

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



**Propuesta de un plan de mantenimiento en la línea de secado de la Piladora
Nuevo Horizonte para reducir costos operacionales**

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

AUTOR

Camila Alexandra Cerdan Lopez

ASESOR

Johnny Andre Ubillus Verona

<https://orcid.org/0000-0002-8554-8192>

Chiclayo, 2024

**Propuesta de un plan de mantenimiento en la línea de secado de la
Piladora Nuevo Horizonte para reducir costos operacionales**

PRESENTADA POR
Camila Alexandra Cerdan Lopez

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Joselito Sanchez Perez
PRESIDENTE

Carlos Miguel Santos Fernandez
SECRETARIO

Johnny Andre Ubillus Verona
VOCAL

Dedicatoria

A Dios por protegerme y guiarme por el camino correcto; y darme la oportunidad de cumplir mis objetivos del día a día.

A mis padres, Soledad y Walter; a mis hermanas, Anabel y Angela, y a mi perrita, Princesa, por ser mi apoyo incondicional en todo momento.

A mi familia y amigos que demostraron estar conmigo en cualquier logro y obstáculo durante esta inexplicable experiencia universitaria.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la fortaleza de seguir trabajando por mis sueños.

A Piladora Nuevo Horizonte, así como a los ingenieros y operarios, por ofrecerme la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante mi vida universitaria.

A mi asesor, Jhonny Ubillus, y a los profesores por ser los mentores esenciales en la realización de esta investigación y en mi camino a ser una futura ingeniera industrial.

A mi propia perseverancia por no rendirse y afrontar los desafíos diarios.

Propuesta de un plan de mantenimiento en la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte para reducir costos operacionales

INFORME DE ORIGINALIDAD

13% INDICE DE SIMILITUD	13% FUENTES DE INTERNET	3% PUBLICACIONES	4% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	1library.co Fuente de Internet	<1%
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.fund-cenit.org.ar Fuente de Internet	<1%
8	laccei.org Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Revisión de literatura	12
Materiales y métodos	16
Resultados y discusión	18
Conclusiones	23
Recomendaciones.....	38
Referencias	39
Anexos.....	48

Lista de Tablas

Tabla 1: Equipos críticos de la línea de secado Kepler Weber	18
Tabla 2: Equipos de la línea Kepler con mayores costos operacionales	19
Tabla 3: Orden de prioridad de causas raíz a partir de sus costos operacionales.....	20
Tabla 4: Tiempo promedio operativo hasta el fallo de cada equipo	21
Tabla 5: Resultados de OEE mensual de la línea de secado	22
Tabla 6: Cantidad de actividades específicas según especialistas.....	25
Tabla 7: Máquinas clasificadas de la línea de secado	26
Tabla 8: Cursos especializados según el puesto de trabajo de mantenimiento	27
Tabla 9: Participación de cada clase de artículos en la inversión de repuestos, materiales e insumos.....	28
Tabla 10: Reducción de tiempo de parada	29
Tabla 11: Resultados de OEE mensual después de la propuesta	30
Tabla 12: Cuadro comparativo de indicadores.....	31
Tabla 13: Cálculo de variación del costo	32
Tabla 14: Estado de resultados.....	33
Tabla 15: Flujo de caja de propuesta.....	34
Tabla 16: Equipos de la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte.....	50
Tabla 17: Historial detallado de fallas y tiempo total de paro desde enero 2022-enero2023 ..	52
Tabla 18: Historial detallado de fallas y tiempo total de paro de la línea Kepler Weber desde enero 2022-enero2023.....	54
Tabla 19: Hoja Resumen de valoración de parámetros de criticidad.....	57
Tabla 20: Costos operacionales mensuales de los equipos de la línea de secado Kepler Weber	60
Tabla 21: Análisis causa raíz.....	61
Tabla 22: Índice de disponibilidad en línea de secado.....	62
Tabla 23: Índice de calidad en línea de secado	62
Tabla 24: Índice de rendimiento en línea de secado	63
Tabla 25: Indicadores de disponibilidad, calidad y rendimiento para el cálculo del OEE mensual.....	64
Tabla 26: Indicadores de tiempos y costos de la línea de secado desde enero 2022 - enero 2023.....	65
Tabla 27: Matriz de comparación del método analítico jerárquico (AHP).....	66
Tabla 28: Criterio de puntuación de metodología	66
Tabla 29: Matriz de evaluación de metodología final.....	67
Tabla 30: Codificación del proceso de secado	67
Tabla 31: Codificación de líneas de secado	67
Tabla 32: Listado de máquinas de la línea Kepler Weber.....	68
Tabla 33: Calcomanía colorida establecida para los equipos de secado	68
Tabla 34: Programa de mantenimiento - Secadora industrial	69
Tabla 35: Programa de mantenimiento - Horno.....	70
Tabla 36: Programa de mantenimiento - Elevador de cangilones.....	70
Tabla 37: Programa de mantenimiento - Silo de almacén	71
Tabla 38: Programa de mantenimiento - Prelimpia	71
Tabla 39: Programa de mantenimiento - Silo húmedo.....	72
Tabla 40: Programa de mantenimiento - Faja transportadora	72
Tabla 41: Plan de mantenimiento de actividades generales de los equipos críticos de la línea de secado Kepler Weber.....	76
Tabla 42: Plan de mantenimiento de actividades específicas de los equipos críticos de la línea de secado Kepler Weber.....	78

Tabla 43: Cronograma del plan de mantenimiento	80
Tabla 44: Actividades específicas del plan de mantenimiento clasificadas según especialista	82
Tabla 45: Caracterización de los jueces	83
Tabla 46: Ficha estándar de mantenimiento preventivo de la empresa Piladora Nuevo Horizonte S.A.C.	84
Tabla 47: Ficha específica de mantenimiento preventivo de la empresa Piladora Nuevo Horizonte S.A.C.	85
Tabla 48: Ficha estándar de mantenimiento correctivo de la empresa Piladora Nuevo Horizonte S.A.C.	86
Tabla 49: Clasificación de máquinas según el tiempo de parada planificada	93
Tabla 50: Actividades específicas del plan de mantenimiento clasificadas según tiempo programado de horas de trabajo	94
Tabla 51: Perfil de puestos del personal del área de mantenimiento	96
Tabla 52: Fases de la implementación del plan de capacitaciones	97
Tabla 53: Capacitaciones cotizadas por SENATI	97
Tabla 54: Plan de capacitaciones al personal de mantenimiento	98
Tabla 55: Materiales e insumos.....	101
Tabla 56: Repuestos	101
Tabla 57: Lista de repuestos, materiales e insumos	101
Tabla 58: Método ABC de repuestos, materiales e insumos.....	102
Tabla 59: Plan de mantenimiento de actividades generales según su frecuencia al año.....	103
Tabla 60: Índice de disponibilidad después de la propuesta	105
Tabla 61: Índice de calidad después de la propuesta	105
Tabla 62: Índice de rendimiento después de la propuesta.....	106
Tabla 63: Costo de las herramientas	107
Tabla 64: Costo de materiales e insumos	107
Tabla 65: Costo de repuestos	107
Tabla 66: Costos de implementación por propuesta	107
Tabla 67: Materiales, insumos y repuestos antes y después de la mejora.....	108
Figura 1: Diagrama de Ishikawa	20
Figura 2: Representación gráfica del tiempo de parada en función a costos operacionales	22
Figura 3: Flujograma del proceso de mantenimiento actual	49
Figura 4: Manual Kepler Weber sección de mantenimiento de la secadora industrial	73
Figura 5: Manual Kepler Weber sección de mantenimiento de la prelimpia.....	74
Figura 6: Documento obligatorio de los objetivos y planificación para alcanzarlos	87
Figura 7: Documento obligatorio de la política de mantenimiento.....	89
Figura 8: Propuesta cotizada sobre los cursos de capacitación	99
Figura 9: Flujograma del proceso de mantenimiento preventivo.....	104
Figura 10: Validación de contenido y juicio de expertos sobre el valor del Costo de oportunidad (COK)	109

Resumen

Piladora Nuevo Horizonte, empresa dedicada a la producción y comercialización de arroz pilado y subproductos. La problemática principal se manifestó en altos costos operacionales de S/209 182,68; consecuentes de 98 fallas de los equipos, es decir, 450 horas de tiempo de paro entre enero 2022 y enero 2023. En este sentido, se estableció como objetivo principal proponer un plan de mantenimiento en la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte para reducir costos operacionales. De esta manera, mediante la metodología de Optimización de Mantenimiento Planeado (OPM) basado en la ISO 9001:2015, se desarrollaron los procedimientos claves para la gestión del mantenimiento preventivo. El proceso incluyó la identificación de equipos críticos a través de un análisis de criticidad y diagrama de Pareto, abarcando secadora, elevadores de cangilones, silos de almacén, horno, pre limpia, silos húmedos y faja transportadora. El plan de mantenimiento resultante, que incorpora actividades generales y específicas, logró reducciones significativas a 104,58 horas en tiempo de parada y 22 en fallas. En términos de indicadores, la disponibilidad aumentó un 7,28%, llevando a un OEE aceptable de 70,30%. Esta mejora se tradujo en una reducción de S/42 108,55 en los costos operacionales. Finalmente, los resultados económicos respaldaron la viabilidad de la propuesta, con un TIR del 81,16% y un B/C de 1,55. En resumen, el plan de mantenimiento propuesto demostró ser rentable tanto en términos operativos como económicos, marcando un significativo avance para Piladora Nuevo Horizonte.

Palabras clave: Mantenimiento, Optimización de Mantenimiento Planeado, Secado, Disponibilidad, Costos operacionales.

Abstract

Piladora Nuevo Horizonte is a company dedicated to the production and commercialization of pilled rice and by-products. The main issue manifested in high operational costs of S/209 182,68; resulting from 98 equipment failures, equivalent to 450 hours of downtime between January 2023 and January 2024. In this context, the main objective was to propose a maintenance plan for Piladora Nuevo Horizonte's drying line to reduce operational costs. Thus, using the Planned Maintenance Optimization (OPM) methodology based on ISO 9001:2015, key procedures for preventive maintenance management were developed. The process involved the identification of critical equipment through a criticality analysis and Pareto diagram, encompassing the dryer, bucket elevators, warehouse silos, furnace, pre-cleaner, wet silos, and conveyor belt. The resulting maintenance plan, incorporating both general and specific activities, achieved significant reductions to 104,58 hours in downtime and 22 in failures. In terms of indicators, availability increased by 7,28%, leading to an acceptable OEE of 70,30%. This improvement resulted in a reduction of S/42 108,55 in operational costs. Finally, economic results supported the viability of the proposal, with an 81,16% IRR and a B/C ratio of 1,55. In summary, the proposed maintenance plan proved to be profitable both in operational and economic terms, marking a significant advancement for Piladora Nuevo Horizonte.

Keywords: Maintenance, Planned Maintenance Optimization, Drying, Availability, Operational Costs.

Introducción

El arroz es un elemento fundamental de la dieta humana, siendo su producción ampliamente concentrada en Asia, donde representa más del 50% del total mundial. China ha consolidado su posición como principal productor de arroz, registrando una producción de 21 300 millones de toneladas en el año 2021 [1]. En los últimos diez años, su comercialización ha experimentado un crecimiento anual del 1,5%, con una proyección de alcanzar un 2,6% anual en la próxima década. Se estima que la producción mundial de arroz alcance los 582 millones de toneladas en 2029, con una contribución destacada de Asia de 61 millones de toneladas adicionales [2].

En Perú, de acuerdo con la información provista por el Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI), el cultivo de arroz representa una porción significativa del Valor Bruto de la Producción Agrícola, con un incremento del 1,1% en la tasa de crecimiento interanual con respecto a 2020 [3]. En cuanto a la producción de arroz cáscara, se obtuvo 328 734 toneladas, lo que supone un aumento del 26,2% en comparación con los datos de diciembre de 2020, tal como lo informa el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) [4].

En Lambayeque, se encuentra una concentración considerable de molinos y piladoras de arroz, todos pertenecientes a la Asociación Peruana de Molineros de Arroz (APEMA). Esta región figura como la tercera a nivel nacional en términos de superficie para el cultivo de arroz cáscara, con un total de 50 258 hectáreas [5]. Los esfuerzos realizados en cuanto a modernización de infraestructuras y maquinarias han permitido mejorar el proceso productivo. En consecuencia, al lograr niveles más competitivos de producción a través de la implementación de nueva tecnología, se requiere no solo la inversión en nuevas instalaciones y la transferencia de tecnología internacional, sino también la gestión eficiente, segura y económica del mantenimiento de los activos industriales existentes. Por lo tanto, es esencial establecer un servicio sistémico de mantenimiento que cumpla con estas características.

En este caso, la empresa Piladora Nuevo Horizonte S.A.C con RUC 204080409346, situada en Carretera Monsefú, Lambayeque – Chiclayo – La Victoria, se dedica a la producción y comercialización de arroz pilado y subproductos tales como fertilizantes. Su propósito es obtener arroz entero al 100%, a pesar de que, es inevitable que se produzcan ciertos porcentajes de arroz quebrado y otras impurezas residuales. Por lo tanto, se considera que una de las áreas esenciales en este proceso productivo es la línea de secado; puesto que si no de manera apropiada, el arroz cáscara no puede avanzar hacia la zona de pilado.

No obstante, la definición de objetivos para los costos operacionales mensuales resulta imperante destacar que la empresa experimenta de manera recurrente desafíos de naturaleza mecánica en su línea de secado. Estos inconvenientes se traducen en lapsos de inactividad

ocasionados por factores tales como el atasco en los elevadores, el desgaste de rodamientos, la rotura de polines, entre otros. La génesis de estos problemas puede ser rastreada hasta la falta de un plan de mantenimiento, lo que acarrea consigo la ausencia de una programación adecuada para las actividades de mantenimiento, así como la carestía de personal capacitado y especializado en esta materia. Consecuentemente, los costos operacionales experimentan fluctuaciones notables, totalizando una cifra anual de S/ 209 282,68. Dentro de esta suma, el costo relacionado con los tiempos de parada representa un porcentaje significativo del 47,45%, mientras que los costos en mano de obra constituyen el 18,41%, los costos de materiales e insumos abarcan el 19,12%, y los costos de repuestos se sitúan en un 15,03%.

Resulta de suma importancia asegurar la disponibilidad constante de los equipos que componen la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte. Esta medida tiene el propósito de minimizar la ocurrencia de fallos, evitando así perjuicios que podrían afectar tanto al ámbito de la producción como al de mantenimiento, con repercusiones que se extienden a toda la empresa en su conjunto. Estas preocupaciones encuentran su respaldo en la evaluación de los indicadores de desempeño, en particular, el OEE, que arroja un valor de 55,77%. Dicho resultado, al ubicarse por debajo de los estándares establecidos en términos de disponibilidad, calidad y rendimiento de los equipos de la línea de secado, es calificado como inaceptable.

En esta investigación, se plantea la siguiente pregunta ¿Cómo la propuesta de un plan de mantenimiento en la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte permitirá reducir costos operacionales? Con este propósito, se tuvo como objetivo principal proponer un plan de mantenimiento en la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte para reducir costos operacionales. Los objetivos específicos incluyen realizar un diagnóstico de la situación actual de los equipos de dicha línea de secado, elaborar una propuesta de un plan de mantenimiento que permita reducir costos operacionales y evaluar la viabilidad económica del plan de mantenimiento en la línea de secado.

En consecuencia, esta investigación reviste una gran relevancia, dado que, su enfoque económico, permitirá reducir los costos operacionales a través de un correcto proceso de mantenimiento, dotado de las herramientas necesarias para evidenciar mejoras en la disponibilidad de los equipos de la línea de secado. Desde una perspectiva académica, contribuye al fortalecimiento de los conocimientos adquiridos para el desempeño profesional, así a la resolución de la problemática de la empresa objeto de estudio. Por ello, está investigación representa un sólido punto de partida para futuros estudios en el área.

Revisión de literatura

El mantenimiento industrial es ampliamente reconocido como el conjunto de medidas encaminadas a preservar los activos de una industria específica, con el objetivo de cumplir con los estándares de calidad, seguridad y servicio [6]. Este proceso tiene como misión principal alcanzar los niveles de disponibilidad establecidos para las funciones de instalación en un contexto operativo, valiéndose de recursos humanos altamente capacitados, activos de calidad, controles rigurosos y sistemas de gestión efectivos, con el fin de garantizar los niveles de producción esperados [7]. En esta línea, su objetivo fundamental radica en la planificación, programación y supervisión de actividades que promuevan la optimización de la disponibilidad de los equipos productivos y recursos humanos, reducción de los costos de mantenimiento y maximización de la vida útil de la maquinaria [8].

Asimismo, se distinguen tres tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo. En primer lugar, el mantenimiento correctivo implica la reparación de fallas funcionales a medida que ocurren, y es una acción reactiva no planificada. En otras palabras, se aplica cuando un equipo se descompone o se desgasta, por ende, se requiere para restaurar su funcionamiento normal [9]. En segundo lugar, el mantenimiento preventivo se basa en criterios técnicos previamente establecidos en las instrucciones de uso o documentación técnica del fabricante, con el objetivo de minimizar la posibilidad de fallas en el equipo o deterioro en la calidad del servicio proporcionado. Finalmente, se puede establecer un plan para reemplazar el componente justo antes de que logre fallar; y extender la vida útil del componente.

En este sentido, la metodología de Optimización de Mantenimiento Planeado (OPM) se orienta hacia la maximización de la eficiencia y disponibilidad de los sistemas industriales al adoptar una estrategia ingenieril que implica la revisión de los requisitos de mantenimiento, el historial de fallos y los datos técnicos de los activos en funcionamiento [10]. En contraste con enfoques reactivos o de mantenimiento periódico, la OPM busca planificar de manera estratégica las actividades de mantenimiento. Entre sus ventajas se destacan la minimización de los tiempos de inactividad imprevistos, la optimización de costos mediante la gestión eficaz de recursos y piezas de repuesto, la extensión de la vida útil de los equipos, la mejora de la seguridad laboral mediante la resolución proactiva de problemas, la producción de productos de mayor calidad y la gestión más eficiente de los activos gracias a la obtención de datos valiosos sobre el rendimiento de los equipos [11]. En resumen, la OPM se enfoca en una planificación inteligente para alcanzar la optimización del rendimiento, la minimización de los costos y el aumento de la confiabilidad de los equipos en entornos industriales.

En contraste con la filosofía de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM), que se desarrolla con el propósito de establecer el programa de mantenimiento durante la etapa de diseño del ciclo de vida de los activos, el Enfoque de Optimización de Mantenimiento Planeado (PMO) se formula para su aplicación una vez que los activos ya están en funcionamiento [12]. Si bien ambos enfoques resultan en la creación de un programa de mantenimiento similar, el PMO se caracteriza por ser un análisis más eficaz y adaptable en comparación con el RCM. El PMO parte de un programa de mantenimiento que ya es razonablemente sólido y toma en consideración la experiencia de operación, así como las características específicas de falla de la planta. Además, el PMO genera una lista de modos de falla basándose en el programa de mantenimiento existente, el análisis del historial de fallas y la revisión de documentación técnica [13]. Las diferencias notables entre estos enfoques radican en que el PMO aborda un número considerablemente menor de modos de falla en comparación con el RCM y llega a conclusiones sobre los modos de falla de manera más eficiente.

Con el objetivo de establecer y mantener un proceso metódico en la implementación de la metodología (PMO), se ha optado por basarse en el programa de mantenimiento preventivo prescrito por la normativa ISO 9001. Esta normativa, proporciona directrices para enfoques sistemáticos y procedimientos definidos para toda la organización, incluyendo el mantenimiento, se alinea con un enfoque de mejora continua y eficaz de la organización, compuesto por las fases de planificación, ejecución, verificación y acción [14]. En consecuencia, se realiza un inventario exhaustivo de los equipos, clasificar minuciosamente los componentes de cada equipo, identificarlos mediante la aplicación de calcomanías o códigos de colores y desarrollar fichas detalladas de mantenimiento correctivo y preventivo. Esta estrategia simplifica la organización y ejecución del plan de mantenimiento [15]. Cada organización adaptará estos programas a sus necesidades específicas, utilizando la ISO 9001 como marco sólido para asegurar la integración efectiva del mantenimiento preventivo en la gestión de calidad [16].

En este contexto, los indicadores de mantenimiento, que son medidas cuantitativas que se utilizan para evaluar el rendimiento de las actividades de mantenimiento [17]. La confiabilidad se refiere a la capacidad de un equipo de cumplir sus funciones en condiciones específicas de operación, lo que se traduce en la probabilidad de un componente o máquina funcione sin fallos durante un período de tiempo determinado y en un contexto específico [18]. Por eso, se puede medir el tiempo promedio entre fallos (MTBF) para evaluar la confiabilidad de un equipo.

Por consiguiente, la mantenibilidad es un parámetro estadístico que mide la probabilidad de que un componente que ha fallado o averiado sea reparado con éxito en un tiempo determinado

y dentro de su contexto operacional establecido. Para evaluarla, se puede calcular el tiempo promedio para reparar (MTTR), dividiendo las horas totales utilizadas para reparaciones por la cantidad total de fallas del equipo durante un período específico [19]. Por último, la disponibilidad en la línea de producción es la proporción de tiempo en que los equipos estuvieron disponibles para operar en las condiciones de calidad requeridas. Esto se usa como indicador de la eficacia del mantenimiento en términos de tiempo de inactividad del equipo, y es una medida clave del rendimiento del sistema [20].

También, uno de los indicadores de mayor pertinencia es la eficacia global de los equipos, identificada por su acrónimo en inglés, Overall Equipment Effectiveness (OEE). Este indicador reviste una importancia significativa, dado que, ofrece un enfoque sistemático para alinear los objetivos de producción por medio de herramientas y técnicas de administración que toman en consideración los tres elementos fundamentales de disponibilidad, calidad y rendimiento. Mediante esta metodología, es posible cuantificar la totalidad de la eficiencia productiva en términos porcentuales. Consecuentemente, se posibilita su categorización en distintos rangos: deficiente ($OEE < 65\%$), regular ($65\% \leq OEE < 75\%$), aceptable ($75\% \leq OEE < 85\%$), buena ($85\% \leq OEE < 95\%$) y excelente ($95\% \leq OEE < 100\%$) [21]. Por ende, se le confiere a esta medida una cualidad de notable valía al proporcionar una perspectiva holística en torno a la explotación efectiva del equipo, contrastada con su potencial óptimo.

De este modo, los costos operacionales de mantenimiento se consideran como los gastos necesarios para llegar a cabo las tareas de mantenimiento de un equipo en funcionamiento, teniendo en cuenta costos directos como indirectos. Entre los costos directos se incluyen los costos de mano de obra, costos de materiales y repuestos, costos de insumos como aceites, grasas, pinturas, etc [22]. Mientras tanto, los costos indirectos no pueden involucrarse directamente a una operación específica como la supervisión, instalaciones, servicios públicos, almacén, etc [23].

En este sentido, Monsalve [24] en su investigación *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el molino el Chamesino S.A.C. para incrementar su productividad*, planteó un plan de mantenimiento a partir de mantenimiento, desarrollando el árbol de fallas de cada equipo, cálculo de indicadores de mantenimiento, análisis de criticidad, análisis de los modos y efecto de fallas (AMEF), análisis de NPR y un programa formativo de capacitaciones de gestión de mantenimiento según la jerarquización de responsabilidades del área de mantenimiento. Lo cual permitió que la productividad incremente un 56% al compilar los órdenes de trabajos y la elaboración de reportes de mantenimiento a partir del seguimiento de los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, a base de la cantidad 161

fallas reflejadas en 459,08 horas de parada. En esta forma, se evidencia que esta investigación apoya en la propuesta de una metodología a partir de una reestructuración de una jerarquización organizacional del área de mantenimiento.

Mientras que, Bocanegra & Bueno [25] en su investigación *Diagnóstico de los costos operacionales en el mantenimiento preventivo de una prestadora de servicios a una empresa minera*, resalta las cinco causas raíz a partir del diagrama Ishikawa como el personal de mantenimiento, herramientas – medios de pruebas, planeamiento de mantenimiento, mal uso de insumos de mantenimiento, pérdida de producción y procedimiento de mantenimiento; cuantificándolos en costos mensuales de S/73 042,97 para la estimación de pérdidas económicas. Por otro lado, la mala utilización de los insumos de mantenimiento tiene un costo de S/1 678,60; excediendo 250 horas. De esta forma, esta investigación sirve como referencia para el análisis comparativo de costos operacionales, donde el costo del personal de mantenimiento tendrá el mayor porcentaje de participación.

Además, Constantino [26] manifiesta en su investigación denominada *Propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banano en la empresa Polisa SRL*, indica que la aplicación de herramientas como la elaboración de árboles de fallas, el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF), y el análisis de criticidad facilita una identificación precisa de las causas fundamentales de las fallas en las máquinas. Como resultado de este enfoque, se identificaron las tres extrusoras y la paleteadora como máquinas críticas. Esta identificación permitió reducir el tiempo de fallas a 130 315,90 minutos, lo que equivale a una disminución del 45%. Además, esta mejora tuvo un impacto económico significativo al reducir los costos de mantenimiento en S/ 74 621,35; representando una disminución del 29,6%.

Si bien es cierto, también es de gran índole conocer los costos operacionales para tener en cuenta para el desarrollo del plan de mantenimiento, Cotrina [27] resalta en su investigación titulada *Diagnóstico de costos operacionales en la gestión de mantenimiento de las empresas molineras de Trujillo*, que la metodología empleada del diagrama Ishikawa en conjunto con las herramientas de encuesta, matriz de priorización y diagrama de Pareto, contribuyen en poder determinar el orden de importancia de cada causa raíz. De esta forma, se tuvieron en cuenta primordial, la falta de herramientas de diagnóstico (S/1 375 – 49%), el desorden de las herramientas para cada máquina (S/1 240 – 44%), y el almacén reducido e insuficiente (S/ 204,75 – 7%); los cuales generaban un costo total de S/ 2 819,75. Por lo tanto, se recomienda la aplicación de herramientas como la gestión de mantenimiento y método 5'S. Así, este estudio

coopera en el análisis de costos operacionales y la estrategia de jerarquización en una industria molinera.

