión.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Arroz

Es un de las semillas más importantes para el mundo, obteniendo un 90% de semillas de Asia, 6% América y por último 4% en Europa [8].

Esta semilla ha logrado ingresar a la lista de los vivires empezando en las regiones donde se originó este tipo de cultivo y luego a otras regiones [9].

2.2.2. Calidad del arroz

En [10], la calidad de esta semilla depende en gran medida de distintos elementos como son tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, temperatura de gelatinización, contenido de amilosa, etc. También se tendrá en cuenta otros elementos como cosecha, secado, transporte, proceso, almacén.

2.2.3. Mantenimiento

A lo largo de los años el mantenimiento ha ido mejorando y ha pasado por varias etapas. Se define al mantenimiento como el grupo de procedimientos que están orientados a que todo equipo e instalaciones durante el desarrollo de sus actividades estén disponibles. Y que ha ido evolucionando a lo largo de los años [11].

El [12] mantenimiento tiene como finalidad disminuir las fallas en los equipos, teniendo en cuenta también los costos y el tiempo. Y busca garantizar que estos equipos funcionen al momento de trabajar y para lograr esto necesitamos:

- Contar con equipos
- Mano de obra calificada
- Documentación de mantenimiento
- Registro del mantenimiento

Conceptualiza que el mantenimiento busca todas las formas en que un equipo funcione para lo que fue hecho y en caso presenten fallos estos sean lo menos reiterativos [13].

2.2.4. Funciones del mantenimiento

En [1], las siguientes tareas son de las que se encarga el mantenimiento:

- Tener operativos los equipos para el trabajo
- Seguimiento a los equipos
- Continuos análisis a los equipos
- Tener stock de repuestos
- Control de gastos

2.2.5. Tipos de mantenimiento

En [1], describe que hay tipos de mantenimiento que están basado en los distintos enfoques metodológicos:

- Mantenimiento correctivo: este modelo se aplica cuando un equipo presenta una falla en su funcionamiento.
- Mantenimiento preventivo: realiza tareas o medidas continuas antes de que exista una falla y se realice cambios de algunos elementos.
- Mantenimiento preventivo: tiene como finalidad disminuir costos a partir de un conocimiento de los equipos.
- Mantenimiento productivo total: este mantenimiento se basa en que todos los trabajadores son responsables de las tareas que se desarrollaran

2.2.6. Indicadores de Mantenimiento

2.2.6.1. Confiabilidad

En [14], la confiabilidad es uno de los indicadores de mantenimiento que se define como la probabilidad que tiene un equipo para realizar la función para la

que fue diseñado en un determinado tiempo y bajo ciertas condiciones. La confiabilidad es por tanto el complemento de la probabilidad de falla, el tiempo medio entre falla (TPEF)

$$\text{Confiabilidad}=\text{TPEF}=\frac{\sum \text{HROP}}{\text{NTFALLAS}}$$

HROP: Horas de operación

NTFALLAS= Numero de fallas detectadas

2.2.6.2.Mantenibilidad

Indicador que mide el tiempo promedio en que un equipo se demora en volver a funcionar y realizar su función cuando ha sufrido un fallo [15].

$$\text{TPPR}=\frac{\text{tiempo de averías}}{\text{número de averías}}$$

2.2.6.3.Disponibilidad

Es el indicador que se expresa en porcentaje, dando a conocer el tiempo en que un equipo está funcionando en óptimas condiciones en el proceso realizado. Es decir que tienen en cuanto todo el tiempo en que un equipo dejo de funcionar, hasta el momento en que volvió a funcionar [16].

$$\text{Disponibilidad}=\frac{\text{Horasoperativas} - \text{Horasinoperativas}}{\text{Horasoperativas}} \times 100$$

2.2.7. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Este tipo metodología tiene sus primeas apariciones en 1960 específicamente en la industria aeronáutica, dice que se debe analizar de forma minuciosa los fallos, como se originan, los costos en los que se incurre y todo lo que se origina en el proceso. Para ello se deben ejecutar una secuencia de pasos, teniendo en cuenta que se quiere mejorar costos, fiabilidad [14].

Metodología fue aplicada al campo industrial por que se comprobó que dio buenos resultados en otros campos. Esta metodología permite desarrollar un mantenimiento que tiene en cuenta los fallos de los equipos. Y al momento de desarrollarlo tenemos que tener en cuenta que implica tiempo y tener mucho conocimiento para poder lograrla y obtener buenos resultados [17].

En [15] es una metodología o proceso que se encarga de establecer todo lo que un equipo necesita para poder operar, y para ello se reúne un grupo de personas que tienen que lograr que estos equipos sean más confiables para trabajar en las distintas condiciones que se puedan presentar en el proceso, para ello se establecen tareas tomando en cuenta los fallos, las consecuencias de los fallos y porque sucedieron. A continuación, detalla algunas características del RCM:

- Herramienta donde sus acciones dependen de las condiciones.
- Mejores resultados en máquinas rotativas.

En [11], el mantenimiento centrado en la confiabilidad logra los siguientes resultados:

- Mayor conocimiento de los equipos.
- Posibles fallos de los equipos y sus soluciones
- Determinar las tareas para tener equipos en óptimas condiciones.

Para el mantenimiento centrado en la confiabilidad se desarrolla un conjunto de fases:

- Fase 0: Codificar y hacer una lista de los subsistemas, equipos y elementos del sistema en cuestión.
- Fase 1: Conocimiento del funcionamiento del sistema
- Fase 2: Conocer fallos funcionales y fallos técnicos.
- Fase 3: Determinar modos de fallos de la fase anterior.
- Fase 4: Estudiar las consecuencias de los modos de fallo y ordenarlos por su criticidad.
- Fase 5: Determinar las medidas preventivas
- Fase 6: Unir las medidas preventivas
- Fase 7: Desarrollo de las medidas preventivas

2.2.8. Falla

En [1] define a la falla como la presencia de una deficiencia de algo.

2.2.9. Tipos de falla

En [1] por su probabilidad

- **Fallos infantiles:** son aquellos fallos que vienen desde la fábrica o al momento de ensamblar la máquina.
- **Fallos producidos por el desgaste y envejecimiento:** este tipo de fallo puede dar por distintas razones como por fabrica, cambios en las propiedades del material, por falta de mantenimiento.
- **Fallos aleatorios:** pueden producirse en cualquier momento.

Modo de aparición

- **Progresivo:** pérdida continua de las propiedades de algún componente.
- **Repentino:** fallo que se puede presentar en cualquier momento del trabajo de sistema.

Dimensión del fallo

- **Parcial:** no implica que el equipo se tenga que apagar, puesto que afecta una parte de este.
- **Total:** implica que el equipo debe apagarse inmediatamente

2.2.10. Árbol de fallas

En [18] es un diagrama lógico que es empleado para poder determinar las diferentes causas, efectos de las fallas y poder subsanarlas. Sus hojas y ramas simbolizan los sucesos que han originado la falla.

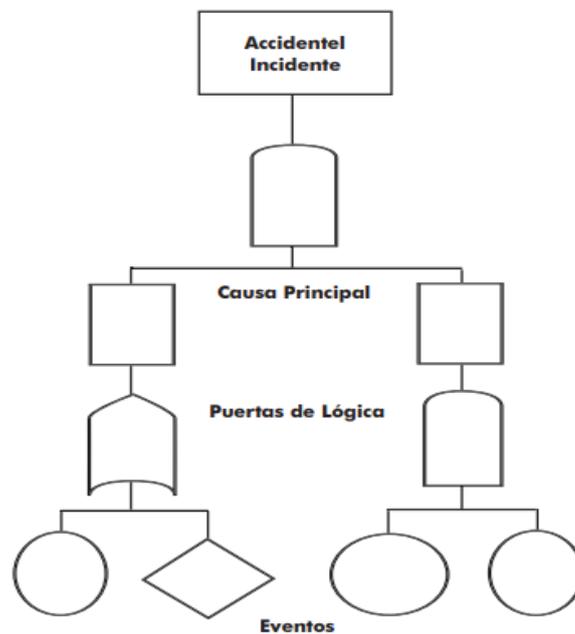
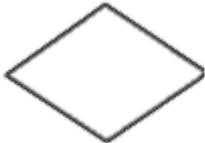


Figura 1. Diagrama de árbol de falla
Fuente: Departamento Seguro de Texas

Tabla 1. Simbología del Diagrama de árbol de fallas

Símbolo	Definición
	Puerta Y: condición en la que todos eventos ubicado en la parte inferior del símbolo deben estar todos los eventos para que pase el evento en que está en la parte superior.
	Puerta O: Situación en la cual uno de los eventos ubicados en la parte inferior hacen posible que ocurra el evento que está en la parte superior.
	Rectángulo: significa el evento negativo y se puede visualizar en la parte superior del árbol y en otra parte de este.
	Círculo: es un evento base del árbol y está en la parte inferior del árbol.
	Diamante: identifica un evento incompleto puesto que hay la suficiente información.

Fuente: Cejalvo y Pique

2.2.11. Codificación de equipos

En [11] herramienta que no ayuda a poder localizar, ubicar los equipos de un proceso y también ayuda a poder obtener registros históricos de fallos y tener un control de los costos. El modelo de Duffua, el cual nos dice que se identifica el equipo y todos los componentes que lo forman y su número consecutivo.

2.2.12. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)

En [19] definida como una técnica que sirve para realizar una lista de los modos potenciales por los que algún componente o equipo pueda fallar y poder hacer un seguimiento y ver las consecuencias que han generado.

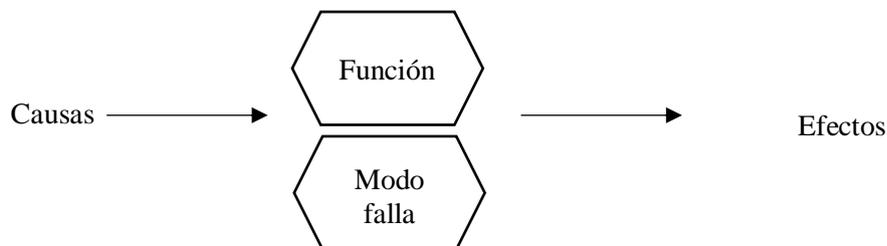


Figura 2. Análisis de modo de fallas

Fuente: Elaboración propia esquema general del análisis de modo de falla

En [18] sirve como herramienta para poder ver los efectos de las fallas de un equipo, esto se puede desarrollar en aquellos equipos que aún no salen al mercado como una forma de tener información de que en algún momento una pieza falle.

AMEF se usa como un instrumento que permite conectar todo aquel fallo que se presenta dentro de un proceso que por consiguiente perjudica a las salidas del proceso. El cual nos permite primero identificar y valorar las fallas potenciales, las consecuencias que provocan, determinar las tareas para disminuir fallas y todo debe quedar registrado [20].

Tabla 2. Modos y efectos de fallas

AMEF del sistema de:	Análisis de Modo y Efecto de fallas							Área		
	AMEF N°		Fecha de revisión	dd/mm/aa				Res. Área		
	Descripción	Nombre de la pieza		Código						
Descripción	Función que desempeña	Modo de falla	Efecto de falla	Situación Actual					Acciones recomendadas	Responsable
				Controles actuales	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR		

Fuente: Miranda,2006

2.2.13. Índices

2.2.13.1. Índice de severidad del fallo

En [21], severidad es el índice que nos ayuda a ver el impacto del modo de fallo respecto a los efectos que provoca.

Tabla 3. Índice de severidad del fallo

Categoría	Descripción	Valor
Escasa	la falla del equipo podría no causar problemas de seguridad o al medio ambiente del área circundante la falla del equipo no afecta a la especificación del producto o su rendimiento no hay tiempo de interrupción de la línea productiva	1
Baja	la falla del equipo podría causar algunos problemas leves de seguridad o al medio ambiente del área circundante la falta de equipo afectara levemente la especificación del producto o su rendimiento	2-3
Moderada	la falta de equipo podría causar algunos problemas de seguridad o al medio ambiente del área circundante la falla del equipo podría causar un volumen moderado de producción fuera de especificación o afectar moderadamente el rendimiento	4-5-6
Alta	la falla del equipo podría causar algunos problemas de seguridad o al medio ambiente del área circundante la falla del equipo podría causar un volumen moderado de producción fuera de especificación o afectar moderadamente el rendimiento	7-8
Muy alta	la falla del equipo podría causar serios problemas de seguridad o al medio ambiente del área circundante la falla del equipo podría causar un volumen de producción importante fuera de especificación o afectar seriamente el rendimiento	9-10

Fuente: Moubray,2004

2.2.13.2. Determinar el grado de ocurrencia

La ocurrencia nos indica la probabilidad de que aparezca un fallo

Tabla 4: Determinar el grado de ocurrencia

Categoría	Descripción	Valor
Escasa	probabilidad de que ese modo de fallo, se produzca por esa causa esta establecido mantenimiento predictivo experiencia no ocurrente o muy remota	1
Baja	probabilidad de que ese modo de fallo, se produzca por esa causa esta establecido mantenimiento predictivo y auto control experiencia no concurrente o muy remota	2-3
Mediana	probabilidad de que ese modo de fallo, se produzca por esa causa establecido mantenimiento preventivo y auto control no eficaz experiencias concurrentes	4-5
Alta	probabilidad de que ese modo de fallo, se produzca por esa causa no hay establecido auto control experiencias concurrentes	6-7-8
Muy alta	probabilidad de que ese modo de fallo, se produzca por esa causa no hay establecido mantenimiento preventivo y auto control experiencias concurrentes	9-10

Fuente: Moubray, 2004

2.2.13.3. Determinar el grado de detección

La detección nos indica la probabilidad de que un modo de fallo se logre identificar antes de que ocurra, logrando que ocurran algún inconveniente.

Tabla 5: Determinar el grado de detección

Categoría	Descripción	Valor
Remota	posibilidad de que el fallo no sea detectado controles están concebido para detectarlo, pero puede pasar desapercibido puede ser reparado sin afectación a la producción	1
Poco	posibilidad de que el fallo no sea detectado controles están concebido para detectarlo, pero puede pasar desapercibido puede ser reparado sin afectación a la producción	2-3
Mediana	posibilidad de que el fallo no sea detectado existen controles para detectarlo, pero no aplican puede ser reparado afectando la producción	4-5-6
Alta	posibilidad de que el fallo no sea detectado, es posible su detección controles no están concebido para detectarlos, pero el defecto puede detectarse puede ser reparado afectando la producción	7-8
Muy alta	posibilidad de que el fallo no sea detectado, es posible su detección controles no están concebido para detectarlos y con toda seguridad el defecto pasa puede ser reparado afectando la producción	9-10

Fuente: Moubray, 2004

2.2.14. Índice de Riesgo o Número Prioritario de Riesgo (NPR)

En [22] el índice de riesgo se obtiene como resultado de multiplicar los valores de ocurrencia, severidad y detección. Este valor NPR nos ayuda a ordenar los modos de falla que existen en un sistema. Después de haber obtenido el valor de NPR, se comienza la evaluación del grado de riesgo para ello tenemos criterios como: menor, moderado, alto y crítico.

$$NPR = G \times O \times D$$

G= gravedad

O= ocurrencia

D= detección

2.2.15. Modelo de criticidad semicuantitativo “CTR” (criticidad total por riesgo)

En [15], modelo de Criticidad Total por Riesgo, es un proceso de análisis semicuantitativo, soportado en el concepto del riesgo, entendido como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad del mismo.

$$CTR = FF \times C$$

Dónde: CTR= Criticidad total por riesgo

FF= Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado (fallos/año))

C: Consecuencias de los eventos de fallos

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

Siendo:

IO: Factor de impacto en la producción

FO: Factor de flexibilidad operacional

CM: Factor de costes de mantenimiento

SHA: Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

La expresión final del modelo de priorización de CTR será la siguiente:

$$CTR = FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA)$$

Los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo (3) se presentan a continuación:

Tabla 6. Factores ponderados

Frecuencia de Fallas:		Costo de Mtto:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a S/. 2000	2
Promedio 1 – 2 fallas/año	3	Inferior a S/. 2000	1
Buena 0.5 – 1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0.5 fallas/año	1		
Impacto Operacional:		Impacto en Seguridad, Ambiente e Higiene (SAH):	
Pérdida de todo el despacho	10		
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización.	8
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Afecta el ambiente/instalaciones	7
No genera ningún efecto significativo Sobre operaciones y producción	1	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Flexibilidad Operacional		Provoca daños menores (ambiente-seguridad)	3
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Grupo de consultoría inglesa

2.2.16. Análisis de criticidad

En [15] el análisis de criticidad es una metodología usada como herramienta que determina de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de un proceso. Para obtener el nivel de criticidad de cada equipo/sistema, se toman los valores totales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias de los fallos y se ubican en la matriz 4x4. El valor de frecuencia de fallos se ubica en el eje vertical y el valor de consecuencia se ubica en el eje horizontal.

La categorización de la matriz de criticidad se da en 3 áreas:

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

Tabla 7: Matriz de criticidad

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Metodología Análisis de Criticidad

2.2.16.1. Pasos para realizar el análisis de criticidad:

- Primer paso: Se van a identificar los niveles a donde se realizará el análisis: instalación, sistema, equipo o elemento.
- Segundo paso: Se va a determinar la Criticidad, mediante unos criterios y rangos que ya están establecidos con respecto a la frecuencia de falla y el impacto total.
- Tercer paso: Se realizará la valoración de la criticidad, para ello se usará la fórmula.

Criticidad= frecuencia x consecuencia

- Cuarto paso: Se hace un estudio de los resultados, para establecer los pasos que se van a seguir para disminuir los efectos que pueden haber causado los modos de falla.
- Quinto paso: Se logra establecer el resultado obtenido de la frecuencia de ocurrencia por el impacto de los componentes, equipos, sistemas o procesos.
- Sexto paso: Especificar la criticidad, como en el caso que tengamos fallas repetitivas a tomar acciones para disminuir la frecuencia con las que se producen.
- Séptimo paso: Realizar un seguimiento, aquellas tareas que se han determinado para mejorar y disminuir los impactos que las fallas han provocado y ver el cumplimiento de ellas.
- Octavo paso: Crear un registro de todos lo que se ha logrado, con respecto a las instalaciones, sistemas, equipos, etc.

2.2.17. Utilidad

En [23] define a la utilidad como un valor residual productos de los ingresos en una empresa, después que se haya restado los costos y gastos relativos donde ellos deberían son inferiores a los ingresos.

2.2.18. Diagrama de decisión y hoja de decisión del RCM

En [15] el diagrama de decisión brinda una serie de preguntas con respecto a probables eventos y los posibles efectos. Las preguntas solo pueden ser contestas con un SI o NO, cada respuesta implica una hecho o caso contrario dirige a una siguiente pregunta. Al existir algún fallo ya sea de un equipo o elemento, mediante el diagrama este va a permitir que se caracterice obteniendo un SI, en cambio si se obtiene como respuesta un NO a una pregunta se pasa a la siguiente pregunta. Si se logra terminar el diagrama de decisión como conclusión tenemos que no se requiere ninguna tarea para el fallo inicial.

El diagrama de decisión se aplicó a todas las maquinas críticas para poder determinar las tareas de las causa-raíz de las fallas de las máquinas. (*ver Anexo 1*)

La hoja de decisión va a permitir que las preguntas que se han formulado en el Diagrama de decisión se obtendrá las respuestas:

Mantenimiento de rutina si existe, frecuencia y quien lo realizara

Cuantas fallas son suficientes para que existe el rediseño

Tabla 8. Hoja de información RCM

HOJA DE DECISION RCM II ©1990 ALADON LTD			SISTEMA							Sistema N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°		
			SUBSISTEMA							Subsistema N°	Auditor:	Fecha	De		
Referencia de información			de Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4			

Fuente: Moubray,2004

III. Metodología

3.1. Tipo de investigación

Descriptiva

La presente investigación es de tipo descriptiva. Para [24], la investigación descriptiva es una forma de investigación donde se logra saber quién, cuando, como y porque de lo que se va a estudiar. Los datos que se recolectan en el estudio, nos ayudaran a tener mucha información a priori de lo que se estudió. Según [25] define la investigación descriptiva como un primer paso de toda investigación, y se basa en diferentes técnicas como observación, encuestas, etc. Son por estas razones que la investigación fue descriptiva, ya que se detallaron las variables de estudio en base a diferentes métodos de recolección de datos, los cuales permitieron la caracterización de estas en un determinado periodo.

El nivel de investigación fue cuantitativa, ofrece datos medibles y su fin es cuantificar todos los datos obtenidos y son analizados. [26]

3.2. Diseño de investigación

No experimental

Para [27] , define a la investigación no experimental como aquella investigación donde no se manipulan las variables que se van a estudiar, ya que son observados en su ambiente y sin que intervenga el investigador. Por ello, la presente investigación fue no experimental, ya que no se manipularon ni alteraron las variables, y se obtuvieron los datos de esta a través de diferentes métodos de recolección de datos.

3.3. Población y muestra

Población, según [28] define a la población como el grupo de máquinas que poseen determinadas características que se quieren estudiar. Para realizar el estudio, se tomó en cuenta como población las áreas de mantenimiento y producción de la empresa G&B

Molinos SAC, ya que el estudio se basó en un plan de mantenimiento preventivo por lo que se requirió información de ambas áreas.

Muestra: la muestra a realizada fue no probabilística por conveniencia, es decir que, no se tomó en cuenta ninguna fórmula estadística por la naturaleza de estudio, en donde se requirió el estudio y obtención de información de las áreas de producción y mantenimiento.

3.4. Criterios de selección

Como criterios de selección para la población, se tomó en cuenta los datos que se requirieron por cada área, para producción y mantenimiento, en donde se consideraron la lista de maquinarias, los registros de mantenimiento, la descripción de los procesos, producción histórica y registro de costos. Se consideró esta información ya que fue la que nos permitió caracterizar nuestras variables y obtener información de estas.

3.5. Operacionalización

En la siguiente tabla de operacionalización de variables, se puede observar la variable dependiente (plan de mantenimiento preventivo), la variable independiente (utilidad), definiciones, indicador, etc.

Tabla 9. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Técnica e Instrumentos
Variable independiente: Plan de Mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad	El plan de mantenimiento tiene una serie de tareas destinada a asegurar la disponibilidad de los equipos; y también está basada en poder analizar todos los fallos de una planta. [11] [17]	El plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad se desarrolla determinando los tipos de fallos, el modo y efectos de fallo, indicadores de mantenimiento, análisis de criticidad, codificación de equipos, plan de mantenimiento, costos.	Situación actual de la empresa.	Análisis de fallas y modos de fallos actuales	Registro de fallas Tabla de excel de fallas
			Análisis de Criticidad	Factores de ponderación	Matriz de criticidad
			Análisis de modo y efecto de falla	Método de Pareto	Diagrama de Pareto
			Programa de manteniendo preventivo	Número de ponderación de riesgo (NPR)	Formato AMEF
			Indicadores de mantenimiento	Cronograma de actividades Confiabilidad Mantenibilidad Disponibilidad	Diagrama de Gantt Tabla de Excel
Variable dependiente: Utilidad	Utilidad es definida como aquel beneficio que se obtiene por tomar una decisión que acarreo consigo una acción. [29]	La utilidad es el beneficio obtenido de restar los ingresos económicos de la empresa menos los costos totales de esta.	Beneficios económicos	Ingresos de ventas	Registro de ventas
			Egresos económicos	Costos totales	Registro de costos
			Utilidad	Utilidad= Ingresos-costos totales	Tabla de Excel

Fuente: Elaboración propia

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos:

Análisis documental: se aplicó como técnica de recolección de datos el análisis documental, puesto que se obtuvieron diversos documentos, formatos, registros, data histórica de la empresa, la cual se analizó para su procesamiento y así desarrollar las variables en estudio.

Observación directa: se observó el trabajo del personal de mantenimiento y producción, así como los procesos que siguieron para realizar los respectivos mantenimientos de las máquinas. Además de su organización y como desarrollan las actividades que les corresponden.

