

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

1.1.1. *Antecedentes Históricos*

En el proyecto de grado de Verónica Eusebia Colque Machaca (2016), titulado Diseño de un plan de mantenimiento para LACTEOSBOL “Planta Achacachi”, propone la mejora del desempeño de los equipos críticos mediante un plan estratégico que va desde un diagnóstico inicial, documentación, planeación y considera la importancia de la producción.

El objetivo de dicho proyecto es diseñar un plan de mantenimiento para la maquinaria y equipos de la planta de Lacteosbol, que optimice el funcionamiento de los mismos, disminuya el tiempo de ocio de estos, de tal forma que se conserven en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente que garanticen un servicio oportuno.

Este proyecto define las actividades de mantenimiento de los equipos que compone la planta de producción de la empresa, estudia los equipos, con el objeto de planificar y programar sus actividades periódicas de mantenimiento y determinar las piezas que se requieren como repuestos, identifica el tipo de mantenimiento a aplicar para cada uno, detecta fallos repetitivos mediante un análisis y establece indicadores.

Mediante este proyecto se proporcionó elementos fundamentales para llevar a cabo una correcta administración del mantenimiento en la planta de producción, de manera que se promueva el uso de herramientas tales como: planeación y control.

Según la tesis de Rolando Rivas Ulloa (2018), titulada Diseño de un plan de mantenimiento y seguridad industrial en la empresa “REFITEX”, que plantea estrategias de mejora para el rendimiento de los equipos, alargar la vida útil y evitar tiempos improductivos, mediante la creación de la unidad de mantenimiento e implantando documentos técnicos que incluye programación y frecuencia de las tareas de mantenimiento, logró realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa respecto a Mantenimiento y Seguridad industrial, recopilando información necesaria de la empresa mediante un análisis de criticidad de los equipos y un análisis de Pareto

evidenciando el estado crítico de determinadas maquinarias y la necesidad de tomar acciones correctivas y preventivas para mejorar la productividad de la empresa.

1.1.2. Antecedentes Históricos de la Empresa

Delicious, también conocida como “Delis”, es una empresa unipersonal tarijeña, situada en el barrio San Luis. Su principal actividad se centra en la elaboración y comercialización de jugos tradicionales (Linaza blanca, Linaza roja, Soya, Pelón, Aloja de Cebada, LinaZero), y así también agua de mesa purificada y ozonizada.

La empresa “DELICIOUS” fue creada en 1999 como un proyecto familiar con el propósito de fomentar el consumo de frutas, reconocidas por su valioso aporte nutricional. En la gestión 2010 la empresa DELICIOUS cambia de nombre a DELIS, al igual que varios de sus productos comercializados en el mercado de Tarija.

El propietario de la empresa, William Miranda Olmos, originario de Oruro y con formación y experiencia en el área comercial adquirida en Estados Unidos, desempeña el papel de gerente general. Su trayectoria profesional incluye roles como supervisor, coordinador de ventas y gerente general, lo que lo motivó a establecer una empresa unipersonal tras su experiencia previa en la industria láctea con la empresa previamente conocida como Del Rancho.

"Delis" concentra su mercado en la ciudad de Tarija y en los municipios de Yacuiba y Bermejo. Sus productos están dirigidos a consumidores que buscan bebidas naturales adaptadas a su estilo de vida, promoviendo así hábitos saludables y generando bienestar entre sus clientes.

1.2. Planteamiento del Problema

La empresa “Delis”, dedicada a la elaboración y comercialización de jugos tradicionales y agua purificada en Tarija, presenta problemas significativos en su proceso de mantenimiento de maquinaria y equipos, comprometiendo su eficiencia operativa y su capacidad para mantener los estándares de calidad que han sido su sello distintivo. Esto se refleja especialmente en la maquinaria utilizada para la producción de su producto estrella, la linaza blanca.

Uno de los problemas más llamativos radica en la gestión del mantenimiento de sus equipos. Aunque los operadores se encargan de la parte mecánica, realizando tareas como inspecciones visuales, lubricación, limpieza y cambio de componentes según sea necesario, la parte eléctrica es atendida por técnicos externos que no están presentes de forma continua en la empresa. Esta fragmentación puede conducir a una falta de coordinación y comunicación, aumentando el riesgo de problemas no detectados y tiempos de inactividad imprevistos.

Además, la falta de un enfoque estructurado y proactivo para el mantenimiento ha dado lugar a una gestión reactiva, la cual se evidencia en el hecho de que los operadores tengan que observar y estar constantemente pendientes de las necesidades de las máquinas durante la producción, para luego realizar las reparaciones o el mantenimiento de las mismas, provocando una dependencia excesiva de la experiencia empírica, limitando la capacidad de la empresa para identificar y abordar de manera efectiva los problemas de mantenimiento, los cuales van desde fallos y desgaste en los rodamientos hasta fallas de en los sistemas de transmisión y filtraciones de aceite, aumentando la posibilidad de que se pasen por alto aspectos críticos del mantenimiento que podrían prevenir futuras averías.