Ahora bien, en la actividad económica del sector agroindustrial, Mosqueira [28] en su investigación titulada *Propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento para reducir los costos operacionales en la empresa industria Molinero Bustamante E.R.I.L.*, indica que el desarrollo del plan de mantenimiento involucrando una verificación y auditorías de mantenimiento como mejora de estrategia operativa puede reducir hasta el 5% de mermas en sacos de arroz no percibidos. De esta forma, mediante la metodología de 5'S (clasificación y eliminar, organización, limpieza, estandarización y disciplina o seguimiento) teniendo en cuenta los indicadores de falta de personal capacitado, deficiencia de plan de mantenimiento preventivo, deficiencia de maquinaria, falta de stock de repuestos y falta de estandarización de tiempo en las operaciones; logró un impacto económico al reducir de S/3 822,18 a S/756,82 en costos por recojo de materia para el reproceso y la ejecución de un cronograma de mantenimiento apropiado en la reducción de paradas no programadas, de S/654 720 a S/181 089. Por eso, la disminución de costos operativos en el área de mantenimiento resultó un 72,88%, esto significa, S/539 543,61 de ahorro de costos por año.

Materiales y métodos

Según su propósito, la presente investigación es aplicada, específicamente en la propuesta de un plan de mantenimiento para la línea de secado de una empresa en estudio, con el fin de reducir los costos operacionales. Se utilizó un enfoque cuantitativo para recopilar datos y cuantificarlos con el objetivo de determinar hasta qué punto se logran los objetivos planteados. El tipo de estudio adoptado fue experimental, puesto que el investigador manipuló intencionalmente la variable independiente para medir su impacto en la variable dependiente.

Esta investigación se enmarca en un enfoque descriptivo, dado que se definen las características importantes de la situación actual de los equipos de la línea de secado en términos de fallas o averías, tiempos de paradas no programadas y costos operacionales involucrados, así como también se describe el comportamiento de ambas variables. Con respecto al tiempo, la investigación adopta un enfoque transversal, ya que se recolectan y analizan datos de la misma población durante un período determinado para examinar las variaciones.

La población de estudio estuvo compuesta por los equipos del proceso productivo de todas las líneas de la empresa Piladora Nuevo Horizonte y la muestra seleccionada consistió en los

equipos de la línea de secado del arroz cáscara debido a que esta población era relativamente específica a la problemática.

Asimismo, la metodología utilizada en la presente investigación compete esencialmente una revisión de literatura de informes institucionales, artículos científicos y libros. Para realizar el diagnóstico de la situación actual de los equipos de la línea de secado, se recopiló información necesaria mediante la técnica del análisis documental, principalmente las fichas técnicas y reportes de producción mensual 2022 – 2023; además, a partir del personal del área de secado mediante la observación-guía de las dos líneas de secado (CONSILOS y Kepler Weber) y entrevistas fundamentales. De modo que, se pudo analizar correctamente las respuestas y consolidar el diagnóstico de la situación del mantenimiento desde la perspectiva de los responsables del área de secado de la Piladora. La obtención de datos históricos con respecto a las fallas, cantidad de fallas, tiempos de parada y costos operativos respectivos durante el periodo a estudiar; sirvieron para realizar la base de datos de los equipos. Por último, a partir de la búsqueda de artículos científicos, libros y tesis, se seleccionaron los instrumentos más apropiados para el diagnóstico desde un punto técnico, como lo son: cálculo de los indicadores de mantenimiento (MTBF, MTTR, disponibilidad y OEE), espina Ishikawa, diagrama Pareto y matriz de indicadores; los cuales fueron cruciales para el plan de mantenimiento de los equipos de la línea de secado.

A base de los resultados de la primera fase, se analizaron los equipos que hayan generado la mayor cantidad de fallas y costos operacionales mediante un Diagrama de Pareto. De esta manera, se elaboró la propuesta de mantenimiento en cuanto a un mantenimiento preventivo, acorde a la metodología de Optimización de Mantenimiento Planeado (OPM) y a base de la normativa ISO 9001; como lo manifiesta García et al. [29]. Por otro lado, se establecieron las especialidades de mano de obra según actividades de mantenimiento y el plan de capacitación correspondiente; y la planificación de los repuestos a necesitar para este mantenimiento preventivo por orden de prioridad de abastecimiento mediante el método ABC. Por lo tanto, se cuenta con el objetivo de reducir los costos operacionales con la implementación del plan de mantenimiento-variable independiente.

Finalmente, se realizará la evaluación de la viabilidad de la propuesta a base de un análisis beneficio-costos; los cuales deben involucrar aspectos como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Beneficio-Costo (B/C). Se debe resaltar la comparación de los costos operacionales antes y después de la mejora, observando su reducción; por último, para poder determinar si la aplicación de la propuesta de mejora es viable por los resultados obtenidos de los indicadores VAN, TIR y B/C.

Resultados y discusión

Diagnóstico situacional actual de los equipos de dicha línea de secado

Proceso actual de mantenimiento e inventario de equipos de la línea de secado

Se realizó un flujograma del proceso actual de mantenimiento del área de secado de la Piladora Nuevo Horizonte, consulte Anexo 1. Asimismo, cuenta con 38 equipos entre las dos líneas, Kepler Weber y CONSILOS, los cuales se realizó el respectivo inventario (Anexo 2).

Descripción de las fallas en los equipos

En cuanto al diagnóstico de las fallas de los equipos de las líneas de secado, se recopiló información del historial de fallas desde enero 2022 – enero 2023. Se pudieron clasificar las cuales pertenecen a cada línea, tanto Kepler Weber como CONSILOS. Es notable que, se han registrado un total de 116 fallas en los 38 equipos ubicados en el proceso de secado, generando una acumulación de 525 horas de inactividad operativa (consultar Anexo 3).

En este contexto, la línea CONSILOS ha experimentado un total de 76 fallas, lo que ha resultado en una acumulación de 323,5 horas de inactividad operativa. Por otro lado, la línea Kepler Weber ha enfrentado 98 fallos, lo que lleva a una pérdida total de tiempo de 450 horas; esta puede ser consultada en el Anexo 4. En vista de lo anterior, se ha decidido otorgar prioridad a la línea que ha acumulado un mayor tiempo de inactividad total. En consecuencia, se llevará a cabo el estudio completo a partir de la línea de secado Kepler Weber.

Análisis de criticidad para identificación de los equipos críticos

Tabla 1: Equipos críticos de la línea de secado Kepler Weber

Equipo	Puntaje de criticidad	%	Acumulado %	Nivel
Elevadores de cangilones	94,5	20,74%	20,74%	
Secadora Kepler Weber	64	14,04%	34,78%	
Horno	64	14,04%	48,82%	
Faja transportadora	51	11,19%	60,01%	A
Pre Limpia Kepler Weber	51	11,19%	71,20%	
Silos de almacén	22	4,83%	76,03%	
Silos húmedos	22	4,83%	80,86%	
Ciclón de polvo	21	4,61%	85,46%	
Cadena transportadora	20,5	4,50%	89,96%	B
Tolva de recepción de arroz cáscara	13	2,85%	92,81%	
Silos de añejo	11	2,41%	95,23%	
Tolva pajilla	11	2,41%	97,64%	C
Silos secos/enfriamiento	10,75	2,36%	100,00%	
Total	455,75	100,00%		

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

Al realizarse el análisis de criticidad, se obtuvieron como equipos críticos, a los elevadores de cangilones, la secadora industrial, horno, la faja transportadora, pre limpia, los silos de almacén y silos húmedos; consulta en el Anexo 5.

Costos operacionales de los equipos

De las 98 interrupciones documentadas en el periodo que abarca desde enero de 2022 hasta enero de 2023, que en conjunto suman un total de 450 horas de inactividad operativa, se ha calculado un costo operativo correspondiente a S/ 209 182,68; consultar Anexo 6.

Participación de costos operacionales

Tabla 2: Equipos de la línea Kepler con mayores costos operacionales

Equipo	Costos operacionales (S/)	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Nivel
Secadora Kepler Weber	S/ 42 988,00	20,52%	20,52%	
Elevadores de cangilones	S/ 24 374,50	11,64%	32,16%	
Silos de almacén	S/ 20 439,00	9,76%	41,91%	
Horno	S/ 19 660,20	9,39%	51,30%	A
Pre Limpia Kepler Weber	S/ 18 283,81	8,73%	60,03%	
Silos húmedos	S/ 17 280,30	8,25%	68,28%	
Faja transportadora	S/ 14 195,27	6,78%	75,05%	
Cadena transportadora	S/ 10 992,75	5,25%	80,30%	
Silos de añejo	S/ 9 889,55	4,72%	85,02%	
Silos secos/enfriamiento	S/ 9 580,85	4,57%	89,59%	
Tolva de recepción de arroz cáscara	S/ 8 095,45	3,86%	93,46%	B
Ciclón de polvo	S/ 7 033,00	3,36%	96,82%	
Tolva pajilla	S/6 670,00	3,18%	100,00%	
Total	S/ 209 482,68	100,00%		

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

A partir de la tabla previamente expuesta, se identificó el 80% de los 25 equipos, que experimentaron fallos durante el período de estudio, la secadora, el elevador de cangilones, el silo de almacén, el horno, la pre-limpia, el silo húmedo y la faja transportadora. De esta manera, el costo preponderante en la operación de los equipos se refiere al costo parada, el cual ostenta una participación significativa del 47,45% en los costos operacionales totales.

Identificación de los equipos críticos

A partir del análisis realizado, podemos confirmar que los equipos de mayor criticidad, según se desprende de los diagramas de Pareto relacionado con el tiempo de inactividad o parada y los costos operacionales, engloban los siguientes: Secadora Kepler Weber, elevadores de cangilones, silos de almacén, horno, pre limpia, silos húmedos y faja transportadora.

Identificación de las causas raíz de la problemática

Con base en el análisis de causa raíz documentado en el Anexo 7, se ha desarrollado un diagrama de Ishikawa que ilustra de manera explícita los desafíos previamente señalados.

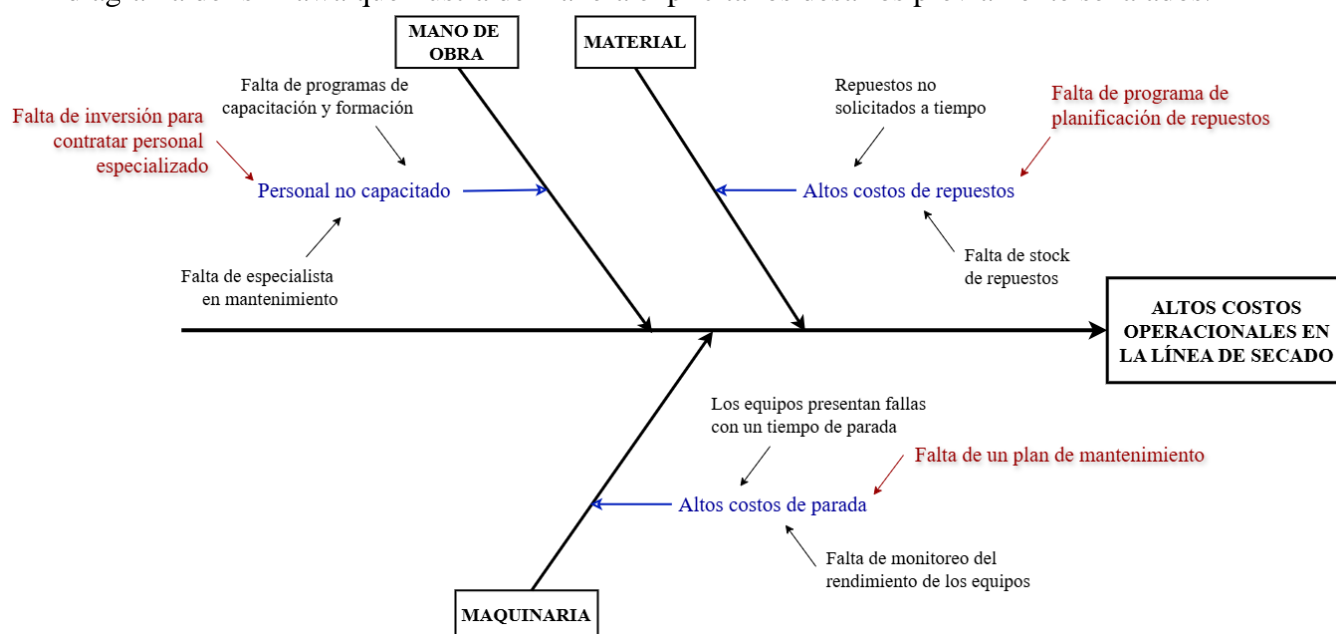


Figura 1: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

Identificación de las causas más significativas

Con relación a las causas fundamentales identificadas en la problemática que incide en los costos operativos, se ha procedido a cuantificarlas mediante un diagrama de Pareto.

Tabla 3: Orden de prioridad de causas raíz a partir de sus costos operacionales

CRi	Causas Raiz	Costos operacionales	%	Acumulado %
CR1	Falta de un plan de mantenimiento	S/ 139 237,00	66,56%	66,56%
CR2	Falta de personal técnico especializado			
CR3	Falta de capacitación y formación al personal	S/ 38 500,50	18,41%	84,97%
CR4	Falta de planificación de repuestos	S/ 31 445,18	15,03%	100,00%
Total		S/ 209 182,68	100,00%	

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

En virtud de este hallazgo, se infiere que la Causa Raíz 1 (CR1), centrada en la falta de un plan de mantenimiento, conlleva el mayor impacto en los costos operativos y, en consecuencia, debe considerarse como punto de partida en el desarrollo de la propuesta, para así abordar las demás causas fundamentales.

Identificación global de los indicadores actuales

Indicadores actuales de mantenimiento

- a. Tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTBF) y Tiempo promedio de reparación (MTTR)

Tabla 4: Tiempo promedio operativo hasta el fallo de cada equipo

Equipo	Tiempo total de producción (horas)	Tiempo total de parada (horas)	N° de falla	MTBF	MTTR
Elevadores de cangilones		104	25	185,44	4,16
Pre Limpia Kepler Weber		31	9	523,22	3,44
Silos húmedos		19	3	1573,67	6,33
Silos secos/enfriamiento		10	1	4730,00	10,00
Silos de añejo		21	3	1573,00	7,00
Silos de almacén		38,5	7	671,64	5,50
Ciclón de polvo	4740	18,5	4	1180,38	4,63
Secadora Kepler Weber		77,5	11	423,86	7,05
Tolva de recepción de arroz cáscara		8,5	2	2365,75	4,25
Tolva pajilla		6,5	3	1577,83	2,17
Horno		33,5	7	672,36	4,79
Faja transportadora		55,5	14	334,61	3,96
Cadena transportadora		26,5	9	523,72	2,94
Total	4740	450	98	43,78	4,59

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

Dentro de esta línea de secado, en promedio se presenta una falla en los equipos cada 43,78 horas. Por otro lado, un MTTR de 4,59 horas, mide cuánto tiempo se necesita, en promedio, para volver a poner en funcionamiento un equipo después de que ha experimentado una falla.

- b. Disponibilidad

Una disponibilidad del 90,51% indica que, en promedio, los equipos de la línea de secado no estuvieron en funcionamiento el 9,49% del tiempo durante el período analizado.

- c. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

En los Anexos 8, 9, 10 y 11, se llevó a cabo un análisis del indicador, con el propósito de realizar un diagnóstico detallado sobre cómo la causa raíz incide en la disponibilidad, calidad y rendimiento de los equipos.

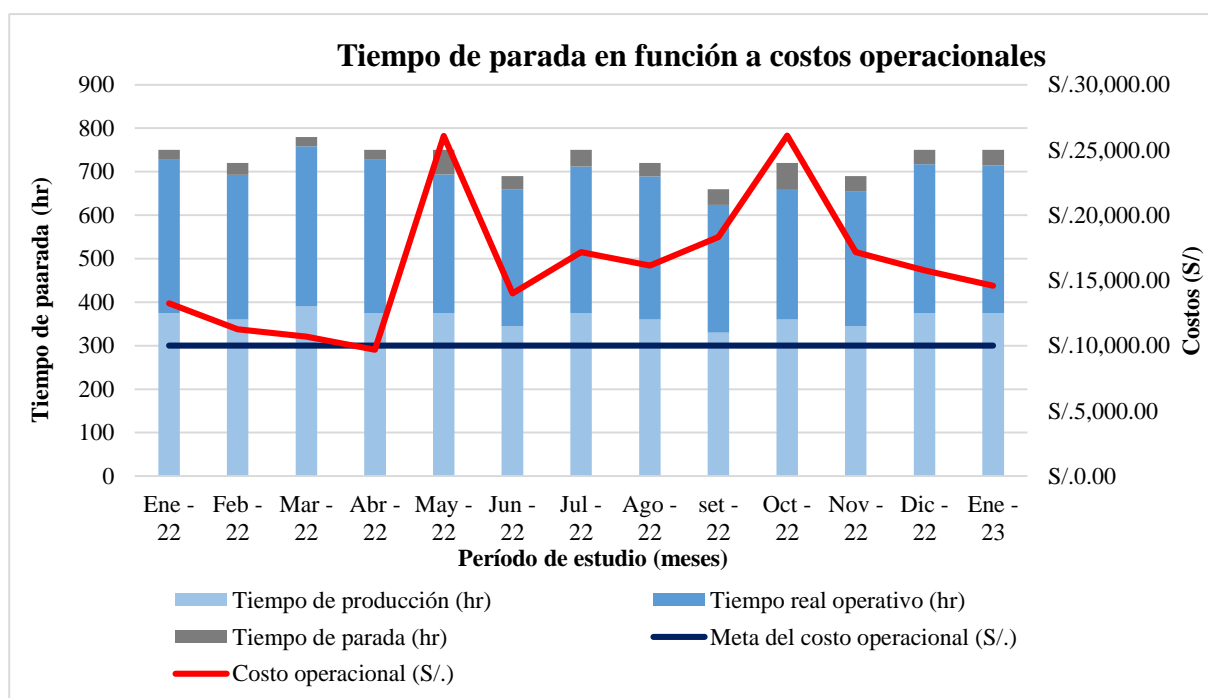
Tabla 5: Resultados de OEE mensual de la línea de secado

Meses del año 2022 - 2023	Coefficiente de Disponibilidad	Coefficiente de Calidad	Coefficiente de Rendimiento	OEE	Calificativo
Enero	0,940	0,752	0,833	58,88%	Inaceptable
Febrero	0,924	0,731	0,842	56,85%	Inaceptable
Marzo	0,944	0,930	0,817	71,67%	Regular
Abril	0,944	0,683	0,875	56,40%	Inaceptable
Mayo	0,849	0,794	0,767	51,72%	Inaceptable
Junio	0,913	0,866	0,825	65,26%	Regular
Julio	0,899	0,849	0,833	63,60%	Inaceptable
Agosto	0,914	0,853	0,833	64,96%	Inaceptable
Septiembre	0,891	0,898	0,850	67,97%	Regular
Octubre	0,828	0,700	0,708	41,05%	Inaceptable
Noviembre	0,900	0,712	0,833	53,38%	Inaceptable
Diciembre	0,912	0,321	0,800	23,43%	Inaceptable
Enero	0,904	0,675	0,817	49,84%	Inaceptable
Promedio	0,905	0,751	0,818	55,77%	Inaceptable

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

El resultado del OEE de la línea de secado, que se sitúa en 55,77%, indica un rendimiento que se encuentra en la categoría de "inaceptable" según la clasificación de OEE [30].

En el contexto de la evaluación integral de todos los indicadores pertinentes, se tiene el siguiente gráfico:

**Figura 2: Representación gráfica del tiempo de parada en función a costos operacionales**

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

El análisis de la relación entre el tiempo de parada y los costos operacionales es esencial para comprender la dinámica de la eficiencia y la gestión de recursos en la línea de secado. A pesar de la meta mensual establecida de S/ 10 000,00; se observa una variabilidad significativa en los costos operacionales a lo largo de los meses, con picos notables en mayo y octubre. Además, se destaca una relación inversa entre el tiempo de parada de los equipos y los costos operacionales; períodos con tiempos de parada más largos tienden a tener costos más bajos, como se detalla en el Anexo 12.

Desarrollo de propuesta de mejora

Desarrollo de selección de la metodología a aplicar

a. Elección de metodología de aplicación

En este contexto, se han evaluado tres alternativas, las cuales son:

- Optimización de Mantenimiento Planeado (OPM)
- Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

b. Desarrollo de elección de la metodología

Mediante el proceso analítico jerárquico (AHP) [31]. Este método ofrece una perspectiva precisa mediante la cuantificación de la toma de decisiones, utilizando criterios de evaluación:

- Nivel de capacitación de personal
- Eficiencia global de los equipos (OEE)
- Costos operativos o de mantenimiento
- Costos de repuestos e insumos
- Tiempo de implementación
- Alcance
- Objetivo del estudio

Al concluir, la selección de la metodología adecuada se basa en un proceso de ponderación de criterios. En este análisis, la metodología de Optimización de Mantenimiento Planeado (OPM) emergió con un peso del 70%., se puede consultar Anexo 13 y 14.

Optimización de Mantenimiento Planeado (OPM)

Este método de mantenimiento preventivo emerge como una estrategia en la gestión de activos, orientada a maximizar la eficiencia operativa y minimizar costos operacionales a través de un enfoque sistemática de mantenimiento. Por consiguiente, erige sobre los preceptos normativos de la ISO 9001:2015, que establece directrices para la implementación de un

proceso de mantenimiento preventivo eficaz. Según lo estipulado en la normativa [16], se deben seguir los siguientes pasos para la implementación para el programa de mantenimiento preventivo:

Paso 1: Identificar las máquinas que se encuentran en la organización en forma de un inventario de equipos

Se logró codificar el proceso de secado, donde se encuentran 38 equipos, Anexo 15. En consecuencia, se procedió el sistema de codificación asignado a los elementos que componen los 25 equipos adscritos a la línea Kepler Weber, Anexo 16.

Paso 2: Crear un listado de máquinas

Se ha determinado las conexiones entre máquinas en todo el sistema de secado, Anexo 17.

Paso 3: Identificar las máquinas con strike o calcomanía

En este sentido, se ha seleccionado un solo color para todos los equipos de la línea Kepler Weber; de esta manera, proporcionará beneficios significativos en la gestión y operación del sistema, Anexo 18.

P4: Crear un plan de mantenimiento para cada máquina

Programa de mantenimiento de los equipos críticos

Este enfoque personalizado busca optimizar la disponibilidad operativa, minimizando tiempos de inactividad y reduciendo costos asociados. Estos programas se realizaron a base a las fallas diagnosticadas de los equipos críticos y de los manuales de las máquinas, consultar Anexo 19, 20 y 21. A partir de este programa de mantenimiento de actividades de mantenimiento de los equipos críticos, se realizó un plan de actividades generales y específicas de cada equipo.

Plan de mantenimiento

Por consiguiente, se obtuvo un tiempo aproximado de trabajo del plan de mantenimiento de 590 minutos; es decir, 9,83 horas. La duración de 9,83 horas se convierte en un indicador clave para la gestión del mantenimiento, permitiendo una programación eficiente de los recursos humanos y materiales. Se puede consultar en el Anexo 22, 23 y 24.

Asimismo, se realizó la clasificación de las actividades específicas en función de las especialidades de los profesionales designados, entre los que se incluyen el técnico de mantenimiento, el mecánico y el electricista, Anexo 25.

Tabla 6: Cantidad de actividades específicas según especialistas

Mano de obra de mantenimiento	Cantidad de actividades específicas
Técnico de mantenimiento	34
Electricista	3
Mecánico	9
Total	46

Fuente: Elaboración propia

P5 y P6: Crear ficha de mantenimiento preventivo y correctivo

Se elaboró una ficha de mantenimiento estandarizada para realizar actividades preventivas generales en intervalos diarios y semanales, con la responsabilidad de ejecución asignada al operador de la máquina. Asimismo, se han delineado actividades específicas destinadas a especialistas, como electricistas o mecánicos, y esta ficha se detalla en el Anexo 26. Además, se ha diseñado una ficha específica para el mantenimiento preventivo, fundamentada en revisiones e inspecciones que el técnico de mantenimiento debe realizar para cada equipo de la línea de secado Kepler, presentada de manera detallada en el Anexo 27.

En cuanto al mantenimiento correctivo, se ha adoptado un formato estándar para llevar a cabo actividades generales diarias, centrándose en la inspección conjunta de los equipos y su entorno en la línea. Los detalles de esta ficha se encuentran en el Anexo 28.

Paso 7: Crear carpetas de mantenimiento por máquinas

Se realizó la siguiente organización y distribución de los documentos necesarios.

1. Área de Mantenimiento de la Línea de Secado
 - 1.1. Documentos obligatorios
 - 1.1.1. Objetivos
 - 1.1.2. Política
 - 1.1.3. Organigrama
 - 1.2. Procedimientos
 - 1.2.1. Mantenimiento Preventivo
 - 1.2.1.1. Formatos
 - 1.2.2. Mantenimiento Correctivo
 - 1.2.2.1. Formatos
 - 1.2.3. Programa de capacitación de personal de mantenimiento
 - 1.2.3.1. Programa
 - 1.2.3.2. Cronograma de capacitación
 - 1.2.3.3. Rotación de turnos

Con base en esta planificación, se han llevado a cabo los procedimientos relativos a los objetivos (Anexo 29) y política (Anexo 30) del área de mantenimiento de la línea de secado.

Paso 8: Evaluación de satisfacción de cliente interno

Se elaboró una encuesta que será respondida por el personal del área de secado con respecto al servicio interno de mantenimiento. La retroalimentación recopilada será utilizada para identificar áreas de mejora en los procesos, con el fin de garantizar un entorno laboral más eficiente y satisfactorio. Consultar Anexo 31.

Cálculo de mano de obra para el área de mantenimiento

Determinar la mano de obra esencial para el área de mantenimiento emerge como un elemento crítico en la optimización operativa y el rendimiento eficiente de los equipos. Además, facilita la planificación de programas de capacitación, garantizando que el personal esté debidamente calificado para abordar los desafíos técnicos. De esta manera, se ha calculado la mano de obra necesaria correspondiente al área de mantenimiento según [32]. Se obtuvo un resultado de 4 operarios y se puede observar los detalles en el Anexo 32.

De acuerdo con esto, se realizó el análisis de criticidad de las máquinas en cuanto al tiempo de parada planificado para el mantenimiento en una jornada laboral, las clases están detalladas en el Anexo 33.