Instrumentos de recolección:

Registro de fallas: se utilizó el registro de fallas para determinar el número de fallas.

Tabla de Excel de fallas: se aplicó una tabla para organizar y determinar los fallos y el modo de fallos de las máquinas estudiadas.

Matriz de criticidad: se aplicó la matriz de criticidad, en donde se determinó las máquinas críticas del proceso.

Diagrama de Pareto: se utilizó el diagrama de Pareto el cual permitió graficar la información obtenida, determinando que la solución del 80% de problemas, se encuentran en el 20% de las causas.

Formato AMEF: se aplicó el formato AMEF donde se identificó las fallas, sus causas y efectos de las máquinas, y se determinó en número de ponderación de riesgo (NPR).

Diagrama de Gantt: se aplicó el diagrama de Gantt para graficar las actividades y las fechas de cumplimiento especificadas en el plan de mantenimiento preventivo.

Registro de costos y ventas: se utilizaron los registros de costos y ventas históricos de la empresa para determinar sus valores.

Tabla de Excel: se utilizaron tablas de Excel para el cálculo de los indicadores y la utilidad.

3.7. Procedimientos

Para la realización de esta investigación se procedió hacer una investigación de la empresa en estudio para establecer los problemas o deficiencias que muestra en su desarrollo, para lo cual se determinó las fallas (ver Tabla 26) a través de los registros de la empresa, se detalló el contexto operacional de las máquinas (ver figura 9, 11, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 y 30), así como el proceso actual de producción y mantenimiento, con ayuda de la observación directa. Además, se calcularon los indicadores actuales de mantenimiento (ver tabla 31 y 32), se detalló el costo unitario por pilado (ver Tabla 33) a través de registros de la empresa y se calculó la utilidad (ver tabla 34). Posteriormente, se elaboró la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, en donde se realizó un análisis de criticidad (ver tabla 41), el diagrama de Pareto (ver figura 47), codificación de equipos (ver tabla 36, 37 ,38 ,39 y 40), el AMEF (ver tabla 43, 44, 45 y 46) y el cronograma de mantenimiento preventivo (ver Tabla 55). Para finalizar, se determinó la inversión (ver Tabla 67) y se realizó el costo beneficio de la propuesta (ver Tabla 73), en donde se determinaron los beneficios y los egresos, lo cual permitió determinar el indicador en mención, así como la viabilidad económica del proyecto.

3.8. Plan y procesamiento de datos

La información que se recolectó de los diferentes registros, fuentes, documentos y formatos de mantenimiento obtenidos de la empresa, se ingresaron y procesaron en tablas de Excel diseñadas por el autor, teniendo en cuenta: maquinaria de la empresa, fallas funcionales, modos de fallas, repuestos cambiados, costos de mantenimiento. Después se procedió a analizar la información, teniendo en cuenta también indicadores de mantenimiento que nos ayudaron a tener una visión más clara del funcionamiento de las maquinas.

3.9. Matriz de consistencia

Tabla 10. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Variable	Tipo de Investigación y Diseño	Técnicas e instrumentos
¿La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad incrementará la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC?	Objetivo general:	Variable Independiente:	Tipo de Investigación	Técnicas
	Proponer un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC.	Plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad	Descriptiva	Análisis documental Observación directa
	Objetivos específicos:	Variable dependiente:	Diseño	Instrumentos
	Diagnosticar la situación actual de la empresa G&B Molinos SAC	Utilidad	No experimental	Registro de fallas Tabla de excel de fallas Matriz de criticidad Diagrama de Pareto Formato AMEF Diagrama de Gantt Tabla de Excel Registro de ventas Registro de costos
Elaborar un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC				
	Realizar el costo beneficio de la implementación de la propuesta			

Fuente: Elaboración propia

IV. Resultados

4.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa G&B Molinos SAC

4.1.1. Datos generales de la empresa

G&B Molinos SAC es una empresa con 20 años de experiencia en el mercado, dedicada a la compra, venta y pilado de arroz, se encuentra ubicado en la Car. Panamericana Norte km. 775 lote a-10 (frente norte de Induamerica SL SAC Lambayeque. Lambayeque-Lambayeque). La gerencia se encuentra a cargo del Sr. Luis Alberto Guevara Bustamante. La empresa realiza sus tareas de producción en dos turnos de 9 horas cada uno y se trabaja 6 días a la semana (lunes a sábado).

Tabla 11. Datos Generales de la empresa

Datos	Detalle
RUC	20479403113
Razón Social	G & B MOLINOS SAC
Tipo de empresa	Sociedad Anónima Cerrada
Condición	Activo
Fecha de inicio de actividades	1 de agosto del 2001
Actividades comerciales	Elab. de Productos de Molinería.

Fuente: G&B Molinos SAC

En la siguiente figura, se muestra la ubicación de la empresa:

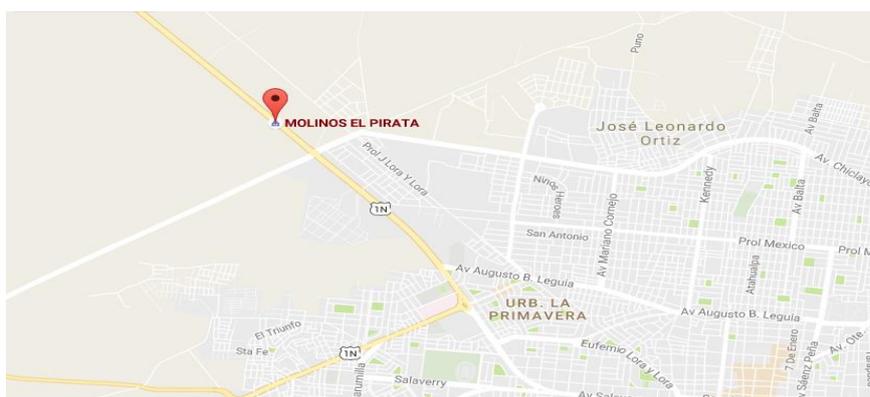


Figura 3. Ubicación de la empresa G&B Molinos SAC

Fuente: Google maps

4.1.2. Productos

G&B Molinos SAC comercializa 7 diferentes presentaciones de arroz, para el cliente dependiendo de la calidad del arroz una vez pilado y a un diferente precio.

Tabla 12. Presentación y precio de arroz

Presentación	Precio de venta (soles/unidad)
Casserita amarillo	S/ 95,00
Familiar naranja	S/ 103,00
Pirata verde	S/ 110,00
Saco blanco	S/ 100,00
Pirata añejo	S/ 120,00
Majestad	S/ 115,00
Pirata lila	S/ 116,00

Fuente: G&B Molinos S.A.C.

Las diferentes presentaciones se muestran en las siguientes figuras:



Figura 4. Presentación familiar y pirata añejo

Fuente: G&B Molinos SAC



Figura 5. Presentación saco blanco y casserita

Fuente: G&B Molinos SAC



Figura 6. Presentación Pirata Verde y Pirata lila

Fuente: G&B Molinos SAC

4.1.3. Subproductos

Estos subproductos se obtienen en el proceso de pilado

- Arrocillo $\frac{3}{4}$: está conformado por todos los granos de arroz quebrados que miden $\frac{3}{4}$ de un grano de arroz y es un subproducto que se obtiene durante el proceso del pilado.
- Arrocillo $\frac{1}{2}$: todo grano de arroz quebrado que mide $\frac{1}{2}$ de longitud de un grano de arroz que se obtiene durante el proceso de pilado.
- Rechazo: es subproducto del molino, es muy variable en su composición ya que depende mucho del proceso industrial
- Ñelen: lo conforma todo grano de arroz quebrado que mide menos $\frac{1}{4}$ de longitud.
- Polvillo: es el resultado del pulimento en la obtención del arroz. Se encuentra constituido por cutícula, embrión y otras partes del grano



Figura 7. Arrocillo y Rechazo

Fuente: G&B Molinos SAC

4.1.4. Materia prima e insumos

Materia prima, envases (sacos), hilo.

4.1.5. Personal

G&B Molinos SAC cuenta con 12 colaboradores para su funcionamiento y se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 13. Personal de la empresa

Áreas de la empresa	Puesto de producción	Nivel de educación	Funciones	N°
Gerencia General	Gerente General	Secundaria	Gestión de todas las actividades de la empresa. Coordinación entre las áreas. Planificar metas a corto, mediano y largo plazo.	1
Área administrativa	Caja chica	Universitaria	Control de ingresos y salidas de dinero Control de caja chica.	1
	Asistente administrativa	Técnica	Recepción y control de documentos de clientes Manejo de legajos. Control de guías de remisión, facturas, etc.	1
Área de Contabilidad	Contador	Universitaria	Declaración de impuestos. Registro de ingresos y egresos. Ingreso y bajas de trabajadores en el T-registro. Elaboración de estados financieros. Elaborar reportes financieros.	1
Área de secado	Operario Secado	de Secundaria Técnica	Revisión de maquinaria Control del transporte al área de producción Evaluar los parámetros obtenidos del secado. Control de pajillas para hornos.	2
Área de producción	Jefe producción	de Secundaria (conocimiento empírico)	Control de la producción Control de calidad Revisión de maquinaria. Mantenimiento de maquinaria y equipos	2
Área de ventas	Vendedora	Técnica	Calidad Muestra los productos y las diferentes calidades del producto a los clientes. Toma los datos del requerimiento.	2
Área de Logística	Almacenera producto terminado	de Universitaria: Administradora	Control de inventarios Actualización diaria del registro. Elaboración de reportes	1
	Almacenero insumos	de Técnica	Control de materiales de limpieza. Control ingresos y salidas de insumos: sacos, hilos, repuestos, equipos, etc. Control de inventarios Elaboración de reportes	1
TOTAL				12

Fuente: Elaboración propia, G&B Molinos SAC

4.1.6. Maquinaria y mecanismos de transporte

4.1.6.1. Zaranda pre-limpiadora

G&B Molinos SAC, cuenta con 2 zarandas pre-limpiadoras que están ubicadas fuera del área de donde se encuentran las otras máquinas del proceso. Este equipo cuenta con un motor, malla metálica y tolva de descarga para realizar su función. A continuación, se puede ver su ficha técnica.

Tabla 14. Ficha técnica de la zaranda pre-limpiadora

Características Técnicas	Descripción
Material	Acero
Capacidad	3 t/h
Peso	1 900 kg
Largo	1 450 mm
Ancho	4 300 mm
Altura	1 600 mm
Voltaje	220 V

Fuente: G&B Molinos SAC

En la siguiente imagen se muestra la zaranda pre-limpiadora de la empresa G&B Molinos SAC.



Figura 8. Zaranda pre-limpiadora

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar la función de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- a. Función: limpiar y separar los granos de arroz de las impurezas.

- b. Descripción de la operación: ingresa el grano de arroz por la tolva de alimentación proveniente de las secadoras o directamente del vaciado del saco negro de arroz.
- c. Diagrama de entrada y salidas:
 Entradas: arroz con cáscara e impurezas
 Proceso: limpieza
 Salida: arroz con cáscara

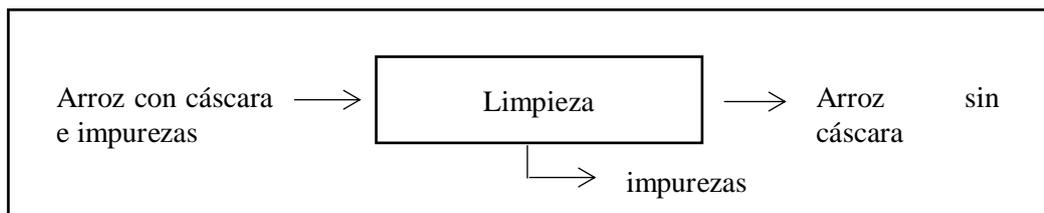


Figura 9. Entrada, Proceso y Salida de la zaranda pre-limpia

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.2. Descascaradora de rodillos de goma

El molino cuenta 5 descascaradoras electroneumáticas, las cuales ya se ubican dentro de la planta de producción con las demás máquinas del proceso. A continuación, se muestra la ficha técnica de las descascaradoras.

A continuación, se muestra la ficha técnica de la descascaradora electroneumática.

Tabla 15. Ficha técnica de la descascaradora electroneumática

Características Técnicas	Descripción
Voltaje	380 V
Potencia	7,5 kW
Largo	1 620 mm
Ancho	1 340 mm
Altura	2 410 mm
Capacidad	3-5 t/h
Tamaño del rodillo (diámetro x largo)	254 x 254 mm

Fuente: G&B Molinos SAC

En la siguiente imagen se muestra la descascaradora electroneumática



Figura 10. Descascaradora electroneumática

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- a. Función: descascarillar el grano de arroz
- b. Descripción de la operación: ingresa el grano de arroz por la tolva de alimentación proveniente de las zarandas pre-limpiadoras hacia las descascaradoras donde tienen dos rodillos que giran en sentido contrario, por lo que aplican fuerza al grano para retirarle la cáscara.

- c. Diagrama de entrada y salidas:

Entradas: arroz con cáscara

Proceso: descascarado

Salida: arroz descascarado

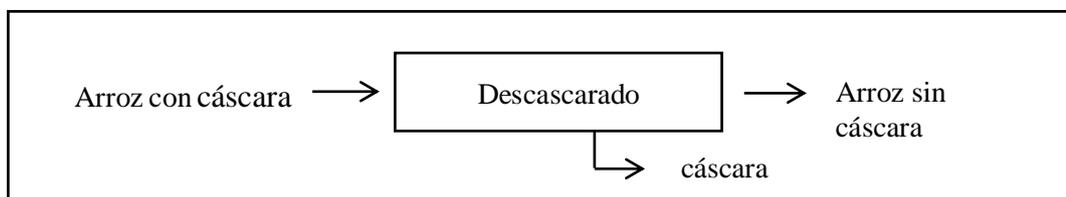


Figura 11. Entrada, Proceso y Salida de Descascaradora

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.3. Separador de cáscara

En la planta se usan 3 separadores de cascara para retirar la cascara que recubre al grano de arroz y retirarlo fuera de la planta de producción.

Tabla 16. Ficha técnica de separador de cáscara

Características técnicas	Descripción
Capacidad	3-4 t/h
Motor	3 kW
Longitud	1 950 mm
Ancho	1 650 mm
Altura	1 700 mm

Fuente: G&B Molinos SAC

A continuación, se muestra uno de los separadores de cascara del molino



Figura 12. Separador de cáscara

Fuente: G&B Molinos SAC

4.1.6.4. Mesa paddy

En la planta de producción se tiene dos mesas paddy que se ubican en el primer piso de planta. Las cuales se regulan mediante una manija para ver el ángulo de rotación para hacer más fácil el poder separar los granos de arroz.

Tabla 17. Ficha técnica de la Mesa Paddy

Características técnicas	Descripción
Capacidad	3 t/h
Largo	2 750 mm
Ancho	1 550 mm
Altura	2 050 mm
Potencia	7,45 kW
Ángulo de inmersión	30°

Fuente: G&B Molinos SAC

A continuación, se muestra una imagen de la mesa paddy que se usa en el molino.

**Figura 13. Mesa Paddy**

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- a. Función: separar los granos descascarados de los granos con cáscara
- b. Descripción de la operación: ingresan los granos provenientes del separador de cáscara y por movimientos en zigzag y por la diferencia de densidades los granos se separan.
- c. Diagrama de entrada y salidas:
 - Entradas: granos con/sin cáscara
 - Proceso: clasificación
 - Salidas: arroz con/sin cáscara

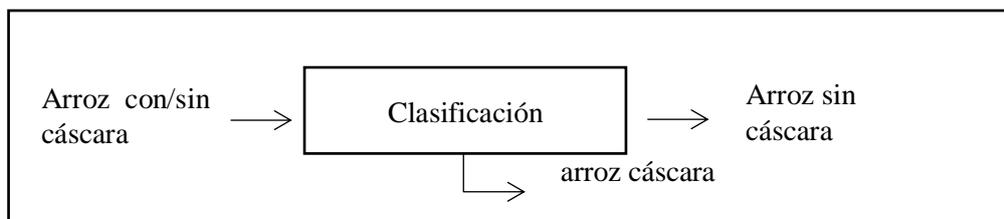


Figura 14. Entrada, Proceso y Salida de la Mesa Paddy

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.5. Pulidora cónica

G&B Molinos SAC para realizar un primer pulido se cuenta con 3 pulidoras cónicas que consta de un cilindro pulidor de piedra que se ira desgastando por el trabajo.

En la siguiente imagen se muestra una de las pulidoras cónicas que tiene la empresa.



Figura 15. Pulidora cónica

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- a. Función: pulir el grano de arroz
- b. Descripción de la operación: ingresa el arroz por la tolva de alimentación proveniente de la mesa de paddy, a una sección de la máquina, donde mediante movimientos giratorios de la piedra cónica el grano se comienza a pulir.
- c. Diagrama de entrada y salidas:
Entradas: arroz descascarillado
Proceso: pulido

Salida: arroz pulido, polvillo

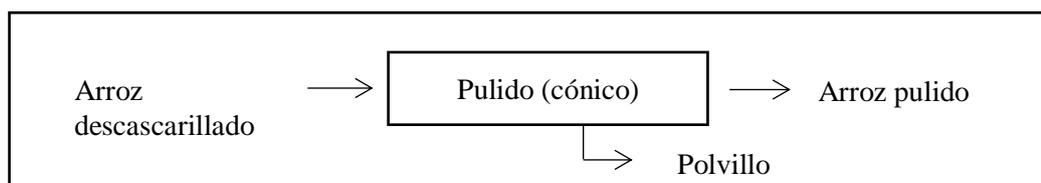


Figura 16. Entrada, Proceso y Salida de la Pulidora Cónica

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.6. Pulidora vertical

En la planta de producción se cuenta con 2 máquinas pulidora vertical, donde tiene una pequeña piedra cónica para el pulido de los granos de arroz.

Tabla 18. Ficha técnica de Pulidora Vertical

Características técnicas	Descripción
Voltaje	380 V
Capacidad	2,5-3,5 t/h
Largo	1 330 mm
Ancho	980 mm
Altura	1 840 mm
Potencia	30-37 kW
Capacidad de aspiración	2 500 m ³ /h

Fuente: G&B Molinos SAC

En la siguiente imagen se puede observar la pulidora vertical que se usa en el molino para el proceso de producción.



Figura 17. Pulidora Vertical

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- a. Función: pulir el grano de arroz
- b. Descripción de la operación: ingresa el arroz proveniente de la mesa paddy a la tolva de la pulidora, mediante movimientos giratorios el grano de arroz se comienza a pulir, al rozar los rodillos de esmeril.
- c. Diagrama de entrada y salidas:
Entradas: arroz descascarillado
Proceso: pulido
Salidas: arroz pulido, polvillo

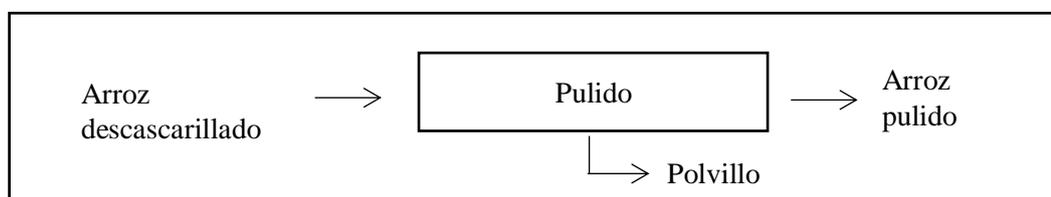


Figura 18. Entrada, Proceso y Salida de la Pulidora Vertical

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.7. Zaranda de ñelen

En la planta se cuenta con dos zarandas para separar el arroz de grano entero y el ñelen para ello se cuenta con dos máquinas: zaranda de ñelen y zaranda rota-vaivén.

Tabla 19. Ficha técnica de la zaranda de ñelen

Características técnicas	Descripción
Material	Acero
Largo	2 000 mm
Ancho	800 mm
Altura	1 400 mm
Voltaje	380 V
Tamaño de la malla	2-220

Fuente: G&B Molinos SAC

En la siguiente imagen se puede observar la zaranda de ñelen y la zaranda rota-vaivén.



Figura 19. Zaranda de ñelen y zaranda rota-vaivén

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- a. Función: clasificar o separar el arroz (entero) del ñelen.
- b. Descripción de la operación: El arroz proveniente de la pulidora al agua ingresa a la zaranda la cual realiza movimientos de vibración para propiciar que los granos menores (ñelen) pasen por los orificios de las mallas y el grano entero sale por otro conducto.
- c. Diagrama de entrada y salidas:
Entradas: arroz
Proceso: tamizado
Salidas: arroz grano entero, ñelen.

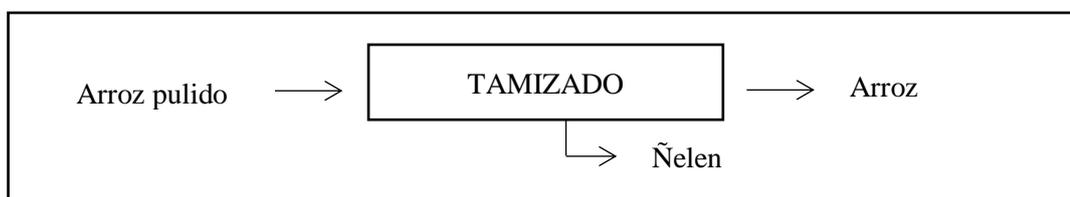


Figura 20. Entrada, Proceso y Salida de la Pulidora de Ñelen

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.8. Pulidora al agua

En la planta se cuenta con 2 pulidoras al agua para el abrillantado de los granos de arroz para su envasado.

Tabla 20. Ficha técnica de la Pulidora al agua

Características técnicas	Descripción
Capacidad	2,5-4 t/h
Potencia	37-45 kW
Largo	2 070 mm
Ancho	600 mm
Altura	1 880 mm

Fuente: G&B Molinos SAC

En la siguiente imagen se puede observar la zaranda de ñelen y la zaranda rota vaivén.



Figura 21. Pulidora al agua

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- Función: darle transparencia y brillo al grano de arroz
- Descripción de la operación: el arroz pulido ingresa mediante una tolva de la zaranda de ñelen o zaranda rota-vaivén, con la ayuda de agua y aire el grano comienza a tomar brillo.
- Diagrama de entrada y salidas:
Entradas: arroz sin pulir
Proceso: abrillantado
Salidas: arroz blanco brillante

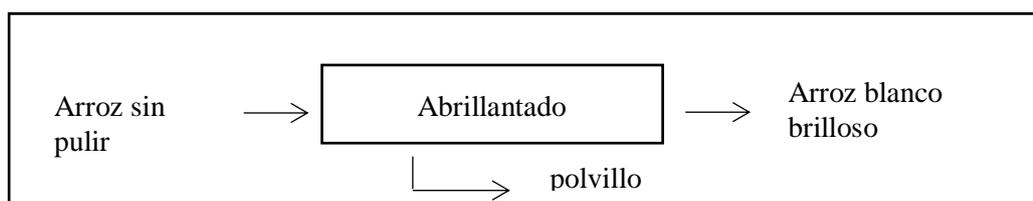


Figura 22. Entrada, Proceso y Salida de Pulidora al agua

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.9. Cilindros alveolados

En la planta de producción se ubican 6 cilindros alveolados en un según nivel a los cuales se transporta el arroz mediante elevadores de cangilones.

Tabla 21. Ficha técnica de la Cilindros alveolados

Características técnicas	Descripción
Capacidad	3,5-4 t/h
Potencia	2,2 kW
Volumen del aire	720 m ³ /h
Cilindro	710 x 250 mm
Largo	3 300 mm
Ancho	1 100 mm
Altura	2 000 mm

Fuente: G&B Molinos SAC

A continuación, se puede ver la imagen de los cilindros alveolados que se usan en la planta de producción.