Tabla 7: Máquinas clasificadas de la línea de secado

Máquina	Condición para la parada planificada	Clasificación
Secadora Industrial	Si puede parar una cantidad de horas pertinentes para el manteniendo planificado	B
Elevadores de cangilones	No puede parar	A
Silo de almacén	Es indiferente si para o no, porque hay otros puntos de reposo del arroz	C
Horno	No puede parar	A
Prelimpia	Si puede parar una cantidad de horas pertinentes para el mantenimiento planificado	B
Silo húmedo	Es indiferente si para o no, porque hay otros puntos de reposo del arroz	C
Faja transportadora	Si puede parar una cantidad de horas pertinentes para el mantenimiento planificado	B

Fuente: Elaboración propia.

Se debe resaltar que, el motivo de realizar este análisis es para conocer las máquinas que necesitan un mantenimiento fuera de la jornada de 16 horas diarias y por ello, en el cual se necesitará rotación de personal de mantenimiento. Por lo tanto, se tomaron en cuenta el tiempo programado de las actividades específicas de cada máquina, detallado en el Anexo 34, y establecer esta clasificación.

De acuerdo con la mano de obra de mantenimiento de 4 operarios, se organizará de la siguiente manera:

Dado que los equipos de Clase A, como los elevadores de cangilones y el horno, no pueden detenerse durante el período de producción de 16 horas, su mantenimiento se llevará a cabo en una jornada completa de 24 horas; es decir, dentro de 14440 horas hombre al año. En consecuencia, durante el primer turno del día de mantenimiento, participarán dos operarios, y posteriormente, en el segundo turno, ambos operarios regresarán para completar las tareas en las primeras horas de la madrugada.

Plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento

Se elaboró el perfil de puestos de cada miembro del área de mantenimiento, con el objetivo de planificar el plan de capacitaciones requeridas de acuerdo con las necesidades de los equipos críticos, consultar Anexo 35. La implementación de un plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento desempeña un papel esencial en la mejora continua y la eficiencia operativa en un entorno industrial. En este sentido, se planificaron las actividades según las fases para la implementación del plan de capacitación según [33].

Por consiguiente, en el Anexo 36 y 38, se ha establecido el período de ejecución del plan de capacitaciones desde abril 2023 hasta agosto 2023. Así, se ha tenido previsto la capacitación de los especialistas como supervisor de mantenimiento, técnico, mecánico y electricista. Al dirigirse hacia una formación más personalizada, nos proponemos proporcionar a cada miembro del equipo las habilidades técnicas y conocimientos necesarios para desempeñar eficazmente sus roles respectivos [34].

Tabla 8: Cursos especializados según el puesto de trabajo de mantenimiento

Puesto	Cursos	Tiempo (h)
Todo el personal de mantenimiento	Interpretación de la norma ISO 9001:2015	24
	Herramientas de gestión en la supervisión	12
Supervisor de mantenimiento	Planeamiento y organización para la toma de decisiones	8
	Planificación del mantenimiento industrial	8
	Supervisión eficaz	16
Técnico de mantenimiento	Lubricación de maquinaria industrial	12
	Mecánico	Buenas prácticas de cambio de repuestos
Electricista	Fundamentos de electricidad industrial	12
	Neumática industrial básica	12
	Control y Automatización Industrial con PLC	30

Fuente: Elaboración propia.

La inclusión del curso sobre la normativa ISO 9001:2015 se considera imperativa, ya que brinda al personal de mantenimiento la capacidad de respaldar la implementación de la metodología OPM de manera competitiva [35].

Tras la investigación de instituciones locales para la capacitación de especialistas, se identificó que el Instituto Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (SENATI) se ajusta de manera óptima a las necesidades recopiladas. En consecuencia, se ha obtenido una cotización acorde con el plan de capacitaciones establecido. Las sesiones de capacitación serán conducidas de forma virtual por profesionales especializados de SENATI. Los detalles específicos de esta cotización se encuentran detallados en el Anexo 37 y 39.

Planificación de repuestos e insumos

A partir del análisis detallado de las actividades específicas de mantenimiento, se han identificado los repuestos, materiales e insumos esenciales en función de las fallas diagnosticadas en los equipos críticos. Estos elementos se describen en el Anexo 40.

Es relevante destacar que la cantidad se derivó de la frecuencia anual de la falla diagnosticada, como se detalla en el Anexo 40. Asimismo, se tomó en cuenta el tipo de lubricante a base el manual del equipo (Anexo 20), y su ficha técnica pertinente [36], [37].

De la misma manera, se realizó con los repuestos necesarios y cada uno con sus fichas técnicas [38]–[40].

a. Análisis de prioridad por el método ABC

Como se observa, el monto total entre repuestos, materiales e insumos es de S/ 25 450,50. En el cual puede tener mayor participación son los cangilones de nylon, detalles en Anexo 41.

Tabla 9: Participación de cada clase de artículos en la inversión de repuestos, materiales e insumos

Indicador	Zona	N° Artículos	% Artículos	% Acumulado	% Inversión	% Inv Acumulado	Costo total de repuestos, materiales e insumos con la propuesta	Participación en la inversión
0% - 80%	A	3	50,0%	50,0%	78,72%	78,72%	S/ 25 450,50	S/ 20 034,00
80% - 95%	B	1	16,7%	66,7%	11,56%	90,28%	S/ 25 450,50	S/ 2 941,50
95% - 100%	C	2	33,3%	100,0%	2,36%	92,63%	S/ 25 450,50	S/ 600,00
Total		6	100%					

Fuente: Elaboración propia.

Conforme revelan los resultados, el 78,72% de la totalidad de artículos se clasifican como clase A, situándose así en el 80% de prioridad de abastecimiento para el plan de mantenimiento.

Por otro lado, el controlador Fockink Seca Master V5.1 representa solo el 11,56% del total. En consecuencia, se hace imperativo otorgar prioridad de abastecimiento a los cangilones de nylon y los baldes de lubricantes específicos, ya que constituyen elementos cruciales dentro de este plan de mantenimiento. Además, los artículos de clase A inciden en costos que ascienden a S/ 20 034 del costo total de los artículos.

Indicadores nuevos de mantenimiento

Considerando la propuesta de mejora para los equipos críticos de la línea de secado Kepler Weber, se ha establecido un nuevo tiempo programado anual en el plan de mantenimiento, el cual se encuentra significativamente reducido en comparación con el diagnóstico previo de 104,58 horas; consultar Anexo 42. Asimismo, se realizó un nuevo flujograma del proceso de mantenimiento con la propuesta, Anexo 43.

a. Reducción del tiempo de parada después de la propuesta

Tabla 10: Reducción de tiempo de parada

Equipo	Tiempo programado al año (h)	Tiempo programado al año después de la propuesta (h)	Tiempo de parada antes de la propuesta (h)	Porcentaje de mejora (%)
Secadora industrial	2,00			
Elevadores de cangilones	2,67			
Silo de almacén	0,50			
Horno	1,58	104,58	450	76,76%
Prelimpia	1,67			
Silo húmedo	0,58			
Faja transportadora	0,83			

Fuente: Elaboración propia.

Se logró un 76,76% de reducción; es decir, 345,42 horas menos de parada con el nuevo plan de mantenimiento; por ende, este resultado se refleja en los demás indicadores mejorados.

b. Tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTBF)

Un MTBF de 211,32 horas; es mucho más alto sugiere una mayor eficiencia en el funcionamiento de los equipos y contribuye a una reducción de los costos asociados con las interrupciones y reparaciones frecuentes.

c. Tiempo promedio de reparación (MTTR)

Esto significa que, al disminuir de 4,59 horas a 0,89 horas, indica que el tiempo necesario para reparar los equipos críticos ha experimentado una notable disminución y se atribuye a la implementación del plan de mantenimiento.

d. Disponibilidad

La disponibilidad de 97,79% ha experimentado una notable mejora, contribuyendo a un funcionamiento óptimo de los activos.

e. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

De esta manera, se obtuvieron los indicadores OEE a base de estos nuevos indicadores de disponibilidad, calidad y rendimiento; a más detalle en el Anexo 44.

Tabla 11: Resultados de OEE mensual después de la propuesta

Meses	Coefficiente de Disponibilidad	Coefficiente de Calidad	Coefficiente de rendimiento	OEE	Calificativo
Mes 1	0,99	0,79	0,88	0,68	Regular
Mes 2	0,98	0,78	0,89	0,68	Regular
Mes 3	0,99	0,97	0,85	0,82	Aceptable
Mes 4	0,99	0,71	0,92	0,65	Regular
Mes 5	0,96	0,90	0,88	0,76	Aceptable
Mes 6	0,98	0,93	0,88	0,80	Aceptable
Mes 7	0,98	0,92	0,91	0,82	Aceptable
Mes 8	0,98	0,91	0,89	0,80	Aceptable
Mes 9	0,97	0,98	0,93	0,89	Aceptable
Mes 10	0,96	0,81	0,83	0,64	Inaceptable
Mes 11	0,98	0,77	0,91	0,69	Regular
Mes 12	0,98	0,34	0,86	0,29	Inaceptable
Mes 13	0,98	0,73	0,88	0,63	Inaceptable
Promedio	0,98	0,81	0,88	0,70	Regular

Fuente: Elaboración propia.

El aumento en el OEE (Overall Equipment Efficiency) a 70,30%, clasificado como regular, indica una mejora en la eficiencia general de los equipos en comparación con mediciones anteriores.

Comparación de Indicadores actuales vs Indicadores mejorados

Tabla 12: Cuadro comparativo de indicadores

Indicador	Antes de la Propuesta	Después de la Propuesta	Variación%
Tiempo total de parada	450	105	-76,76%
Número de fallas	98	22	-77,55%
Tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTBF) (h/falla)	43,78	211,32	79,28%
Tiempo promedio de reparación (MTTR) (h/rep.)	4,59	0,893	-80,54%
Disponibilidad	90,51%	97,79%	7,28%
Calidad	75,10%	81,26%	6,16%
Rendimiento	81,80%	88,46%	6,66%
Eficiencia global de los equipos (OEE)	55,60%	70,30%	14,70%

Fuente: Elaboración propia.

Como se evidencia en la Tabla 12, la comparación de indicadores muestra un panorama positivo y significativo después de la implementación del plan de mantenimiento. La reducción del tiempo total de parada en un 76,76% y del número de fallas en un 77,55% indica una notable mejora en la disponibilidad de los equipos. Además, el aumento del tiempo promedio operativo hasta el fallo en un 79,28% señala una mayor resistencia de los equipos antes de experimentar fallas. El incremento en la disponibilidad en un 7,28%, la calidad en un 6,16% y el rendimiento en un 6,66% reflejan una optimización general de los procesos y la eficiencia de los equipos. Por ende, el aumento del OEE en un 14,70% sugiere un impacto positivo integral en la eficiencia operativa.

Evaluar la viabilidad económica de la propuesta

En la consecución de este objetivo, en consonancia con la propuesta de un plan de mantenimiento en la Piladora Nuevo Horizonte, se tomaron en cuenta las implicaciones de costos y las inversiones asociadas.

Inversión

a. Costos de implementación del plan de mantenimiento

En el Anexo 45, se presentan en detalle los costos de las herramientas requeridas según las actividades especificadas en el plan de mantenimiento elaborado, con un monto total de S/ 3 231,00. En cuanto a los costos de materiales e insumos, con un costo total de S/ 10 554,00. Finalmente, sobre los costos de repuestos alcanzan una suma total de S/ 14 896,50.

b. Costo total de la inversión

Como resultado de la implementación del plan de mantenimiento propuesto mediante la metodología de Optimización de Mantenimiento Planeado (OPM) para los equipos críticos, se ha registrado una inversión total de S/ 34 112,50. Detalles en el Anexo 45.

Reducción de costos

Se llevó a cabo una evaluación comparativa entre el costo antes y después de la implementación de la mejora, evidenciada en la Tabla 13. Como resultado, se consiguió una reducción significativa de S/ 42 108,55, representando una disminución del 29,39%.

Tabla 13: Cálculo de variación del costo

Costos operacionales de la línea de secado Kepler Weber	Sin la mejora	Con la mejora	Reducción de costos	Representación porcentual %
Costos de materiales e insumos	S/ 25 641,00	S/24 903,05	S/737,95	2,88%
Costos de repuestos	S/ 24 697,56	S/21 644,12	S/3 053,44	12,36%
Costos de parada	S/ 68 843,50	S/34 794,84	S/34 048,66	49,46%
Costos de mano de obra de mantenimiento	S/ 24 100,00	S/19 831,50	S/4 268,50	17,71%
Total	S/ 143 282,06	S/101 173,51	S/42 108,55	29,39%

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Beneficios por propuesta

Se establecieron los beneficios por propuesta y esta proporciona una suma total de S/ 42 108.55.

a. Evaluación económica financiera

Tabla 14: Estado de resultados

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos		S/42 108,55	S/44 213,98	S/46 424,68	S/48 745,91	S/51 183,21	S/53 742,37
costos operativos		S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00
depreciación		S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00
GAV		S/2 340,00	S/2 457,00	S/2 579,85	S/2 708,84	S/2 844,28	S/2 986,50
utilidad antes de impuestos		S/39 768,55	S/41 756,98	S/43 844,83	S/46 037,07	S/48 338,92	S/50 755,87
Impuestos (29.5%)		S/11 731,72	S/12 318,31	S/12 934,22	S/13 580,93	S/14 259,98	S/14 972,98
utilidad después de impuestos		S/28 036,83	S/29 438,67	S/30 910,60	S/32 456,13	S/34 078,94	S/35 782,89

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Con base en estos resultados, se constata un crecimiento continuo de los ingresos a lo largo de los años, señalizando una tendencia positiva en la generación de ingresos. Cabe destacar que, según las propuestas, los costos consideran inversiones y no costos recurrentes, por ende, no están contemplados en este estado de resultados. Además, se han incorporado como gastos administrativos y de ventas (GAV) aquellos relacionados con servicios como teléfono, luz y limpieza, totalizando S/ 2 340,00. La utilidad antes de impuestos refleja la rentabilidad previa a la consideración de impuestos y manifiesta una tendencia ascendente, indicando un desempeño positivo. En última instancia, la utilidad después de impuestos presenta una trayectoria al alza, ofreciendo perspectivas alentadoras para la salud financiera de la empresa Piladora Nuevo Horizonte.

Tabla 15: Flujo de caja de propuesta

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Utilidad después de impuestos		S/28 036,83	S/29 438,67	S/30 910,60	S/32 456,13	S/34 078,94	S/35 782,89
Inversión	S/34 112,50	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/25 450,50	S/0,00
Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
FNE	-S/34 112,50	S/28 036,83	S/29 438,67	S/30 910,60	S/32 456,13	S/8 628,44	S/35 782,89
VAN	S/48 485,61						
TIR	81,16%		COK:	25%			
PRI	2,48	años					
Año	Año 0	Año 1	Mes 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos		S/42 108,55	S/44 213,98	S/46 424,68	S/48 745,91	S/51 183,21	S/53 742,37
Egresos	S/34 112,50	S/14 071,72	S/14 775,31	S/15 514,07	S/16 289,78	S/42 554,77	S/17 959,48
VAN Ingresos	S/136 579,50						
VAN Egresos	S/88 093,89						
B/C	1,55						

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

En cuanto a los indicadores económicos y financieros, el VAN positivo de S/ 48 485,61 indica que el proyecto genera un valor presente neto positivo, lo que sugiere la generación de beneficios económicos. Además, el TIR del 81,16% supera la tasa de descuento del 25% (Anexo 46), confirmando que el proyecto es rentable y atractivo desde el punto de vista financiero. El PRI de 2,48 años señala un tiempo corto de una rápida recuperación de la inversión inicial. Por ende, el beneficio-costo de 1,55 indica que, por cada unidad invertida, se obtienen 0,55 céntimos de beneficio. En conjunto, estos indicadores respaldan la viabilidad financiera del proyecto.

Discusión

El análisis diagnóstico de la línea de secado Kepler Weber reveló un total de 98 fallas, las cuales resultaron una acumulación de 450 horas de parada. Estas interrupciones han sido la causa principal de los elevados costos operacionales experimentados. Un estudio previo realizado por Monsalve [24] en la compañía Molino El Chamesino S.A.C. registró 161 fallas, equivalente a 459,08 horas de paro, lo que se tradujo en una disminución en la disponibilidad de equipos por debajo del 90%. Este indicador crítico se sitúa por debajo del parámetro del 91%, tal como se ha considerado en el presente trabajo [41]. Además, Constantino [26] y su equipo de investigación obtuvieron una disponibilidad del 74,5%, con costos de mantenimiento que incluyen mano de obra externa, gastos en repuestos y costos de fallos, sumando un total de S/ 54 933,79. Por otro lado, la investigación realizada por Cotrina [27] pone de manifiesto que la falta de herramientas de diagnóstico de causas raíz representa un factor significativo, contribuyendo en un 49% a los costos operacionales totales. En esta misma línea, Bocanegra & Bueno [25] destacan la utilidad del diagrama de Ishikawa, la matriz de priorización y el diagrama de Pareto para desentrañar la estructura de los costos operacionales. Sus hallazgos indican un costo operacional mensual de S/ 73 042,97, siendo el costo de mano de obra de mantenimiento el que más contribuye, alcanzando S/ 29 901,56. Estos resultados enfatizan la importancia de abordar las fallas en el equipo y los costos operacionales desde una perspectiva más estratégica y eficiente.

En el estudio realizado por Ponce-Mostero [42], se empleó la metodología de Optimización de Mantenimiento Planeado (OPM) con el objetivo de mantener el índice del costo de mantenimiento por debajo del umbral de 0,088. Esto resultó en un incremento notable del rendimiento de la producción, alcanzando un impresionante 82,24%, superando significativamente la meta establecida del 68,07%. Por otro lado, el trabajo de Mosqueira [28] enfatizó la importancia de un plan integral de formación y entrenamiento para el personal de mantenimiento, lo que generó ahorros anuales sustanciales de S/ 539 543,61. En contraste, en la presente investigación, no solo se aborda el plan de capacitación del equipo de mantenimiento, sino que también se establece un perfil recomendado para los operarios en esta área. Los resultados indican una reducción del 29,39% en los costos operacionales, con un impacto especialmente de reducción en 46,46% en los costos de parada. En este mismo contexto, Valencia [43], al aplicar la estrategia de OPM, logró mejorar la productividad en un 5,54%. Los equipos operaron a un rendimiento destacado del 92,86%, lo que respalda la aplicabilidad exitosa de la metodología en la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte,

con una disponibilidad del 97,79%, demostrando la aceptabilidad del indicador de Eficiencia Global de Equipos (OEE), del 70,30% siendo un calificativo regular.

En el marco de esta investigación, se sumerge en una minuciosa evaluación de la viabilidad económica de la propuesta del plan de mantenimiento. La confirmación de la rentabilidad del proyecto se materializó a través de indicadores económicos sólidos, destacándose el Valor Actual Neto (VAN) de S/ 48 485,61 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 81,6%, superando holgadamente la tasa de costo de oportunidad del 25%. Un análisis adicional del Beneficio-Costo subraya que, por cada sol invertido, cosecharemos 0,55 céntimos de beneficio, y el periodo de recuperación de inversión reluce con una velocidad asombrosa de 2,48 años. En comparativa, las propuestas de Montes [44] y Sánchez [45] dan mayor profundidad a nuestra discusión. Montes, con su enfoque, logró un VAN de S/ 16 502,73, una TIR mensual de 60,8%, un Beneficio-Costo de 1,3 y un período de 8,21 meses. Por otro lado, Sánchez nos presenta una perspectiva impactante, con un VAN de S/ 160 096,90, TIR del 76,23%, y un beneficio de 0,63 soles por cada sol invertido. Estos hallazgos consolidan nuestra afirmación de que las propuestas de planes de mantenimiento, ya sea bajo las metodologías de OPM, TPM o RCM, se erigen como inversiones sólidas y rentables para las empresas en el dinámico sector agroindustrial.

Conclusiones

Se propuso un plan de mantenimiento en la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte que permitió la reducción de los costos operacionales en un 29,39%.

Se llevó a cabo un diagnóstico de la situación actual de los equipos en la línea de secado Kepler Weber de la empresa durante el periodo de estudio desde enero 2022 a enero 2023, revelando que los costos operacionales ascendieron a S/ 209 182,68, superando significativamente la meta mensual establecida de S/ 10 000,00. Este resultado se atribuyó a la carencia de un plan de mantenimiento estructurado, la falta de personal especializado en mantenimiento y los elevados costos asociados de repuestos. Se registró un indicador de 450 horas de parada, 98 fallas y, en consecuencia, una disponibilidad del 90,51%.

Se elaboró un plan de mantenimiento para los equipos críticos de la línea de secado, implementando la metodología de Optimización de **Mantenimiento** Planeado (OPM) basada en las directrices del ISO 9001:2015. Como resultado de esta implementación, se logró una reducción significativa del tiempo de parada, disminuyendo en un 76,76%. Además, se observó un incremento en el tiempo promedio operativo hasta el fallo, alcanzando las 211,32 horas, mientras que el tiempo promedio de reparación se redujo a tan solo 0,89 horas. En este contexto, el indicador clave relacionado con la gestión de mantenimiento, la disponibilidad, se elevó notablemente a un 97,79%. Estos avances culminaron en un Índice de Eficiencia Global de Equipos (OEE) del 70,30%, reflejando un proceso aceptable en mejora en cuanto a disponibilidad, calidad y rendimiento de los equipos en la línea de secado.

Se evaluó económicamente la viabilidad de la propuesta, donde esta generó una inversión inicial de S/ 34 112,50. Se obtuvo un VAN positivo de S/ 48 485,61, TIR del 81,16%, PRI de 2,48 años y Beneficio-Costo de 1,55. Estos indicadores respaldan la rentabilidad financiera del proyecto, sugiriendo beneficios económicos sostenibles y una recuperación rápida de la inversión inicial.

Recomendaciones

Se recomienda dar seguimiento a los costos operativos mediante el indicador S/. por tonelada (s//Tn), permitiendo evaluar su evolución y medir el impacto de las estrategias de mantenimiento en la optimización de costos. Además, sería pertinente ampliar el análisis incorporando otros factores operativos, como costos de producción, consumo energético, logística y comercialización, para obtener una visión integral del proceso. Esta evaluación contribuirá a una gestión de mantenimiento más estratégica, alineada con principios de sostenibilidad y eficiencia en el uso de recursos, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas.

Se recomienda que, a través del departamento de Recursos Humanos, se diseñe un perfil especializado para cada profesional de mantenimiento, acompañado de un plan de capacitación integral que incluya herramientas de control y seguimiento mensual del personal de mantenimiento; esta estructura debería estar detallada en un Manual de Organización y Funciones (MOF).

Se sugiere que esta metodología de Optimización de Mantenimiento Planeado (OPM) se convierta en el punto de partida para la investigación y desarrollo de un Sistema de Gestión de Mantenimiento. Este sistema no solo abarcaría el área de secado industrial, sino también las áreas de pilado y añejado, integrándolas como un sistema completo dentro de la planta de producción.

Se considera fundamental evaluar los peligros y riesgos asociados a las actividades de mantenimiento, con el propósito de fomentar una cultura de seguridad y salud en el trabajo en conformidad con la Ley Peruana N° 29783.

Referencias

- [1] Statista, “Arroz: principales productores a nivel mundial | Statista.” Accessed: Mar. 27, 2023. [Online]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/598933/principales-productores-de-arroz-con-cascara-en-el-mundo/>
- [2] Unidad de Inteligencia Comercial, “Análisis de mercado de arroz,” Lima, 2021. Accessed: Oct. 21, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.sierraexportadora.gob.pe/bitstream/handle/SSE/283/Arroz%20-%20Junio.pdf?sequence=1>
- [3] J. Santamaría Aranda, E. Rodas Tello, M. Casimiro Casimiro, J. Paredes Durand, G. Moreno Ramírez, and A. Sihuas Meza, “Boletín Estadístico Mensual ‘El Agro en Cifras’ 2021,” *Boletín Estadístico Mensual “El Agro en Cifras,”* vol. Diciembre 2021, no. 2022, pp. 5–12, Feb. 2021, Accessed: Apr. 08, 2023. [Online]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2861470/Bolet%3%ADn%20Mensual%20%22El%20Agro%20en%20Cifras%22%20-%20Diciembre%202021.pdf?v=1646143060>
- [4] Instituto Nacional de Estadística e Informática, “Producción de arroz cáscara creció 26,2% en diciembre del año 2021.” Accessed: Oct. 21, 2022. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/586081-produccion-de-arroz-cascara-crecio-26-2-en-diciembre-del-ano-2021>
- [5] E. Sifuentes Montes, A. Galiano Uscapi, R. Sánchez Manayay, J. Paredes Durand, G. Moreno Ramírez, and A. Sihuas Meza, “Boletín Estadístico Mensual ‘El Agro en Cifras’ Diciembre 2022,” *Boletín Estadístico Mensual “EL AGRO EN CIFRAS,”* vol. Diciembre 2022, no. Febrero 2023, pp. 19–30, Feb. 2022, Accessed: Apr. 08, 2023. [Online]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4131407/Bolet%3%ADn%20Mensual%20%22El%20Agro%20en%20Cifras%22%20-%20Diciembre%202022.pdf?v=1676570940>
- [6] T. Haddad, B. W. Shaheen, and I. Németh, “Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach,” *Manufacturing Technology*, vol. 21, no. 1, Feb. 2021, doi: 10.21062/mft.2021.006.
- [7] J. Vicente González Sosa *et al.*, “Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE,” *revista Ingeniería Industrial-Año*, vol. 17, pp. 209–225, 2018, doi: 10.22320/S07179103/2018.12.

- [8] F. A. Pérez Rondon, *Conceptos generales en la gestión de mantenimiento industrial*. Bucaramanga, 2021. Accessed: Oct. 21, 2022. [Online]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- [9] R. K. Sinha, S. K. Sinha, K. B. Dixit, A. K. Chakrabarty, and D. K. Jain, “Plant life management (PLiM) practices for pressurised heavy water nuclear reactors (PHWR),” *Understanding and Mitigating Ageing in Nuclear Power Plants: Materials and Operational Aspects of Plant Life Management (PLIM)*, pp. 732–794, 2010, doi: 10.1533/9781845699956.4.732.
- [10] O. García Palencia, “El Sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento Planeado,” Santiago de Chile, Jun. 2007. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/320540199>
- [11] S. Melo, “La importancia de optimizar la gestión del mantenimiento,” DataScope. Accessed: Sep. 09, 2023. [Online]. Available: <https://datascope.io/es/blog/la-importancia-de-optimizar-la-gestion-del-mantenimiento/>
- [12] Reliabilityweb.com, “PMO – Optimización de Mantenimiento Parte 1,” 2021. Accessed: Sep. 09, 2023. [Online]. Available: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/pmo-optimizacion-de-mantenimiento>
- [13] M. Villacís, “Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO) de la Central de generación eléctrica Cuyabeno Bloque 58,” Riobamba, Jul. 2017. Accessed: Sep. 09, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7219/1/20T00870.pdf>
- [14] Dirección de Desarrollo Estratégico, “Aplicación del ciclo de Deming o PDCA para la gestión de la calidad en la educación superior,” Dec. 2020. Accessed: Oct. 30, 2022. [Online]. Available: <https://desarrolloestrategico.udec.cl/wp-content/uploads/2021/01/DDD-N-4-Ciclo-Deming.pdf>
- [15] R. Orozco, “Programa de Mantenimiento para la empresa Prelselva & CIA. S. En. C. bajo los lineamientos de la norma ISO 9001:2008,” Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2015. Accessed: Sep. 09, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/df78fc0e-2a78-4200-921f-2fbadbfbba94/content>
- [16] ISO, “ISO 9001:2015,” 2015. [Online]. Available: www.iso.org
- [17] S. García, *Renovetec y los indicadores de mantenimiento*. 2019. Accessed: Apr. 21, 2023. [Online]. Available:

- <http://mantenimiento.renovetec.com/organizacionygestion/118-indicadores-de-mantenimiento>
- [18] M. Zegarra, “Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados,” *Cienc Desarro*, vol. 19, no. 1, pp. 25–37, Jun. 2016, doi: 10.21503/CIENCIAYDESARROLLO.2016.V19I1.02.
- [19] A. Azoy, “Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento Method for calculating maintenance indicators,” *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 4, no. 4, pp. 45–49, 2014, Accessed: Apr. 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262042008.pdf>
- [20] J. Apaza, “Plan de mantenimiento desarrollado en el microsoft office access para aumentar la disponibilidad a los equipos de las maquinarias pesadas, Caso: Empresa constructora Andina AO. S.A.C.,” Arequipa, 2022. Accessed: Apr. 10, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/aa4cc4bf-2409-4c7f-8618-524e00edfbaa/content>
- [21] C. Díaz, D. Catari, C. D. J. Murga, G. Díaz, and V. Quezada, “Efectividad general de equipos (OEE) ajustado por costos,” *Interciencia*, vol. 45, no. 3, pp. 158–163, Mar. 2020, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33962773006>
- [22] Á. Bernal, ““Manejo y Optimización de las Operaciones de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en un Taller Automotriz,”” Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Accessed: Apr. 21, 2023. [Online]. Available: https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24468/1/Manejo%20y%20optimizacion%20de%20las%20operaciones_FIMCP.pdf
- [23] S. García, “Indicadores en mantenimiento.” Accessed: Apr. 21, 2023. [Online]. Available: <http://www.mantenimientomundial.com/notas/indicadores-en-mantenimiento.pdf>
- [24] C. Monsalve, “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en el molino El Chamesino S.A.C. para incrementar su productividad,” Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2020. Accessed: Apr. 23, 2023. [Online]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3512/1/TL_MonsalveRamosCristhianJesus.pdf
- [25] C. Bocanegra and J. Bueno, “Diagnóstico de los costos operacionales en el mantenimiento preventivo de una prestadora de servicios a una empresa minera,” Trujillo, 2018. Accessed: Apr. 23, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14604/Bocanegra%20Haro%2c>

- %20Cesar%20Danny%20-%20Bueno%20Polo%2c%20Jorge%20Luis.pdf?sequence=11&isAllowed=y
- [26] C. Constantino, “Propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banano en la empresa Polisa SRL,” Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2021. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-4366-8516>
- [27] W. Cotrina, “Diagnóstico de costos operacionales en la gestión de mantenimiento de las empresa molineras de Trujillo,” 2019. Accessed: Apr. 23, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24773/Cotrina%20D%C3%ADa%20Walter%20Junior%20Iv%C3%A1n.pdf?sequence=2>
- [28] A. Mosqueira, “Propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento para reducir los costos operacionales en la empresa Industria Molinera Bustamante E.I.R.L.,” Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2021. Accessed: Apr. 24, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24736>
- [29] G. García, H. González, and E. Cortés, “Metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial,” *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, pp. 137–150, Jul. 2009, Accessed: Sep. 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428102014.pdf>
- [30] J. Cruelles, *La Teoría de la Medición del Despilfarro*, Segunda. Toledo: Artef, S.L., 2010. Accessed: Sep. 03, 2023. [Online]. Available: https://books.google.com.pe/books?redir_esc=y&hl=es&id=W5f4zsqoMkkC&q=clasificaci%C3%B3n+OEE#v=onepage&q=clasificaci%C3%B3n%20OEE&f=false
- [31] Z. Porta de la Cruz, “Análisis de fallas de un hidrociclón mediante la aplicación del modelo (AHP), para determinar el tipo de mantenimiento en la compañía minera Quenuales S.A.,” Universidad nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2022. Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8289/tesis%20%20final%20zelic%20porta%20de%20la%20cruz%201%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [32] A. Mendizabal, “Como calcular el número de técnicos para un mantenimiento eficaz.” Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://angelmendizabal.com/mantenimiento/calculo-de-numero-de-tecnicos-de-mantenimiento-para-una-gestion->

- eficaz/#:~:text=F%C3%B3rmula%20para%20calcular%20el%20n%C3%BAmero%20de%20t%C3%A9cnicos%20para,hombre%20Mantto%20y%20reparaci%C3%B3n%20%2F%20horas%20maquina%20trabajadas
- [33] I. Chiavenato, *Gestión del Talento humano*, 5th ed. 2019. Accessed: Oct. 08, 2023. [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/0B08c1LEUictRa0gxZ0Vod0o5NGc/view?resourcekey=0-CobDxHopAVjsCy2GtPPrrQ>
- [34] A. Velasco, “Capacitaciones en mantenimiento,” LinkedIn. Accessed: Oct. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/capacitaciones-en-mantenimiento-adolfo-velasco/?originalSubdomain=es>
- [35] F. Jimenez, “Guía para mejorar el plan de Capacitación de Mantenimiento,” LinkedIn. Accessed: Oct. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/gu%C3%ADa-para-mejorar-el-plan-de-capacitaci%C3%B3n-jimenez-sanchez/?originalSubdomain=es>
- [36] Rodavigo S.A., “Aceites y Grasas,” 2020. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://rodavigo.net/datos/articulos/148/grasas-industriales-hoja-5-6-generico.pdf>
- [37] Shell, “Technical Data Sheet - Shell Alvania Grease EP(LF)2,” 2018.
- [38] Karlex Inversiones S.A., “Ficha técnica de cangilones industriales Tipo CC-S Nylon,” 2021. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://karflex.com.pe/wp-content/uploads/2022/08/ficha-tecnica-cangilones-cc-s-nylon.pdf>
- [39] Malla Criba S.A., “Lista de mallas en acero inoxidable,” 2019. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.mallacriba.com/wp-content/uploads/2021/04/3-MALLAS-INOXIDABLES-MESH.pdf>
- [40] Revesol, “Ficha técnica de polines de carga,” 2021. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: https://www.revesol.cl/htm/contacto_peru.html
- [41] Emerson Process Management, “Disponibilidad,” 2002. Accessed: Sep. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.emerson.com/documents/automation/training-bussch-oe-102es-es-41724.pdf#:~:text=Para%20activos%20o%20flotas%20de%20equipo%20de%20capita,l,programado%29%20y%20%22tiempo%20muerto%20no%20programado%20%22%20%28paros%29.>
- [42] A. Ponce-Mostacero, “Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatas,” Universidad de Piura, Piura, 2018. Accessed: Sep.

- 14, 2023. [Online]. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3460/IME_237.pdf
- [43] N. Valencia, "Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de cilindros de uso domésticos de gas licuado de petróleo GLP," 2019. Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24994/1/UPS-GT004387.pdf>
- [44] C. Montes, "Propuesta en gestión de mantenimiento para reducir los costos de una empresa agroindustrial, Ascope 2020," Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2022. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32426/Montes%20Olguin%2c%20Carlos%20Eduardo.pdf?sequence=1>
- [45] O. Sanchez, "Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento productivo total (TPM) para reducir costos operativos en la empresa de transportes Dias S.A.C," Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2021. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27618/Sanchez%20Roldan%2c%20Omar%20Jhesson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [46] F. Allebrandt, "Secado y Almacenaje de Arroz," 2020. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Jornadas-2011/3%20-%20Kepler%20Weber%20-%20Secado%20y%20almacenaje%20de%20arroz.pdf>
- [47] Fabrica de Maquinaria Agroindustrial (FAMAG), "Manual Secadora de Torre Arroz," 2020. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/444502043/MANUAL-SECADORA-DE-TORRE-ARROZ-DIANA-pdf>
- [48] C. De Dios, *Secado de granos y secadoras*. Santiago, 1996.
- [49] CEDAR, "Manual Usuario Secadora de Granos," Santa Fe, 2018. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/388280893/Manual-Usuario-Secadora-de-Granos-GAS#>
- [50] S. Silva, "Experiencias del mantenimiento preventivo para hornos industriales," Universidad Privada del Norte, Lima, 2019. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21717/Silva%20Ostos%2c%20Saul%20Isaac.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

- [51] CARMACO, “Mantenimiento en molinos,” Mantenimiento en molinos | Carmaco Ingeniería y mantenimiento I. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.carmacoingenieria.com/mantenimiento-en-molinos/>
- [52] J. Hilbert, “Mantenimiento preventivo de hornos industriales,” THERMA-TRON-X INC. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.pf-mex.com/articulos/mantenimiento-preventivo-de-hornos-industriales>
- [53] SEW-EURODRIVE, “Elevadores de cangilones - Instrucciones de funcionamiento,” 2002. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/10544291.pdf>
- [54] G. Picado, “Manuales de mantenimiento preventivo para las plantas de concentrados, granos y semillas de Zamorano,” Zamora, Dec. 2007. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2529ea12-d0c7-4e90-a54e-963b96c492ea/content>
- [55] GradoMetal, “Manual de Mantenimiento Preventivo para Elevador de Cangilones,” 2022. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/555385771/Manual-de-Mantenimiento-Preventivo-Para-Elevador-de-Cangilones-1>
- [56] GCN Mecanizaciones, “Mejores prácticas en el mantenimiento de tus elevadores de cangilones.” Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.gcnmecanizaciones.com.mx/blog/mejores-practicas-en-el-mantenimiento-de-tus-elevadores-de-cangilones>
- [57] Prado Silos, “El mantenimiento de silos de grano es esencial para maximizar el rendimiento.” Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://pradosilos.com/es/el-mantenimiento-de-silos-de-grano-es-esencial-para-maximizar-el-rendimiento/>
- [58] Construcciones FASA, “Mantenimiento de Silos y Estructuras.” Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://consfasa.com/servicios/mantenimiento-de-silos-y-estructuras/>
- [59] M. y P. MEPROS, “Importancia de la limpieza y mantenimiento del silo.”
- [60] VIKING, “Sistemas húmedos. Manual técnico de funcionamiento, mantenimiento y resolución de problemas,” Oct. 2008. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: https://www.vikinggroupinc.com/sites/default/files/documents/Wet%20System%20Manual_spanish.pdf

- [61] T. Purizaca, “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera.,” Universidad César Vallejo, Piura, 2021. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75458/Purizaca_VTM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [62] K. Cornejo, “Diseño de Mantenimiento Preventivo de las Fajas Transportadoras ThyssenKrupp para aumentar el Índice del servicio mecánico de la Empresa Beijing Shougang Mine Construction en la Unidad Minera Shougang Hierro Perú ubicada en el Distrito de Marcona Provincia Nazca Departamento de Ica,” Universidad Tecnológica del Perú, Lima, 2022. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/6626/K.Cornejo_Programa_Especial_Titulacion_Titulo_Profesional_2022.pdf?sequence=11&isAllowed=y
- [63] E. Huaman, “Tecnología de bandas transportadoras,” Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, 2014. Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/08c2f686-6615-449e-9507-6d18cb7a0dbb/content>
- [64] S. Hurtado De Mendoza, “Criterios de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy,” 2008. [Online]. Available: www.ub.edu/histodidactica/index.php?
- [65] D. Trujillo, A. Quintero, and N. Huaca, “Modelo de manual de funciones que fortalezca el sistema de control interno para las empresas de la industria arrocera de Villavicencio, Meta,” Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, 2021.
- [66] PROMART, “Manguera de aire Espiral 6mm 8 metros,” Accesorios para compresoras. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.promart.pe/manguera-de-aire-espiral-6mm-8-metros/p>
- [67] PROMART, “Compresora 2HP 24 litros,” Compresoras de aire. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.promart.pe/compresora-2hp-24-l-power-force/p>
- [68] PROMART, “Mascarilla Kn95 Fish Shape - 100 Unidades Blanco / Pack De 5 Cajas,” Tapabocas y mascarillas. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.promart.pe/mascarilla-kn95-fish-shape---100-unidades-blanco---pack-de-5-cajas-1000202538/p>
- [69] PROMART, “Guante de hilo con palma de nitrilo,” Guantes de seguridad. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.promart.pe/guante-de-hilo-rojo-c-palma-de-nitrilo/p>

- [70] PROMART, “Juego de Llave Mixta Plana 11 piezas Bahco,” Llaves de ajuste. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.promart.pe/juego-de-llave-mixta-plana-11-piezas-bahco/p>
- [71] PROMART, “Trapo industrial color x5 kg,” Paños multiusos. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.promart.pe/10791-trapo-industrial-color-x-5-kg-10791/p>
- [72] PROMART, “Escobillón industrial 60 cm,” Escobillones. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.promart.pe/escobillon-industrial-60-cm-10785/p>
- [73] LINIO, “Cepillo doble acabado cerdas de jabalí suave profesional,” Accesorios para cuidado capilar. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: https://www.falabella.com.pe/falabella-pe/product/119972840/Cepillo-doble-acabado-cerdas-de-jabali-suave-profesional/119972841?exp=linio&exp=linio&rid=Recs%21PDP%21PE_Linio%21Rec_1%21x%21Vistos_Juntos%21121700775%21119972841%211%2117
- [74] PROVINSUR, “GADUS S2 V220 00 SHELL 18 KG.” Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://lubricantesperu.com/producto/gadus-s2-v220-00-shell-18-kg/>
- [75] Karflex Inversiones S.A., “Cangilones nylon CC-S.” Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://karflex.com.pe/productos/cangilones-para-elevadores/cangilones-premium-nylon/>
- [76] SuperBrix, “Prelimpiadora de Granos - Modelo PCC,” 2020. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: https://superbrix.com/wp-content/uploads/2021/11/Catalogo_Prelimpiadora_PCCK_Ver1-2021.pdf

Anexos

 **SERVICIO DE PILADO DE ARROZ CÁSCARA,
COMERCIALIZACIÓN DE ARROZ PILADO,
SUBPRODUCTOS Y DERIVADOS.**

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"
La Victoria, Setiembre del 2022

Mgtr. Ing. Marcos G. Baca López
Director de Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo

CARTA DE ACEPTACION:

PROYECTO DE TESIS
**"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA
EMPRESA PILADORA NUEVO HORIZONTE SAC
PARA REDUCIR PÉRDIDAS ECONÓMICAS"**

Gerente General que suscribe, autoriza a:

CAMILA ALEXANDRA CERDÁN LOPEZ

Alumna de la escuela de Pregrado de la carrera profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en ejecutar su proyecto de tesis titulada: **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA PILADORA NUEVO HORIZONTE SAC PARA REDUCIR PÉRDIDAS ECONÓMICAS"** y del mismo modo tomar los datos necesarios para su desarrollo.

Esperamos que nuestro aporte en la formación académica del alumno sea de gran utilidad para su institución, para la empresa y para nuestro país.

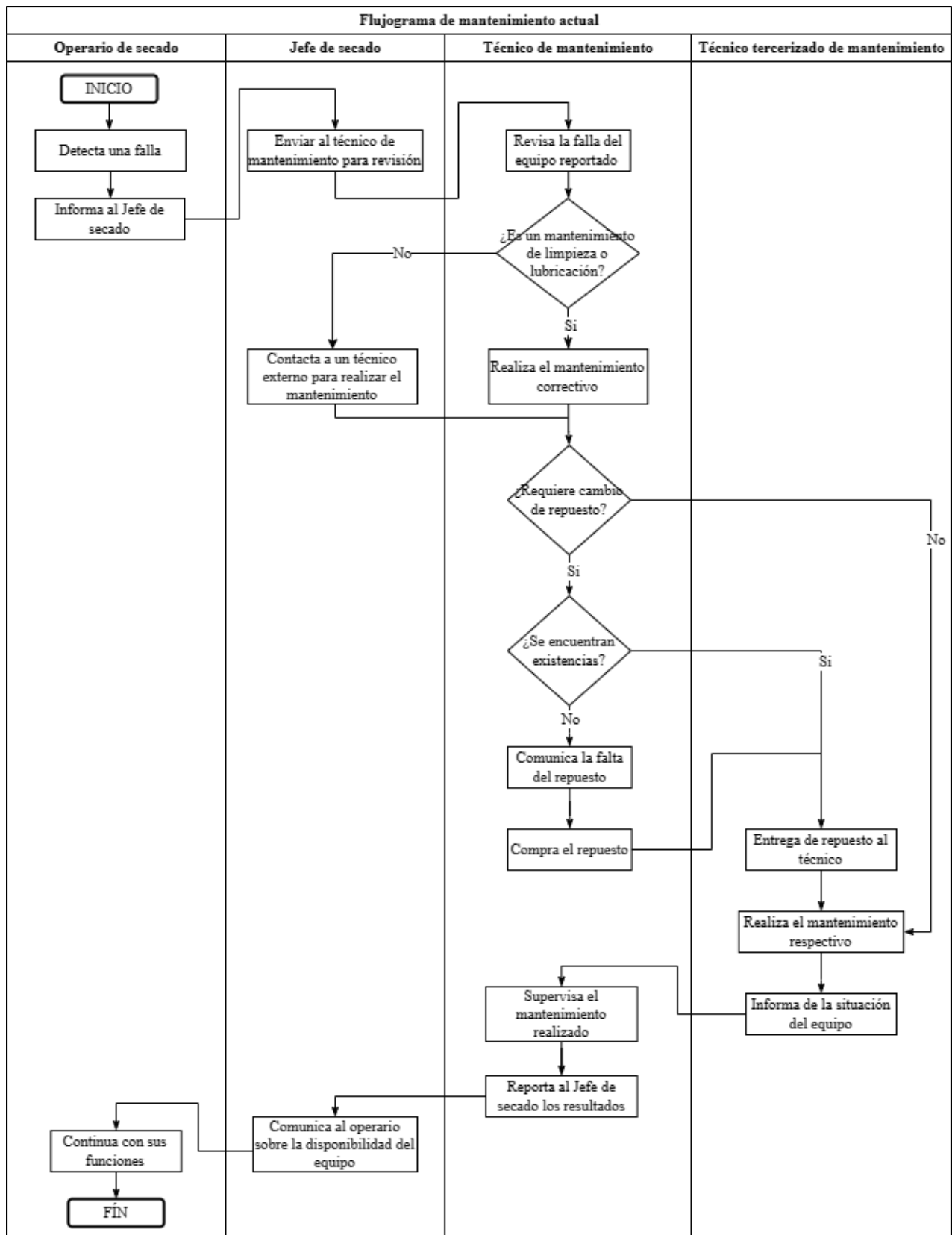
Atentamente:


.....
Zenón Mendoza Bardsales
Gerente General
PILADORA NUEVO HORIZONTE S.A.C.

al. Prolongación Grau Km 2.5 (Car. a Monsefú) La Victoria – Chiclayo - Lambayeque

Anexo 1

Figura 3: Flujograma del proceso de mantenimiento actual



Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

Anexo 2

Tabla 16: Equipos de la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte

Equipo	Cantidad	Código	Marca	Año de adquisición	Estado	Función
Elevadores de cangilones	6	SEC-KEP-EL01	KEPLER WEBER	2020	Operativo	Transportar el arroz desde la pre-limpieza hasta los silos húmedos, en donde el arroz es almacenado temporalmente antes de ser secado.
		SEC-KEP-EL02	KEPLER WEBER			
		SEC-KEP-EL03	KEPLER WEBER			
		SEC-KEP-EL04	KEPLER WEBER			
		SEC-KEP-EL05	KEPLER WEBER			
		SEC-KEP-EL06	KEPLER WEBER			
Pre Limpia	2	SEC-CON-PL-01	CONSILO	2020	Operativo	Separación de impurezas ligeras, medianas y finas (pajillas, hojas, ramas, frijoles, etc.), además de los granos enteros de los granos rotos.
		SEC-KEP-PL-01	KEPLERWEBER	2020	Operativo	
Silos húmedos	6	SEC-CON-SH-01	CONSILO	2020	Operativo	Almacenar el arroz después de la pre-limpia, es decir, el arroz húmedo.
		SEC-CON-SH-02	CONSILO			
		SEC-CON-SH-03	CONSILO			
		SEC-CON-SH-04	CONSILO			
		SEC-CON-SH-05	CONSILO			
		SEC-CON-SH-06	CONSILO			
Silos secos/enfriamiento	6	SEC-CON-SE-01	CONSILO	2020	Operativo	Almacenar el arroz después de haber sido secado.
		SEC-CON-SE-02	CONSILO			
		SEC-CON-SE-03	CONSILO			
		SEC-CON-SE-04	CONSILO			
		SEC-CON-SE-05	CONSILO			
		SEC-CON-SE-06	CONSILO			
Silos de añejo	1	SEC-CON-SJ-01	CONSILO	2020	Operativo	Almacenar el arroz durante un período de tiempo determinado para que madure y se sepa.
Silos de almacén	2	SEC-CON-SA-01	CONSILO	2020	Operativo	Almacenar temporalmente el arroz cáscara antes de su procesamiento posterior.
		SEC-CON-SA-02	CONSILO			

Ciclón de polvo	2	SEC-CON-CP-01 SEC-CON-CP-02	CONSILO CONSILO	2020	Operativo	Eliminar el polvo y otras partículas del aire que se generan durante el proceso de secado.
Secadoras	2	SEC-CON-SD-01 SEC-KEP-SD-01	CONSILOS KEPLERWEBER	2020 2020	Operativo Operativo	Secado de arroz cáscara húmedo Secado de arroz cáscara húmedo
Tolva de recepción de arroz cáscara	2	SEC-CON-TOLVREC-01 SEC-KEP-TOLVREC-01	CONSILOS KEPLERWEBER	2020	Operativo Operativo	Recepcionar y almacenar temporalmente el arroz cáscara húmedo proveniente del exterior.
Tolva pajilla	2	SEC-CON-TOLVPAJ-01	CONSILO	2020	Operativo	Recibe la pajilla que se separa del arroz durante el proceso de secado
Horno	1	SEC-KEP-HOR-01	KEPLERWEBER	2020	Operativo	Secar el arroz y para quemar la cáscara y la pajilla que se generan durante el proceso de secado.
Faja transportadora	2	SEC-CON-FT-01 SEC-CON-FT-02	CONSILO CONSILO	2020	Operativo	Transportar el arroz desde los silos húmedos hasta el área de secado.
Cadena transportadora	4	SEC-CON-CT-01 SEC-CON-CT-02 SEC-KEP-CT-01 SEC-KEP-CT-02	CONSILO CONSILO KEPLERWEBER KEPLERWEBER	2020	Operativo	Transportar el arroz desde el horno hasta los silos secos o de enfriamiento.
Total	38					

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Anexo 3

Tabla 17: Historial detallado de fallas y tiempo total de paro desde enero 2022-enero2023

Equipo	Falla	N° de falla	Tiempo de falla (horas)	Tiempo total de paro por equipo (horas)	Frecuencia total
Elevadores de cangilones	Desgaste de las correas	3	12	104	25
	Falla de rodamientos	2	4		
	Desgaste de cangilones	2	4		
	Rotura de capachos	2	12		
	Sobrecarga eléctrica del motor reductor	1	2		
	Falla de motor reductor	2	4		
	Fallas en la cadena de transmisión	2	4		
	Atascamiento	5	50		
	Falla de chumaceras	3	4,5		
	Desgaste de poleas	3	7,5		
	Desgaste del motor	1	2		
Pre Limpia CONSILOS Pre Limpia Kepler Weber	Sobrecalentamiento del motor	1	4	42,5	13
	Desgaste en las mallas	2	8		
	Bloqueo de los tamices	1	2,5		
	Falla de chumaceras	2	7		
	Desgaste de fajas de transmisión	4	14		
	Desgaste de rodajes	2	5		
	Falla de tuberías de malla interior	1	3,5		
Silos húmedos	Falla en el sistema de ventilación	2	11	35,5	6
	Desgaste en la estructura	1	10		
	Sobrecarga de silo	2	11		
Silos secos/enfriamiento	Desgaste en la estructura	1	10	17	3
	Falla en el sistema de refrigeración	2	7		
Silo de añejo	Desgaste en la estructura	1	10	21	3
	Falla de sistema de ventilación	2	11		
Silos de almacén	Obstrucción en la compuerta de salida	3	10,5	38,5	7