Figura 23. Cilindros alveolados

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- a. Función: separar el grano entero de arroz, del arrocillo $\frac{1}{2}$, arrocillo $\frac{3}{4}$.
- b. Descripción de la operación: el arroz es transportado del proceso anterior e ingresa a los cilindros donde mediante movimientos giratorios y mediante la malla que posee el cilindro se pueda lograr la separación de los granos.

- c. Diagrama de entrada y salidas:

Entradas: arroz entero, arrocillo $\frac{1}{2}$, arrocillo $\frac{3}{4}$.

Proceso: clasificar

Salidas: arroz grano entero

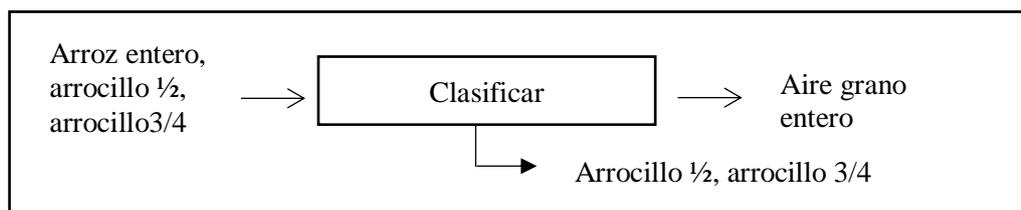


Figura 24. Entrada, Proceso y Salida Cilindros alveolados

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.10. Selectoras

Para el último proceso de producción del arroz se cuenta con 2 selectoras de color ubicadas dentro del segundo piso de producción en un cuarto donde solo se encuentran estas máquinas.

Tabla 22. Ficha técnica de Selectora de color

Características técnicas	Descripción
Voltaje	220 V
Capacidad	1 t/h
Largo	2 680 mm
Ancho	1 530 mm
Altura	2 100 mm
Potencia	4,8-5 kW

Fuente: G&B Molinos SAC

En la siguiente imagen se puede ver la selectora de color que se encuentra en la planta de producción.



Figura 25. Selectora de color

Fuente G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- Función: seleccionar los granos de arroz buenos de los defectuosos como que tengan tiza, etc.
- Descripción de la operación: el arroz proveniente de la etapa anterior es transportado mediante un elevador e ingresa a la selectora donde el arroz mediante las cámaras y sensores se detecta los granos no deseados.
- Diagrama de entrada y salidas:

Entradas: arroz entero, arroz tizado, arroz manchado

Proceso: selección

Salidas: arroz blanco

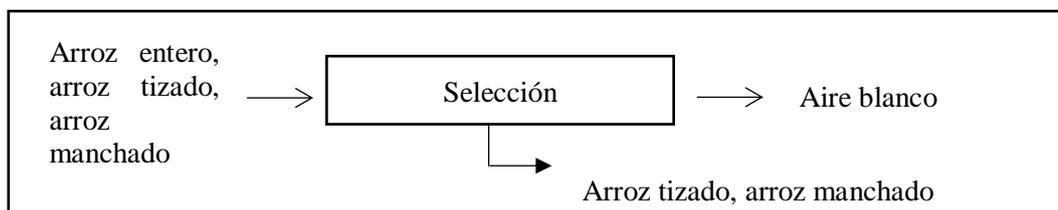


Figura 26. Entrada, Proceso y Salida de la Selectora de color

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.11. Elevadores de cangilones

Para que toda la planta de producción funcione se hace uso de elevadores de cangilones que conectan a las maquinas entre sí para pasar al siguiente proceso.

Tabla 23. Ficha técnica de Elevadores de cangilones

Características técnicas	Descripción
Material	Acero
Voltaje	381 V
Capacidad	4-7 t/h
Potencia	0,75-1,1 kW
Altura estándar	5 m
Velocidad de la línea	1,3-2,5 m/s

Fuente: G&B Molinos SAC

En la siguiente figura se muestra los elevadores de cangilones:



Figura 27. Elevadores de cangilones

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- a. Función: transportar arroz, subproductos del arroz hacia las maquinas siguientes en el proceso.
- b. Descripción de la operación: el arroz con cáscara o los subproductos ingresan a los cangilones y mediante la cadena se giran los cangilones y llegan hasta las fajas transportadoras hasta que llegan estos a la máquina que sigue.

- c. Diagrama de entrada y salidas:

Entradas: arroz con cáscara, subproductos

Proceso: transportar

Salidas: arroz con cascara, subproductos

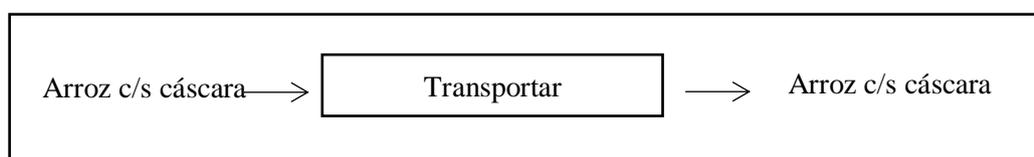


Figura 28. Entrada, Proceso y Salida de Elevadores de cangilones

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.12. Compresor Schulz

En planta de producción se cuenta con un compresor Schulz que se usa para la selectora de color y para la limpieza de la mesa paddy.

Tabla 24. Ficha técnica Compresor Schulz

Características técnicas	Descripción
Peso	450 kg
Presión máxima	4,5 bar
Presión mínima	6,9 bar
Potencia	30 kW/ 40 hp
T° compresor (aceite)	82° C
T° compresor (aire)	33° C

Fuente: G&B Molinos S.A.C

En la siguiente figura se muestra los elevadores de cangilones que están en toda la distribución de la planta.



Figura 29. Compresor Schulz

Fuente: G&B Molinos SAC

Para determinar las funciones de la maquinaria, se procedió a desarrollar el contexto operacional:

- a. Función: comprimir aire para usarlo en las selectoras de color
- b. Descripción de la operación: se aspira el aire del entorno y se comprime por medio de tornillos y después es enviado a un tanque de almacenamiento para llevarlo mediante tuberías hacia las selectoras.
- c. Diagrama de entrada y salidas:
 - Entradas: aire
 - Proceso: comprimir
 - Salidas: aire comprimido

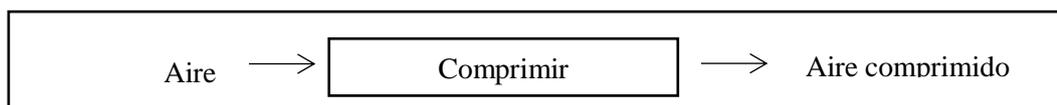


Figura 30. Entrada, Proceso y Salida de Compresor Schulz

Fuente: Elaboración propia

4.1.6.13. Maquinaria y mecanismos de transporte totales

Dentro de la maquinaria que forma parte del proceso productivo de G&B Molinos SAC se tiene descascaradoras electroneumáticas, elevadores de cangilones, cilindros alveolados, etc.

Tabla 25. Maquinaria de G&B Molinos SAC

Máquina	N° de máquina	Año de fabricación
Zaranda pre-limpiadora	2	1994
Descascaradoras electroneumáticas	5	1994
Separadores de cáscara	3	1994
Mesas paddy	2	1994
Pulidoras cónicas	3	1994
Pulidora al agua	2	2011
Zaranda vaivén	1	1994
Zaranda rota-vaivén	1	1994
Pulidora vertical	1	2015
Cilindros alveolados	6	1994
Selectoras	2	2006-2008
Dosificador de grano	1	1994
Compresor	1	
Elevador de cangilones (mecanismos)	9	
TOTAL	38	

Fuente: Elaboración propia, G&B Molinos SAC

4.1.7. Proceso Productivo

Recepción de materia prima

El arroz en cáscara, proveniente de las zonas de Nor oriente, Las lomas, Cerro Mocho, Lambayeque, ingresa a la empresa en camiones o tráileres donde se registra el N° placa, producto, cliente/proveedor, conductor, guía remisión, fecha y hora de ingreso. Después, se realiza la descarga de los sacos negros de arroz y se procede a realizar una muestra de la humedad.

Pre- limpieza

El arroz que llegó en sacos negros se procede a tenderlos en carpas a la intemperie y se les retira los materiales extraños como bolsas, rafia, plásticos, etc. Caso contrario si los sacos de arroz pasan a la secadora se procede a verter los sacos de arroz a una estructura de cemento que tiene unas mallas metálicas para hacer una pre-limpieza (retirando algunos elementos extraños).

Secado

Esta etapa de secado se da por dos maneras:

- Secado Natural

El arroz en cáscara es extendido por la cuadrilla en carpas en el patio y mediante los rayos solares se seca.

- Secado mecanizado (Secadoras)

El arroz es ingresado a las tolvas de secado donde los granos de arroz son sometidos a corrientes forzadas y controlado de aire.

Limpieza

Esta limpieza se produce en dos zarandas pre-limpiadoras, las cuales logran separar la pajilla de los granos de arroz o algún otro material que haya venido en el saco. Este proceso se logra porque las pre-limpiadoras poseen una malla que permite la limpieza y mediante un elevador de cangilones se lleva el arroz hacia las descascaradoras.

Descascarado

El arroz llega a las descascaradoras por un elevador y mediante una faja se va distribuyendo hacia las 5 descascaradoras electroneumáticas, las cuales aproximadamente producen de 35-40 sacos/hora. El descascarado se realiza por la combinación de la presión de dos rodillos que giran en forma contraria. En promedio los granos son descascarados de un 80 a 90%. El sistema de las descascaradoras tiene una salida por donde se succiona la cáscara (se usa los separadores de cáscara) y por el otro caen los granos de arroz, la cáscara que es separada es llevada a través de conductos a un ambiente exterior del molino.

Clasificado Gravimétrico

La descarga de granos de los separadores de cáscara, contiene una mezcla de arroz paddy y arroz descascarado (arroz integral). Para separar estos granos se utiliza la Mesa Paddy, que clasifica los granos por diferencia de densidades y está compuesta de celdas zig-zag interiores cuya forma de trabajo consiste en movimientos de vaivén. El arroz que es aceptado por mesa recibe el nombre de arroz integral.

Pulido

Este proceso se desarrolla en tres pulidoras cónicas o en una pulidora vertical las cuales se encargan de pulir el grano, aproximadamente la primera piedra cónica pule en un 30 %, la segunda un 30% y la última un 30%, para después pasar a una máquina pulidora al agua.

Blanqueo

Para la etapa del blanqueo del grano de arroz se hace uso de la máquina pulidora al agua, la cual se encarga de blanquear el grano, está compuesta de dos conductos por uno ingresa agua y por el otro aire.

Clasificado por tamaño

Para la clasificación de los granos de arroz se da por dos tipos: Se produce en una mesa de zaranda y en una rota vaivén (movimientos giratorios), ambas se encargan de separar el grano de arroz y el ñelen. Estas máquinas también alimentan a 6 cilindros clasificadores que separan el arrocillo de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$.

Seleccionado por color

Este seleccionado se produce en la selectora de color, la cual saca de proceso a los granos defectuosos y los granos buenos los envía a una tolva para proceder a su envasado. Selecciona los granos por colores, los cuales pueden ser tizado, granos manchados, etc.

Envasado

Una vez que las dos tolvas tienen un cierto nivel de llenado se procede a abrir una pequeña compuerta para comenzar a llenar los sacos.

A continuación, se muestra en la figura 31 parte de la descarga de los sacos de arroz que vienen en camiones o tráiler. Y también se muestra parte de la zona de almacenamiento de los sacos.



Figura 31. Descarga y almacenamiento de los sacos de arroz

Fuente: G&B Molinos SAC

4.1.8. Diagrama de flujo del proceso de producción del arroz en G&B Molinos S.A.C

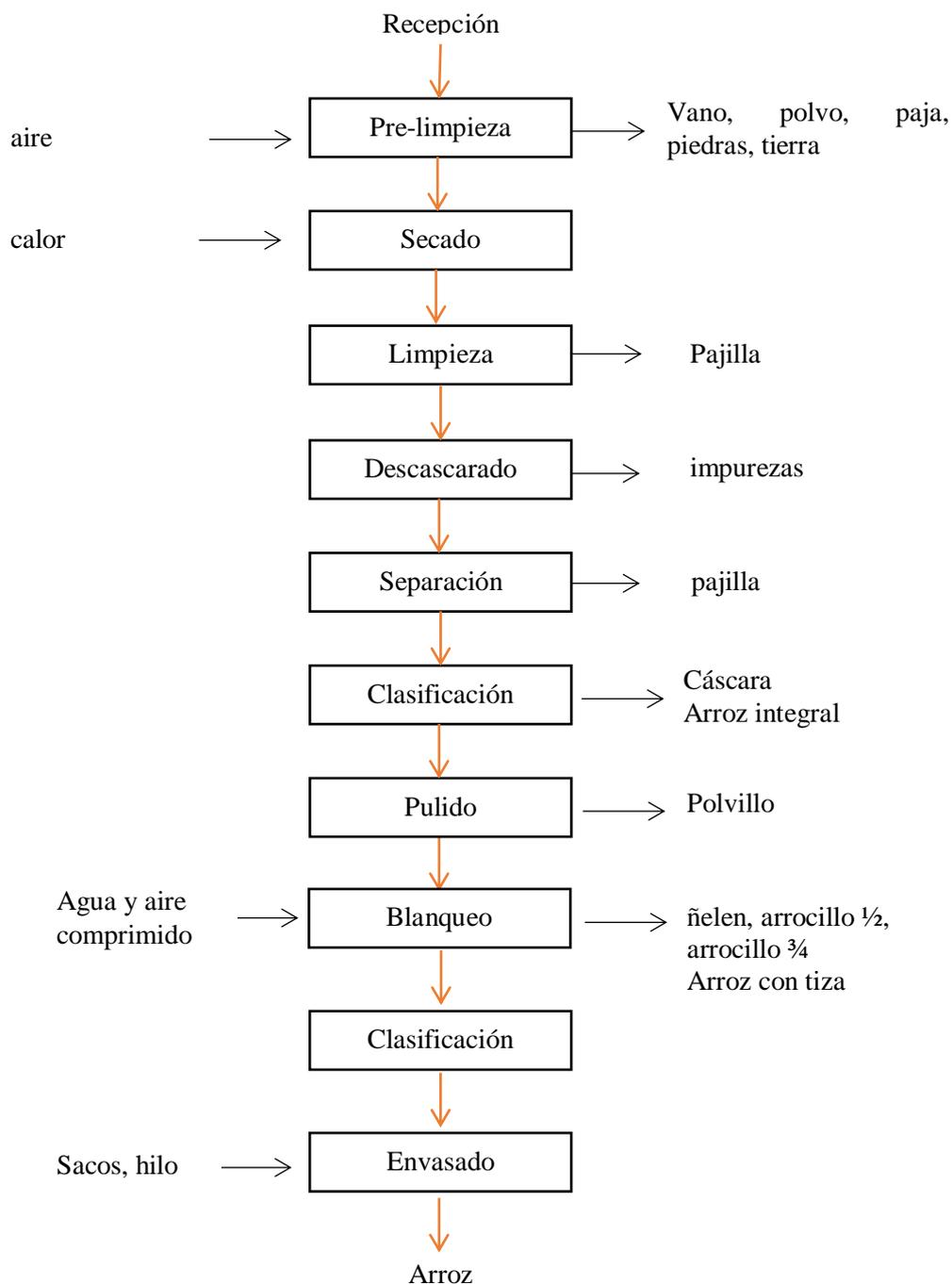


Figura 32. Proceso productivo del arroz

Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Proceso de mantenimiento actual

En la actualidad, la empresa G&B Molinos SAC no cuenta con un plan de mantenimiento, puesto que no se planifican ni se programan las actividades, recursos, tiempos ni responsables para la realización del mantenimiento de maquinarias. Ante el suceso de una falla, el personal aplica un mantenimiento correctivo, y este inicia cuando el jefe de producción detecta la falla en una máquina, ya sea porque el grano de arroz está muy quebrado, por sonidos o vibraciones extrañas en la máquina o porque esta se apaga, etc., lo que provoca una parada en la línea de producción.

Posteriormente, se verifica si la falla que se ha producido es producto de un elemento extraño (pajilla, bolsas, entre otros), para lo cual se procederá a retirarlo. Si es necesario el cambio de un repuesto se verifica su disponibilidad en el área de almacén, caso contrario se procede a avisarle al dueño de la empresa para que autorice la compra. Una vez adquirido el repuesto, se le entrega al jefe de producción para que con su ayudante realicen el cambio y reparación de la máquina. Finalmente se llena un formato de mantenimiento (figura 33), donde se especifica la máquina, repuestos, motivo de la falla, etc.

Para las tareas que se han realizado por las fallas tenemos que el mismo encargado de producción es el que realiza las correcciones, caso contrario como es Compresor Schulz, Selectora de color se encarga un personal externo para la tarea que se tenga que realizar.

Informe Técnico	N°	MOLINOS PIRATA"	"EL
1. Datos de la empresa			
MÁQUINA	_____	FECHA	_____
MODELO	_____	H. INICIO	_____ H. TÉRMINO
SERIE	_____	MANT	MP MC
AÑO	_____		
2. Diagnóstico inicial	_____		
3. Observaciones	_____		
4. Repuestos cambiados	_____		
5. Trabajo realizado	_____		
6. Observaciones y recomendaciones	_____		
7. Mantenimiento realizado por	_____		
_____	_____		
Jefe de planta			

Figura 33. Forma de Mantenimiento

Fuente: G&B Molinos SAC

4.1.10. Descripción de las fallas en las máquinas.

Para el diagnóstico de las fallas de las máquinas del proceso productivo, se tiene información de un año de fallas (2019). A continuación, se puede observar las máquinas del proceso productivo del arroz, la cual nos dará información de las fallas, modos de falla, números de fallas y horas de parada.

Tabla 26. Fallas de las máquinas del año 2019

Maquinaria	Fallas	Número de Fallas	Tiempo de parada (h)
Zaranda Pre-Limpiadora	Desgaste de mallas	2	6
	Desgaste de rodamientos	4	12
	Desgaste de faja	6	15
Descascaradoras electroneumáticas	Fuga de aire del tubo alimentador (sujetadores)	4	10
	Desgaste de rodillos	7	14
	Desajuste de pernos porta rodillos	4	2,80
	Rotura de los pernos porta rodillos.	10	29
	Desgaste de la faja	10	34
	Desgaste de rodamientos	9	29,70
	Rodamientos sin lubricación	7	28
Rotura de chumaceras	4	28	
Separadores de cáscara	Desgaste de mallas de zaranda	3	9
	Desgaste de fajas	6	15
	Desgaste de poleas	6	21

...(continúa) Tabla 26. Fallas de las máquinas del año 2019

Maquinaria	Fallas	Número de Fallas	Tiempo de parada (h)
	Desgaste de la faja	1	2,50
	Deterioro de bandejas	2	7,40
Mesas paddy	Desgaste de rodamientos	1	3
	Rodamientos sin lubricación	6	24
	Desgaste del polin	4	20
	Desgaste de los rodamientos	6	12
Pulidora Cónica	Desgaste de cribas	3	6
	Desgaste de los frenos	5	8,10
	Desgaste de la piedra cónica	6	36
	Desgaste de rodamientos	5	15
Pulidora vertical	Falta de lubricación de rodamientos	3	12

... (continúa) **Tabla 26. Fallas de las máquinas del año 2019**

Maquinaria	Fallas	Número de Fallas	Tiempo de parada (h)
	Desgaste de esmeriles	5	30
	Desgaste de la botella pulidora	2	12
	Rotura de fajas	2	16
	Desgaste de los frenos	4	12
	Desgaste del sinfín	1	6
	Desgaste del sinfín	4	11,16
	Rotura de manguera de aire	2	12
	Rotura de manguera de agua	2	12
Pulidora al agua	Desgaste de la botella pulidora	4	11,16
	Rotura de fajas	4	12
	Desgaste de rodamientos	7	12,24
	Desgaste de cribas	3	9,24
	Desgaste de las esferas de jebe	1	6
	Desgaste de mallas	1	5
Zaranda de ñelen	Desgaste de rodamientos	6	13,80
	Desgaste de faja	4	10
	Rotura de faja	4	16

...(continúa) **Tabla 26. Fallas de las máquinas del año 2019**

Maquinaria	Fallas	Número de Fallas	Tiempo de parada (h)
	Desgaste de mallas	1	5
	Desajuste de pernos de la malla	2	4
Zaranda rota vaivén	Desgaste de rodamientos	5	11,50
	Desgaste de faja	6	15
	Rotura de faja	3	12
Cilindros Alveolados	Rotura de faja	11	35,10
	Bloqueo de alveolos	14	29,95
Selectora por color	Eyectores quemados	8	24
	Lámpara quemada	4	12
	Obstrucción del filtro de aire	5	10
	Deterioro de la válvula termostática	1	1
Compresor Schulz	Deterioro de la válvula solenoide (bobina)	1	1
	Desgaste de la superficie de la válvula de seguridad	1	1
	Obstrucción de filtro de aceite	7	21

.... (continúa) **Tabla 26. Fallas de las máquinas del año 2019**

Maquinaria	Fallas	Número de Fallas	Tiempo de parada (h)
	Desalineación de la polea	15	36,15
Elevador de cangilones	Desprendimiento de cangilones	9	67,50
	Rotura de faja portacangilones	12	48
	Rotura de la faja	15	27
	Desgaste de rodamientos	12	27,60

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el resumen de fallas y el tiempo de parada del año 2019. Donde se muestra que las máquinas que más paradas son las descascaradoras electroneumáticas, pulidora al agua, elevadores de cangilones, etc. Dando un total de 312 fallas y tiempo de parada 994,90 horas.

Tabla 27. Resumen del número de fallas y el tiempo de parada

Maquinaria	Número de Fallas	Tiempo de parada (h)
Zaranda pre-limpiadora	12	33
Descascaradoras electroneumáticas	55	175,50
Separadores de cáscara	15	45
Mesa Paddy	14	56,9
Pulidoras cónicas	20	62,10
Pulidora vertical	22	103
Pulidora al agua	26	79,80
Zaranda ñelen	16	50,80
Zaranda rota-vaivén	17	47,50
Cilindros alveolados	25	65,05
Selectoras	12	36
Compresor	15	34
Elevador de cangilones (mecanismos)	63	206,25
TOTAL	312	994,90

Fuente: Elaboración propia

4.1.11. Costos de mantenimiento

En la Tabla 28 se muestra los costos de mantenimiento de las máquinas por las fallas que han presentado durante el año 2019, se observa la máquina, modo de falla, repuesto en caso se realizó un cambio, costo por la falla y adicionalmente costo de servicio tercerizado cuando ha sido necesario ver un personal externo para que repare la falla.

Tabla 28. Costos de mantenimiento de las máquinas

Máquina	Fallas	Repuesto, pieza o insumo	Servicio Tercerizado (S/)	Costo por Falla (S/)	Unidades	Costo Total (S/)
Zaranda pre-limpiadora	Desgaste de mallas	Malla	-	50	2	100
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	-	90	4	360
	Desgaste de faja	Faja	-	30	6	180
Descascaradoras electroneumáticas	Fuga de aire del tubo alimentador (sujetadores)	Sujetadores	-	5	4	20
	Desgaste de rodillos	Rodillo	-	110	7	770
	Desajuste de pernos porta rodillos	-	-	-	-	-
	Rotura de los pernos porta rodillos.	Pernos	-	35	10	350
	Desgaste de la faja	Faja (tensión)	-	30	10	300
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	-	90	9	810
	Rodamientos sin lubricación	-	-	5	7	35
	Rotura de chumaceras	Chumaceras	-	75	4	300
Separadores de cáscara	Desgaste de mallas de zaranda	Mallas	-	50	3	150
	Desgaste de fajas	Fajas	-	30	6	180
	Desgaste de poleas	Poleas	-	45	6	270

...(continúa) Tabla 28. Costos de mantenimiento de las máquinas

Máquina	Fallas	Repuesto, pieza o insumo	Servicio Tercerizado (S/)	Costo por Falla (S/)	Unidades	Costo Total (S/)
Mesa Paddy	Desgaste de la faja	Faja	-	30	1	30
	Deterioro de bandejas	Bandeja	-	28	2	56
	Desgaste de rodamientos	Rodamiento	-	90	1	90
	Rodamientos sin lubricación	Lubricación	-	5	6	30
	Desgaste del polín	Polín	-	100	4	400
Pulidoras cónicas	Desgaste de los rodamientos	Rodamiento	-	90	6	540
	Desgaste de cribas	Cribas	-	40	3	120
	Desgaste de los frenos	Frenos	-	75	5	405
	Desgaste de la piedra cónica	Esmerilado de piedra cónica	135	0	6	810
Pulidora vertical	Desgaste de rodamientos	Rodamiento	-	90	5	450
	Falta de lubricación de rodamientos	Lubricante	-	5	3	15
	Desgaste de esmeriles	Esmeriles (anchos y delgados)	-	450	5	2 250
	Desgaste de la botella pulidora	Botella	-	500	2	1 200
	Rotura de fajas	Fajas	-	30	2	60
	Desgaste de los frenos	Frenos	-	75	4	300
	Desgaste del sinfín	Sinfín	-	450	1	450

...(continúa) Tabla 28. Costos de mantenimiento de las máquinas

Máquina	Fallas	Repuesto, pieza o insumo	Servicio Tercerizado (S/)	Costo por Falla (S/)	Unidades	Costo Total (S/)	
Pulidora al agua	Desgaste del sinfín	Sinfín	-	450	4	1 620	
	Rotura de manguera de aire	Manguera de aire	-	18	2	36	
	Rotura de manguera de agua	Manguera de agua	-	18	2	36	
	Desgaste de la botella pulidora	Botella pulidora	-	550	4	1 980	4 488
	Rotura de fajas	Fajas	-	30	4	120	
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	-	90	7	612	
	Desgaste de cribas	Cribas	-	30	3	84	
Zaranda ñelen	Desgaste de esferas de jebe	Esferas de jebe	-	200	1	200	
	Desgaste de mallas	Mallas	-	50	1	50	
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	-	90	6	540	1 030
	Desgaste de faja	Fajas	-	30	4	120	
	Rotura de faja	Fajas	-	30	4	120	
Zaranda rota-vaivén	Desgaste de mallas	Mallas	-	50	1	50	
	Desajuste de pernos de la malla	Pernos	-	-	-	-	
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	-	90	5	450	770
	Desgaste de faja	Faja	-	30	6	180	
	Rotura de faja	Faja	-	30	3	90	
Cilindros alveolados	Rotura de faja	Faja	-	30	11	324	
	Bloqueo de alveolos	Limpieza y lavado (escobilla, trapo, etc.)	-	10	14	144	468

...(continúa) Tabla 28. Costos de mantenimiento de las máquinas

Máquina	Fallas	Repuesto, pieza o insumo	Servicio Tercerizado (S/)	Costo por Falla (S/)	Unidades	Costo Total (S/)	
Selectoras	Eyectores quemados	Eyectores (64 eyectores)	300	200	8	4 000	5 880
	Lámpara quemada	Lámpara	300	170	4	1 880	
Compresor	Obstrucción del filtro de aire	Filtro de aire	100	75	5	875	4 121
	Deterioro de la válvula termostática	Válvula termostática	100	642	1	742	
	Deterioro de la válvula solenoide (bobina)	Válvula solenoide	100	834	1	934	
	Desgaste de la superficie de la válvula de seguridad	Válvula de seguridad	100	350	1	450	
	Obstrucción de filtro de aceite	Filtro de aceite	100	60	7	1 120	
Elevador de cangilones (mecanismos)	Desalineación de la polea	-	-	-	-	-	4 410
	Desprendimiento de cangilones	-	-	-	-	-	
	Rotura de faja portacangilones	Faja portacangilones	-	240	12	2 880	
	Rotura de la faja	Faja	-	30	15	450	
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	-	90	12	1 080	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 29 se puede ver los costos totales por cada máquina con respecto al mantenimiento, teniendo con mayores costos a las descascaradoras electroneumáticas, pulidora al agua, etc. Dando como resultado un total de S/ 32 198.

Tabla 29. Resumen de los costos de mantenimiento

Máquina	Costo de Materiales (S/)
Zaranda pre-limpiadora	640
Descascaradoras electroneumáticas	2 585
Separadores de cáscara	600
Mesa Paddy	606
Pulidoras cónicas	1 875
Pulidora vertical	4 725
Pulidora al agua	4 488
Zaranda ñelen	1 030
Zaranda rota-vaivén	770
Cilindros alveolados	468
Selectoras	5 880
Compresor	4 121
Elevador de cangilones (mecanismos)	4 410
Total	32 198

Fuente: Elaboración propia

4.1.12. Árbol de fallas

A continuación, se realizan los árboles de fallas de las máquinas como herramienta que nos ayudara a localizar las causa-raíz de las fallas.