	Desgaste en la estructura	1	10		
	Acumulación de polvo y suciedad	3	18		
	Falla en sistema de filtración	0	0		
Ciclones de polvo	Obstrucción en la compuerta de salida	1	4	18,5	4
	Falla en los ventiladores	1	6,5		
	Falla del visor del ciclón	2	8		
	Sobrecalentamiento del motor	1	5		
	Falla del sistema eléctrico	1	4,5		
	Obstrucción en los conductos de ventilación	2	16		
	Falla en los ventiladores	1	4,5		
Secadora CONSILOS	Desgaste de rodamientos	4	12		
Secadora Kepler Weber	Fuga de aceite	3	16,5	110,5	18
	Falla del motor	1	3		
	Falla de sensores	1	6,5		
	Falla del monitor de controles del PLC	1	30,5		
	Desgaste de chumaceras	1	3		
	Obstrucción de la puerta neumática	2	9		
	Base de tolva obstruida	2	6		
Tolvas de recepción de arroz cáscara	Desgaste de estructura	1	5,5	15,5	4
	Falla del sistema de control de velocidad de alimentación	1	4		
Tolvas pajilla	Desgaste en estructura	1	2,5	6,5	3
	Obstrucción en abertura	2	4		
	Acumulación de cenizas	2	14		
	Fallo en los componentes eléctricos	1	3,5		
Horno	Falla del motor	1	4	33,5	7
	Obstrucciones en los conductos de ventilación	2	7		
	Falla en el sistema de ventilación	1	5		
Fajas transportadoras	Desgaste de polines	4	18	55,5	14
	Rotura de polines	2	6		

	Desalineación de faja de lona	5	22,5		
	Velocidad excesiva de carga	3	9		
	Falla de motor reductor	1	2		
	Desgaste de chumaceras	3	7,5		
Cadenas transportadoras	Obstrucción de compuerta neumática	2	6	26,5	9
	Desgaste de rodillos	2	7		
	Desgaste de cadena	1	4		
Total		116	525	525	116

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Anexo 4

Tabla 18: Historial detallado de fallas y tiempo total de paro de la línea Kepler Weber desde enero 2022-enero2023

Línea de secado Kepler Weber

Equipo	Falla	N° de falla	Tiempo de falla (horas)	Tiempo total de paro por equipo (horas)	Frecuencia total
	Desgaste de las correas	3	12		
	Falla de rodamientos	2	4		
	Desgaste de cangilones	2	4		
	Rotura de capachos	2	12		
Elevadores de cangilones	Sobrecarga eléctrica del motor reductor	1	2	104	25
	Falla de motor reductor	2	4		
	Fallas en la cadena de transmisión	2	4		
	Atascamiento	5	50		
	Falla de chumaceras	3	4,5		
	Desgaste de poleas	3	7,5		
	Desgaste del motor	0	0		
Pre Limpia Kepler Weber	Sobrecalentamiento del motor	1	4	31	9
	Desgaste en las mallas	2	8		

	Bloqueo de los tamices	0	0		
	Falla de chumaceras	1	3,5		
	Desgaste de fajas de transmisión	3	10,5		
	Desgaste de rodajes	2	5		
	Falla de tuberías de malla interior	1	3,5		
	Falla en el sistema de ventilación	0	0		
Silos húmedos	Desgaste en la estructura	1	10	19	3
	Sobrecarga de silo	1	5,5		
Silos secos/enfriamiento	Desgaste en la estructura	1	10	10	1
	Falla en el sistema de refrigeración	0	0		
Silos de añejo	Desgaste en la estructura	1	10	21	3
	Falla de sistema de ventilación	2	11		
	Obstrucción en la compuerta de salida	3	10,5		
Silos de almacén	Desgaste en la estructura	1	10	38,5	7
	Acumulación de polvo y suciedad	3	18		
	Falla en sistema de filtración	0	0		
Ciclón de polvo	Obstrucción en la compuerta de salida	1	4	18,5	4
	Falla en los ventiladores	1	6,5		
	Falla del visor del ciclón	2	8		
	Sobrecalentamiento del motor	1	5		
	Falla del sistema eléctrico	0	0		
	Obstrucción en los conductos de ventilación	1	8		
	Falla en los ventiladores	0	0		
	Desgaste de rodamientos	3	9		
Secadora Kepler Weber	Fuga de aceite	2	11	77,5	11
	Falla del motor	0	0		
	Falla de sensores	1	6,5		
	Falla del monitor de controles del PLC	1	30,5		
	Desgaste de chumaceras	1	3		
	Obstrucción de la puerta neumática	1	4,5		
	Base de tolva obstruida	1	3	8,5	2

Tolva de recepción de arroz cáscara	Desgaste de estructura	1	5,5		
	Falla del sistema de control de velocidad de alimentación	0	0		
Tolva pajilla	Desgaste en estructura	1	2,5	6,5	3
	Obstrucción en abertura	2	4		
	Acumulación de cenizas	2	14		
Horno	Fallo en los componentes eléctricos	1	3,5		
	Falla del motor	1	4	33,5	7
	Obstrucciones en los conductos de ventilación	2	7		
	Falla en el sistema de ventilación	1	5		
Desgaste de polines	4	18			
Faja transportadora	Rotura de polines	2	6	55,5	14
	Desalineación de faja de lona	5	22,5		
	Velocidad excesiva de carga	3	9		
	Falla de motor reductor	1	2		
	Desgaste de chumaceras	3	7,5		
Cadena transportadora	Obstrucción de compuerta neumática	2	6	26,5	9
	Desgaste de rodillos	2	7		
	Desgaste de cadena	1	4		
Total		98	450	450	98

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

No existe	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
I	3	3	2	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Puntaje Total	44,75	45,00	36,50	26,50	45,00	41,50	25,25	21,25	26,50	24,25	26,25	19,75	20,50	
Aplicación de fórmula de CRITICIDAD	94,5	64	51	22	64	51	20,5	11	22	21	10,75	13	11	

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Equipos de la línea de secado	
E1	Elevadores de cangilones
E2	Secadora Kepler Weber
E3	Faja transportadora
E4	Silos de almacén
E5	Horno
E6	Pre Limpia Kepler Weber
E7	Cadena transportadora
E8	Silos de añejo
E9	Silos húmedos
E10	Ciclón de polvo
E11	Silos secos/enfriamiento
E12	Tolva de recepción de arroz cáscara
E13	Tolva pajilla

Anexo 6

Tabla 20: Costos operacionales mensuales de los equipos de la línea de secado Kepler Weber

Equipo	ene - 22	feb - 22	mar - 22	abr - 22	may - 22	jun - 22	jul - 22	ago - 22	set - 22	oct - 22	nov - 22	dic - 22	ene - 23	Total
Elevadores de cangilones	S/1 000,23	S/1 205,96	S/985,65	S/1 035,71	S/4 163,57	S/1 085,69	S/2 401,69	S/1 640,90	S/2.198,36	S/1 221,87	S/3 725,30	S/2 199,70	S/1 509,87	S/24 374,50
Pre Limpia Kepler Weber	S/842,68	S/2 346,44	S/1 276,50	S/1 202,50	S/1 460,85	S/1 756,28	S/1 274,56	S/998,50	S/1.895,00	S/935,36	S/1 362,82	S/1 240,80	S/1 691,52	S/18 283,81
Silos húmedos	S/1 826,39	S/0,00	S/1 529,21	S/1 198,50	S/2 560,00	S/0,00	S/3 105,10	S/1 258,50	S/0,00	S/2 830,50	S/1 659,60	S/0,00	S/1 312,50	S/17 280,30
Silos secos/enfriamiento	S/0,00	S/0,00	S/1 078,50	S/850,65	S/1 250,40	S/998,50	S/1 650,50	S/0,00	S/985,90	S/1 160,25	S/868,50	S/737,65	S/0,00	S/9 580,85
Silos de añejo	S/420,17	S/847,15	S/321,72	S/410,71	S/2 552,72	S/520,35	S/523,89	S/1 061,15	S/674,41	S/0,00	S/960,73	S/349,40	S/1 247,15	S/9 889,55
Silos de almacén	S/1 550,50	S/830,50	S/1 758,20	S/0,00	S/1 252,20	S/1 773,85	S/1 572,23	S/3 150,50	S/870,50	S/2 124,50	S/984,00	S/2 906,27	S/1 665,75	S/20 439,00
Ciclón de polvo	S/830,50	S/515,50	S/525,00	S/0,00	S/525,00	S/505,10	S/541,00	S/450,00	S/0,00	S/1 070,50	S/665,00	S/530,80	S/874,60	S/7 033,00
Secadora Kepler Weber	S/1 023,85	S/2 150,00	S/0,00	S/1 050,50	S/7 525,50	S/2 450,20	S/2 400,00	S/3 100,90	S/4.205,50	S/10 525,55	S/3 105,50	S/4 500,00	S/950,50	S/42 988,00
Tolva de recepción de arroz cáscara	S/1 258,30	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/2 100,00	S/722,73	S/856,80	S/575,89	S/0,00	S/1 200,50	S/758,50	S/622,73	S/0,00	S/8 095,45
Tolva pajilla	S/1 850,50	S/0,00	S/150,00	S/980,90	S/0,00	S/825,60	S/680,00	S/120,00	S/0,00	S/1 450,00	S/0,00	S/0,00	S/613,00	S/6 670,00
Horno	S/1 105,00	S/1 250,00	S/1 100,50	S/739,50	S/1 700,50	S/1 512,32	S/0,00	S/2 350,00	S/5.500,50	S/1 390,56	S/1 400,50	S/1 205,50	S/1 510,32	S/19 660,20
Faja transportadora	S/720,50	S/1 500,50	S/576,17	S/1 000,50	S/990,50	S/1 005,60	S/1 350,00	S/670,50	S/1.050,00	S/1 300,00	S/880,20	S/650,80	S/2 500,00	S/14 195,27
Cadena transportadora	S/822,52	S/615,30	S/1 400,60	S/1 225,50	S/0,00	S/850,75	S/822,52	S/750,60	S/950,50	S/900,34	S/806,30	S/822,52	S/725,30	S/10 692,75
Costo total	S/13 251,14	S/11 261,35	S/10 702,05	S/9 694,97	S/26 081,24	S/14 006,97	S/17 178,29	S/16 127,44	S/18.330,67	S/26 109,93	S/17 176,95	S/15 766,17	S/14 600,51	S/209 182,68

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Anexo 7

Tabla 21: Análisis causa raíz

Categoría	¿Qué problema se tiene?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Materiales	Altos costos operacionales en la línea de secado	Altos costos de repuestos (S/31,445.18)	Repuestos no solicitados a tiempo	Falta de stock de repuestos	Falta de programa de planificación de repuestos	
Máquinas	Altos costos operacionales en la línea de secado	Altos costos de parada/falla (S/102,246.95)	Los equipos (38) presentan fallas (98) con un tiempo de parada (450 horas)	Falta de monitoreo del rendimiento de los equipos	Falta de seguimiento con indicadores de mantenimiento: tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTBF), tiempo promedio de reparación (MTTR), disponibilidad y OEE.	Falta de un plan de mantenimiento
Mano de obra	Altos costos operacionales en la línea de secado	Personal no capacitado	Falta de programas de capacitación y formación	Falta de especialistas en mantenimiento	Falta de presupuesto para contratar personal especializado	

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Anexo 8

Tabla 22: Índice de disponibilidad en línea de secado

Meses del año 2022 - 2023	Tiempo de producción (horas)	Tiempo de parada (horas)	Tiempo real operativo (horas)	Disponibilidad (%)	Coefficiente de Disponibilidad
Enero	375	22,5	352,5	94,00%	0,940
Febrero	360	27,5	332,5	92,36%	0,924
Marzo	390	22	368	94,36%	0,944
Abril	375	21	354	94,40%	0,944
Mayo	375	56,5	318,5	84,93%	0,849
Junio	345	30	315	91,30%	0,913
Julio	375	38	337	89,87%	0,899
Agosto	360	31	329	91,39%	0,914
Septiembre	330	36	294	89,09%	0,891
Octubre	360	62	298	82,78%	0,828
Noviembre	345	34,5	310,5	90,00%	0,900
Diciembre	375	33	342	91,20%	0,912
Enero	375	36	339	90,40%	0,904
Total	4740	450	4290		

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

Anexo 9

Tabla 23: Índice de calidad en línea de secado

Meses del año 2022 - 2023	Producción de arroz (sacos) al mercado	Producción de arroz (sacos) real	Productos defectuosos	Calidad (%)	Coefficiente de Calidad
Enero	28 189	37 500	9 311	75,17%	0,752
Febrero	26 329	36 000	9 671	73,14%	0,731
Marzo	36 272	39 000	2 728	93,01%	0,930
Abril	25 606	37 500	11 894	68,28%	0,683
Mayo	29 786	37 500	7 714	79,43%	0,794
Junio	29 890	34 500	4 610	86,64%	0,866
Julio	31 845	37 500	5 655	84,92%	0,849
Agosto	30 706	36 000	5 294	85,29%	0,853
Septiembre	29 618	33 000	3 382	89,75%	0,898
Octubre	25 206	36 000	10 794	70,02%	0,700
Noviembre	24 556	34 500	9 944	71,18%	0,712
Diciembre	12 045	37 500	25 455	32,12%	0,321
Enero	25 317	37 500	12 183	67,51%	0,675
Total	35 5365	47 4000	11 8635		

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

Anexo 10

Tabla 24: Índice de rendimiento en línea de secado

Meses del año 2022 - 2023	Velocidad real de producción (sacos/hora)	Velocidad proyectada (teórica)	Rendimiento (%)	Coefficiente de Rendimiento
Enero	100	120	83,33%	0,833
Febrero	101	120	84,17%	0,842
Marzo	98	120	81,67%	0,817
Abril	105	120	87,50%	0,875
Mayo	92	120	76,67%	0,767
Junio	99	120	82,50%	0,825
Julio	100	120	83,33%	0,833
Agosto	100	120	83,33%	0,833
Septiembre	102	120	85,00%	0,850
Octubre	85	120	70,83%	0,708
Noviembre	100	120	83,33%	0,833
Diciembre	96	120	80,00%	0,800
Enero	98	120	81,67%	0,817
Promedio	98	120		

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte

Anexo 11

Tabla 25: Indicadores de disponibilidad, calidad y rendimiento para el cálculo del OEE mensual

Meses del año 2022 - 2023	ene 22	feb 22	mar 22	abr 22	may 22	jun 22	jul 22	ago 22	set 22	oct 22	nov 22	dic 22	ene 23
Disponibilidad (%)	94,00%	92,36%	94,36%	94,40%	84,93%	91,30%	89,87%	91,39%	89,09%	82,78%	90,00%	91,20%	90,40%
Coefficiente de disponibilidad	0,940	0,924	0,944	0,944	0,849	0,913	0,899	0,914	0,891	0,828	0,900	0,912	0,904
Producción de arroz (sacos) al mercado	28 189	26.329	36272	25.606	29.786	29.890	31.845	30.706	29.618	25.206	24.556	12.045	25.317
Producción de arroz (sacos) real	37500	36000	39000	37500	37500	34500	37500	36000	33000	36000	34500	37500	37500
Productos defectuosos	9 311	9 671	2.728	11.894	7.714	4.610	5.655	5.294	3.382	10.794	9.944	25.455	12.183
Calidad (%)	75,17%	73,14%	93,01%	68,28%	79,43%	86,64%	84,92%	85,29%	89,75%	70,02%	71,18%	32,12%	67,51%
Coefficiente de calidad	0,75	0,73	0,93	0,68	0,79	0,87	0,85	0,85	0,90	0,70	0,71	0,32	0,68
Velocidad real de producción (sacos/hora)	100	101	98	105	92	99	100	100	102	85	100	96	98
Velocidad proyectada (teórica)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Rendimiento (%)	83,33%	84,17%	81,67%	87,50%	76,67%	82,50%	83,33%	83,33%	85,00%	70,83%	83,33%	80,00%	81,67%
Coefficiente de rendimiento	0,83	0,84	0,82	0,88	0,77	0,83	0,83	0,83	0,85	0,71	0,83	0,80	0,82
OEE	58,88%	56,85%	71,67%	56,40%	51,72%	65,26%	63,60%	64,96%	67,97%	41,05%	53,38%	23,43%	49,84%
Calificativo	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Anexo 12

Tabla 26: Indicadores de tiempos y costos de la línea de secado desde enero 2022 - enero 2023

Meses del año 2022 - 2023	ene 22	feb 22	mar 22	abr 22	may 22	jun 22	jul 22	ago 22	set 22	oct 22	nov 22	dic 22	ene 23
Tiempo de producción (horas)	375	360	390	375	375	345	375	360	330	360	345	375	375
Tiempo de parada (horas)	22,5	27,5	22	21	56,5	30	38	31	36	62	34,5	33	36
Tiempo real operativo (horas)	352,5	332,5	368	354	318,5	315	337	329	294	298	310,5	342	339
Meta del costo operacional (S/)	S/10 000,00												
Costo operacional (S/)	S/13 251,14	S/11 261,35	S/10 702,05	S/9 694,97	S/26 081,24	S/14 006,97	S/17 178,29	S/16 127,44	S/18. 330,67	S/26 109,93	S/17 176,95	S/15 766,17	S/14 600,51
Costo Unitario (S/ / horas)	S/35,34	S/31,28	S/27,44	S/25,85	S/69,55	S/40,60	S/45,81	S/44,80	S/55,55	S/72,53	S/49,79	S/42,04	S/38,93
Costo de producción (%)	94,00%	92,36%	94,36%	94,40%	84,93%	91,30%	89,87%	91,39%	89,09%	82,78%	90,00%	91,20%	90,40%
Costo de mantenimiento (%)	6,00%	7,64%	5,64%	5,60%	15,07%	8,70%	10,13%	8,61%	10,91%	17,22%	10,00%	8,80%	9,60%

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Anexo 13

Tabla 27: Matriz de comparación del método analítico jerárquico (AHP)

Matriz de comparación								Matriz normalizada							
Comparación de criterios								Matriz normalizada							
Criterio de Evaluación	Comparación de criterios						Matriz normalizada								
	Objetivo del estudio	Alcance	Eficiencia global de los equipos (OEE)	Nivel de capacitación de personal	Tiempo de implementación	Costos operativos o de mantenimiento	Costos de repuestos e insumos	Objetivo del estudio	Alcance	Eficiencia global de los equipos (OEE)	Nivel de capacitación de personal	Tiempo de implementación	Costos operativos o de mantenimiento	Costos de repuestos e insumos	Ponderación
Objetivo del estudio	1,00	5,00	3,00	3,00	3,00	5,00	3,00	0,35	0,68	0,39	0,23	0,19	0,18	0,11	0,30
Alcance	0,20	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	0,07	0,14	0,39	0,23	0,19	0,18	0,19	0,20
Eficiencia global de los equipos (OEE)	0,33	0,33	1,00	5,00	5,00	7,00	5,00	0,12	0,05	0,13	0,39	0,32	0,25	0,19	0,21
Nivel de capacitación de personal	0,33	0,33	0,20	1,00	3,00	5,00	3,00	0,12	0,05	0,03	0,08	0,19	0,18	0,11	0,11
Tiempo de implementación	0,33	0,33	0,20	0,33	1,00	5,00	5,00	0,12	0,05	0,03	0,03	0,06	0,18	0,19	0,09
Costos operativos o de mantenimiento	0,33	0,20	0,14	0,20	0,20	1,00	5,00	0,12	0,03	0,02	0,02	0,01	0,04	0,19	0,06
Costos de repuestos e insumos	0,33	0,20	0,20	0,33	0,20	0,20	1,00	0,12	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,04	0,04
TOTAL	2,87	7,40	7,74	12,87	15,40	28,20	27,00								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Criterio de puntuación de metodología

Valorización	Puntaje
Igualmente, importante	1
Moderadamente Importante	3
Fuertemente importante	5
Importancia fuerte o demostrada	7

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14

Tabla 29: Matriz de evaluación de metodología final

Matriz de evaluación de metodología final

Metodología/criterios	Objetivo del estudio	Alcance	Eficiencia global de los equipos (OEE)	Nivel de capacitación de personal	Tiempo de implementación	Costos operativos o de mantenimiento	Costos de repuestos e insumos	Resultado
OPM	0,72	0,72	0,64	0,72	0,72	0,72	0,67	70%
TPM	0,21	0,21	0,22	0,21	0,27	0,22	0,22	22%
RCM	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	7%
Ponderación	0,3	0,20	0,21	0,11	0,09	0,06	0,04	100%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 15

Tabla 30: Codificación del proceso de secado

Proceso	Código del proceso	Equipo de seguimiento y medición o equipo	Código por tipo	Cantidad de equipos por tipo
Secado	SEC	MQ	01	38

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16

Tabla 31: Codificación de líneas de secado

Proceso	Código del proceso	Equipo de seguimiento y medición o equipo	Código por tipo	Cantidad de máquinas por tipo
Secado línea Kepler Weber	SEC-KEP	MQ	01	25
Secado línea CONSILOS	SEC-CON	MQ	02	23

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17

Tabla 32: Listado de máquinas de la línea Kepler Weber

Máquina	Código	Marca	Ubicación	Estado
Secadora industrial	SEC-KEP-01-01	Kepler Weber	Secadora Kepler Weber	Operativo
Elevador de cangilones 3 carga	SEC-KEP-01-02	Kepler Weber	Secadora Kepler Weber	Operativo
Elevador de cangilones 4 descarga	SEC-KEP-01-03	Kepler Weber	Secadora Kepler Weber	Operativo
Faja transportadora 1-2	SEC-KEP-01-04	CONSILOS	Secadora Kepler Weber	Operativo
Faja transportadora 3-4	SEC-KEP-01-05	CONSILOS	Secadora Kepler Weber	Operativo
Cadena transportadora 3	SEC-KEP-01-06	Kepler Weber	Secadora Kepler Weber	Operativo
Cadena transportadora 4	SEC-KEP-01-07	Kepler Weber	Secadora Kepler Weber	Operativo
Tolva recepción de arroz cáscara	SEC-KEP-01-08	Kepler Weber	Secadora Kepler Weber	Operativo
Ciclón de polvo	SEC-KEP-01-09	CONSILOS	Secadora Kepler Weber	Operativo
Prelimpia industrial	SEC-KEP-01-10	Kepler Weber	Prelimpia Kepler Weber	Operativo
Elevador de cangilones 1 carga	SEC-KEP-01-11	Kepler Weber	Prelimpia Kepler Weber	Operativo
Elevador de cangilones 2 descarga	SEC-KEP-01-12	Kepler Weber	Prelimpia Kepler Weber	Operativo
Silo húmedo 1	SEC-KEP-01-13	CONSILOS	Prelimpia Kepler Weber	Operativo
Silo húmedo 2	SEC-KEP-01-14	CONSILOS	Prelimpia Kepler Weber	Operativo
Silo húmedo 3	SEC-KEP-01-15	CONSILOS	Prelimpia Kepler Weber	Operativo
Silo húmedo 4	SEC-KEP-01-16	CONSILOS	Prelimpia Kepler Weber	Operativo
Horno industrial	SEC-KEP-01-17	Kepler Weber	Horno	Operativo
Elevador de cangilones 5 ceniza	SEC-KEP-01-18	Kepler Weber	Horno	Operativo
Elevador de cangilones 6 pajilla	SEC-KEP-01-19	Kepler Weber	Horno	Operativo
Tolva pajilla	SEC-KEP-01-20	CONSILOS	Horno	Operativo
Silo seco 1	SEC-KEP-01-21	CONSILOS	Silos secos/enfriamiento	Operativo
Silo seco 2	SEC-KEP-01-22	CONSILOS	Silos secos/enfriamiento	Operativo
Silo seco 3	SEC-KEP-01-23	CONSILOS	Silos secos/enfriamiento	Operativo
Silo añejo	SEC-KEP-01-24	CONSILOS	Silo añejo	Operativo
Silo de almacén	SEC-KEP-01-25	CONSILOS	Silo de almacén	Operativo

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18

Tabla 33: Calcomanía colorida establecida para los equipos de secado

MÁQUINA SECADORA	SEC-KEP-MQ-01-01
MÁQUINA ELEVADOR DE CANGILONES 3	SEC-KEP-MQ-01-02
MÁQUINA ELEVADOR DE CANGILONES 4	SEC-KEP-MQ-01-03
MÁQUINA FAJA TRANSPORTADORA 1-2	SEC-KEP-MQ-01-04
MÁQUINA FAJA TRANSPORTADORA 3-4	SEC-KEP-MQ-01-05
MÁQUINA CADENA TRANSPORTADORA 3	SEC-KEP-MQ-01-06
MÁQUINA CADENA TRANSPORTADORA 4	SEC-KEP-MQ-01-07
MÁQUINA TOLVA RECEPCIÓN DE ARROZ CÁSCARA	SEC-KEP-MQ-01-08
MÁQUINA CICLÓN DE POLVO	SEC-KEP-MQ-01-09
MÁQUINA PREELIMPIA	SEC-KEP-MQ-01-10
MÁQUINA ELEVADOR DE CANGILONES 1	SEC-KEP-MQ-01-11
MÁQUINA ELEVADOR DE CANGILONES 2	SEC-KEP-MQ-01-12

MÁQUINA SILO HÚMEDO 1	SEC-KEP-MQ-01-13
MÁQUINA SILO HÚMEDO 2	SEC-KEP-MQ-01-14
MÁQUINA SILO HÚMEDO 3	SEC-KEP-MQ-01-15
MÁQUINA SILO HÚMEDO 4	SEC-KEP-MQ-01-16
MÁQUINA HORNO	SEC-KEP-MQ-01-17
MÁQUINA ELEVADOR DE CANGILONES 5	SEC-KEP-MQ-01-18
MÁQUINA ELEVADOR DE CANGILONES 6	SEC-KEP-MQ-01-19
MÁQUINA TOLVA PAJILLA	SEC-KEP-MQ-01-20
MÁQUINA SILO SECO 1	SEC-KEP-MQ-01-21
MÁQUINA SILO SECO 2	SEC-KEP-MQ-01-22
MÁQUINA SILO SECO 3	SEC-KEP-MQ-01-23
MÁQUINA SILO AÑEJO	SEC-KEP-MQ-01-24
MÁQUINA SILO DE ALMACÉN	SEC-KEP-MQ-01-25

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19

Tabla 34: Programa de mantenimiento - Secadora industrial

Ítems	Máquina Secadora Industrial Kepler Weber	Frecuencia			
		Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
1	Realizar limpieza de impurezas acumuladas en la torre de secado	x	x	x	x
2	Realizar limpieza de grano y partículas en el interior del difusor	x	x	x	x
3	Realizar limpieza del paso de aire de refrigeración del motor ventilador	x	x	x	x
4	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	x	x	x	x
5	Realizar limpieza de objetos acumulados en la descarga	x	x	x	x
6	Revisar el funcionamiento de los ventiladores axiales de extracción de aire	x	x	x	x
7	Realizar limpieza general de los motores eléctricos y reductores		x	x	x
8	Realizar limpieza de las rejillas de ventilación		x	x	x
9	Realizar limpieza de rodamientos de las bandejas de descarga		x	x	x
10	Lubricar rodamientos, cadenas y engranajes del tablero de descarga		x	x	x
11	Realizar limpieza del filtro de combustible y las toberas de los quemadores		x	x	x
12	Revisar el adecuado funcionamiento de sensores		x	x	x
13	Lubricar cojinetes cada 20 000 horas de los motores (depende de su actividad)				x
14	Revisar vibraciones, ruidos y juntas cada 4000 horas de los cojinetes excéntricos				x
15	Lubricar cada 4000 horas los cojinetes excéntricos				x
16	Revisar el nivel de aceite, ruido y juntas cada 3000 horas de la caja de engranajes de descarga				x
17	Cambiar monitor de temperatura Seca Master V5.1				x

Fuente: Elaboración propia. En base a Anexo 18, [46]–[49].