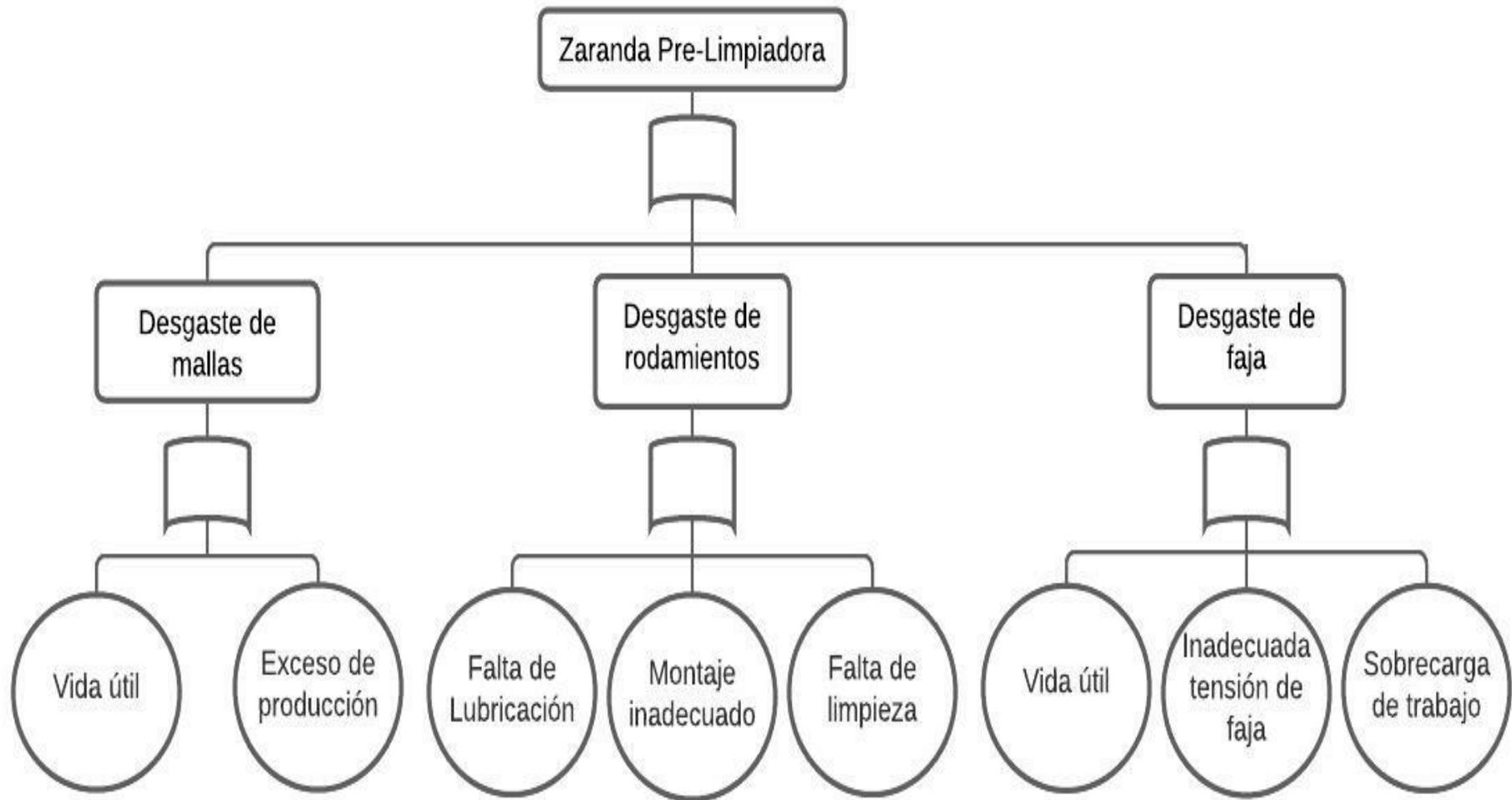


Figura 34. Árbol de falla de Zaranda Pre-limpiadora

Fuente: Elaboración propia

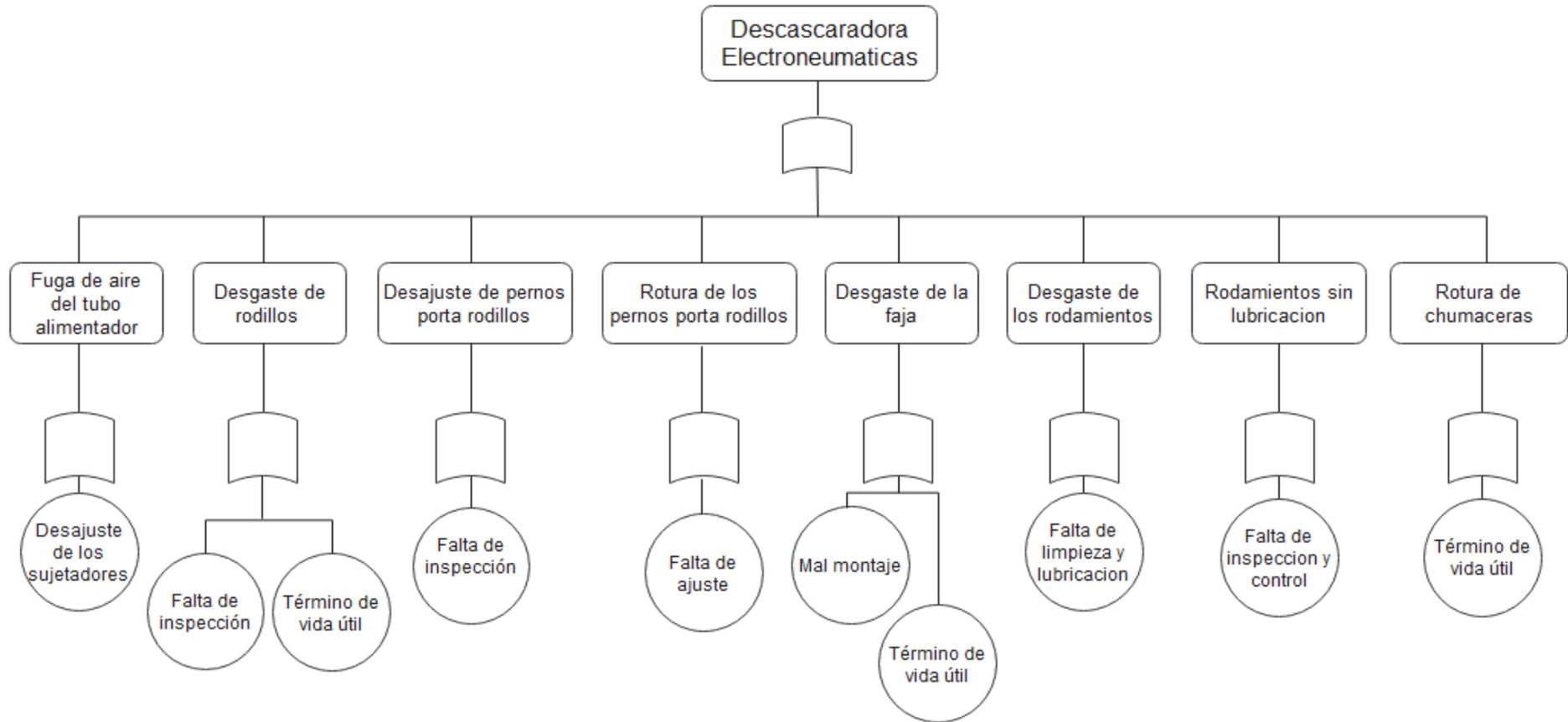


Figura 35. Árbol de falla de Descascaradora Electroneumáticas

Fuente: Elaboración propia

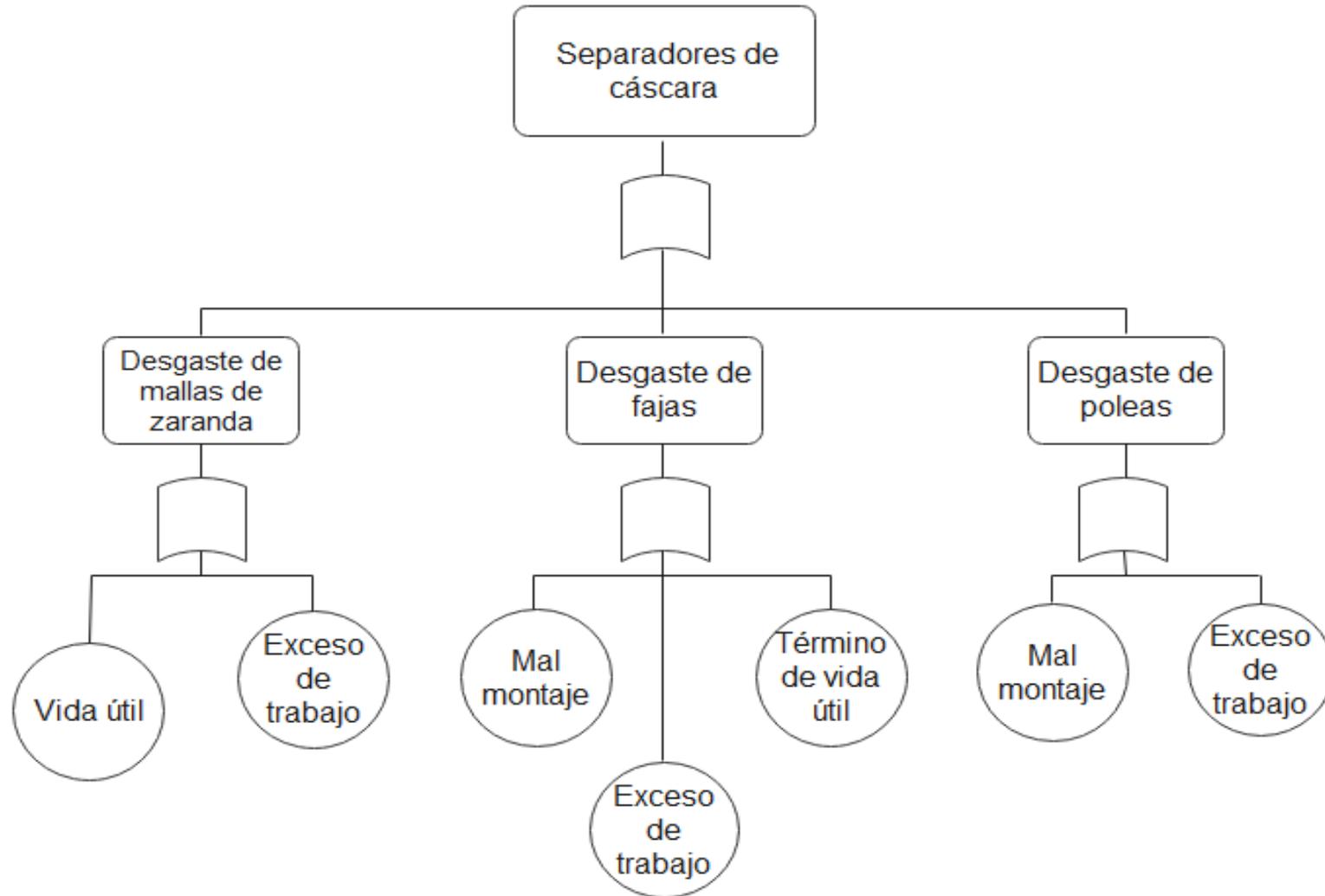


Figura 36. Árbol de falla de Separadores de cáscara

Fuente: Elaboración propia

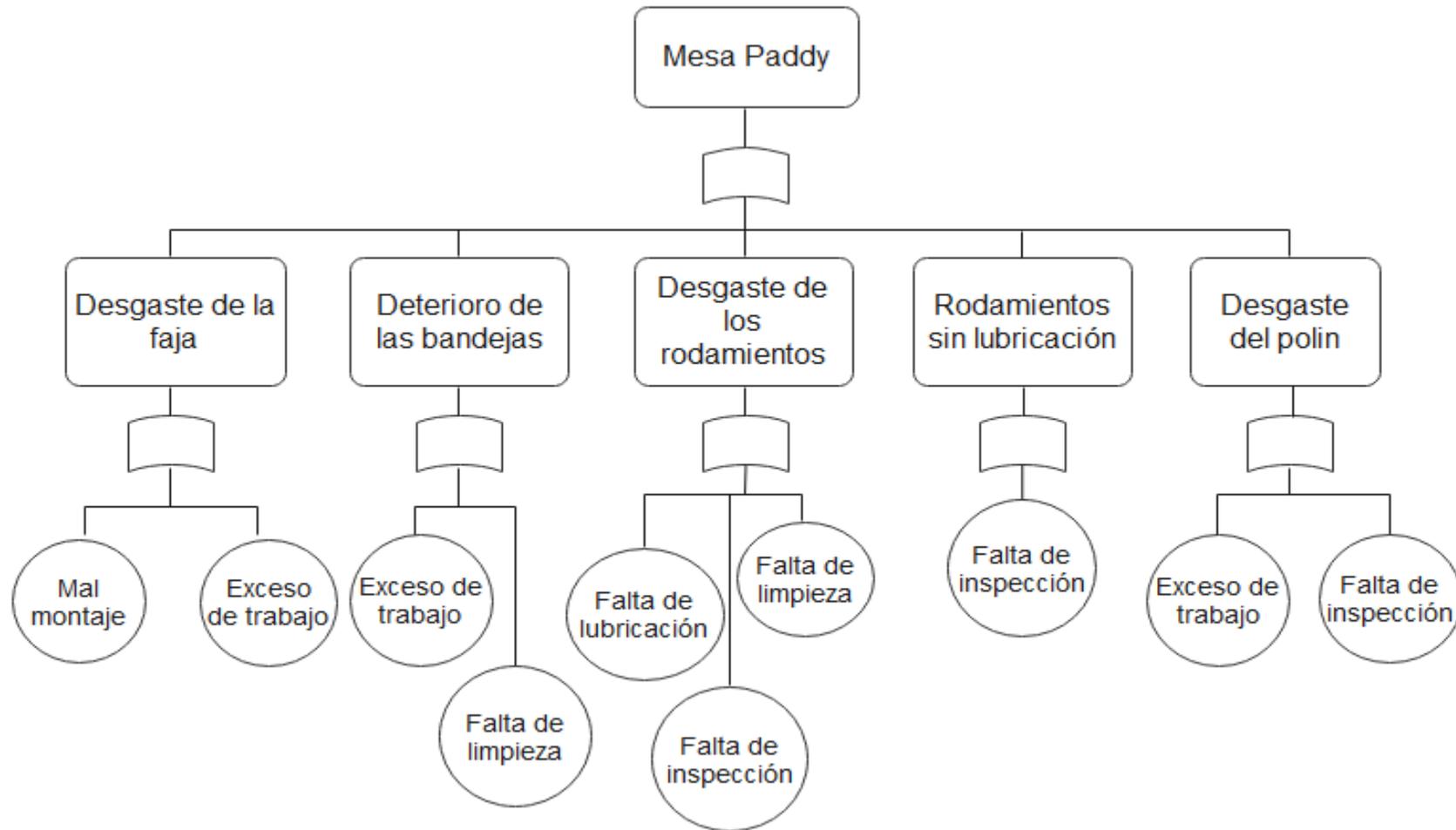


Figura 37. Árbol de falla Mesa Paddy

Fuente: Elaboración propia

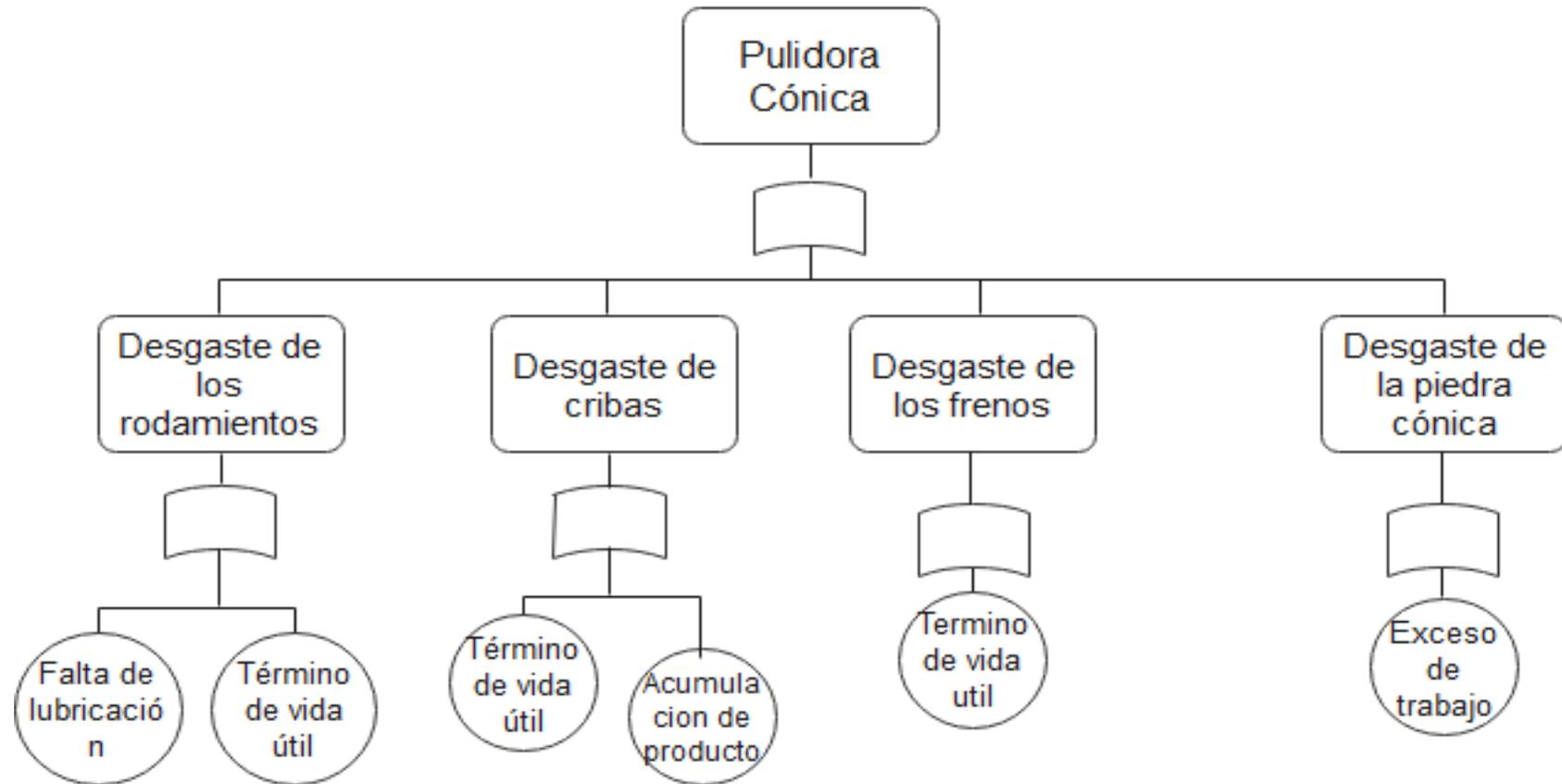


Figura 38. Árbol de falla Pulidora cónica

Fuente: Elaboración propia

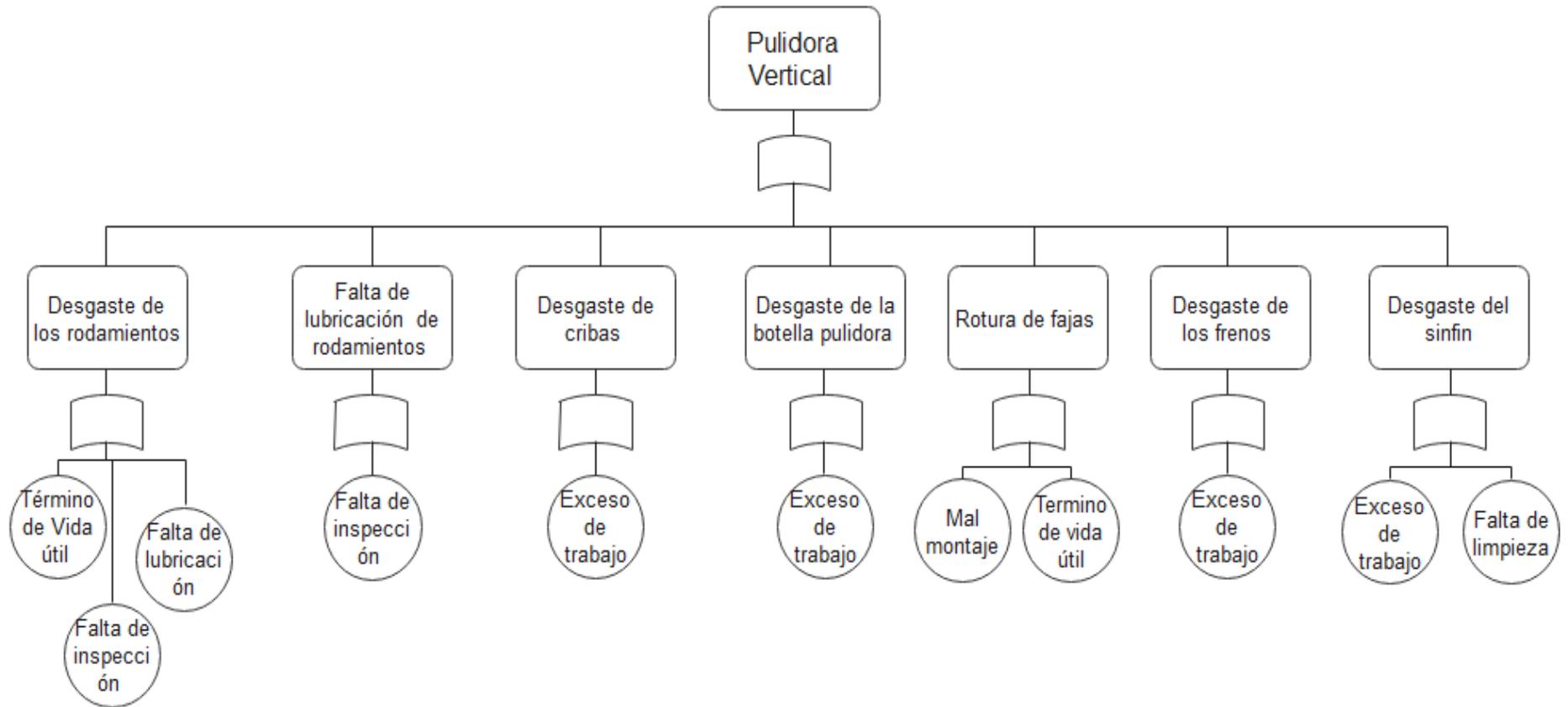


Figura 39. Árbol de falla Pulidora vertical

Fuente: Elaboración propia

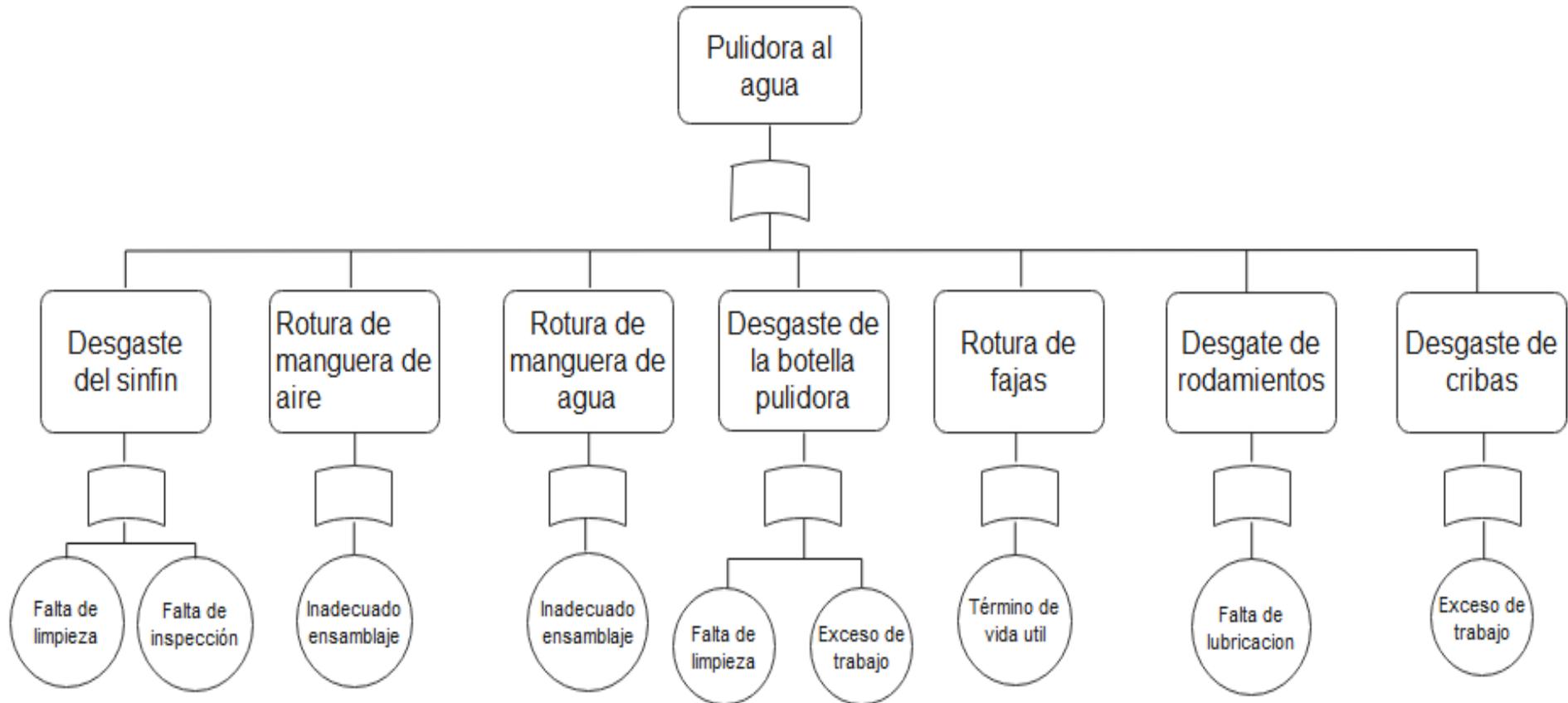


Figura 40. Árbol de falla Pulidora al agua

Fuente: Elaboración propia

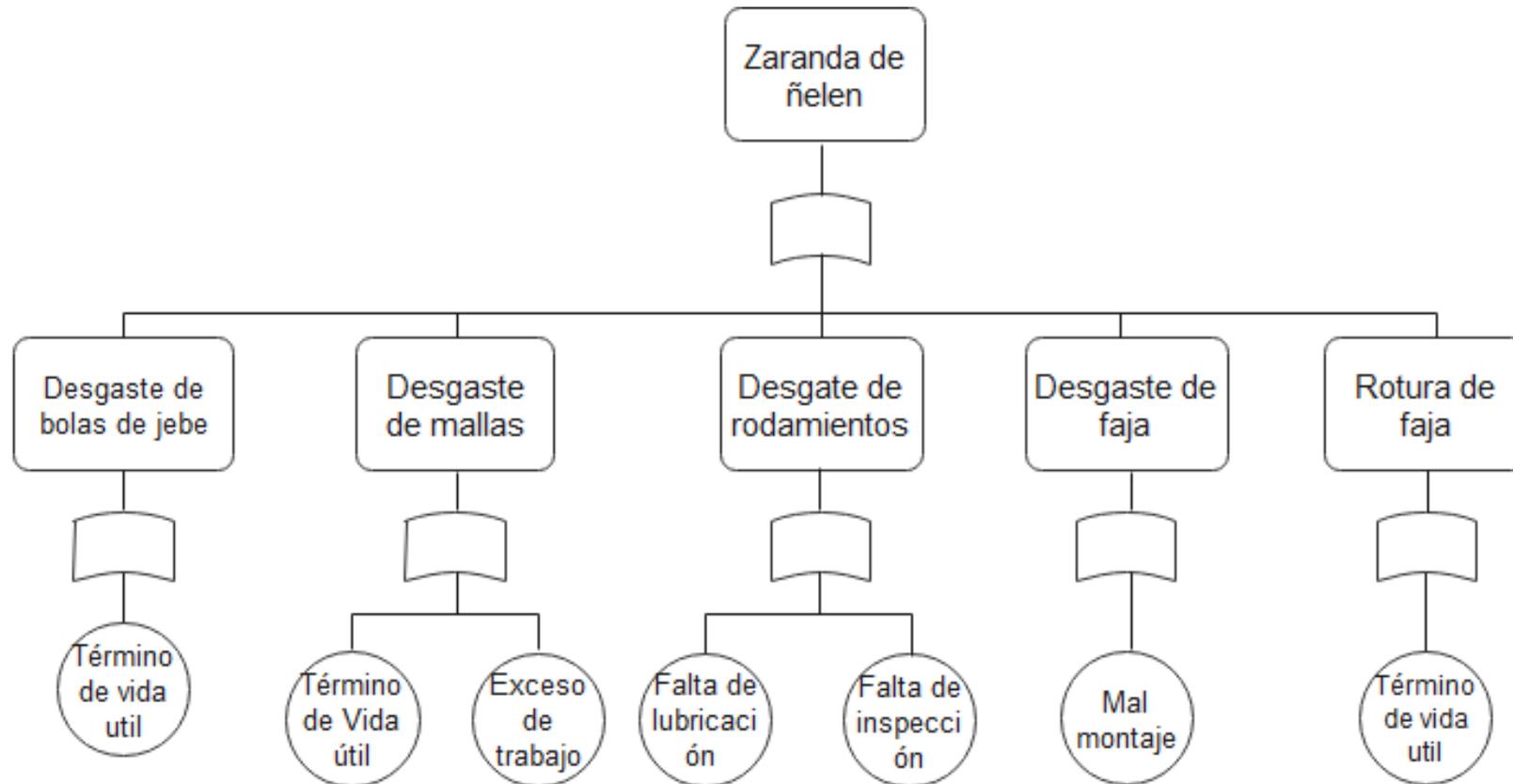


Figura 41. Árbol de falla Zaranda de ñelen

Fuente Elaboración propia

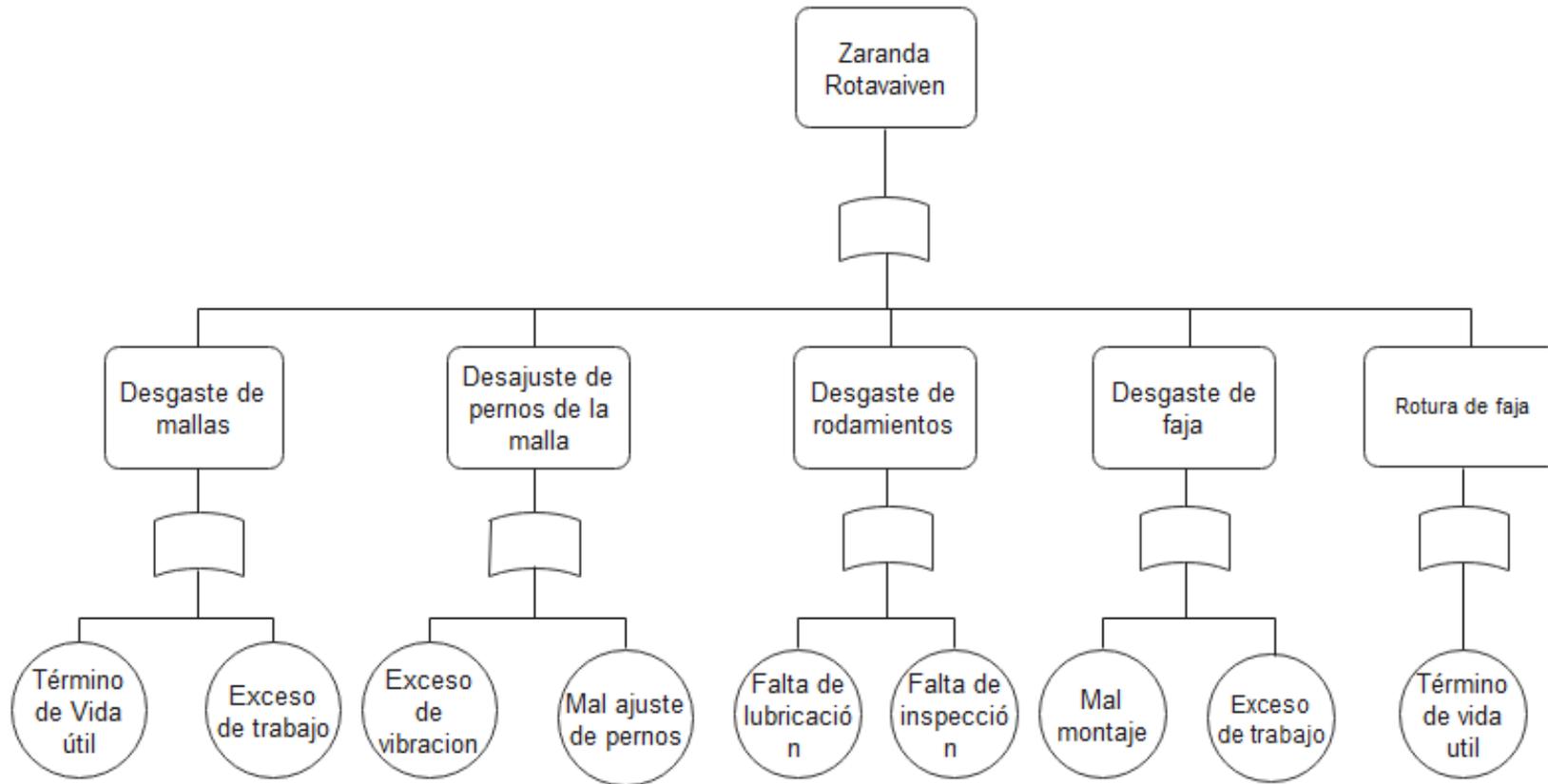


Figura 42. Árbol de falla Zaranda rotavaiven

Fuente: Elaboración propia

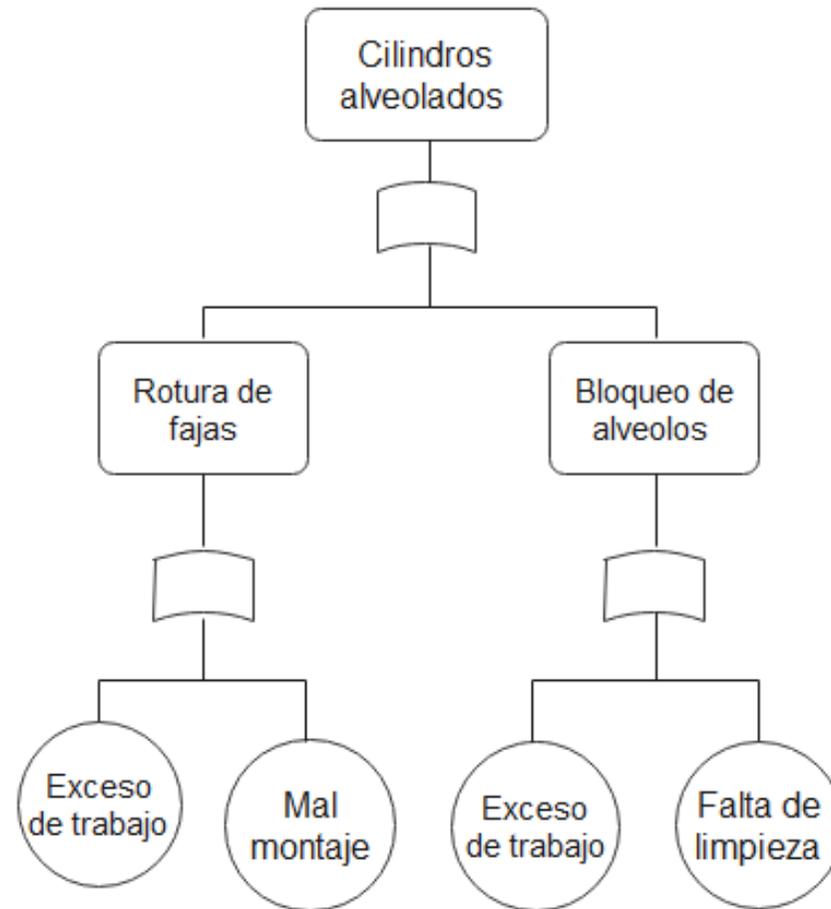


Figura 43.Árbol de falla Cilindros alveolados

Fuente: Elaboración propia

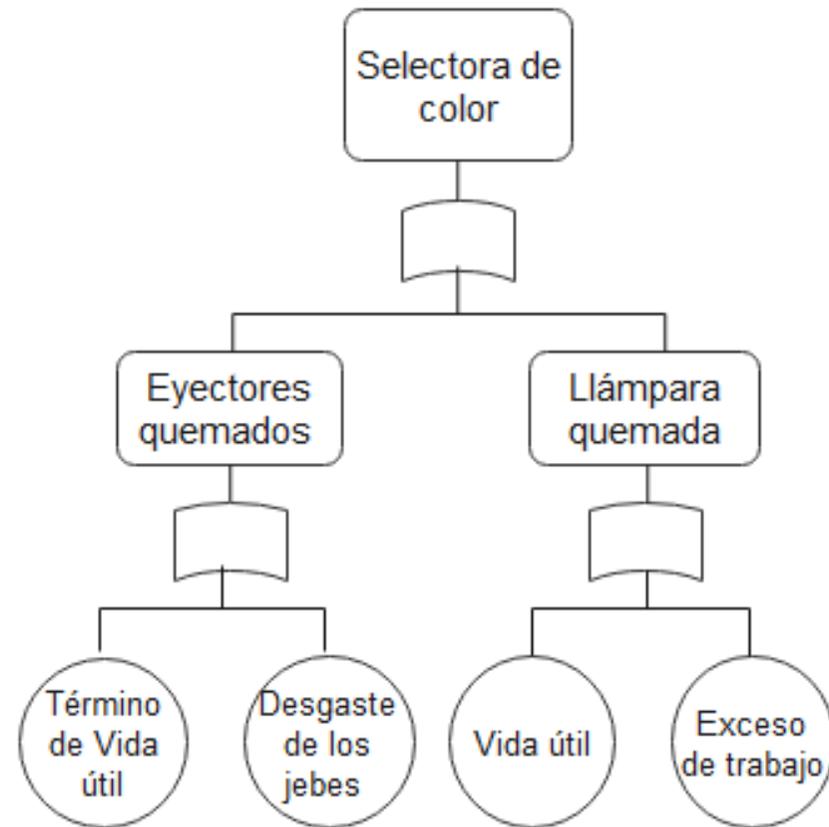


Figura 44. Árbol de falla Selector de color

Fuente: Elaboración propia

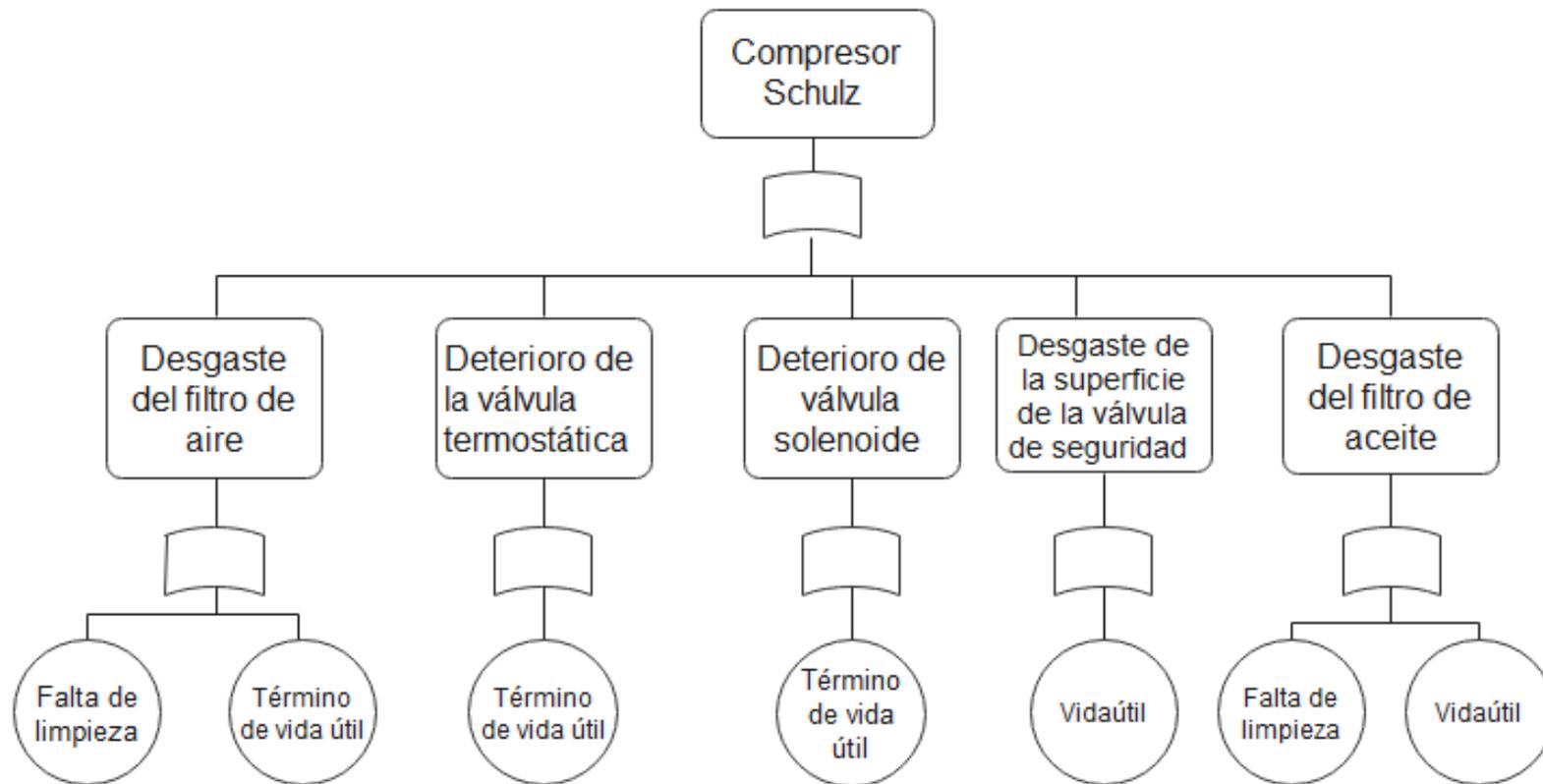


Figura 45. Árbol de falla Compresor Schulz

Fuente: Elaboración propia

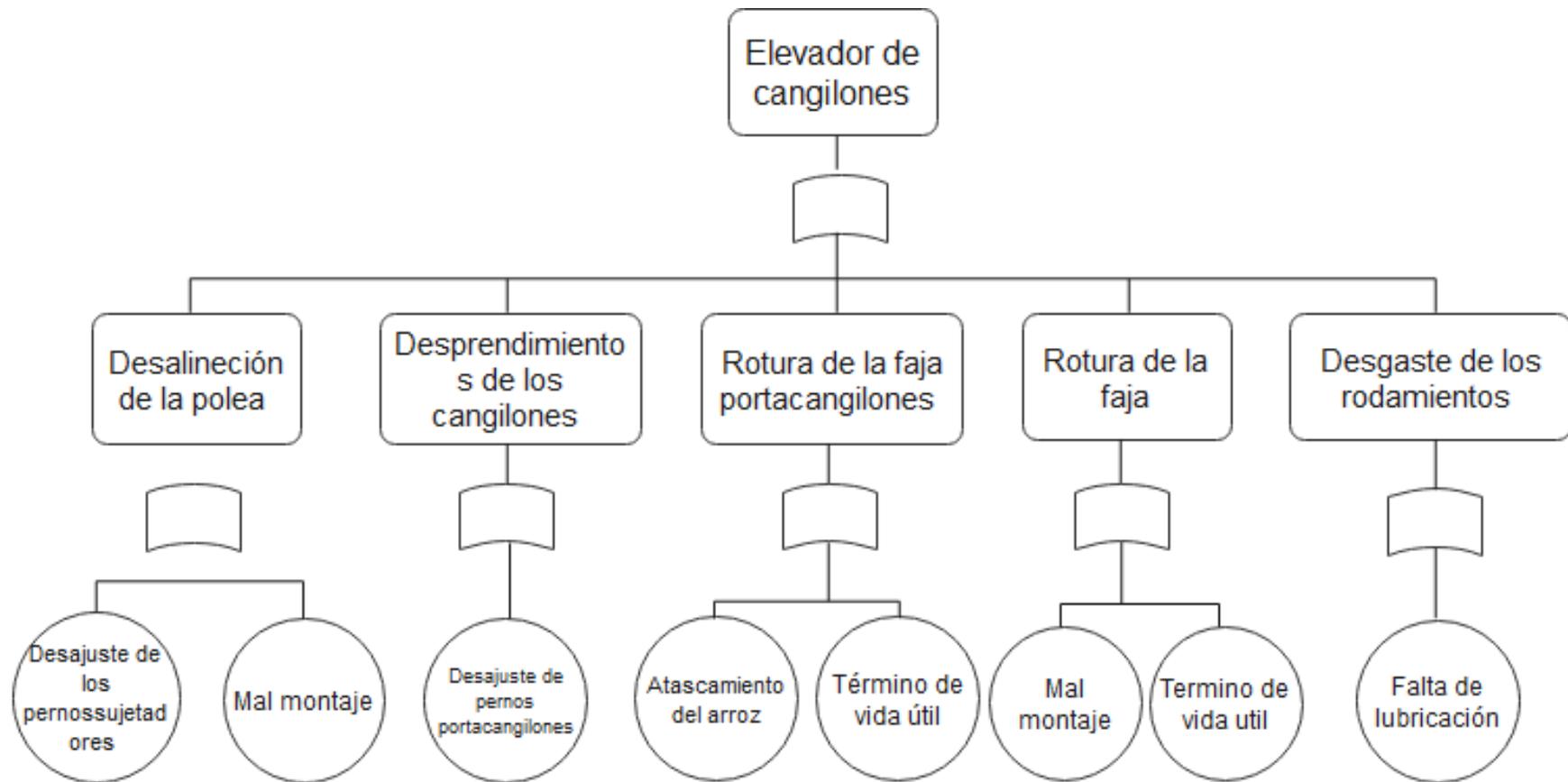


Figura 46. Árbol de falla Elevador de cangilones

Fuente: Elaboración propia

4.1.13. Producción de sacos de arroz

En la Tabla 30 contiene datos de la producción de sacos desde el mes de enero hasta diciembre en el año 2019, teniendo un total de 613 489 sacos. Se puede observar que durante el año el mes que menos sacos producidos habido es Mayo con 40 653 sacos y Diciembre como el mes que mayor producción hubo con 59 289 sacos.

Tabla 30. Producción de sacos pilados de arroz

Mes	Producción (Sacos)
Enero	58 874
Febrero	52 269
Marzo	49 685
Abril	51 525
Mayo	40 653
Junio	50 642
Julio	38 235
Agosto	54 442
Setiembre	49 744
Octubre	52 859
Noviembre	55 272
Diciembre	59 289
Total	613 489

Fuente: Elaboración propia

4.1.14. Indicadores de mantenimiento

Confiabilidad

A continuación, en la Tabla 30 se detalla los distintos tiempos como: tiempo total, tiempo total de operación y el Numero de fallas de cada máquina para poder hallar la confiabilidad. Tomando como tiempo total 5 616 horas debido a que la empresa trabaja 2 turnos de 9 horas 6 días a la semana y 52 semanas al año. Obteniendo un MTBF de 14,81 h.

Tabla 31. Confiabilidad de las máquinas

Maquina	Tiempo total (h)	Tiempo de paradas (h)	Tiempo de operación (h)	Nº de fallas	MTBF (h)
Zaranda pre-limpiadora	5 616	33	5 583	12	465,25
Descascaradoras electroneumáticas	5 616	175,50	5 440,5	55	98,92
Separadores de cáscara	5 616	45	5 571	15	371,40
Mesa Paddy	5 616	56,90	5 559,1	14	397,07
Pulidoras cónicas	5 616	62,10	5 553,9	20	277,70
Pulidora vertical	5 616	103	5 513	22	250,59
Pulidora al agua	5 616	79,80	5 536,2	25	212,93
Zaranda ñelen	5 616	50,80	5 565,2	16	347,83
Zaranda rota-vaivén	5 616	47,50	5 568,5	17	327,56
Cilindros alveolados	5 616	65,05	5 550,95	25	222,04
Selectoras	5 616	36	5 580	12	465
Compresor	5 616	34	5 582	15	372,13
Elevador de cangilones (mecanismos)	5 616	206,25	5 409,75	63	85,87
TOTAL	5 616	994,9	4 621	312	14,81

Fuente: Elaboración propia

Mantenibilidad

En la Tabla 32, se analizó el tiempo promedio de reparación (MTTR) de cada máquina del proceso.

Tabla 32. Mantenibilidad de las máquinas

Máquina	Tiempo de averías	Nº fallas	Tiempo medio para reparar-MTTR (horas)
Zaranda pre-limpiadora	33	12	2,75
Descascaradoras electroneumáticas	175,5	55	3,19
Separadores de cáscara	45	15	3
Mesa Paddy	56,9	14	4,06
Pulidoras cónicas	62,1	20	3,11
Pulidora vertical	103	22	4,68
Pulidora al agua	79,8	26	3,07
Zaranda ñelen	50,8	16	3,18
Zaranda rota-vaivén	47,5	17	2,79
Cilindros alveolados	65,05	25	2,60
Selectoras	36	12	3
Compresor	34	15	2,27
Elevador de cangilones (mecanismos)	206,25	63	3,27
TOTAL	994,9	312	3,19

Fuente: Elaboración propia

Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Horas inoperativas}}{\text{Horas operativas}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{5\,616 - 994,9}{5\,616} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 82,28\%$$

4.1.15. Utilidades

Para determinar las utilidades de la empresa, se procedió a calcular la utilidad unitaria por cada saco (los cálculos a mayor detalle se muestran en el anexo 2). A continuación, se muestra la utilidad unitaria:

Tabla 33. Costo unitario por pilado de saco de arroz

Material	Cantidad	Unidad	Costo (S/)
Costo de producción			
Material Directo			
Arroz en cáscara	0	0	0
Material Indirecto			
Sacos	1	Unidad	1,20
Hilo	0,005	Unidad	0,08
Mano de obra directa			
Mano de obra directa	12	Unidad	0,29
Gastos Generales de Fabricación			
Agua			0,08
Energía			0,37
Costo de Producción (S//saco)			2,02
Gastos administrativos (S//saco)			0,31
Costo Total (S/)			2,34
Precio de Pilado			6
Utilidad (S//saco)			3,66

Fuente: G&B Molinos SAC

En base a la producción histórica, se muestra la utilidad de la empresa:

Tabla 34. Utilidades del año 2019

Mes	Producción (Sacos)	Utilidad Unitaria (S/)	Utilidad percibida (S/)
Enero	58 874	3,66	215 478,84
Febrero	52 269	3,66	191 304,54
Marzo	49 685	3,66	181 847,10
Abril	51 525	3,66	188 581,50
Mayo	40 653	3,66	148 789,98
Junio	50 642	3,66	185 349,72
Julio	38 235	3,66	139 940,10
Agosto	54 442	3,66	199 257,72
Setiembre	49 744	3,66	182 063,04
Octubre	52 859	3,66	193 463,94
Noviembre	55 272	3,66	202 295,52
Diciembre	59 289	3,66	216 997,74
Total	613 489		2 245 369,74

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las utilidades no percibidas teniendo en cuentas los tiempos de paradas de las máquinas, producción por hora, etc. Dando un total de 484 297,42 soles de utilidad no percibidas por las distintas fallas que se han producido a lo largo del año.

Tabla 35. Utilidades no percibidas

Maquinaria	Tiempo de parada (h)	Producción por hora	Total no Producido (sacos)	Utilidad (S/)	Utilidad no percibida (S/)
Zaranda pre-limpiadora	33	133	4 389	3,66	16 063,74
Descascaradoras electroneumáticas	175,50	133	23 341,5	3,66	85 429,89
Separadores de cáscara	45	133	5 985	3,66	21 905,1
Mesa Paddy	56,90	133	7 567,7	3,66	27 697,78
Pulidoras cónicas	62,10	133	8 259,3	3,66	30 229,04
Pulidora vertical	103	133	13 699	3,66	50 138,34
Pulidora al agua	79,80	133	10 613,4	3,66	38 845,04
Zaranda ñelen	50,80	133	6 756,4	3,66	24 728,42
Zaranda rota-vaivén	47,50	133	6 317,5	3,66	23 122,05
Cilindros alveolados	65,05	133	8 651,65	3,66	31 665,04
Selectoras	36	133	4 788	3,66	17 524,08
Compresor	34	133	4 522	3,66	16 550,52
Elevador de cangilones (mecanismos)	206,25	133	27 431,25	3,66	100 398,38
Total	994,90				484 297,42

Fuente: Elaboración propia

4.2. Elaboración del Plan de Mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad

El desarrollo del segundo objetivo estuvo basado en la elaboración de una propuesta de Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, con la finalidad que los indicadores mejoren y se obtenga un mejor funcionamiento de las máquinas. Para ello, se planteó el siguiente objetivo general y los siguientes objetivos específicos del plan de mantenimiento:

4.2.1. Objetivos del plan de mantenimiento preventivo

Objetivo General:

Garantizar que la maquinaria esté operativa y en óptimas condiciones para la producción de los sacos de arroz durante el tiempo establecido de producción, evitando tiempos de parada innecesarias.

Objetivos Específicos:

Realizar la codificación de los equipos de producción.

Desarrollar el análisis de criticidad y diagrama de Pareto

Elaborar el análisis de Modo de Falla y Efecto de Falla

Llenar las hojas de decisión RCM

Establecer el Plan de actividades y cronograma de mantenimiento preventivo

4.2.2. Codificación de los equipos

Actualmente G&B Molinos SAC no tiene una codificación (ver Tabla 36) ya establecida para las máquinas que participan en el proceso productivo, para ellos se tienen que identificar el equipo y adicionalmente los componentes que confirman el equipo.

Tabla 36. Codificación de máquinas

MÁQUINAS	CODIFICACIÓN
Zaranda Pre-limpiadora 1	ZP1
Zaranda Pre-limpiadora 2	ZP2
Descascaradoras Electroneumáticas 1	DE1
Descascaradoras Electroneumáticas 2	DE2
Descascaradoras Electroneumáticas 3	DE3
Descascaradoras Electroneumáticas 4	DE4
Descascaradoras Electroneumáticas 5	DE5
Separador de Cáscara 1	SC1
Separador de Cáscara 2	SC2
Separador de Cáscara 3	SC3
Mesa Paddy 1	MP1
Mesa Paddy 2	MP2
Pulidora Cónica 1	PC1
Pulidora Cónica 2	PC2
Pulidora Cónica 3	PC3
Pulidora vertical	PV1
Pulidora al Agua 1	PA1
Pulidora al Agua 2	PA2
Zaranda ñelen	ZÑ1
Zaranda rota-vaivén	ZR1
Cilindros Alveolados 1	CA1
Cilindros Alveolados 2	CA2
Cilindros Alveolados 3	CA3
Cilindros Alveolados 4	CA4
Cilindros Alveolados 5	CA5
Cilindros Alveolados 6	CA6
Selectora 1	S1
Selectora 2	S2
Compresor 1	C1
Elevador de Cangilones 1	EC1
Elevador de Cangilones 2	EC2
Elevador de Cangilones 3	EC3
Elevador de Cangilones 4	EC4
Elevador de Cangilones 5	EC5
Elevador de Cangilones 6	EC6
Elevador de Cangilones 7	EC7
Elevador de Cangilones 8	EC8
Elevador de Cangilones 9	EC9

Fuente:Elaboración propia

A continuación, se presenta la Tabla 37, que corresponde a la codificación de los componentes que conforman al compresor.

Tabla 37. Codificación del compresor

Equipo	Componentes	Codificación
Compresor	Radiador	C-R
	Cabina	C-C
	Válvula de presión mínima	C-VPM
	Válvula check	C-VC
	Válvula retención de aceite	C-VRA
	Válvula ventilación	C-VV
	Válvula de seguridad	C-VS
	Tanque de aire/aceite	C-T
	Válvula termostática	C-VT
	Válvula de admisión	C-VA
	Filtro de aire	C-FA
	Polea	C-P
	Correa	C-CO
	Polea motora	C-PM
	Filtro de aceite	C-FA
	Unidad compresora	C-UC
	Arrancador	C-A
Visor nivel aceite	C-V	
Tapón abastecimiento de aceite	C-T	
Indicador restricción del filtro de aire	C-I	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 38 corresponde a la codificación de los componentes que conforman a la descascaradora electroneumática.

Tabla 38. Codificación de descascaradora electroneumática

Equipo	Componentes	Codificación
Descascaradoras Electroneumáticas	Sujetadores	DE-S
	Faja	DE-F
	Rodillos	DE-R
	Pernos porta rodillos	DE-PP
	Rodamientos	DE-RO
	Chumaceras	DE-C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 39 corresponde a la codificación de los componentes que conforman a la pulidora vertical.

Tabla 39. Codificación de componente de Pulidora Vertical

Equipo	Componentes	Codificación
Pulidora Vertical	Poleas	PV-P
	Fajas	PV-F
	Rodamiento	PV-RS
	Cribas	PV-C
	Porta cribas	PV-PC
	Botella	PV-B
	Tornillo Sin-fin	PV-TS
	Camiseta	PV-C
	Plato	PV-P
	Bocina	PV-B
	Esmeriles Anchos	PV-EA
	Esmeriles Delgados	PV-ED
	Aspirador	PV-A
	Inyección de aire	PV-I
	Cámara de pulido	PV-C
	Cilindro de la Pulidora	PV-CP
	Tubo de aire	PV-T
	Eje de la pulidora	PV-E
Tolva	PV-T	
Ventilador	PV-V	
Regulador de entrada del arroz	PV-R	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 40 corresponde a la codificación de los componentes que conforman el elevador de cangilones.

Tabla 40. Codificación de elevadores de cangilones

Sistema	Componentes	Codificación
Elevador de Cangilones	Rodamientos	EC-R
	Rueda de tracción	EC-RT
	Chumaceras	EC-C
	Faja	EC-F
	Polea	EC-P
	Cangilones	EC-CA
	Faja portacongilones	EC-FP
	Pernos porta cangilones	EL-P

Fuente: Elaboración propia

Después de haber realizado la codificación de las máquinas del proceso y después la codificación de los componentes de las máquinas procedemos a desarrollar el análisis de criticidad.

4.2.3. Análisis de criticidad

Se realiza un análisis de criticidad (ver tabla 41) de las máquinas que forman parte del proceso productivo del arroz, para poder ayudarnos a identificar y evaluar cuáles de todas estas máquinas son críticas en el proceso, para ello nos afianzaremos de factores de ponderación de 5 criterios como: frecuencia de falla, impacto operación, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento e impacto en seguridad, ambiente e higiene.

Tabla 41. Análisis de criticidad

Maquina	Factor de Frecuencia de falla (EF)	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto en Seguridad, Ambiente e Higiene	Consecuencia	CTR
Zaranda pre-limpiadora	4	1	1	1	1	3	12
Descascaradoras electroneumáticas	4	7	4	2	3	33	132
Separadores de cáscara	4	1	1	1	1	3	12
Mesa Paddy	4	1	1	1	3	5	20
Pulidoras cónicas	4	7	4	1	7	36	144
Pulidora vertical	4	1	2	2	1	5	20
Pulidora al agua	4	4	1	2	1	7	28
Zaranda ñelen	4	1	1	1	1	3	12
Zaranda rota-vaivén	4	1	1	1	1	3	12
Cilindros alveolados	4	1	1	1	5	7	28
Selectoras	4	4	1	2	1	7	28
Compresor	4	7	4	2	7	37	148
Elevador de cangilones (mecanismos)	4	10	4	2	5	47	188

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Diagrama de Pareto

Para complementar el desarrollo del análisis de criticidad, se procedió a elaborar el diagrama de Pareto, identificando el 20% de las maquinarias que incurren en el 80% de los problemas de mantenimiento que presenta actualmente la empresa.

Tabla 42. Análisis de Pareto de las máquinas

Máquina	CTR	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Elevador de cangilones (mecanismos)	188	23,98%	23,98%
Compresor	148	18,88%	42,86%
Pulidoras cónicas	144	18,37%	61,22%
Descascaradoras electroneumáticas	132	16,84%	78,06%
Pulidora al agua	28	3,57%	81,63%
Selectoras	28	3,57%	85,20%
Cilindros alveolados	28	3,57%	88,78%
Pulidora vertical	20	2,55%	91,33%
Mesa Paddy	20	2,55%	93,88%
Zaranda pre-limpiadora	12	1,53%	95,41%
Zaranda ñelen	12	1,53%	96,94%
Zaranda rota-vaivén	12	1,53%	98,47%
Separadores de cáscara	12	1,53%	100,00%
	784		

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la figura 47 donde se observa el diagrama de Pareto

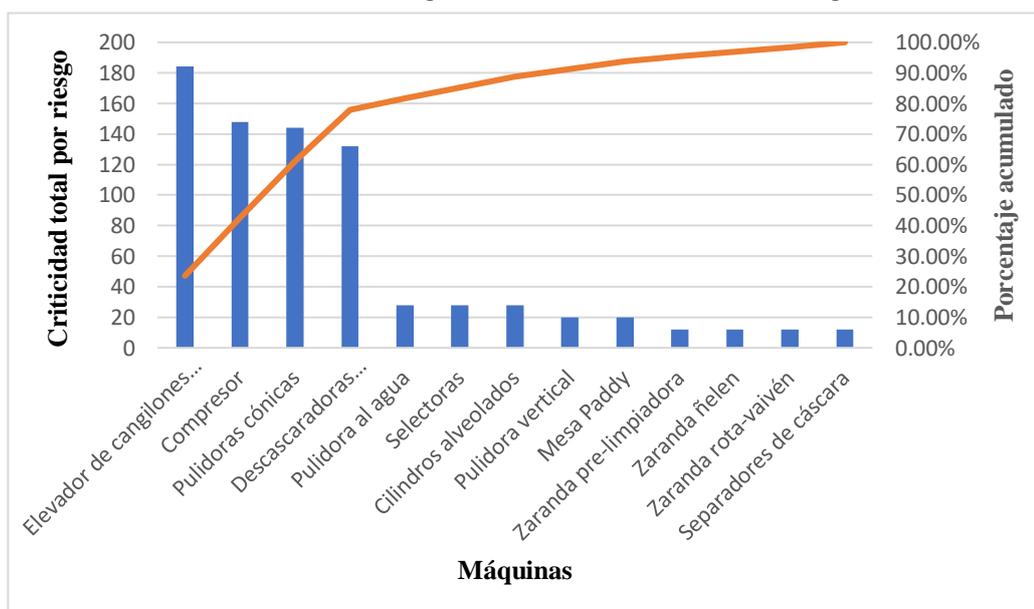


Figura 47. Diagrama de Pareto de las máquinas de la empresa G&B Molinos SAC

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Análisis de Modo de Falla y Efecto de Falla

Se procedió a desarrollar un AMEF (análisis de modo de falla y efecto de falla), para determinar, las fallas funcionales, modos de fallas, efectos de fallas de las máquinas que han resultado críticas de los análisis anteriores y así obtener un Número de Ponderación de Riesgo (NPR) que se obtiene de la multiplicación de la severidad, ocurrencia y detección., que nos va ayudar a identificar los modos de fallas que tienen más prioridad.

Tabla 43.AMEF del elevador de cangilones

AMEF de		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS								Resp. Area	
Proceso		Diseño	AMEF N°			Situacion actual				Departamento:	
Sistema	Función que desempeña	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Control actual	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Responsable Actual	
Elevador de cangilones	Transportar los granos de arroz hacia las distintas máquinas	A	Aumento de vibraciones anormales y presencia de quebrado de arroz	1	Desalineación de la polea	No hay control	5	7	2	70	Jefe de Producción
		B	Paro de la máquina, No se realiza el transporte del arroz	2	Desprendimiento de cangilones		4	4	3	48	Jefe de Producción
				3	Rotura de faja portacangilones		8	3	4	96	Jefe de Producción
				4	Rotura de la faja		8	4	3	96	Jefe de Producción
		C	Disminución de la velocidad de transporte y presencia de ruidos	5	Desgaste de rodamientos		7	5	6	210	Jefe de Producción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44.AMEF del compresor

AMEF de		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS								Resp. Area		
Proceso		Diseño		AMEF N°		Situación actual				Departamento:		
Sistema	Funcion que desempeña	Falla funcional		Modo de falla	Efecto de falla	Control actual	Severida	Ocurrenc	Detecció	NPR	Responsable actual	
Compresor	Comprimir aire	A	Disminución de flujo de aire en el compresor	1	Obstrucción del filtro de aire	Ingreso de aire con impurezas al compresor.	Revisión visual	7	5	5	175	Jefe de Producción
		B	Pérdida del control de la temperatura (aumentada)	2	Deterioro de la válvula termostática	Obstruye el paso del aceite al radiador, aumentando la temperatura del compresor.		8	2	3	48	Jefe de Producción
		C	No carga aire al compresor	3	Deterioro de la válvula solenoide (bobina)	Disminución del ingreso de aire para comprimir.		7	2	3	42	Jefe de Producción
		D	Fuga del aire comprimido de la cámara de almacenamiento	4	Desgaste de la superficie de la válvula de seguridad	Pérdida de aire comprimido		6	2	3	36	Jefe de Producción
		E	Presencia de impurezas en el aceite del compresor	5	Obstrucción de filtro de aceite	Daños en el funcionamiento del compresor.		8	6	6	288	Jefe de Producción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45.AMEF de la pulidora cónica

AMEF de		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS							Resp. Area			
Proceso		Diseño	AMEF N°							Departamento:		
Sistema	Funcion que desempeña	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Situacion actual							
					Control actual	Severida	Ocurren	Detección	NPR	Responsable actual		
Pulidora Cónica	Pulir el arroz	A	Aumento de vibraciones durante el desplazamiento del eje	1	Desgaste de los rodamientos	Generación de vibraciones en el eje que dificultan el pulido del arroz	Revisión visual	8	4	6	192	Jefe de Producción
		B	Inadecuada separación del polvillo con el arroz blanco	2	Desgaste de cribas	Mezcla de arroz con polvillo		6	2	6	72	Jefe de Producción
		C	Aumento de quebrado del arroz	3	Desgaste de los frenos	Desajuste de la piedra cónica que genera el quebrado del arroz.		9	3	4	108	Jefe de Producción
		D	Aumento de productos sin pulir	4	Desgaste de la piedra cónica	Inadecuado pulido por el desgaste de las superficies de la piedra cónica, generando el incremento de granos sin pulir		9	3	4	108	Jefe de Producción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46.AMEF de la descascaradora electroneumática

AMEF de		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS								Resp. Area						
Proceso		Diseño	AMEF N°			Situacion actual					Departamento:					
Sistema	Funcion que desempeña	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Control actual	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Responsable						
Descascaradoras electroneumáticas	Descascarar (romper) la cascara de arroz	A	Disminución en el porcentaje de descascarado.	1	Fuga de aire del tubo alimentador (sujetadores)	Aumento de la producción de arroz sin descascarar	Revisión visual				Jefe de Producción					
				2	Desgaste de rodillos	Incremento del arroz sin descascarar						6	3	4	72	
		B	Desequilibrio en el movimiento de descascarado	3	Desajuste de pernos porta rodillos	Inestabilidad del rodillo, disminuyendo el descascarado						8	4	4	128	Jefe de Producción
				4	Rotura de los pernos porta rodillos.	Separación del rodillo de la base						8	3	4	96	Jefe de Producción
		C	No genera movimiento de transmisión	5	Desgaste de la faja	Parada de la máquina para su ajuste.						8	5	3	120	Jefe de Producción
		D	Vibraciones en la máquina, generando la parada de esta	6	Desgaste de rodamientos	Generación de vibraciones en el eje que dificultan el descascarado del arroz						8	4	3	96	Jefe de Producción
				7	Rodamientos sin lubricación							6	3	6	108	Jefe de Producción
				8	Rotura de chumaceras							6	2	6	72	Jefe de Producción

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Hojas de decisión RCM

Después de haber realizado los AMEF a las máquinas críticas, se procedió a realizar las hojas de decisión RCM (ver Tabla 47 Tabla 48, Tabla 49 y Tabla 50) para poder determinar e identificar las tareas a realizar y la persona encargada de dichas tareas.