Tabla 35: Programa de mantenimiento - Horno

Ítems	Máquina Horno	Frecuencia			
		Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
1	Realizar limpieza de ceniza acumulada debajo de las rejillas de la cámara de combustión	x	x	x	x
2	Inspeccionar el quemador para verificar la acumulación de carbón o suciedad	x	x	x	x
3	Inspeccionar los ductos de los ventiladores para detección de boquillas, tornillos y clips de soportes sueltos	x	x	x	x
4	Realizar limpieza general de los motores eléctricos y reductores	x	x	x	x
5	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	x	x	x	x
6	Realizar limpieza interna del botador de cenizas		x	x	x
7	Realizar limpieza interna del sistema de ventilación		x	x	x
8	Revisar desgaste y alineación de poleas de los ventiladores		x	x	x
9	Lubricar ejes y rodamientos		x	x	x

Fuente: Elaboración propia. En base a [50]–[52].

Tabla 36: Programa de mantenimiento - Elevador de cangilones

Ítems	Máquina Elevador de cangilones	Frecuencia			
		Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
1	Realizar limpieza general	x	x	x	x
2	Revisar poleas inferior y superior de la banda	x	x	x	x
3	Inspeccionar los conductos internos para detección de acumulación de granos e impurezas	x	x	x	x
4	Lubricar y engrasar rodamientos y chumaceras	x	x	x	x
5	Revisar alineamiento de la correa evitar roces o rupturas	x	x	x	x
6	Realizar limpieza de rodamientos y chumaceras	x	x	x	x
7	Inspeccionar los sellos de ejes y condición de rodamientos	x	x	x	x
8	Realizar limpieza del pie del interior del elevador para eliminar posibles materias que cause roce entre cangilones y chapa de la estructura	x	x	x	x
9	Lubricar poleas inferior y superior de la banda		x	x	x
10	Inspeccionar condiciones de cangilones de nylon y apretado de tuercas		x	x	x
11	Revisar estado tornillos y estado de la correa		x	x	x
12	Revisar posible elongación de la correa		x	x	x
13	Realizar una revisión general de la zona de descarga		x	x	x
14	Inspeccionar estado de estructuras		x	x	x
15	Realizar limpieza general de los motores reductores		x	x	x
16	Revisar el estado de tornillos y bullones		x	x	x
17	Revisar placa deflectora			x	x
18	Revisar aceite del reductor de velocidad			x	x
19	Lubricar motores reductores				x
20	Cambiar cangilones de nylon				x

Fuente: Elaboración propia. En base a [53]–[56].

Tabla 37: Programa de mantenimiento - Silo de almacén

Ítems	Máquina Silo de almacén	Frecuencia			
		Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
1	Realizar limpieza de compuerta de salida	x	x	x	x
2	Inspeccionar la estanqueidad (puntos de unión correctamente sellados)		x	x	x
3	Realizar limpieza de ventiladores			x	x
4	Inspeccionar condición de estructura exterior e interior				x
5	Análisis de vibraciones en las tuberías de llenado				x
6	Realizar limpieza interior de celdas				x

Fuente: Elaboración propia. En base a [57]–[59].

Tabla 38: Programa de mantenimiento - Prelimpia

Ítems	Máquina Prelimpia	Frecuencia			
		Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
1	Inspeccionar las correas del sistema de accionamiento	x	x	x	x
2	Realizar limpieza y desobstrucción de los tamices	x	x	x	x
3	Reapretar tornillos en general	x	x	x	x
4	Inspeccionar la nivelación de la máquina (caja de tamices)	x	x	x	x
5	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	x	x	x	x
6	Realizar limpieza de forma general las cajas de los tamices		x	x	x
7	Lubricar y engrasar chumaceras		x	x	x
8	Realizar limpieza de los canales de distribución del grano		x	x	x
9	Realizar limpieza de las tolvas de salida		x	x	x
10	Inspeccionar los rotores por corrosión, desgaste, deformación, desequilibrio y acumulación de impureza en las aletas			x	x
11	Inspeccionar las gomas de sellado por desgaste de la cámara de aspiración			x	x
12	Realizar limpieza general del cuerpo del filtro de mangas, tolva de descarga y tubería			x	x
13	Inspeccionar los rodamientos de los motores eléctricos			x	x
14	Realizar limpieza de los conductos de circulación de aire y las aletas de enfriamiento			x	x
15	Realizar limpieza de forma general de la cámara, conductos de aire y ventiladores			x	x
16	Ajuste de las correas de transmisión				x
17	Lubricar o engrasar los cojinetes de accionamiento cada 4 000 horas de funcionamiento				x
18	Cambio de mallas de separación de grano				x

Fuente: Elaboración propia. En base a Anexo 19.

Tabla 39: Programa de mantenimiento - Silo húmedo

Ítems	Máquina Silo húmedo	Frecuencia			
		Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
1	Realizar limpieza de compuerta de salida	x	x	x	x
2	Realizar limpieza general de motores		x	x	x
3	Inspeccionar de estanqueidad (puntos de unión correctamente sellados)		x	x	x
4	Realizar limpieza de conductos de ventilación			x	x
5	Inspeccionar condición de estructura exterior e interior				x
7	Realizar limpieza interior de celdas				x

Fuente: Elaboración propia. En base a [60].

Tabla 40: Programa de mantenimiento - Faja transportadora

Ítems	Máquina Faja transportadora	Frecuencia			
		Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
1	Inspeccionar y limpieza superficial de motores reductores	x	x	x	x
2	Inspeccionar acoplamiento de alta y baja	x	x	x	x
3	Inspeccionar de forma visual las poleas	x	x	x	x
4	Inspeccionar estado rodamiento de poleas	x	x	x	x
5	Inspeccionar condición de polines	x	x	x	x
6	Realizar limpieza de bandas		x	x	x
7	Lubricar y engrasar rodamientos		x	x	x
8	Inspeccionar guías y alineación de bandas		x	x	x
9	Inspección visual y limpieza de estructura		x	x	x
10	Realizar limpieza de grasa residual de poleas			x	x
11	Cambiar polines desgastados				x

Fuente: Elaboración propia. En base a [61]–[63].

Anexo 20

Figura 4: Manual Kepler Weber sección de mantenimiento de la secadora industrial

KEPLERWEBER	MANUAL DO PROPRIETÁRIO KW DRYER – FLUXO CI	1100002566 47
--------------------	--	------------------

8. MANUTENÇÕES

Motor do ventilador:

- Verificar tensão elétrica durante a ligação;
- Trabalhar dentro da corrente nominal;
- Limpar a passagem de ar de refrigeração;
- Inspeccionar as conexões elétricas;
- Lubrificar os rolamentos a cada 20.000 horas.

Graxa recomendada para os rolamentos

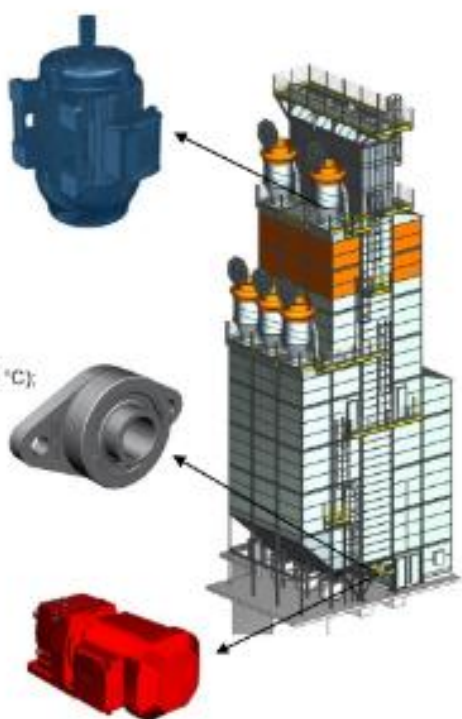
Fabricante	Graxa
Mobil	Polyrex EM

Mancais das bandeias e do excêntrico:

- Verificar vibração, ruído e vedações a cada 4.000 horas;
- Trabalhar dentro da temperatura de operação (entre 40 e 100 °C);
- Lubrificar a cada 4.000 horas.


Graxa recomendada para os rolamentos

Fabricante	Graxa
Shell	Gadus S2 V220 1




Instrumentos sugeridos para as verificações:

→ Ruído




Bastão de madeira




Decibelímetro ou estetoscópio

→ Temperatura



Termômetro de uso geral



Termômetro a laser

- A manutenção do equipamento somente poderá ser realizada por profissional capacitado;
- É proibido operar o equipamento durante as manutenções.

Motorreductor da descarga:

- Verificar nível de óleo, ruídos e vedações a cada 3.000 horas;
- Trocar o lubrificante e graxa de rolamentos conforme condições de operação abaixo.


Temperatura óleo	Intervalo de troca
70 °C	30.000 horas
90 °C	14.000 horas
110 °C	4.000 horas

Óleos recomendados para o redutor

Fabricante	Graxa
Mobil	Glygolye 220
Texaco	Synlube CLP 220
Shell	Tivela S 220
Petrobrás	Lubrax EGF-220 OS
Castrol	Tribol 800/220
Fuchs	Renolin PG 220

Graxa recomendada para os rolamentos

Fabricante	Graxa
Fuchs	Renolit CX- TOM 15



Este documento é de propriedade da Kepler Weber, sendo proibidas as cópias, ampliações totais ou parciais, nem podendo ser cedidos a terceiros, salvo com nossa autorização, de acordo com a legislação brasileira. Imagens meramente ilustrativas.

Fuente: Kepler Weber.

Anexo 21

Figura 5: Manual Kepler Weber sección de mantenimiento de la prelimpia



6.2 - Plan de mantenimiento periódico

**AVISO:**

En la ML-50 y ML-120, los paneles de control poseen un medidor de horas para controlar las horas trabajadas, con alertas de mantenimiento preconfiguradas. Para la ML-60, el control de tiempo también debe realizarse para que el mantenimiento preventivo/periódico del equipo se realice correctamente.

Operación	Frecuencia
Ítems generales	
Respiete los tornillos en general	Tras 4 horas de funcionamiento
Verifique el tensado de la correa	
Verifique la nivelación de la máquina (caja de tamices)	
Compruebe la alineación de las bielas	
Inspeccione las conexiones eléctricas: observe las recomendaciones de seguridad	
Caja de cribas y accionamiento	
Limpie de forma general las cajas de los tamices	En cada cambio de producto
Limpie los canales de distribución del grano	Mensualmente
Limpie y desobstruya los tamices	Diariamente. Si fuese necesario, aumente la frecuencia en caso de un producto con alto contenido de impurezas
Limpie las tolvas de salida	Mensualmente
Controle las correas de transmisión	Mensualmente
Lubrique o cambie la grasa de los cojinetes de accionamiento	Cada 4000 horas de funcionamiento
Cámara de aspiración	
Limpie la cámara de forma general, conductos de aire y ventiladores	En cada cambio de producto
Inspeccione los rotores por corrosión, desgaste, deformación, desequilibrio y acumulación de impurezas en las aletas	Cada 6 meses
Inspeccione las gomas de sellado por desgaste	Cada 6 meses
Lubrique o cambie la grasa de los cojinetes de accionamiento	Cada 4000 horas de funcionamiento



Operación	Frecuencia
Ciclón	
Realice una limpieza general del cuerpo del ciclón, la tolva de descarga y la tubería	Cada 6 meses
Si la hubiese, revise la bolsa de recolección de suciedad por desgaste	Cada 6 meses
Filtro de mangas (ML-50 y ML-120)	
Realice una limpieza general del cuerpo del filtro de mangas, la tolva de descarga y la tubería	Consulte el manual del respectivo fabricante
Reemplace las mangas	Consulte el manual del respectivo fabricante
Motores eléctricos	
Limpie los conductos de circulación de aire y las aletas de enfriamiento	Consulte el manual del respectivo fabricante
Inspeccione los rodamientos	Consulte el manual del respectivo fabricante
Reductores de rotación	
Controle el nivel de aceite	Consulte el manual del respectivo fabricante
Cambie el aceite	Consulte el manual del respectivo fabricante
Inspeccione los retenes por desgaste	Consulte el manual del respectivo fabricante

**AVISO:**

La frecuencia de lubricación de la máquina se describe en el panel de control (solamente para la ML-50 y la ML-120), el cual posee una alarma audible que indica los intervalos de lubricación (solamente para la ML-120).

6.3 - Mantenimiento y cuidados con los cojinetes

Los cojinetes de rodamiento aplicados al eje de mando de la máquina, en los reductores de velocidad y en los motores eléctricos, tienen una baja tasa de desgaste debido a sus formas constructivas y aplicación específica en el equipo.

En condiciones de funcionamiento normales, requieren poco mantenimiento, siendo el principal la lubricación.

Los rodamientos son inicialmente lubricados por el fabricante respectivo con grasa de alta calidad.

No obstante, aunque sean componentes con baja tasa de desgaste, no deben ignorarse en las inspecciones de rutina, ya que son elementos fundamentales para el correcto funcionamiento del equipo.

**¡ATENCIÓN!**

Como la máquina tiene piezas móviles peligrosas cerca de los cojinetes, las inspecciones deben realizarse siguiendo las instrucciones de seguridad de este manual, evitando lesiones corporales graves o incluso la muerte.

**AVISOS:**

La correcta utilización de los productos de nuestros proveedores debe estar de acuerdo con el manual de los mismos.

Consulte el ítem 6.2 (Plan de mantenimiento periódico) sobre la frecuencia de mantenimiento.

Anexo 22

Tabla 41: Plan de mantenimiento de actividades generales de los equipos críticos de la línea de secado Kepler Weber

Máquina	Actividades generales	Herramientas	Período	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo (min)	Tiempo aproximado de trabajo (horas)
Secadora industrial	Mantenimiento general de rodamientos	Formato de inspección de secado industrial, manguera de aire, mascarilla, cepillo de cerdas suaves y trapo industrial	Mensual	Técnico de mantenimiento	Apagada	20	0,33
	Mantenimiento de sistema de ventilación	Formato de inspección de secado industrial, manguera de aire, mascarilla, cepillos de cerdas suaves y trapo industrial	Mensual	Técnico de mantenimiento	Apagada	30	0,50
	Mantenimiento general de motores	Formato de inspección de secado industrial, manguera de aire, mascarilla, cepillo de cerdas suaves y trapo industrial	Semanal	Técnico de mantenimiento	Apagada	15	0,25
	Mantenimiento de sensores y sistemas de control de temperatura	Llaves mixtas, trapo industrial	Anual	Técnico de mantenimiento	Apagada	40	0,67
	Mantenimiento de la puerta neumática	Manguera de aire, mascarilla y escoba	Trimestral	Técnico de mantenimiento	Apagada	15	0,25
Elevadores de cangilones	Mantenimiento de cangilones de nylon	Formato de inspección de elevador de cangilones, manguera de aire, mascarilla, llaves mixtas y trapo industrial	Semestral	Técnico de mantenimiento	Apagada	100	1,67
	Mantenimiento de poleas	Formato de inspección de elevador de cangilones y trapo industrial	Quincenal	Técnico de mantenimiento	Apagada	15	0,25
	Mantenimiento general de rodamientos	Formato de inspección de elevador de cangilones, manguera de aire, cepillo de cerdas suaves, mascarilla y trapo industrial	Quincenal	Técnico de mantenimiento	Apagada	20	0,33
	Mantenimiento de correas de transmisión	Formato de inspección de elevador de cangilones	Mensual	Técnico de mantenimiento	Apagada	10	0,17
	Mantenimiento general de motores	Formato de inspección de elevador de cangilones, manguera de aire, mascarilla, cepillo de cerdas suaves y trapo industrial	Semanal	Técnico de mantenimiento	Apagada	15	0,25
Silo de almacén	Mantenimiento de la compuerta de salida	Manguera de aire, mascarilla y escoba	Trimestral	Técnico de mantenimiento	Apagada	20	0,33

	Mantenimiento de tuberías de llenado	Formato de inspección de silo de almacén	Mensual	Técnico de mantenimiento	Apagada	10	0,17
Horno	Mantenimiento de sistema de ventilación	Formato de inspección de horno, manguera de aire, mascarilla, cepillos de cerdas suaves y trapo industrial	Mensual	Técnico de mantenimiento	Apagada	35	0,58
	Mantenimiento general de rodamientos	Formato de inspección de horno, manguera de aire, cepillo de cerdas suaves, mascarilla y trapo industrial	Mensual	Técnico de mantenimiento	Apagada	20	0,33
	Mantenimiento del botador de cenizas	Manguera de aire, mascarilla y escoba	Semestral	Técnico de mantenimiento	Apagada	25	0,42
	Mantenimiento general de motores	Formato de inspección de horno	Semanal	Técnico de mantenimiento	Apagada	15	0,25
	Mantenimiento de conductos de aire	Manguera de aire, mascarilla y escoba	Trimestral	Técnico de mantenimiento	Apagada	20	0,33
Prelimpia	Mantenimiento de mallas	Llaves mixtas, trapo industrial	Anual	Técnico de mantenimiento	Apagada	35	0,58
	Mantenimiento de correas de transmisión	Llaves mixtas, manguera de aire y trapo industrial	Trimestral	Técnico de mantenimiento	Apagada	20	0,33
	Mantenimiento general de rodamientos	Manguera de aire, mascarilla y trapo industrial	Mensual	Técnico de mantenimiento	Apagada	15	0,25
	Mantenimiento general de motores	Formato de inspección de prelimpia	Semanal	Técnico de mantenimiento	Apagada	10	0,17
	Silo húmedo	Mantenimiento de la compuerta de salida	Manguera de aire, mascarilla y escoba	Trimestral	Técnico de mantenimiento	Apagada	25
Mantenimiento de estructura		Formato de inspección de faja transportadora	Anual	Técnico de mantenimiento	Apagada	10	0,17
Faja transportadora	Mantenimiento de polines	Formato de inspección de faja transportadora, llaves mixtas y trapo industrial	Anual	Técnico de mantenimiento	Apagada	40	0,67
	Mantenimiento de bandas	Formato de inspección de faja transportadora	Mensual	Técnico de mantenimiento	Apagada	10	0,17
Total						590	9,83

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.

Anexo 23

Tabla 42: Plan de mantenimiento de actividades específicas de los equipos críticos de la línea de secado Kepler Weber

Máquina	Actividad general	Actividad específica	Materiales	Frecuencia de uso de materiales	Cantidad de material anual
Secadora industrial	Mantenimiento general de rodamientos	Inspeccionar la condición de los rodamientos	-	-	-
		Limpiar rodamientos de las bandejas de descarga ¹	-	-	-
		Lubricar rodamiento, cadenas y engranajes del tablero de descarga	Lubricante Shell Gadus S2 V220 2 18 Kg	12	4
	Mantenimiento del sistema de ventilación	Inspeccionar el interior de los conductos de ventilación	-	-	-
		Limpiar rejillas de ventilación	-	-	-
	Mantenimiento general de motores	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores ³	-	-	-
		Limpiar la acumulación de suciedad del paso de aire de refrigeración del motor ventilador	-	-	-
	Mantenimiento de sensores y sistemas de control de temperatura	Revisar el adecuado funcionamiento de sensores	-	-	-
		Cambiar Controlador Fockink Seca Master V5.1	Controlador Fockink Seca Master V5.1	1	1
	Mantenimiento de la puerta neumática	Limpiar residuos que obstruyen la puerta neumática	-	-	-
		Verificar el funcionamiento correcto de los controles neumáticos	-	-	-
	Elevadores de cangilones	Mantenimiento de cangilones de nylon	Limpiar el pie del interior del elevador para eliminar roces entre cangilones y chapa de estructura	-	-
Inspeccionar condiciones de cangilones de nylon y apretado de tuercas			-	-	-
Cambiar cangilones de nylon			Cangilones de nylon reforzados. Marca Lift Collect Max-De 8"x5" Color blanco	2	800
Mantenimiento de poleas		Revisar poleas inferior y superior de la banda	-	-	-
		Lubricar poleas inferior y superior de la banda	Lubricante Shell Alvania EP2	24	2
Mantenimiento general de rodamientos		Inspeccionar los sellos de ejes y condición de rodamientos	-	-	-
		Limpiar rodamientos y chumaceras ²	-	-	-
		Lubricar y engrase de rodamientos y chumaceras	Lubricante Shell Alvania EP2	24	2
		Revisar alineamiento de la correa evitar roces o rupturas	-	-	-

	Mantenimiento de correas de transmisión	Revisar estado tornillos y estado de la correa	-	-	-
		Revisar posible elongación de la correa	-	-	-
	Mantenimiento general de motores	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores ³	-	-	-
		Limpiar general de los motores reductores	-	-	-
Silo de almacén	Mantenimiento de la compuerta de salida	Limpiar la compuerta de salida	-	-	-
		Verificar el funcionamiento correcto de la compuerta de salida	-	-	-
	Mantenimiento de tuberías de llenado	Inspeccionar condiciones de las tuberías de llenado	-	-	-
Horno	Mantenimiento de sistema de ventilación	Limpiar internamente el sistema de ventilación	-	-	-
		Revisar desgaste y alineación de poleas de ventiladores	-	-	-
	Mantenimiento general de rodamientos	Inspeccionar los ductos de los ventiladores para detección de materia u objetos	-	-	-
		Inspeccionar la condición de los rodamientos	-	-	-
		Limpiar rodamientos	-	-	-
		Lubricar ejes y rodamientos	Lubricante Shell Alvania EP2	12	1
Mantenimiento del botador de cenizas	Limpiar internamente el botador de cenizas	-	-	-	
Mantenimiento general de motores	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores ³	-	-	-	
Prelimpia	Mantenimiento de conductos de ventilación	Limpiar de forma general la cámara, conductos de aire y ventiladores	-	-	-
	Mantenimiento de mallas	Cambio de mallas de separación de grano	Mallas del tamiz cuadrada 20 mm	1	5
	Mantenimiento de correas de transmisión	Inspeccionar las correas del sistema de accionamiento	-	-	-
		Ajuste de las correas de transmisión	-	-	-
	Mantenimiento general de rodamientos	Lubricar y engrase de rodamientos	Lubricante Shell Alvania EP2	12	1
Mantenimiento general de motores	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores ³	-	-	-	
Silo húmedo	Mantenimiento de la compuerta de salida	Limpiar la compuerta de salida	-	-	-
	Mantenimiento de estructura	Inspeccionar la condición de la estructura exterior	-	-	-

Anexo 25

Tabla 44: Actividades específicas del plan de mantenimiento clasificadas según especialista

Máquina	Actividad general	Actividad específica	Mano de obra requerida de mantenimiento
Secadora industrial	Mantenimiento general de rodamientos	1 Inspeccionar la condición de los rodamientos	Técnico de mantenimiento
		2 Limpiar rodamientos de las bandejas de descarga	Técnico de mantenimiento
		3 Lubricar rodamiento, cadenas y engranajes del tablero de descarga	Técnico de mantenimiento
	Mantenimiento del sistema de ventilación	4 Inspeccionar el interior de los conductos de ventilación	Técnico de mantenimiento
		5 Limpiar rejillas de ventilación	Técnico de mantenimiento
	Mantenimiento general de motores	6 Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	Técnico de mantenimiento
		7 Limpiar la acumulación de suciedad del paso de aire de refrigeración del motor ventilador	Técnico de mantenimiento
	Mantenimiento de sensores y sistemas de control de temperatura	8 Revisar el adecuado funcionamiento de sensores	Electricista
		9 Cambiar Controlador Fockink Seca Master V5.1	Electricista
	Mantenimiento de la puerta neumática	10 Limpiar residuos que obstruyen la puerta neumática	Técnico de mantenimiento
		11 Verificar el funcionamiento correcto de los controles neumáticos	Electricista
Elevadores de cangilones	Mantenimiento de cangilones de nylon	12 Limpiar el pie del interior del elevador para eliminar roces entre cangilones y chapa de estructura	Técnico de mantenimiento
		13 Inspeccionar condiciones de cangilones de nylon y apretado de tuercas	Técnico de mantenimiento
		14 Cambiar cangilones de nylon	Mecánico
	Mantenimiento de poleas	15 Revisar poleas inferior y superior de la banda	Técnico de mantenimiento
		16 Lubricar poleas inferior y superior de la banda	Técnico de mantenimiento
	Mantenimiento general de rodamientos	17 Inspeccionar los sellos de ejes y condición de rodamientos	Técnico de mantenimiento
		18 Limpiar rodamientos y chumaceras	Técnico de mantenimiento
		19 Lubricar y engrase de rodamientos y chumaceras	Técnico de mantenimiento
	Mantenimiento de correas de transmisión	20 Revisar alineamiento de la correa evitar roces o rupturas	Mecánico
		21 Revisar estado tornillos y estado de la correa	Técnico de mantenimiento
	Mantenimiento general de motores	22 Revisar posible elongación de la correa	Técnico de mantenimiento
23 Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores		Técnico de mantenimiento	
24 Limpiar general de los motores reductores		Técnico de mantenimiento	
Silo de almacén	Mantenimiento de la compuerta de salida	25 Limpiar la compuerta de salida	Técnico de mantenimiento
		26 Verificar el funcionamiento correcto de la compuerta de salida	Mecánico
	Mantenimiento de tuberías de llenado	27 Inspeccionar condiciones de las tuberías de llenado	Técnico de mantenimiento

Horno	Mantenimiento de sistema de ventilación	28	Limpiar internamente el sistema de ventilación	Técnico de mantenimiento
		29	Revisar desgaste y alineación de poleas de ventiladores	Técnico de mantenimiento
		30	Inspeccionar los ductos de los ventiladores para detección de materia u objetos	Técnico de mantenimiento
	Mantenimiento general de rodamientos	31	Inspeccionar la condición de los rodamientos	Técnico de mantenimiento
		32	Limpiar rodamientos	Técnico de mantenimiento
		33	Lubricar ejes y rodamientos	Técnico de mantenimiento
Mantenimiento del botador de cenizas	34	Limpiar internamente el botador de cenizas	Técnico de mantenimiento	
Mantenimiento general de motores	35	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	Técnico de mantenimiento	
Prelimpia	Mantenimiento de conductos de ventilación	36	Limpiar de forma general la cámara, conductos de aire y ventiladores	Mecánico
	Mantenimiento de mallas	37	Cambio de mallas de separación de grano	Mecánico
	Mantenimiento de corras de transmisión	38	Inspeccionar las correas del sistema de accionamiento	Mecánico
		39	Ajuste de las correas de transmisión	Mecánico
	Mantenimiento general de rodamientos	40	Lubricar y engrase de rodamientos	Técnico de mantenimiento
	Mantenimiento general de motores	41	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	Técnico de mantenimiento
Silo húmedo	Mantenimiento de la compuerta de salida	42	Limpiar la compuerta de salida	Técnico de mantenimiento
	Mantenimiento de estructura	43	Inspeccionar la condición de la estructura exterior	Técnico de mantenimiento
Faja transportadora	Mantenimiento de polines	44	Inspeccionar condición de polines	Técnico de mantenimiento
		45	Cambiar polines	Mecánico
	Mantenimiento de bandas	46	Inspeccionar guías y alineación de bandas	Mecánico

Fuente: Elaboración propia. En base a información de Empresa Piladora Nueva Horizonte.