Tabla 47. Hoja de decisión Elevador de cangilones

HOJA DE DECISIÓN RCM															
Maquinaria: Elevador de cangilones							Equipo de trabajo						F. realización		
Evaluación de consecuencias							Aprobado por:						F. aprobación		
							Decisión			Acción "a falta de"			Tareas propuestas	Intervalo Inicial	A realizarse por
H1	H2	H3													
S1	S2	S3													
O1	O2	O3													
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	S	N				Ajuste de los pernos sujetadores	Quincenal	Técnico de mantenimiento
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Capacitación al personal	-	Capacitador
1	B	2	N	N	N	S	N	S	N				Ajuste de los pernos portacangilones	Trimestral	Técnico de mantenimiento
1	B	3	S	N	N	S	S	N	N				Limpieza de la bota del elevador	Diaria	Técnico de mantenimiento
1	B	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de la faja portacangilones	Semestral	Técnico de mantenimiento
1	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Capacitación al personal	-	Capacitador
1	B	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de faja	Trimestral	Técnico de mantenimiento
1	C	5	N	N	N	S	N	S	N				Lubricación de los rodamientos	Mensual	Técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48.Hoja de decisión Compresor

HOJA DE DECISIÓN RCM															
Maquinaria: Compresor							Equipo de trabajo						F. realización		
							Aprobado por:						F. aprobación		
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas propuestas	Intervalo Inicial	A realizarse por
							H1	H2	H3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H4			
							N1	N2	N3						
2	A	1	N	N	N	S	S	N	N				Limpieza del filtro de aire	Quincenal	Técnico de mantenimiento
2	A	1	N	N	N	S	N	N	S				Cambio de filtro de aire	Anual	Técnico de mantenimiento
2	B	2	N	N	N	S	N	S	S				Cambio de válvula termostática	Anual	Técnico de mantenimiento
2	C	3	N	N	N	S	N	N	S				Cambio de la válvula solenoide	Anual	Técnico de mantenimiento
2	D	4	N	N	N	S	S	N	S				Cambio de la válvula de seguridad	Anual	Técnico de mantenimiento
2	E	5	N	N	N	S	S	N	N				Limpieza del filtro de aceite	Quincenal	Técnico de mantenimiento
2	E	5	N	N	N	S	N	N	S				Cambio del filtro de aceite	Anual	Técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Hoja de decisión Pulidora Cónica

HOJA DE DECISIÓN RCM																		
Maquinaria: Pulidora cónica				Equipo de trabajo						F. realización								
				Aprobado por:						F. aprobación								
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas propuestas		Intervalo Inicial		A realizarse por	
							H1	H2	H3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H4						
							N1	N2	N3									
3	A	1	N	N	N	S	N	S	N				Lubricación de los rodamientos		Mensual	Técnico de mantenimiento		
3	A	1	N	N	N	S	N	N	S				Cambio de los rodamientos		Anual	Técnico de mantenimiento		
3	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de las cribas		Semestral	Técnico de mantenimiento		
3	B	2	S	N	N	S	S	N	N				Limpieza de cribas		Diaria	Técnico de mantenimiento		
3	C	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de frenos		Anual	Técnico de mantenimiento		
3	D	4	S	N	N	S	N	S	N				Torneado de la piedra		Semestral	Empresa tercerizada		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Hoja de decisión Descascaradora electroneumática

HOJA DE DECISIÓN RCM															
Maquinaria: Descascaradora electroneumatica				Equipo de trabajo									F. realización		
				Aprobado por:									F. aprobación		
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas propuestas	Intervalo Inicial	A realizarse por
							H1	H2	H3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H4			
							N1	N2	N3						
4	A	1	S	N	N	S	N	S	N				Ajuste de los sujetadores	Quincenal	Técnico de mantenimiento
4	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Inspección de los rodillos	Bimensual	Técnico de mantenimiento
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de los rodillos	Cuatrimestral	Técnico de mantenimiento
4	B	3	S	N	N	S	S	N	N				Inspección y verificación de los pernos	Trimestral	Técnico de mantenimiento
4	B	4	S	S	N	S	N	S	N				Ajuste de los pernos portarodillo	Quincenal	Técnico de mantenimiento
4	C	5	S	N	N	S	N	N	N				Capacitación al personal	-	Capacitador
4	C	5	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de faja	Trimestral	Técnico de mantenimiento
4	D	6	N	N	N	S	N	S	N				Limpieza y lubricación de los rodamientos	Mensual	Técnico de mantenimiento
4	D	8	N	N	N	S	N	N	S				Cambio de chumaceras	Anual	Técnico de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

4.2.7. Cronograma de mantenimiento

Para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, se describir las tareas que se deban realizar a las máquinas críticas del proceso, materiales y herramientas a usar, tiempo que se necesitara para desarrollar la tarea y por último el responsable de realizar dichas tareas.

Tabla 51. Cronograma de actividades Elevadores de cangilones

Equipo	Causa-Raíz	Tarea propuesta	Actividad	Materiales (repuestos, insumos)	Herramientas y Equipos	Responsable	Tiempo de actividad (min)	Periodo
Elevador de cangilones	Desajuste de los pernos sujetadores	Ajuste de los pernos sujetadores	Se ajustarán los pernos sujetadores para fijar la polea y evitar que se desaline.	Trapo industrial, lubricante en aerosol- líquido	Llaves	Técnico de mantenimiento	10	Quincenal
	Desajuste de los pernos portacangilones	Ajuste de los pernos portacangilones	Ajustar los pernos que fijan y sostienen a los cangilones en la faja portacangilones y evitar que se desprendan	Trapo industrial	Llaves	Técnico de mantenimiento	90	Trimestral
	Atascamiento del arroz	Limpieza de la bota del elevador	Limpiar todo el producto acumulado en la bota del elevador para el correcto funcionamiento de este.	Trapo industrial y escobilla	-	Técnico de mantenimiento	15	Diaria
	Término de vida útil	Cambio de la faja portacangilones	Cambiar la faja portacangilones, apagando el elevador y desensamblando todos los componentes.	Faja portacangilones	Llaves, dados	Técnico de mantenimiento	150	Semestral
	Término de vida útil	Cambio de faja	Cambiar la faja de transmisión, apagando el elevador de cangilones.	Faja de transmisión, trapo industrial.	-	Técnico de mantenimiento	15	Trimestral
	Falta de lubricación	Lubricación de los rodamientos	Aplicar grasa a los rodamientos para evitar el desgaste y el rozamiento de sus superficies	Trapo industrial y grasa industrial	Llaves, aplicador	Técnico de mantenimiento	15	Mensual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Cronograma de actividades Compresor Schulz

Equipo	Causa-Raíz	Tarea propuesta	Actividad	Materiales (repuestos, insumos)	Herramientas y Equipos	Responsable	Tiempo de actividad (min)	Periodo
Compresor Schulz	Falta de limpieza	Limpieza del filtro de aire	Se procede a retirar todas las impurezas que estén alojadas en el filtro producto de su trabajo	Trapo industrial, agua, manguera	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	15	Quincenal
	Término de vida útil	Cambio de filtro de aire	Cambio del filtro de aire debido a ya que cumplió su tiempo de vida útil.	Filtro de aire	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	60	Anual
	Término de vida útil	Cambio de válvula termostática	Cambio de la válvula termostática que ya no está regulando la temperatura correctamente del compresor	Válvula termostática	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	60	Anual
	Término de vida útil	Cambio de la válvula solenoide	cambio de la válvula solenoide ya que no está cumpliendo correctamente su función y ha cumplido su tiempo de vida útil	Válvula solenoide	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	60	Anual
	Término de vida útil	Cambio de la válvula de seguridad	Cambio de la válvula de seguridad ya que no está cumpliendo correctamente su función y ha cumplido su tiempo de vida útil	Válvula de seguridad	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	60	Anual
	Falta de limpieza	Limpieza del filtro de aceite	Limpiar el filtro de aire con un trapo, agua y retirar todas las impurezas	Trapo industrial y agua	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	15	Quincenal
	Término de vida útil	Cambio de filtro de aceite	Cambio del filtro de aceite debido a que ya cumplió su tiempo de vida útil.	Filtro de aire	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	60	Anual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Cronograma de actividades Pulidora cónica

Equipo	Causa-Raiz	Tarea propuesta	Actividad	Materiales (repuestos, insumos)	Herramientas y Equipos	Responsable	Tiempo de actividad (min)	Periodo
Pulidora Cónica	Falta de lubricación	Lubricación de los rodamientos	Aplicar grasa a los rodamientos para evitar el desgaste y el rozamiento de sus superficies	Grasa industrial	Llaves, aplicador	Técnico de mantenimiento	15	Mensual
	Término de vida útil	Cambio de los rodamientos	Retirar los rodamientos que se han desgastado por su trabajo y vida útil. Desmontando todas las piezas para proceder a retirar los rodamientos	Rodamientos, grasa industrial	Llaves	Técnico de mantenimiento	40	Anual
	Término de vida útil	Cambio de las cribas	Retirar las cribas que se han desgastado por el trabajo y cambiarlas por unas nuevas	Cribas	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	45	Semestral
	Acumulación de producto	Limpieza de cribas	Limpiar y retirar todo el material que se ha acumulado en las cribas	Trapo industrial, Escobillas	Aire comprimido	Técnico de mantenimiento	15	Diario
	Término de vida útil	Cambio de frenos	Retirar los frenos que se han desgastado y se encargan de sostener la piedra cónica y cambiarlos	Frenos	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	90	Anual
	Exceso de trabajo	Torneado de la piedra cónica	Tornear la piedra cónica fuera de planta, dejando la superficie de la piedra de forma uniforme	-	-	Empresa tercerizadora	180	Semestral

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Cronograma de actividades Descascaradora electroneumática

Equipo	Causa-Raíz	Tarea propuesta	Actividad	Materiales (repuestos, insumos)	Herramientas y Equipos	Responsable	Tiempo de actividad (min)	Periodo
Descascaradora electroneumática	Desajuste de los sujetadores	Ajuste de los sujetadores	Ajustar los pernos sujetadores para mantener fijo el tubo alimentador y evitar el escape del aire	Trapo, lubricante	Llaves	Técnico de mantenimiento	20	Quincenal
	Falta de inspección	Inspección de rodillos	Revisar el desgaste de los rodillos	-	-	Técnico de mantenimiento	5	Bimensual
	Término de vida útil	Cambio de rodillos	Retirar los rodillos desgastados de la máquina y sustituirlos por otros	Rodillos, trapo industrial	Kit de herramientas	Técnico de mantenimiento	45	Cuatrimestral
	Falta de inspección	Inspección y verificación de los pernos	Inspeccionar y verificar el estado de los pernos que fijan a los rodillos	-	-	Técnico de mantenimiento	5	Trimestral
	Falta de ajuste	Ajuste de los pernos portarodillo	Ajustar los pernos portarodillo, debió al trabajo continuo de la máquina que permite fijar a los rodillos y que estos giren.	Trapo industrial, lubricante	Llaves	Técnico de mantenimiento	10	Quincenal
	Término de vida útil	Cambio de faja	Retirar la faja desgastada de la máquina para que pueda transmitir el movimiento a los rodillos	Faja de transmisión, trapo industrial	-	Técnico de mantenimiento	15	Trimestral
	Falta de limpieza y lubricación	Limpieza y lubricación de los rodamientos	Limpiar los rodamientos retirando toda la grasa acumulada o algunas impurezas de su estructura y aplicar grasa a los rodamientos para evitar el desgaste y el rozamiento de sus superficies.	Trapo industrial y grasa industrial	Llaves, aplicador	Técnico de mantenimiento	20	Mensual
	Término de vida útil	Cambio de chumaceras	Cambio de las chumaceras debido a que ya cumplió su vida útil con la ayuda de herramientas	Chumaceras	Llaves, dados	Técnico de mantenimiento	60	Anual

Fuente: Elaboración propia

4.2.8. Capacitación al personal

Se ha visto también como tarea propuesta debido a sus causa-raíz la capacitación al jefe de producción y mantenimiento como solución a algunas causas-raíces de las fallas de las máquinas, para contribuir al desarrollo del mantenimiento preventivo.

Tabla 56. Cronograma de actividades-capacitación

Equipo	Causa-Raíz	Tarea propuesta	Actividad
Elevadores de cangilones	Mal montaje	Capacitación al personal	Se capacitará a todo el personal de planta acerca del funcionamiento de las máquinas y el cambio de los repuestos para el correcto funcionamiento
	Mal montaje		
Descascaradora electroneumática	Mal montaje		

Fuente: Elaboración propia

Para subsanar las causa-raíz de las dos máquinas se propuso capacitar al jefe de producción y mantenimiento, se realizó una capacitación de TECH Senati donde se obtuvo un precio de S/ 4 320 (ver Anexo 4)

Tabla 57. Capacitación de mantenimiento

Capacitación al personal de G&B Molinos SAC	
Tema	Gestión y Supervisión del mantenimiento
Duración	140 horas (6 meses)
	Dos días a la semana
Costo	S/ 4 320
Dirigido	Ingenieros Mecánicos y/o eléctricos.
	Técnicos de mantenimiento mecánico y/o eléctrico.
	Jefes de mantenimiento mecánico y/o eléctrico.
	Planners de mantenimiento mecánico y/o eléctrico.
	Analistas de vibraciones (técnicos predictivos).
	Mecánicos y electricistas de planta.
	Personas que trabajen en el área de Mantenimiento (Planeamiento, operaciones)
Logro	Logrando la disminución de fallas funcionales y maximizando los activos físicos a través de la cadena de valor económico.

Fuente: Elaboración propia

4.2.9. Tiempo total- Mantenimiento Preventivo

A continuación, se muestra el tiempo programado para el mantenimiento preventivo resultado de las tareas propuestas, para las máquinas Elevador de Cangilones, Pulidora Cónica, Compresor Schulz y Descascaradora Electroneumática.

Tabla 58. Tiempo mantenimiento preventivo Elevador de cangilones

Máquina	Tarea propuesta	Tiempo requerido	N° intervenciones	Tiempo anual de parada (min)	Tiempo anual de parada
Elevador de cangilones	Ajuste de los pernos sujetadores	10	24	240	4
	Ajuste de los pernos portacangilones	90	4	360	6
	Limpieza de la bota del elevador	15	0	0	0
	Cambio de la faja portacangilones	150	2	300	5
	Cambio de faja	15	4	60	1
	Lubricación de los rodamientos	15	12	180	3
Total			46		19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Tiempo mantenimiento preventivo Compresor Schulz

Máquina	Tarea propuesta	Tiempo requerido	N° intervenciones	Tiempo anual de parada (min)	Tiempo anual de parada (h)
Compresor Schulz	Limpieza del filtro de aire	15	24	360	6
	Cambio de filtro de aire	60	1	60	1
	Cambio de válvula termostática	60	1	60	1
	Cambio de la válvula solenoide	60	1	60	1
	Cambio de la válvula de seguridad	60	1	60	1
	Limpieza del filtro de aceite	15	24	360	6
	Cambio de filtro de aceite	60	1	60	1
Total			53		17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Tiempo mantenimiento preventivo Pulidora Cónica

Máquina	Tarea propuesta	Tiempo requerido	N° intervenciones	Tiempo anual de parada (min)	Tiempo anual de parada (h)
Pulidora Cónica	Lubricación de los rodamientos	15	12	180	3
	Cambio de los rodamientos	40	1	40	1
	Cambio de las cribas	45	2	90	2
	Limpieza de cribas	15	0	0	0
	Cambio de frenos	90	1	90	2
	Torneado de la piedra cónica	180	2	360	6
Total			18		13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Tiempo mantenimiento preventivo Descascaradora Electroneumáticas

Máquina	Tarea propuesta	Tiempo requerido	N° intervenciones	Tiempo anual de parada (min)	Tiempo anual de parada (h)
Descascaradora electroneumáticas	Ajuste de los sujetadores	20	24	480	8
	Inspección de rodillos	5	6	30	1
	Cambio de rodillos	45	3	135	2
	Inspección y verificación de los pernos	5	4	20	0
	Ajuste de los pernos portarodillo	10	24	240	4
	Cambio de faja	15	4	60	1
	Limpieza y lubricación de los rodamientos	20	12	240	4
	Cambio de chumaceras	60	1	60	1
Total			78		21

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detalla el total de horas que se han logrado reducir con el mantenimiento preventivo que se desarrolló.

Tabla 62. Tiempo reducido de paradas aplicado el mantenimiento

Máquina	Hora parada A.M (antes del mantenimiento)	Horas parada D.M (después del mantenimiento)	Tiempo reducido
Elevador de cangilones	206,25	19	187,3
Compresor	34	17	17
Pulidora cónica	62,1	13	49,4
Descascaradora	175,5	21	154,4
Total	477,85	69,75	408,1

Fuente: Elaboración propia

4.2.10. Indicadores de mantenimiento- Nuevos

Con el desarrollo de las tareas propuestas para las máquinas críticas del proceso se han logrado establecer tiempos de las tareas y el periodo de ellas, logrando mejoras y disminución de las horas.

Confiabilidad

Para calcular el nuevo indicador de confiabilidad después de haber aplicado el mantenimiento preventivo, se tendrá en cuenta los siguientes tiempos.

Tiempo total programada: 5 616 horas

Tiempo total inactividad: como resultado de las horas que se han generado por las fallas menos las horas que se han reducido una vez aplicado el mantenimiento preventivo

$$994,9 \text{ h} - (187,3 + 17 + 49,4 + 154,4) = 586,8 \text{ h}$$

Número de fallas: 159 son las fallas que no han aplicado un mantenimiento preventivo

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{Tiempo total de operacion hasta el fallo}}{\text{Número de fallas totales}}$$

$$\text{Confiabilidad} = \frac{(5616 \text{ h} - 586,8 \text{ h})}{159 \text{ fallas}}$$

$$\text{Confiabilidad} = 31,63 \text{ h}$$

Obteniendo, como confiabilidad 31,63 horas que es el tiempo en que surja una falla en el proceso de producción.

Mantenibilidad

Para calcular el nuevo indicador de mantenibilidad después de haber aplicado el mantenimiento preventivo, se tendrá en cuenta los siguientes tiempos.

Tiempo total inactividad: como resultado de las horas que se han generado por las fallas menos las horas que se han reducido una vez aplicado el mantenimiento preventivo.

$$994,9 \text{ h} - (187,3 + 17 + 49,4 + 154,4) = 586,8 \text{ h}$$

Número de fallas: 159 son las fallas que no han aplicado un mantenimiento preventivo sumado 195 intervenciones por las tareas que se han programado.

$$\text{Mantenibilidad} = \frac{\text{Tiempo total para reparar fallas}}{\text{Número total de fallas}}$$

$$\text{Mantenibilidad} = \frac{586,8 \text{ h}}{159 + 195}$$

$$\text{Mantenibilidad} = 1,65 \text{ h}$$

Obteniendo, como mantenibilidad 1,65 horas como el tiempo que se demora para volver a restituir un equipo en óptimas condiciones.

Disponibilidad

Para calcular el nuevo indicador de mantenibilidad después de haber aplicado el mantenimiento preventivo, se tendrá en cuenta los siguientes tiempos.

Tiempo total programada: 5 616 horas

Tiempo total inactividad: como resultado de las horas que se han generado por las fallas menos las horas que se han reducido una vez aplicado el mantenimiento preventivo.

$$994,9 \text{ h} - (187,3 + 17 + 49,4 + 154,4) = 586,8 \text{ h}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Hinoperativas}}{\text{Horas operativas}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{5616 \text{ h} - 586,8 \text{ h}}{5616 \text{ h}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 89,55 \%$$

4.2.11. Indicadores actuales vs Indicadores mejorados

En la siguiente tabla se muestran los indicadores actuales comparados con los indicadores mejorados con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 63. Comparación de indicadores

Indicador	Actual	Mejorado	Variación (%)	
Confiabilidad (h)	14,82	31,63	Aumento	113.42%
Mantenibilidad (h)	3,19	1,66	Disminución	92.49%
Disponibilidad (%)	82,28%	89,55%	Aumento	8.83%

Fuente: Elaboración propia

4.3. Realizar el costo beneficio de la implementación de la propuesta

Para el desarrollo del costo-beneficio de la implementación de la propuesta de mantenimiento preventivo en G&B Molinos SAC, se tendrá en cuenta los costos para el desarrollo de este. Para poder determinar el costo- beneficio de la propuesta.

4.3.1. Costos de implementación del plan de mantenimiento

Se detallan a continuación, en la Tabla 64. Costo de las herramientas que se necesitaran para desarrollar las tareas propuestas del plan de mantenimiento preventivo RCM. Teniendo como costo total S/835.

Tabla 64. Costo de las herramientas

Herramientas	Cantidad	Costo (S/)	Unidad	Total (S/)
Kit de dados	1	300	und	300
Kit de llaves	1	320	und	320
Kit de herramientas	1	135	und	135
Aplicador (grasa)	1	80	und	80
Total				835

Fuente: Elaboración propia

En la tabla siguiente se muestra el costo total de materiales e insumos S/ 515 de las tareas a desarrollar

Tabla 65. Costo de materiales e insumos

Materiales e insumos	Cantidad	Costo (S/)	Unidad	Total (S/)
Trapo industrial	1	30	5 kg	30
Grasa industrial	1	200	5 kg	200
Lubricante aerosol	6	27,5	432 cm3	165
Escobilla	24	5	und	120
Total				515

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 66 se muestra los costos incurridos de repuestos teniendo un total de 3421 soles.