Tabla 45: Caracterización de los jueces

Experiencia en Mantenimiento (años)	Experiencia en elaboración y desarrollo técnico de planes de mantenimiento (años)		
	0 - 2	3 - 5	6 - más
0 - 2		2	
3 - 5		1	
6 - más	1		

Fuente: Elaboración propia. En base a información de [64]

Anexo 26

Tabla 46: Ficha estándar de mantenimiento preventivo de la empresa Piladora Nuevo Horizonte S.A.C.

		Ficha de mantenimiento preventivo																								Código:	PNH-MNT-FO-001				
																										Fecha Aprobación:					
																										Versión:	1				
Máquina		Serie		Mes																											
Proceso		Código																													
Actividades a ejecutar por el operador de la máquina		Días del mes para evidenciar la ejecución de la actividad																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Actividades diarias																															
1. Realizar limpieza general del área																															
2. Inspección visual de condición de componentes																															
3. Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores																															
4. Inspeccionar y limpieza superficial de motores reductores																															
Actividades semanales																															
5. Realizar limpieza de componentes externos e internos																															
6. Realizar limpieza general de los motores eléctricos y reductores																															
7. Lubricar y engrasar rodamientos																															
8. Realizar limpieza a rodamientos																															
Actividades a ejecutar por el personal de mantenimiento																															
Actividades mensuales																															
9.																															
10.																															
11.																															

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27


Tabla 47: Ficha específica de mantenimiento preventivo de la empresa Piladora Nuevo Horizonte S.A.C.

				NT-FO-002
				0/2023
FIRMA DEL OPERADOR		FIRMA DEL SUPERVISOR		1
Nom:				manal
Dirección:		Hora Inicio:		
Fecha:		Turno:		Hora Fin:
Responsable: Técnico de mantenimiento		BUENO: <input checked="" type="checkbox"/> MALO: <input type="checkbox"/>		
I. ELEVADOR DE CANGILONES				
Ítem	Tarea	Estado		Comentarios Adicionales
		B	M	
1	Revisar poleas inferior y superior de la banda			
2	Inspeccionar los conductos internos para detección de acumulación de granos e impurezas			
3	Revisar alineamiento de la correa evitar roces o rupturas			
4	Inspeccionar los sellos de ejes y condición de rodamientos			
5	Inspeccionar condiciones de cangilones de nylon y apretado de tuercas			
6	Revisar estado tornillos y estado de la correa			
7	Revisar posible elongación de la correa			
8	Realizar una revisión general de la zona de descarga			
9	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores			
10	Inspeccionar estado de estructuras			
11	Revisar el estado de tornillos y bullones			
12	Verificar visualmente que la unidad no se encuentre con acumulación de polvo			
13	Verificar todas las superficies exteriores y accesorios. Informando que cualquier corrosión excesiva, daños mecánicos o de impacto, fugas u otros deterioros.			

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28


Tabla 48: Ficha estándar de mantenimiento correctivo de la empresa Piladora Nuevo Horizonte S.A.C.

		Ficha de mantenimiento correctivo				Código:		PNH-MNT-FO-003	
						Fecha Aprobación:			
						Versión:		1	
Máquina		Serie		Mes					
Proceso		Código							
Actividades a ejecutar por el operador de la máquina		Observaciones	Posibles soluciones	Conclusiones	Fecha				
Actividades diarias	Descripción de actividad								
1. Inspeccionar de forma general el área de secado	Revisión de los equipos relacionados con el proceso de secado. Se verifica si hay signos evidentes de desgaste, corrosión, acumulación de suciedad o daños en las estructuras. Atención a la limpieza del sistema para garantizar un secado adecuado del grano.								
2. Inspección visual de condición de componentes	Revisión visual minuciosa de los componentes claves como tolvas, fajas y cadenas transportadoras, rodamientos y otros equipos críticos para el procesamiento. Esta inspección visual es fundamental para la detección de problemas tempranos y planificar el mantenimiento preventivo.								
3. Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	Medición y registro de temperatura superficial de todos los motores operativos de acuerdo a la escala likert de percepción de temperatura (muyr frío, frío, tolerable, caliente y sobrecaliente). De esta manera, identificar motores que pueden experimentar un sobrecalentamiento, como indicativo de un problema eléctrico o mecánico.								
Actividades semanales	Descripción de actividad								
Actividades a ejecutar por el personal de mantenimiento									
Actividades mensuales	Descripción de actividad								

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 29

Figura 6: Documento obligatorio de los objetivos y planificación para alcanzarlos

	DOCUMENTO OBLIGATORIO OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN PARA ALCANZARLOS	CÓDIGO PNH-MNT-DOC.O-001 VERSIÓN 01 FECHA DE REVISIÓN 12/10/2023
---	--	--

- **OBJETIVO**

Establecer y planificar los objetivos de mantenimiento para las funciones y niveles pertinentes y los procesos necesarios de mantenimiento de la empresa Piladora Nuevo Horizonte, de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 9001.

- **ALCANCE**

Este procedimiento se aplica al área de secado de la empresa Piladora Nuevo Horizonte.


- **RESPONSABILIDADES**

1. **Área de mantenimiento:** Debe proponer y desarrollar los objetivos de mantenimiento, así como planificar y ejecutar las actividades necesarias para alcanzarlos.
2. **Área de secado:** Debe colaborar con el área de mantenimiento y proporcionar información relevante para la planificación de objetivos.
3. **Área de calidad:** Debe asegurarse de que los objetivos de mantenimiento contribuyen a mantener o mejorar la calidad del producto final.

- **PROCEDIMIENTO**

1. **Establecimiento de Objetivos de Mantenimiento:**

- a. El departamento de mantenimiento debe recopilar información sobre el estado actual de la línea de secado, incluyendo la historia de mantenimiento, problemas recurrentes y requisitos de calidad.
- b. El departamento de mantenimiento debe recopilar información sobre el estado actual de la línea de secado, incluyendo la historia de mantenimiento, problemas recurrentes y requisitos de calidad.
- c. Se deben definir objetivos SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes y con Plazos Definidos) que aborden las áreas críticas identificadas. Como los indicadores de tiempo de parada y de costos operativos.
- d. Los objetivos deben ser aprobados por el Director de Operaciones y comunicados a todo el personal involucrado en el proceso de mantenimiento y producción.

	DOCUMENTO OBLIGATORIO OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN PARA ALCANZARLOS	CÓDIGO PNH-MNT-DOC.O-001 VERSIÓN 01 FECHA DE REVISIÓN 12/10/2023
---	--	--

2. Planificación de actividades:

- a. Para alcanzar los objetivos de mantenimiento, se debe desarrollar un plan que incluya actividades específicas, recursos necesarios, plazos y responsabilidades.
- b. El plan debe ser revisado y actualizado periódicamente para asegurarse de que siga siendo relevante y efectivo.

3. Ejecución y Seguimiento:

- a. Las actividades planificadas se llevarán a cabo según el cronograma establecido, y se registrarán los datos relevantes, como tiempos de ejecución y recursos utilizados.
- b. Se realizará un seguimiento regular para evaluar el progreso hacia la consecución de los objetivos. Cualquier desviación o problema será documentado y abordado de manera oportuna.

4. Revisión y mejora continua:

- a. Se llevará a cabo una revisión periódica de los objetivos y de la efectividad de las actividades de mantenimiento.
- b. Los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas se utilizarán para ajustar y mejorar los objetivos y las actividades planificadas.

Este procedimiento asegura que los objetivos de mantenimiento se establezcan de manera estratégica, se planifiquen adecuadamente y se sigan de cerca para cumplir con los estándares de calidad y mejora continua requeridos por la norma ISO 9001.

• REFERENCIAS

ISO 9001: Sistema de Gestión de la Calidad

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Supervisor de Mantenimiento	Gerente general	Gerente general

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30

Figura 7: Documento obligatorio de la política de mantenimiento

	DOCUMENTO OBLIGATORIO POLÍTICA DE MANTENIMIENTO	CÓDIGO PNH-MNT-DOC.O-002 VERSIÓN 01 FECHA DE REVISIÓN 12/10/2023
--	--	--

**POLÍTICA DE MANTENIMIENTO PARA LA LÍNEA DE SECADO BASADA EN EL
ISO 9001**

• **OBJETIVO:**

El objetivo esencial de nuestra política de mantenimiento reside en garantizar la operación de la línea de secado en la Piladora Nuevo Horizonte de manera segura, confiable y altamente eficaz. Este empeño hacia un mantenimiento de excelencia se halla en completa consonancia con los principios fundamentales consagrados en la prestigiosa norma ISO 9001, específicamente:

1. Enfoque en el cliente


El propósito central de nuestra política de mantenimiento se erige en la salvaguarda de que los productos finales, específicamente el arroz, sean acorde con las elevadas expectativas de calidad sostenidas por nuestros distinguidos clientes. La preservación de una línea de secado en un estado óptimo incide de forma directa y decisiva en el cumplimiento de esta encomienda. Tal enfoque se traduce en una satisfacción sólida y perdurable de nuestra clientela, lo que, a su vez, contribuye a fortalecer nuestra posición en el mercado y respalda nuestra excelencia operativa.

2. Liderazgo

La alta dirección de la empresa asume con vehemencia la dirección y respaldo activo en la instauración de la presente política de mantenimiento. Este liderazgo se traduce en la defensa de su ejecución de manera cabal, garantizando que todo el cuerpo de empleados no solo alcance un nivel comprensivo, sino que también aplique de forma proactiva los principios y prácticas aquí delineados. Esta orientación jerárquica en la gestión del mantenimiento fomenta un entorno de compromiso y excelencia organizacional, alineando de manera efectiva los objetivos de la empresa con los estándares de calidad y seguridad.

3. Participación del personal

La totalidad de los colaboradores, sin distinción de roles, desde los operadores de la maquinaria hasta el personal especializado en el mantenimiento, se encuentran íntegramente inmersos en la implementación de la presente política de mantenimiento. Fomentamos activamente la participación y propiciamos una comunicación efectiva entre los equipos interdisciplinarios. Esta sinergia operativa se erige como el cimiento de un ambiente propicio para la mejora continua.

	DOCUMENTO OBLIGATORIO POLÍTICA DE MANTENIMIENTO	CÓDIGO PNH-MNT-DOC.O-002 VERSIÓN 01 FECHA DE REVISIÓN 12/10/2023
---	--	--

- **RESPONSABILIDADES:**

Para cumplir con los estándares ISO 9001, se asignan roles y responsabilidades claramente definidos en la implementación de esta política:

1. **Área de mantenimiento:** Tiene la responsabilidad principal de llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo en la línea de secado.
2. **Personal operativo:** Debe notificar inmediatamente cualquier problema o anomalía en la línea de secado al departamento de mantenimiento, promoviendo una cultura de comunicación efectiva.

- **ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**

1. **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se basa en la identificación y control de los riesgos para asegurar la calidad y confiabilidad de nuestros productos (ISO 9001:2015, 6.1.2). Por ello, la calibración periódica de indicadores garantiza mediciones precisas y cumple con los requisitos de control de calidad (ISO 9001:2015, 7.1.5).

2. **Mantenimiento correctivo**


El mantenimiento correctivo se realiza para evitar interrupciones en la producción y para cumplir con los requisitos de calidad del producto (ISO 9001:2015, 8.5.6). De esta forma, la investigación y análisis de causas de fallas contribuye a la mejora continua y prevención de no conformidades. (ISO 9001:2015, 10.2)

3. **Gestión de repuestos:**

Mantener un inventario de repuestos críticos garantiza la disponibilidad de recursos necesarios para cumplir con los plazos de entrega y requisitos de calidad (ISO 9001:2015, 8.1).

4. **Capacitación:**

La capacitación del personal es fundamental para garantizar la competencia y habilidades necesarias para cumplir con los estándares de calidad (ISO 9001:2015, 7.2).

	DOCUMENTO OBLIGATORIO POLÍTICA DE MANTENIMIENTO	CÓDIGO PNH-MNT-DOC.O-002 VERSIÓN 01 FECHA DE REVISIÓN 12/10/2023
---	--	--

5. Documentación:

El mantenimiento de registros detallados demuestra el cumplimiento con los requisitos de documentación de la norma ISO 9001 (ISO 9001:2015, 7.5).

6. Revisión y mejora continua

La revisión y mejora continua son componentes esenciales de un sistema de gestión de calidad conforme a ISO 9001 (ISO 9001:2015, 10.3).

• REFERENCIAS

[1] ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos.

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Supervisor de mantenimiento	Gerente general	Gerente general

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 31

Encuesta Satisfacción al cliente interno

Objetivo: Evaluar la satisfacción del cliente interno del área de secado industrial de la empresa Piladora Nuevo Horizonte con relación al servicio de mantenimiento interno.

Instrucciones: Querido equipo del área de secado, le pedimos sinceridad en sus respuestas, ya que su experiencia nos proporciona información valiosa. Utilicen la escala detallada debajo para evaluar la efectividad de las nuevas iniciativas de mantenimiento. Además, las secciones abiertas están diseñadas para recibir sugerencias y comentarios específicos. Agradecemos su tiempo y participación.

Totalmente de acuerdo	TA
Relativamente de acuerdo	RA
De acuerdo	DA
Relativamente en desacuerdo	RD
Totalmente en desacuerdo	TD

	TA	RA	DA	RD	TD
1. La capacitación recibida ha mejorado mis habilidades en mantenimiento.					
2. Las capacitaciones recibidas son relevantes para nuestras responsabilidades.					
3. El perfil de puesto propuesto se ajusta a las necesidades del área de secado.					
4. La planificación de actividades de mantenimiento es eficiente.					
5. Existe un sistema eficaz para reportar y gestionar las fallas de los equipos.					
6. Los objetivos y políticas de mantenimiento se cumplen durante las actividades de mantenimiento.					
7. El tiempo de respuesta ante fallas imprevistas ha mejorado.					
8. Se han observado mejoras significativas en la eficiencia de los equipos.					
9. El plan de mantenimiento ha optimizado el tiempo de trabajo.					
10. Se han implementado cambios sugeridos por el personal de mantenimiento.					
11. El mantenimiento preventivo se realiza de manera adecuada.					
12. La disponibilidad de repuestos es adecuada para mantener la operatividad de los equipos.					
13. La comunicación sobre actividades de mantenimiento es clara y oportuna.					
14. El plan de mantenimiento ha contribuido a reducir los costos operacionales, según mi percepción.					
15. El tiempo de respuesta ante fallas imprevistas ha mejorado.					
16. Los indicadores de desempeño se utilizan efectivamente para evaluar la eficiencia del mantenimiento.					
17. Se han establecido procedimientos claros para la solicitud y gestión de repuestos.					
18. El mantenimiento preventivo se realiza de manera adecuada.					
19. La frecuencia de paradas no programadas ha disminuido desde la implementación del plan de mantenimiento.					

20. ¿Cómo calificaría la efectividad del nuevo plan de mantenimiento? Bríndenos cualquier sugerencia y/o comentario por favor.

Anexo 32

Cálculo de la mano de obra de mantenimiento

$$\text{Cantidad técnicos} = \frac{(MR \times HHMaqTotal)}{HHhombre}$$

MR = Ratio de mantenimiento

HHMaqTotal = Horas de Trabajo anual de máquinas estimativas

HHhombre = Horas de trabajo anual de cada trabajador

Obtención de HHMaqTotal:

*HHMaqTotal = días laboral anual * jornada laboral * máquinas críticas * utilización%*

$$HHMaqTotal = 316 \frac{\text{días}}{\text{año}} * 16 \text{ horas} * 16 \text{ máq.} * 83,33\%$$

$$HHMaqTotal = 67\,411 \text{ horas máquinas}$$

Obtención de HHhombre:

Jornada laboral de 16 horas, 316 días laborales al año; es decir, 5 056 HH. Imprevistos como enfermedad en una jornada laboral de 16 horas, un total de 96 HH. Un refrigerio de 316 HH, total de 316 HH.

$$HHhombre = 5\,056 \text{ HH} - 96 \text{ HH} - 316 \text{ HH}$$

$$HHhombre = 4\,644 \text{ HH}$$

En este caso, el RM es directo (0,30); dado que, se considera la mano de obra directa.

$$\text{Cantidad de técnicos} = \frac{(0,30 * 67\,411)}{4644}$$

Cantidad de técnicos = 4 técnicos por jornada laboral.

Anexo 33

Tabla 49: Clasificación de máquinas según el tiempo de parada planificada

Categoría	Clase de máquina
A	Máquina que nunca debe parar
B	Máquina que si puede parar en ciertos períodos
C	Máquina que es indiferente si para o no

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 34

Tabla 50: Actividades específicas del plan de mantenimiento clasificadas según tiempo programado de horas de trabajo

Máquina	Actividad general	Actividad específica	Tiempo aproximado de trabajo (min)	Tiempo aproximado de trabajo (horas)	Período	Frecuencia al año
Secadora industrial	Mantenimiento general de rodamientos	1 Inspeccionar la condición de los rodamientos	20	0,33	Mensual	12
		2 Limpiar rodamientos de las bandejas de descarga				
		3 Lubricar rodamiento, cadenas y engranajes del tablero de descarga				
	Mantenimiento del sistema de ventilación	4 Inspeccionar el interior de los conductos de ventilación	30	0,50	Mensual	12
		5 Limpiar rejillas de ventilación				
	Mantenimiento general de motores	6 Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	15	0,25	Semanal	52
		7 Limpiar la acumulación de suciedad del paso de aire de refrigeración del motor ventilador				
	Mantenimiento de la puerta neumática	8 Limpiar residuos que obstruyen la puerta neumática	10	0,17	Trimestral	4
Elevadores de cangilones	Mantenimiento de cangilones de nylon	9 Limpiar el pie del interior del elevador para eliminar roces entre cangilones y chapa de estructura	35	0,58	Semestral	2
		10 Inspeccionar condiciones de cangilones de nylon y apretado de tuercas				
	Mantenimiento de poleas	11 Revisar poleas inferior y superior de la banda	15	0,25	Quincenal	24
		12 Lubricar poleas inferior y superior de la banda				
	Mantenimiento general de rodamientos	13 Inspeccionar los sellos de ejes y condición de rodamientos	20	0,33	Quincenal	24
		14 Limpiar rodamientos y chumaceras				
	Mantenimiento de correas de transmisión	15 Lubricar y engrase de rodamientos y chumaceras	6	0,10	Mensual	12
		16 Revisar estado tornillos y estado de la correa				
	Mantenimiento general de motores	17 Revisar posible elongación de la correa	15	0,25	Semanal	52
18 Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores						
19 Limpiar general de los motores reductores						
Silo de almacén	Mantenimiento de la compuerta de salida	20 Limpiar la compuerta de salida	15	0,25	Trimestral	4
	Mantenimiento de tuberías de llenado	21 Inspeccionar condiciones de las tuberías de llenado	10	0,17	Mensual	12

Horno	Mantenimiento de sistema de ventilación	22	Limpiar internamente el sistema de ventilación	35	0,58	Mensual	12
		23	Revisar desgaste y alineación de poleas de ventiladores				
		24	Inspeccionar los ductos de los ventiladores para detección de materia u objetos				
	Mantenimiento general de rodamientos	25	Inspeccionar la condición de los rodamientos	20	0,33	Mensual	12
		26	Limpiar rodamientos				
27	Lubricar ejes y rodamientos						
Mantenimiento del botador de cenizas	28	Limpiar internamente el botador de cenizas	25	0,42	Semestral	2	
Mantenimiento general de motores	29	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	15	0,25	Semanal	52	
Prelimpia	Mantenimiento general de rodamientos	30	Lubricar y engrase de rodamientos	15	0,25	Mensual	12
	Mantenimiento general de motores	31	Inspeccionar de forma superficial la temperatura de todos los motores	10	0,17	Semanal	52
Silo húmedo	Mantenimiento de la compuerta de salida	32	Limpiar la compuerta de salida	25	0,42	Trimestral	4
	Mantenimiento de estructura	33	Inspeccionar la condición de la estructura exterior	10	0,17	Anual	1
Faja transportadora	Mantenimiento de polines	34	Inspeccionar condición de polines	5	0,08	Anual	1
Total				351	5,85		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 35

Tabla 51: Perfil de puestos del personal del área de mantenimiento

Perfiles de puestos del personal del área de mantenimiento del área de secado				
Puesto de trabajo	Supervisor de mantenimiento	Técnico de mantenimiento	Electricista	Mecánico
Descripción del puesto	El supervisor de mantenimiento será responsable de liderar y supervisar las actividades de mantenimiento en el área de secado. Su tarea primordial es coordinar las tareas del equipo, asegurando la eficiencia operativa y la implementación exitosa del plan de mantenimiento. Además, se encargará de evaluar el rendimiento del personal y garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad.	El técnico de mantenimiento desempeñará un papel clave en la ejecución de las actividades preventivas y correctivas según el plan establecido. Será experto en el manejo de equipos específicos de la línea de secado, diagnosticando y solucionando problemas técnicos de manera eficiente para minimizar el tiempo de inactividad.	El electricista se especializará en el mantenimiento y reparación de sistemas eléctricos y de control relacionados con la maquinaria de la línea de secado. Su enfoque estará en garantizar un suministro eléctrico estable y seguro, así como en la identificación y resolución de problemas eléctricos.	El mecánico se centrará en el mantenimiento mecánico de los equipos de la línea de secado. Será responsable de la inspección, ajuste y reparación de componentes mecánicos para asegurar un rendimiento óptimo. Además, colaborará estrechamente con el equipo para implementar mejoras en la eficiencia y confiabilidad de los equipos.
Responsabilidades y funciones	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinar y supervisar todas las actividades de mantenimiento en el área de secado. - Planificar y programar el mantenimiento preventivo y correctivo. - Gestionar el personal de mantenimiento, asignando tareas y asegurando la eficiencia. - Evaluar el desempeño del equipo y proponer mejoras continuas. - Mantener registros actualizados de todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo informes de inspecciones, trabajos de reparación y mejoras implementadas. Así, proporcionar informes periódicos a la alta dirección de la empresa. - Garantizar el cumplimiento de estándares de seguridad y calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ejecutar el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos asignados. - Realizar inspecciones y diagnósticos para identificar posibles fallas. - Colaborar en la planificación de tareas de mantenimiento, especialmente el plan de lubricación para los equipos. - Registrar y documentar todas las actividades de mantenimiento. - Participar en la formación continua para mejorar habilidades técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar instalaciones eléctricas y reparaciones según sea necesario. - Diagnosticar y solucionar problemas neumáticos y eléctricos en equipos. - Colaborar en el diseño e implementación de mejoras eléctricas. - Cumplir con los estándares de seguridad eléctrica. - Asistir en la formación de personal en aspectos eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar mantenimiento y reparación de componentes mecánicos. - Diagnosticar y solucionar problemas mecánicos en equipos. - Colaborar en la instalación y ajuste de maquinaria. - Participar en la planificación de mantenimiento preventivo. - Mantener registros precisos de las actividades realizadas.
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> - Grado en Ingeniería Mecánica, Eléctrica o afín. - Experiencia previa en supervisión de equipos de mantenimiento. - Conocimiento en metodologías de mantenimiento correctivo y preventivo - Habilidad para planificar y ejecutar proyectos de mantenimiento dentro de plazos y presupuestos establecidos. - Habilidades de liderazgo y resolución de problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Técnico en Mantenimiento Industrial o carreras afines. - Conocimientos técnicos en máquinas y equipos utilizados en la línea de secado. - Experiencia práctica en actividades de mantenimiento. - Conocimientos en lectura de planos y esquemas eléctricos y mecánicos. - Habilidades para el trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Certificación como técnico electricista industrial. - Experiencia en mantenimiento eléctrico industrial. - Conocimientos de normativas y códigos eléctricos. - Habilidades de resolución de problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Certificación como técnico mecánico industrial. - Experiencia en mantenimiento mecánico industrial. - Habilidades para el trabajo manual y el uso de herramientas.

Fuente: Elaboración propia. En base a [65].

Anexo 36

Tabla 52: Fases de la implementación del plan de capacitaciones

N°	Descripción de actividades	Meses											Responsable		
		feb 23	mar 23	abril 23	may 23	jun 23	jul 23	ago 23	set 23	oct 23	nov 23	dic 23		ene 24	
1	Clasificación de actividades de mantenimiento específicas propias para el personal de mantenimiento de la empresa y para servicio externo	■													Supervisor de mantenimiento
2	Detección de necesidades estratégicas en cuanto a temas de capacitaciones al personal de mantenimiento	■	■												Supervisor de mantenimiento
3	Elaboración del plan de capacitación requerido		■	■											Supervisor de mantenimiento
4	Evaluación de distintos proveedores del servicio de capacitaciones según presupuesto y cotizaciones de los temas pertinentes			■	■	■									Supervisor de mantenimiento
5	Aprobación del proveedor seleccionado				■	■	■								Supervisor de mantenimiento/ Alta dirección
6	Ejecución del plan de capacitaciones				■	■	■	■							Supervisor de mantenimiento
7	Evaluación de resultados							■							Supervisor y técnicos de mantenimiento
8	Control y seguimiento del plan de capacitaciones								■	■	■	■			Supervisor de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 37

Tabla 53: Capacitaciones cotizadas por SENATI

Puesto	Curso/Taller	Duración (Horas pedag.)	Inversión (S/)
Todo el personal de mantenimiento	Interpretación de la norma ISO 9001:2015	24	S/1 980,00
	Herramientas de gestión en la supervisión	12	S/345,00
Supervisor de mantenimiento	Planeamiento y organización para la toma de decisiones	8	S/345,00
	Planificación del mantenimiento industrial	8	S/375,00
	Supervisión eficaz	16	S/405,00
Técnico de mantenimiento	Lubricación de maquinaria industrial	12	S/345,00
Mecánico	Buenas prácticas de cambio de repuestos	8	S/386,00
	Fundamentos de electricidad industrial	12	S/345,00
Electricista	Neumática industrial básica	12	S/345,00
	Control y Automatización Industrial con PLC	30	S/560,00
Total			S/5 431,00

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 38


Tabla 54: Plan de capacitaciones al personal de mantenimiento

N°	Puesto	Descripción de actividades	Tiempo de ejecución de plan de capacitaciones										Tiempo (horas)	Responsable	
			Meses												
			abr - 23	may - 23	jun - 23	jul - 23	ago - 23	set - 23	oct - 23	nov - 23	dic - 23	ene - 24			
1	Supervisor/ Técnico/ Electricista/ Mecánico	Interpretación de la norma ISO 9001:2015	■											24	Capitador SENATI
2	Técnico de mantenimiento	Lubricación de maquinaria industrial		■										12	Capitador SENATI
3	Mecánico	Fundamentos de electricidad industrial		■										12	Capitador SENATI
4	Mecánico	Buenas prácticas de cambio de repuestos			■									8	Capitador SENATI
5	Electricista	Neumática industrial básica		■										12	Capitador SENATI
6	Electricista	Control y Automatización Industrial con PLC			■									30	Capitador SENATI
7	Supervisor de mantenimiento	Herramientas de gestión en la supervisión		■	■									12	Capitador SENATI
8	Supervisor de mantenimiento	Planeamiento y organización para la toma de decisiones			■	■								8	Capitador SENATI
9	Supervisor de mantenimiento	Planificación del mantenimiento industrial				■	■							8	Capitador SENATI
10	Supervisor de mantenimiento	Supervisión eficaz					■	■	■	■	■	■	■	16	Capitador SENATI

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 39

Figura 8: Propuesta cotizada sobre los cursos de capacitación

		PROPUESTA TÉCNICO ECONÓMICA 23-199					
ZONAL	: LIMA CALLAO	UNIDAD DE SERVICIOS EMPRESARIALES					
1. Empresa	: PILADORA NUEVO HORIZONTE S.A.C						
2. Dirección	: Cal. Prolongación Miguel Grau Km. 2.5 La Victoria, Chidayo Lambayeque	RUC: 20480409346					
3. Actividad	: Transporte de Carga por Carretera y Elaboración de Productos de Molinería.	CIU: 60230					
4. Atención	: Camila Cerdán López-Área de RR. HH						
5. Teléfono	: Celular: 945870954						
6. E-mail	: camilacerdanlopez@gmail.com						
7. Solicitud	: Correo electrónico fecha 05 de OCTUBRE del 2023						
8. Justificación / Problema:	En el marco del desarrollo del talento humano, la empresa busca actualizar el conocimiento técnico y de Gestión a su personal operativo del área de Producción, a través de un programa de capacitación virtual que desarrolle capacidades para el mejoramiento de la productividad y calidad del servicio.						
9. Detalles del Servicio							
CURSO/TALLER	DURACIÓN (Horas Pedag.)	NUMERO MAX. PARTICIPANTES	DIAS DE EJECUCIÓN	HORARIO EJECUCION	PERIODO EJECUCION	INVERSION S/	
Interpretación de la norma ISO 9001:2015	24	Grupo 01 30	De lunes a sábados	Mañanas, tardes o noche	Octubre y Noviembre	4,950.0	
Herramientas de gestión en la supervisión	12	Grupo 01 30	De lunes a sábados	Mañanas, tardes o noche	Octubre y Noviembre	3,450.0	
Planeamiento y organización para la toma de decisiones	12	Grupo 01 30	De lunes a sábados	Mañanas, tardes o noche	Octubre y Noviembre	3,450.0	
Planificación del mantenimiento industrial	14	Grupo 01 30	De lunes a sábados	Mañanas, tardes o noche	Octubre y Noviembre	3,750.0	
Supervisión eficaz	16	Grupo 01 30	De lunes a sábados	Mañanas, tardes o noche	Octubre y Noviembre	4,050.0	
Fundamentos de electricidad industrial	12	Grupo 01 30	De lunes a sábados	Mañanas, tardes o noche	Octubre y Noviembre	3,450.0	
Neumática industrial básica	12	Grupo 01 30	De lunes a sábados	Mañanas, tardes o noche	Octubre y Noviembre	3,450.0	
Lubricación de maquinaria industrial	12	Grupo 01 30	De lunes a sábados	Mañanas, tardes o noche	Octubre y Noviembre	3,450.0	
10. Objetivo y Contenido sintético de los cursos:							
Interpretación de la norma ISO 9001:2015 (24 horas)							
Objetivo							
Reconocer y analizar la terminología básica empleada en los sistemas de gestión de la calidad bajo el enfoque de procesos y su aplicación, describiendo e interpretando los requisitos de la norma ISO 9001:2015.							
Contenido Sintético							
<ul style="list-style-type: none"> • Introducción, objeto y campo de aplicación. • Referencias normativas, términos y definiciones. • Contexto de la organización. • Liderazgo, planificación y apoyo. • Operación. • Evaluación del desempeño y mejora. 							
Examen Final							
Instructor (a): Staff. SENATI							

Lubricación de maquinaria industrial (12 horas)

Objetivo

Identificar los lubricantes industriales de acuerdo con su aplicación, con el fin de promover las mejores prácticas de aplicación de estos en las máquinas, en función de un plan de lubricación industrial.

Contenido Sintético

- Principios de lubricación, tribología.
- Lubricantes: aceites y grasas.
- Selección y aplicación de los lubricantes.
- Sistemas de lubricación.
- Plan de lubricación industrial.
- Estrategias de mantenimiento y lubricación.
- Almacenamiento y administración de lubricantes en planta

Examen Final

Instructor (a): Staff. SENATI

11. Metodología: Los cursos combinan sesiones en línea de 1.5 horas de acompañamiento y desarrollo de contenidos a través del Aplicativo MS Teams; con las actividades (Foros y Examen) que realiza El participante en la plataforma Blackboard, dichas actividades las puede realizar en cualquier momento durante el periodo de vigencia del curso. El participante cuenta con material descargable en PDF (Separatas, Presentaciones) y enlaces de videos de apoyo, además todas las sesiones en línea son grabadas y de libre acceso a los participantes.

- | | |
|--|--|
| 12. Evaluación de participantes | : Desarrollo de Foros y Prácticas, y Examen en la Plataforma. |
| 13. Certificación a otorgar | : Por aprobación de curso, Nota mínima 11 (Once) y 80% de Asistencia. CERTIFICADO DIGITAL |
| 14. Condiciones de ejecución del servicio | : VER ANEXO 1 |
| 15. Coordinación SENATI | : Ing. Fernando Berrocal Huamán – Cel. 948490489 |
| 16. Lugar de Pago | : BANCO DE CREDITO DEL PERU Cuenta Corriente en Moneda Nacional Nro.193-1883799-0-70 [EL SENATI está exonerado del IGV – Ley 26272] |
| 17. Forma de Pago | : Por facturación y antes de la ejecución del servicio |
| 18. Periodo Validez de Cotización | : 20 días calendario después de presentada la propuesta |



Ing. Fernando Berrocal Huamán
Gestor Empresarial

Independencia, 06 de octubre del 2023

Fuente: SENATI.

Anexo 40

Tabla 55: Materiales e insumos

Materiales e insumos	Cantidad	Costo unitario (S/ /und)	Costo total (S/)
Lubricante Shell Gadus S2 V220 2 (18kg)	4	S/1 140,00	S/4 560,00
Lubricante Shell Alvania EP2 (18 kg)	6	S/999,00	S/5 994,00
Total			S/10 554,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56: Repuestos

Repuestos	Cantidad	Costo unitario (S//und)	Costo total (S/)
Controlador Fockink Seca Master V5.1	1	S/2 941,50	S/2 941,50
Cangilones de nylon reforzados. Marca Lift Collect Max-De 8"x5" Color blanco (caja de 70 und)	800	S/11,85	S/9 480,00
Mallas del tamiz cuadrada 20 mm	5	S/375,00	S/1 875,00
10° Polines retorno V	4	S/150,00	S/600,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: Lista de repuestos, materiales e insumos

Repuesto, material e insumo	Costo Unitario Promedios (Soles / Und)	Cantidad Disponible	Monto total (S/)
Lubricante Shell Gadus S2 V220 2 (18kg)	S/1 140,00	4	S/ 4 560,00
Lubricante Shell Alvania EP2 (18 kg)	S/999,00	6	S/ 5 994,00
Controlador Fockink Seca Master V5.1	S/2 941,50	1	S/ 2 941,50
Cangilones de nylon reforzados. Marca Lift Collect Max-De 8"x5" Color blanco (caja de 70 und)	S/11,85	800	S/ 9 480,00
Mallas del tamiz cuadrada 20 mm	S/375,00	5	S/ 1 875,00
10° Polines retorno V	S/150,00	4	S/ 600,00
Total			S/ 25 450,50

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 41

Tabla 58: Método ABC de repuestos, materiales e insumos

Repuesto, material e insumo	Costo Unitario Promedios (Soles / Und)	Cantidad Disponible	Monto total (S/)	Inv Acumulado (S/)	Inv Acumulado (%)	Zona	%
Cangilones de nylon reforzados. Marca Lift Collect Max-De 8"x5" Color blanco (caja de 70 und)	S/11,85	800	S/ 9 480,00	S/ 9 480,00	37,25%	A	
Lubricante Shell Alvania EP2 (18 kg)	S/999,00	6	S/ 5 994,00	S/15 474,00	60,80%	A	78,72%
Lubricante Shell Gadus S2 V220 2 (18kg)	S/1 140,00	4	S/ 4 560,00	S/20 034,00	78,72%	A	
Controlador Fockink Seca Master V5.1	S/2 941,50	1	S/ 2 941,50	S/22 975,50	90,28%	B	11,56%
Mallas del tamiz cuadrada 20 mm	S/375,00	5	S/ 1 875,00	S/24 850,50	97,64%	C	
10° Polines retorno V	S/150,00	4	S/ 600,00	S/25 450,50	100,00%	C	2,36%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 42

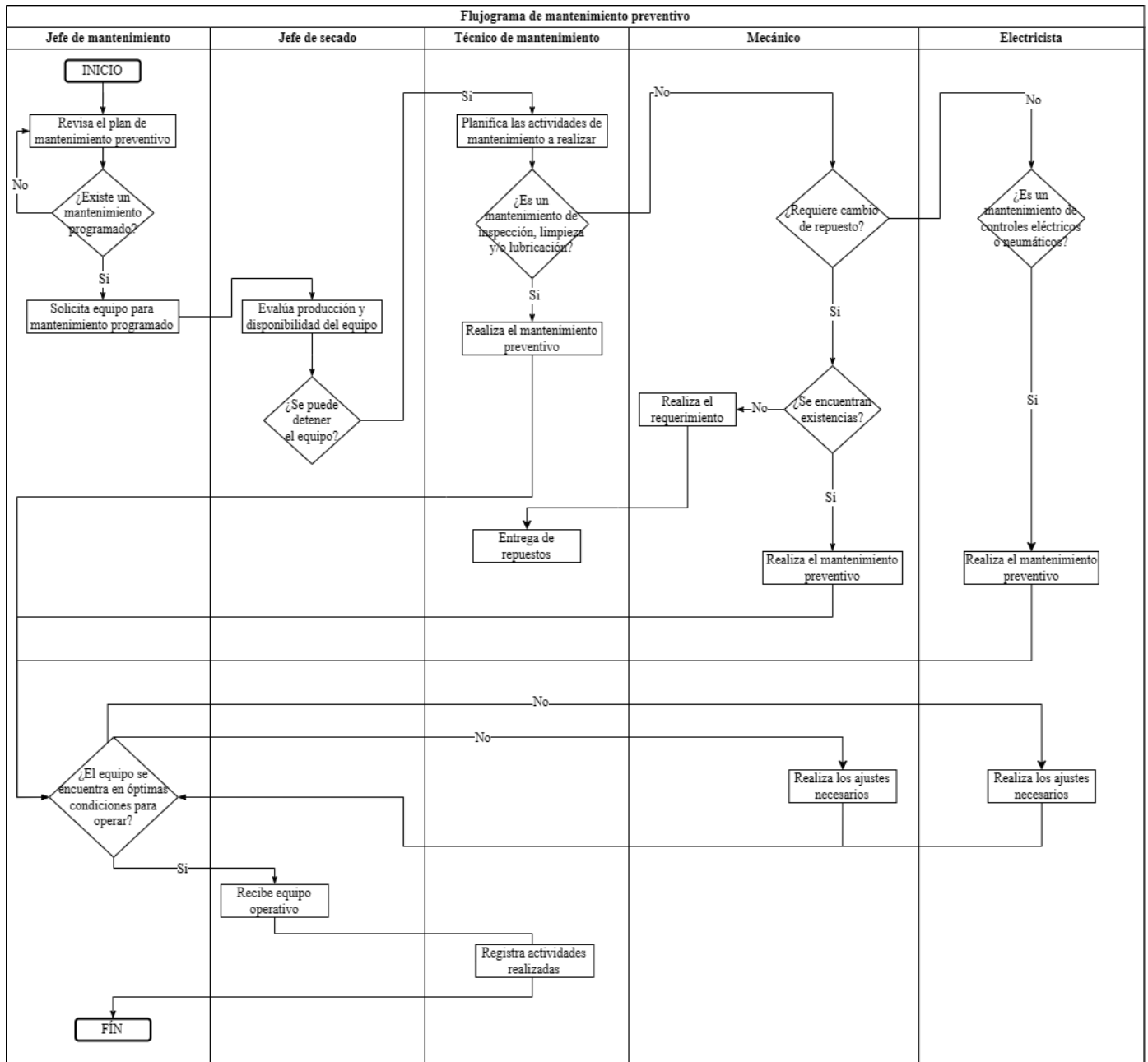
Tabla 59: Plan de mantenimiento de actividades generales según su frecuencia al año

Máquina	Actividad	Período	Frecuencia al año	Tiempo aproximado de trabajo (horas)	Tiempo programado al año (h)
Secadora industrial	Mantenimiento general de rodamientos	Mensual	12	0,33	4,00
	Mantenimiento de sistema de ventilación	Mensual	12	0,50	6,00
	Mantenimiento general de motores	Semanal	52	0,25	13,00
	Mantenimiento de sensores y sistemas de control de temperatura	Anual	1	0,67	0,67
	Mantenimiento de la puerta neumática	Trimestral	4	0,25	1,00
Elevadores de cangilones	Mantenimiento de cangilones de nylon	Semestral	2	1,67	3,33
	Mantenimiento de poleas	Quincenal	24	0,25	6,00
	Mantenimiento general de rodamientos	Quincenal	24	0,33	8,00
	Mantenimiento de correas de transmisión	Mensual	12	0,17	2,00
	Mantenimiento general de motores	Semanal	52	0,25	13,00
Silo de almacén	Mantenimiento de la compuerta de salida	Trimestral	4	0,33	1,33
	Mantenimiento de tuberías de llenado	Mensual	12	0,17	2,00
Horno	Mantenimiento de sistema de ventilación	Mensual	12	0,58	7,00
	Mantenimiento general de rodamientos	Mensual	12	0,33	4,00
	Mantenimiento del botador de cenizas	Semestral	2	0,42	0,83
	Mantenimiento general de motores	Semanal	52	0,25	13,00
Prelimpia	Mantenimiento de conductos de aire	Trimestral	4	0,33	1,33
	Mantenimiento de mallas	Anual	1	0,58	0,58
	Mantenimiento de correas de transmisión	Trimestral	4	0,33	1,33
	Mantenimiento general de rodamientos	Mensual	12	0,25	3,00
	Mantenimiento general de motores	Semanal	52	0,17	8,67
Silo húmedo	Mantenimiento de la compuerta de salida	Trimestral	4	0,42	1,67
	Mantenimiento de estructura	Anual	1	0,17	0,17
Faja transportadora	Mantenimiento de polines	Anual	1	0,67	0,67
	Mantenimiento de bandas	Mensual	12	0,17	2,00
Total			380	9,83	104,58

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 43

Figura 9: Flujograma del proceso de mantenimiento preventivo



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 44

Tabla 60: Índice de disponibilidad después de la propuesta

Meses	Tiempo de producción (horas)	Tiempo de parada (horas)	Tiempo real operativo después de la propuesta (horas)	Disponibilidad (%)	Coefficiente de Disponibilidad
Mes 1	375	5,23	369,77	98,61%	0,99
Mes 2	360	6,39	353,61	98,22%	0,98
Mes 3	390	5,11	384,89	98,69%	0,99
Mes 4	375	4,88	370,12	98,70%	0,99
Mes 5	375	13,13	361,87	96,50%	0,96
Mes 6	345	6,97	338,03	97,98%	0,98
Mes 7	375	8,83	366,17	97,64%	0,98
Mes 8	360	7,20	352,80	98,00%	0,98
Mes 9	330	8,37	321,63	97,46%	0,97
Mes 10	360	14,41	345,59	96,00%	0,96
Mes 11	345	8,02	336,98	97,68%	0,98
Mes 12	375	7,67	367,33	97,95%	0,98
Mes 13	375	8,37	366,63	97,77%	0,98
Total	4740	104,58	4 635,42		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: Índice de calidad después de la propuesta

Meses	Producción de arroz (sacos) al mercado antes de la propuesta	Producción de arroz (sacos) al mercado después de la propuesta	Producción de arroz (sacos) real	Productos defectuosos	Calidad (%)	Coefficiente de Calidad
Mes 1	28 189	29 570	37 500	7 930	78,85%	0,789
Mes 2	26 329	28 000	36 000	8 000	77,78%	0,778
Mes 3	36 272	37 936	39 000	1 064	97,27%	0,973
Mes 4	25 606	26 772	37 500	10 728	71,39%	0,714
Mes 5	29 786	33 842	37 500	3 658	90,25%	0,902
Mes 6	29 890	32 075	34 500	2 425	92,97%	0,930
Mes 7	31 845	34 601	37 500	2 899	92,27%	0,923
Mes 8	30 706	32 927	36 000	3 073	91,46%	0,915
Mes 9	29 618	32 402	33 000	598	98,19%	0,982
Mes 10	25 206	29 231	36 000	6 769	81,20%	0,812
Mes 11	24 556	26 650	34 500	7 850	77,25%	0,772
Mes 12	12 045	12 937	37 500	24 563	34,50%	0,345
Mes 13	25 317	27 381	37 500	10 119	73,02%	0,730
Total	355 365	384 324	474 000	89 676		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62: Índice de rendimiento después de la propuesta

Meses	Velocidad real de producción antes de la propuesta (sacos/hora)	Velocidad real de producción después de la propuesta (sacos/hora)	Velocidad proyectada (teórica)	Rendimiento (%)	Coefficiente de rendimiento
Mes 1	100	105	120	87,50%	0,88
Mes 2	101	107	120	89,17%	0,89
Mes 3	98	102	120	85,00%	0,85
Mes 4	105	110	120	91,67%	0,92
Mes 5	92	105	120	87,50%	0,88
Mes 6	99	106	120	88,33%	0,88
Mes 7	100	109	120	90,83%	0,91
Mes 8	100	107	120	89,17%	0,89
Mes 9	102	112	120	93,33%	0,93
Mes 10	85	99	120	82,50%	0,83
Mes 11	100	109	120	90,83%	0,91
Mes 12	96	103	120	85,83%	0,86
Mes 13	98	106	120	88,33%	0,88
Total	98	106	120		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 45

Tabla 63: Costo de las herramientas

Herramientas	Cantidad	Costo unitario (S/ /und)	Costo total (S/)
Manguera de aire	1	S/79,80	S/79,80
Compresor de aire	1	S/1 120,00	S/1 120,00
Cajas de Mascarilla	1	S/140,00	S/140,00
Cepillo de cerdas suaves	3	S/38,00	S/114,00
Guantes	8	S/15,80	S/126,40
Llaves mixtas	1	S/1 454,00	S/1 454,00
Saco de 5 Kg de trapo industrial	1	S/70,00	S/70,00
Escobillón industrial	2	S/63,40	S/126,80
Total			S/3 231,00

Fuente: Elaboración propia. En base a [66]–[73].

Tabla 64: Costo de materiales e insumos

Materiales e insumos	Cantidad	Costo unitario (S/ /und)	Costo total (S/)
Lubricante Shell Gadus S2 V220 2 (18kg)	4	S/1 140,00	S/4 560,00
Lubricante Shell Alvania EP2 (18 kg)	6	S/999,00	S/5 994,00
Total			S/10 554,00

Fuente: Elaboración propia. En base a [74].

Tabla 65: Costo de repuestos

Repuestos	Cantidad	Costo unitario (S//und)	Costo total (S/)
Controlador Fockink Seca Master V5.1	1	S/2 941,50	S/2 941,50
Cangilones de nylon reforzados. Marca Lift Collect Max- De 8"x5" Color blanco (caja de 70 und)	800	S/11,85	S/9 480,00
Mallas del tamiz cuadrada 20 mm	5	S/375,00	S/1 875,00
10° Polines retorno V	4	S/150,00	S/600,00
Total			S/14 896,50

Fuente: Elaboración propia. En base a [75], [76].

Tabla 66: Costos de implementación por propuesta

Concepto	Propuesta	Costos totales anual (S/)
Costos de herramientas	Plan de mantenimiento a base de metodología OPM	S/3 231,00
Costos de capacitación a personal de mantenimiento	Programa de capacitación y formación de personal de mantenimiento	S/5 431,00
Costos de repuestos, materiales e insumos	Planificación de repuestos e insumos	S/25 450,50
Total		S/34 112,50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Materiales, insumos y repuestos antes y después de la mejora

Materiales, insumos y repuestos del mantenimiento			
Sin mejora		Con mejora	
Materiales e insumos	Repuestos	Materiales e insumos	Repuestos
Lubricantes	Cangilones	Lubricantes	Controlador Fockink Seca Master V5.1
Aceites lubricantes para rodamientos y cadenas	Bandas transportadoras	Lubricante Shell Gadus S2 V220 2 (18kg)	Cangilones de nylon reforzados. Marca Lift Collect Max-De 8"x5" Color blanco (caja de 70 und)
Grasas lubricantes para componentes específicos	Poleas	Lubricante Shell Alvania EP2 (18 kg)	Mallas del tamiz cuadrada 20 mm
Lubricantes para sistemas de transmisión	Correas		10° Polines retorno V
Herramientas manuales	Rodillos	Herramientas manuales	
Llaves ajustables y llaves inglesas	Tamices	Manguera de aire	
Destornilladores de diferentes tamaños	Tornillos sin fin	Compresor de aire	
Juntas y selladores para prevenir fugas	Estructuras metálicas	Llaves mixtas	
Alicates y tenazas	Estructuras metálicas		
Martillos y mazos	Válvulas de control de temperatura		
Herramientas eléctricas	Filtros	Material de limpieza	
Llave de impacto	Intercambiador de calor	Mascarilla	
Material de desgaste	Sensor de temperatura y humedad	Cepillo de cerdas suaves	
Discos de corte y lijado	Tolvas de almacenamiento	Guantes	
Brocas y accesorios para taladros	Estructuras metálicas	Trapo industrial	
Material eléctrico	Quemadores	Escobillón industrial	
Interruptores y enchufes	Control de temperatura		
Material de limpieza	Banda transportadora		
Solventes y desengrasantes	Polines		
Cepillos, escobas y escobillas	Cadenas		
Trapos industriales	Piñones		
Filtros y elementos para limpieza del ciclón			

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 46**Figura 10: Validación de contenido y juicio de expertos sobre el valor del Costo de oportunidad (COK)****Validación de contenido y juicio de expertos**

Título de la tesis: Propuesta de un plan de mantenimiento en la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte para reducir costos operacionales.

Investigadora: Cerdán López Camila Alexandra.

Para la elaboración del presente documento de validación de contenido y juicio de expertos, se consideró el artículo de Escobar y Cuervo [1].

- 1. Objetivo de la validación y juicio de expertos:** Asegurar la validez y relevancia del valor del costo de oportunidad según el rubro de Elaboración de productos de molinería de la empresa Piladora Nuevo Horizonte, para la obtención de indicadores económicos financieros que evalúan la rentabilidad de la propuesta.

JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "Costo de oportunidad de la realización de propuesta de mejora a la Piladora Nuevo Horizonte" que hace parte de la investigación "Propuesta de un plan de mantenimiento en la línea de secado de la Piladora Nuevo Horizonte para reducir costos operacionales". La evaluación de los instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando tanto al área investigativa. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JUEZ: Diego Roberto Cuero Flores
 FORMACIÓN ACADÉMICA: Contador Público
 AREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL: _____
 TIEMPO 1 año CARGO ACTUAL: CONTADOR GENERAL
 INSTITUCIÓN: GRUPO CHIAPPE

Objetivo de la investigación: Proponer la mejora del proceso de producción en una panadería y pastelería para reducir los ingresos no percibidos.

Objetivo del juicio de expertos: Asegurar la validez y relevancia del valor del costo de oportunidad de la propuesta de mejora de la investigación.

Objetivo de la prueba: Conocer el dato del costo de oportunidad de la investigación "Propuesta de mejora para el proceso productivo de la panadería y pastelería"



SPC. Cuero Flores Diego Roberto
 Mat. N°04-6327

Firma

Nombre: Cuero Flores Diego Roberto

DNI: 71645544