Tabla 66. Costo de repuestos

Repuestos	Cantidad	Costo (S/)	Unidad	Total (S/)
Faja portacangilones	2	240	und	480
Faja de transmisión	8	30	und	240
Rodamientos	2	90	und	180
Filtro de aire	1	75	und	75
Válvula Termostática	1	642	und	642
Válvula solenoide	1	834	und	834
Válvula de seguridad	1	350	und	350
Filtro de aceite	1	60	und	60
Cribas	2	40	und	80
Frenos	1	75	und	75
Rodillos	3	110	und	330
Chumaceras	1	75	und	75
Total				3 421

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Costo total de la inversión

Teniendo como inversión total S/ 9 545,55 (ver tabla 67) resultado de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo en las máquinas, resultado de la suma de los costos de insumos y materiales, herramientas, repuestos y capacitación al personal por las tareas que se requiere.

Tabla 67. Cuadro resumen costos del plan de mantenimiento

Descripción	Costo anual (S/)
Costo de insumos y materiales	S/ 515
Costo de herramientas	S/ 835
Costo de repuestos	S/ 3 421
Costo de capacitaciones	S/ 4 320
Subtotal	S/ 9 091
Imprevistos (5%)	S/ 454,55
Total	S/ 9 545,55

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Incremento de la utilidad

Para determinar el incremento de la utilidad, se puede visualizar en la tabla 65, que al inicio del estudio con las fallas la empresa tenía una utilidad no percibida de S/ 484 927,44 a diferencia de la utilidad no percibidas con la disminución de tiempos de paradas que es de S/ 286 014,09.

Tabla 68. Utilidad actual vs utilidad con plan

Capacidad Máxima (sacos/h)	Tiempo de paro	Sacos no procesados	Utilidad (S/)	Utilidad no percibida (S /)
133	994,90	132 321,70	3,66	484 297,42
133	586,8	78 044,40	3,66	285 642,5

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la diferencia de horas de paradas (ver Tabla 69) que se han obtenido producto del plan, ahora serán horas disponibles para el proceso, por lo que se contaría como ingresos y ya no pérdida.

Tabla 69. Utilidad perciba- horas reducidas

Capacidad Máxima (sacos/h)	Tiempo de paro recuperado (h)	Sacos nuevos procesados	Utilidad Unitaria (S/)	Utilidad recuperada (S/)
133	408,10	54 277,3	3,66	198 654,92

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 70 se puede observar las utilidades percibidas del año 2019, producto de la producción por la utilidad unitaria por cada saco pilado, dando como total 2 245 369,74 soles obtenido, lo cual nos permita hacer el cálculo.

Tabla 70. Utilidad percibida anual de pilado

Mes	Producción (Sacos)	Utilidad Unitaria (S/)	Utilidad percibida (S/)
Enero	58 874	3,66	215 478,84
Febrero	52 269	3,66	191 304,54
Marzo	49 685	3,66	181 847,10
Abril	51 525	3,66	188 581,50
Mayo	40 653	3,66	148 798,98
Junio	50 642	3,66	185 349,72
Julio	38 235	3,66	139 940, 10
Agosto	54 442	3,66	199 257,72
Setiembre	49 744	3,66	182 063,04
Octubre	52 859	3,66	193 463,94
Noviembre	55 272	3,66	202 295,52
Diciembre	59 289	3,66	216 997,74
Total	613 489		2 245 369,74

Fuente: Elaboración propia

Con el dato anterior, se determinó el incremento de la utilidad: en primer lugar, tenemos la utilidad actual y la utilidad con propuesta (resulta de la utilidad actual sumada a la utilidad que se ha recuperado por las horas), observándose un incremento del 8,84%.

Tabla 71. Comparación de utilidad

Descripción	Valor
Utilidad Actual	S/ 2 245 369,74
Utilidad con Propuesta	S/ 2 444 024,66
Incremento	8,84%

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Flujo de caja

En la siguiente tabla podemos observar el flujo de caja de la empresa, la cual no ayudará a poder determinar más adelante el costo-beneficio de la propuesta.

Tabla 72. Flujo de caja de la propuesta de mantenimiento preventivo

Detalle	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
BENEFICIOS													
Utilidades por ventas		S/ 16 554,58											
COSTOS													
<u>Inversión</u>	S/ 9 545,55												
Total de costos	S/ 9 545,55	S/ 0											
Utilidad bruta	-S/ 9 545,55	S/ 16 554,58											
Impuesto (30%)		S/ 4 966,37											
Utilidad Neta	-S/ 9 545,55	S/ 11 588,20											

Fuente: Elaboración propia-G&B Molinos SAC

En la siguiente se muestra como resultado del costo beneficio S/2,87, lo cual nos indica que por cada sol que se ha invertido en el plan de mantenimiento preventivo se ha obtenido 1,87 soles de ganancia.

Tabla 73. Costo-Beneficio

	S/ 198 654,92
Costo beneficio	S/ 69 142,03
Total	2,87

Fuente: Elaboración propia

V. Discusión

El diagnóstico realizado arrojó un total de 312 fallas, representando un total de 949,90 horas de parada. En [30], realizaron su investigación en un molino de arroz en el departamento de Lambayeque, en donde se obtuvo un total de 161 fallas y 459,08 horas de paradas. A pesar de que en ambas investigaciones se tomó en cuenta el mismo rubro industrial, en la presente investigación se tuvieron mayores fallas, y, por ende, mayor tiempo de parada, ya que la empresa presenta menos controles de mantenimiento, y no existe personal enfocado netamente al mantenimiento de las maquinarias, por lo que solo se enfocan a solucionar los problemas que se presentan del día a día. Se ha obtenido un 82,28% de disponibilidad a nivel de línea de producción en la empresa en investigación. Y en [30] se obtuvo un 85,33% de disponibilidad.

Del estudio realizado, se tuvo como segundo objetivo específico elaborar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad. En [30], ante la presencia de fallas y horas de parada en el proceso de producción del arroz, el autor propuso un plan de mantenimiento preventivo, asemejándose a la solución brindada para la presente investigación. El plan de mantenimiento se centró en la confiabilidad, al igual que en [4], en donde emplearon la misma metodología para el plan de mantenimiento preventivo. Sin embargo, para el desarrollo del presente plan, se utilizaron 2 herramientas adicionales las cuales no utilizaron en [4], las cuales fueron la codificación de equipos, que ayuda a mejorar la ubicación de estos, y el diagrama de Pareto, una gráfica que permitió priorizar las maquinas que son más importantes por las fallas que han presentado.

En el análisis del tercer objetivo específico se obtuvo que el costo-beneficio de la propuesta del mantenimiento preventivo fue de S/2,87, es decir, una ganancia de 1,87 soles por cada sol invertido, con una inversión de S/ 9 545,55 que incluye los costos de repuestos, herramientas, materiales y capacitaciones. En comparación con el estudio realizado en [31], se obtuvo un costo-beneficio de 2,51 soles con una inversión de 42 210 soles. Lo que representa que los planes de mantenimiento propuestos generan beneficios económicos para las empresas.

VI. Conclusiones

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad incrementó la utilidad en la empresa G&B Molinos SAC, cuyo aumento representó el 8,84%, a través del uso de distintas herramientas de mantenimiento.

Al realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa G&B Molinos SAC durante el año 2019, se determinó que el tiempo de parada actual represento el 17,72% de las horas totales disponibles en la empresa, Asimismo, se calcularon 3 indicadores de mantenimiento como la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad dando como resultados 14,81 horas, 3,19 horas y 82,28% respectivamente. Además, se calculó las utilidades no percibidas, las cuales representaron el 17,72% de las utilidades totales esperadas.

Con respecto a la propuesta del plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, se logró la disminución de las horas de parada en un 41,02% y una mejora de los indicadores como confiabilidad del 113,42%; una disminución de la mantenibilidad del 92,49% y una mejora de la disponibilidad del 8,83%.

La propuesta trajo consigo una inversión de S/ 9 545,55 y un costo beneficio de S/2,87, dando una ganancia de 1,87 soles por cada sol invertido. Por lo que la propuesta resulto ser viable económicamente.

VII. Recomendaciones

Considerando la investigación y los resultados obtenidos, para futuras investigaciones se recomienda el desarrollo del Poka Yoke para el diseño de las piezas y repuestos de las máquinas, con la finalidad de evitar errores al momento del mantenimiento y/o ensamblaje de piezas.

Se recomienda para posteriores investigaciones, tomar en cuenta la aplicación de sistemas computarizados para la gestión de mantenimiento, que permitan obtener la información y los planes a realizar de manera más actualizada.

Se recomienda para posteriores investigaciones el desarrollo de Mantenimiento Productivo Total (TPM) donde ve la máxima utilización de los sistemas productivos, el cual investiga sobre las relaciones de todo el sistema hombre-equipo-entorno y desarrolla los potenciales ocultos en el sistema.

Se recomienda para posteriores investigaciones el desarrollo de algunas acciones como disminuir los gastos, incrementar el volumen de ventas, reducir los recursos innecesarios para poder incrementar la utilidad en una empresa.

Se recomienda para posteriores investigaciones el desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento para evitar atrasos en las actividades operativas y disminuir averías de maquinaria.

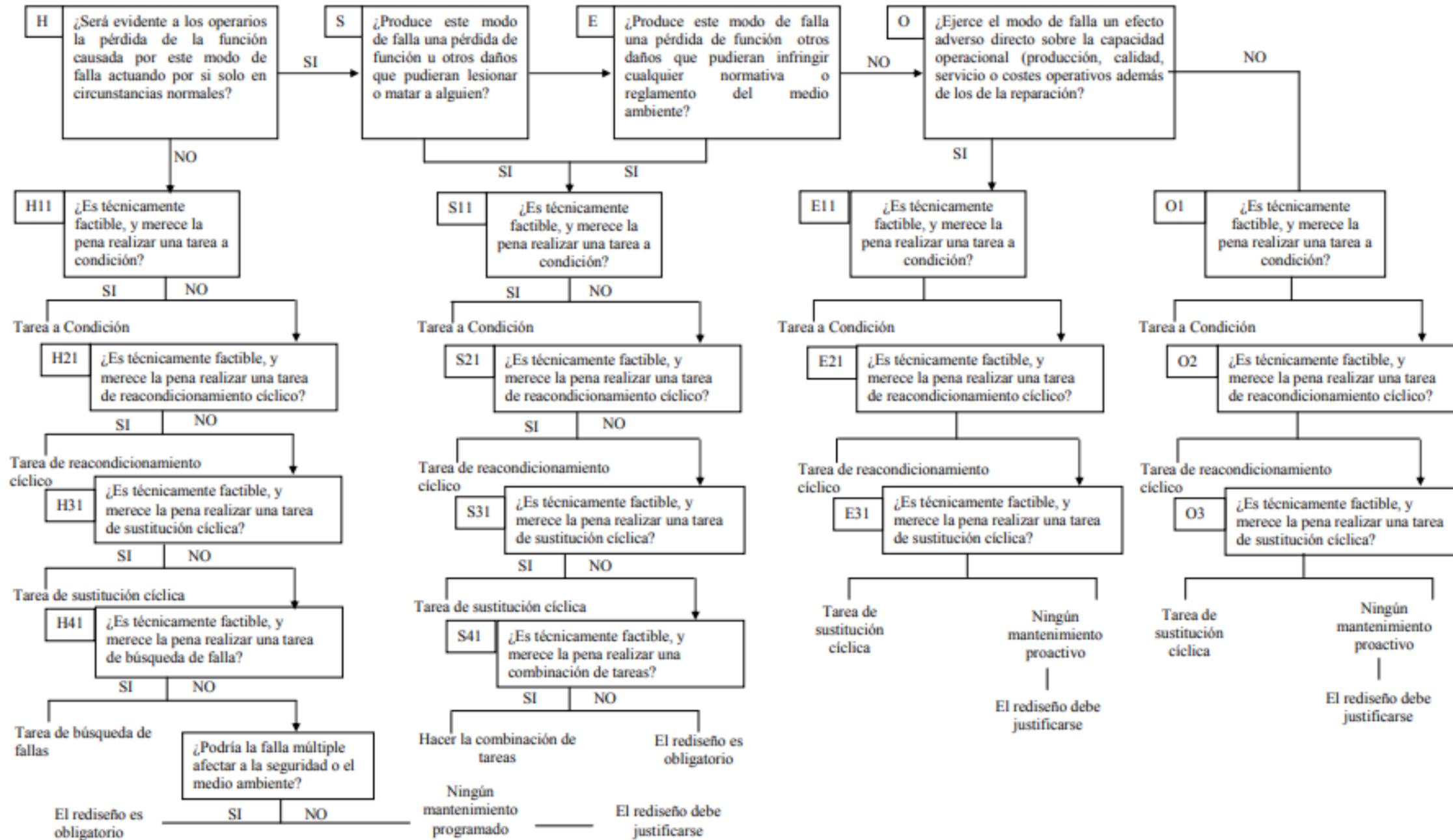
VIII. Referencias

- [1] F. G. d. Leon, *Tecnología del Mantenimiento Industrial*, Murcia, 1998.
- [2] C. A. V. Lazo, «Sector mantenimiento mueve alrededor de S/ 200 millones al año en el Perú,» *ANDINA*, 16 Diciembre 2019.
- [3] Juan Pablo Diestra Quevedo, L. E. P. y R. G. C. , «Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la maquina con mayor criticidad,» *Ingenieria : Ciencia , Tecnologia e Innovacion*, vol. 4, p. 10, 2017.
- [4] S. C. Uribe, «Aplicacion de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la maquina remalladora de una empresa textil,» *Ulima*, p. 18, 2020.
- [5] Luis L. Camargo, Byron Medina y Maira C. Gasca, «Sistema para evaluar la confiabilidad de equipos criticos en el sector industrial,» *SCIELO*, vol. 28(4), p. 14, 2017.
- [6] I. Rizkya, Ikhsan Siregar y Khawarita Siregar, «Reliability Centered Maintenance to determine priority of machine damage mode,» *ICENIS*, p. 4, 2019.
- [7] sarajih, «maintenance,» 2019.
- [8] F. C. Perez, *Arroz en America Latina: Mejoramiento, Manejo y Comercializacion*, Cali, 1992.
- [9] A. I. Ortiz y Lorenzo Ortiz, *El arroz en Bolivia*, Santa Cruz, 2007.
- [10] C. Martinez, *Evaluacion de la calidad culinaria y molinera del arroz*, Cali, 1989.
- [11] S. G. Garrido, *Organizacion y Gestion Integral de Mantenimiento*, Madrid, 2003.
- [12] A. A. Chaves, *Maquinaria Mecanizacion Agricola*, San Jose: Universidad Estatal a Distancia, 2004.
- [13] J. M. d. Bona, *Gestion del Mantenimiento*, 1999.
- [14] J. G. Fernandez, *Practica del Mantenimiento Industrial Avanzado*, Madrid, 2005.
- [15] A. Crespo Marquez y C. Parra Marquez, *Ingenieria de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestion de Activos*, Sevilla, 2012.
- [16] F. G. Fernandez, *Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestion*, España, 2004.
- [17] A. A. Nieves, *Gestion del mantenimiento de instalaciones de energia eolica*.
- [18] G. S. Garcia, *Seguridad Industrial y Salud*, Mexico.
- [19] A. Jorge Acuña, *Ingenieria de Confiabilidad*, Cartago, 2003.
- [20] L. M. Rivera, *Seis Sigma*.
- [21] D. G. Calleja, *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto*, Madrid, 2015.
- [22] C. G. Santos, *Mantenimiento Productivo Total*.
- [23] M. E. R. M. Héctor Alberto Faga, *Cómo profundiza en el análisis de sus costos para tomar mejores decisiones empresariales*, 2006.
- [24] M. N. Namakforoosh, *Metodologia de la Investigacion*, Mexico: Limusa, 2005.
- [25] C. A. B. Torres, *Metodologia de la Investigacion para administracion, economia, humadidades y ciencias sociales*, Mexico, 2006.

- [26] T. P. B. Maria Jesus Merino Sanz, Herramientas para dimensionar los mercados: la investigacion cuantitativa, Madrid: ESIC, 2015.
- [27] T. M. Gamez, Investigaciones descriptivas o no experimentales, Venezuela, 2016.
- [28] M. T. I. Isern, C. F. Gallego y A. M. P. Segura, Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina, España, 2006.
- [29] T. H. H. Medardo, Importancia y cálculo de la utilidad en las empresar productoras de bienes tangibles, 2019.
- [30] C. J. M. Ramos, *Propuesta de un plan de matenimiento preventivo en el molino Chamesino S.A.C. para incrementar su productividad*, Chiclayo, 2020.
- [31] J. J. P. A. y. D. G. S. Rojas, «Gestion de matenimiento para reducir costos en el area de electromecanica en el Hospital Regional Lambayeque,» *Ingenieria: Ciencia, Tecnologia e Innovacion*.
- [32] M. D. J. Lawrence J. Gitman, Fundamentos de inversion, 2005.

IX. Anexos

Anexo 1. Diagrama de decisión RCM



Fuente: Parra,2012

Las 4 columnas siguientes es para la evaluación de las consecuencias:

H: Consecuencia de Falla Oculta.

S: Consecuencia para la Seguridad y el Medio Ambiente.

E: Consecuencias Operacionales.

O: Consecuencias No Operacionales

- Las columnas de la 8 a la 10 permiten registrar las tareas de la siguiente manera:
H1/S1/O1/N1: Se usa para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada. H2/S2/O2/N2: Se usa para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico.
- H3/S3/O3/N3: Se usa para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica.

Las columnas H4, H5, S4 son utilizadas para registrar las respuestas a las a tres preguntas “a falta de” planteadas anteriormente las seleccionan si debe hacerse una tarea de búsqueda de fallas, un rediseño, una combinación de tareas o ningún tipo de mantenimiento programado. En las últimas tres columnas se registra la tarea propuesta, intervalo de tiempo y quien está a cargo de la tarea.

Anexo 2. Costos Totales

En las siguientes tablas se detallarán los distintos costos que participan en el proceso de hilar un saco de arroz.

- **Costo de saco**

Se determinó el costo unitario del envase de arroz como se puede observar en la tabla 74 es de 1,2 soles por saco.

Tabla 74. Costo unitario por saco

Presentación	Sacos (und)	Costo S//saco
Paquete	500	1,2

Fuente: G&B Molinos SAC

- **Costo de hilo**

En la tabla 75 se especifica el costo unitario por hilo usado en coser un saco de arroz

Tabla 75. Costo unitario por hilo

Rollos	Cantidad (cm)	Requerimiento hilo/saco (cm)	Requerimiento (rollo/saco)	Costo S//saco
1	12000	60	0,005	0,08

Fuente: G&B Molinos SAC

- **Sueldos del personal y mano obra**

En la siguiente tabla se tiene el listado del personal que interviene en el proceso de producción teniendo 177 600 soles al año como costo.

Tabla 76. Sueldos de personal

Personal del área	Cantidad	Sueldo mensual (S/)	Sueldo Anual (S/)	Beneficios Laborales	Costo Total de MO (S/)
Jefe de Producción (encargado de Mantenimiento)	2	2 000	48 000	16 320	64 320
Operario de secado	2	930	22 320		22 320
Asistente	2	1 000	24 000	-	24 000
Cuadrilla	6	930	66 960	-	66 960
Total	12				177 600

Fuente: G&B Molinos SAC

Del costo total obtenido en la tabla anterior, se calculó el costo unitario de la mano de obra para el pilado de un saco de arroz dando como resultado 0,29 soles.

Tabla 77. Mano de obra directa

Mano de obra directa	177 600
Horas Laboradas	5 616
Costo por hora	31 ,62
Capacidad por hora (sacos)	109
Costo (S//saco)	0,29

Fuente: G&B Molinos SAC

- **Costo de agua**

En la tabla 78 se obtuvo como costo de agua para el pilado de un saco de arroz 0,08 soles.

Tabla 78. Costo de agua

Costo (S//h)	9 188
Horas Laboradas	5 616
Capacidad por hora (sacos/h)	109
Costo (S//saco)	0,08

Fuente: G&B Molinos SAC

- **Costo de energía**

Y en la siguiente tabla se obtuvo como costo unitario de energía para un saco el valor de 0,37 soles.

Tabla 79. Costo de energía

Costo (S//h)	40 598
Horas Laboradas	5 616
Capacidad por hora (sacos/h)	109
Costo (S//saco)	0,37

Fuente: G&B Molinos SAC

- **Gastos administrativos**

También, se determinó el costo unitario administrativo dando como resultado 0,31 soles.

Tabla 80. Gastos administrativos

Gastos administrativos (S//saco)			
Materiales			
Útiles de oficina	1	Unidad	0,006
Sueldo administrativo			
Mano de obra directa	10	Unidad	0,290
Gastos Generales de Fabricación			
Agua			0,014
Energía			0,006
Costo de Producción (S//saco)			0,31

Fuente: G&B Molinos SAC

Anexo 3.Utilidad mensual recuperada

En la siguiente tabla podemos observar la utilidad recuperada de S/ 198 654,92, esta utilidad es obtenida de las horas que se han reducido como resultado del plan de mantenimiento preventivo a las máquinas.

Tabla 81.Utilidad recuperadas en los diferentes meses

Mes	Producción (Sacos)	Reducción de horas de paradas	Producción (sacos/hora)	Producción Recuperada (sacos/mes)	Utilidad Unitaria (S/)	Utilidad Recuperada (S/)
Enero	58 874	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Febrero	52 269	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Marzo	49 685	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Abril	51 525	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Mayo	40 653	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Junio	50 642	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Julio	38 235	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Agosto	54 442	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Setiembre	49 744	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Octubre	52 859	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Noviembre	55 272	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Diciembre	59 289	34,01	133	4 523,11	3,66	S/ 16 554,58
Total	613 489	408,10	1 596	54 277,30		S/ 198 654,92

Fuente: G&B Molinos SAC

Anexo 4. Ficha de capacitación

TECH SENATI: Somos la primera Escuela de Postgrado Tecnológico en el Perú, creada con el objetivo de brindar especialización tecnológica e innovación, así como, fortalecer habilidades de gestión y liderazgo con un nivel de calificación internacional. Sé parte de TECH SENATI.

Inicio de clases	Horarios	Duración	Inversión
28 de Noviembre	Jueves: 07:00 p.m. a 10:00 p.m. Domingos: 09:00 a.m. a 01:00 p.m.	140 horas (6 meses)	S/ 4,320.00

Dirigido a:

- Ingenieros Mecánicos y/o eléctricos.
- Técnicos de mantenimiento mecánico y/o eléctrico.
- Jefes de mantenimiento mecánico y/o eléctrico.
- Planners de mantenimiento mecánico y/o eléctrico.
- Analistas de vibraciones (técnicos predictivos).
- Mecánicos y electricistas de planta.
- Personas que trabajen en el área de Mantenimiento (Planeamiento, operaciones).

Fuente: Senati

Anexo 5. Carta de aceptación

G & B MOLINOS SAC*

*Servicio de pilado y molienda de arroz.
Compra/Venta insumos agrícolas*

Panamericana Norte Km 775 Lt. A-10

Carta de Autorización

Chiclayo 1 de Junio del 2016

Mgtr. Ing. Sonia Salazar Zegarra
Directora Escuela de Ingeniería Industrial
"UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO"

De nuestra consideración:

Nos es grato dirigimos a Usted, para expresarles nuestro cordial saludos, y a la vez comunicar que se ha autorizado a la estudiante **JANICKE CORONEL PASAPERA**, identificado con **DNI N°76457701**, estudiante de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Institución Universitaria que Usted representa, a hacer uso de la información pertinente para la elaboración de su proyecto de investigación.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima persona

Atentamente

G&B MOLINOS S.A.C.
Los Signos Gráficos Económicos
S.A.C. S.R.L.

Luis Alberto Guevara Bustamante
Gerente General

Fuente: G&B Molinos SAC