Aunque la empresa tiene programado llevar a cabo un mantenimiento preventivo cada tres meses y realiza un mantenimiento en determinados días en los que no se está produciendo, el mismo es un mantenimiento general, este enfoque carece de especificidad y planificación adecuada para cada máquina, lo que significa que no se abordan las necesidades individuales de cada equipo. Como resultado, se producen fallas no detectadas durante la operación normal, lo que conduce a paradas inesperadas y pérdidas económicas, dando un enfoque reactivo en lugar del enfoque que se pretendía en primer lugar. Además, la falta de un programa de mantenimiento preventivo específico y exclusivo para cada máquina dificulta la identificación temprana de posibles problemas y la implementación de medidas correctivas adecuadas, de igual forma no permite garantizar la disponibilidad oportuna de repuestos y la calidad de los mismos.

Cuadro I-1

Descripción de Necesidades de Mantenimiento de Maquinaria y Equipos

Maquinaria y/o Equipo	Necesidades Básicas de Mantenimiento
Molino para granos	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricación regular de partes móviles. • Inspección y limpieza para evitar acumulación de residuos. • Verificación de la integridad de las cuchillas y componentes. • Ajuste y calibración según sea necesario para garantizar un rendimiento óptimo.
Tanques de cocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza y desinfección regular para prevenir la acumulación de residuos y la proliferación de bacterias. • Inspección de válvulas, conexiones y agitadores para detectar posibles fugas o problemas de funcionamiento. • Verificación de la integridad estructural y revestimiento interno.
Zaranda	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección y limpieza de la malla para evitar obstrucciones. • Reemplazo de mallas desgastadas o dañadas. • Lubricación de partes móviles.
Tanques de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza para eliminar cualquier residuo o acumulación. • Inspección de fugas, verificar regularmente la integridad estructural de los tanques y todas las conexiones. • Verificación de los sistemas de agitación o mezcla.
Pasteurizador	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de intercambiadores de calor para evitar acumulación de incrustaciones. • Verificación y calibración de los controles de temperatura y tiempo. • Inspección de las juntas y conexiones para prevenir fugas.

Envasadoras	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección y limpieza regular de las boquillas de llenado y otras partes en contacto con el producto. • Verificación de la precisión de llenado y sellado de los envases.
Cámaras de frío	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de unidades de refrigeración y evaporadores para evitar acumulación de hielo y mejorar la eficiencia energética. • Verificación y ajuste de la temperatura y humedad relativa. • Inspección de puertas y sellos para prevenir fugas de aire frío.

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cuando se produce una falla, el personal se ve obligado a detener la producción y salir a buscar los repuestos necesarios si es que así se amerite el caso, esto al no tener un stock de repuestos disponible, es decir, que no cuentan con los repuestos necesarios en su inventario, indicando una falta de previsión y planificación en la gestión de los recursos necesarios para el mantenimiento de la maquinaria y los equipos, resultando en paradas prolongadas en la producción, lo que implica una pérdida adicional de tiempo y recursos. La falta de disponibilidad inmediata de repuestos puede afectar la capacidad de la empresa para mantener una producción continua y eficiente, así como su capacidad para satisfacer las demandas del mercado de manera oportuna. Además, la improvisación en la adquisición de repuestos puede llevar a la compra de piezas de menor calidad o incompatibles, lo que aumenta el riesgo de futuras fallas y paradas no planificadas.

Cuadro I-2

Piezas Críticas de la Maquinaria y Equipos

Maquinaria y/o Equipo	Piezas Críticas
Molino para granos	Cuchillas de molienda Rodamientos Tamices

Tanques de cocimiento	Válvulas Agitadores Revestimiento interno
Zaranda	Malla Rodamientos Ejes Sistemas de vibración
Pasteurizador	Elementos de calentamiento Intercambiadores de calor Controles de temperatura
Envasadora	Válvulas Sensores Sistema de control
Cámaras de frío	Unidades de refrigeración Evaporadores Puertas Sellos

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Estas fallas y paradas inesperadas en la maquinaria son registradas en planillas, sin embargo, no se realiza un análisis sistemático de esta información. Si bien la recolección de datos sobre paradas y fallas es un primer paso crucial para identificar patrones y tendencias que puedan indicar problemas subyacentes en el funcionamiento de la maquinaria, la falta de un análisis detallado de estas planillas limita la capacidad de la empresa para comprender completamente las causas, así como para tomar medidas correctivas eficaces. Este enfoque restringe la capacidad de "Delis" para mejorar proactivamente su proceso de mantenimiento y reducir la incidencia de tiempos de inactividad no planificados, lo cual de cierta forma perpetúa un continuo ciclo de problemas recurrentes.

Otro aspecto que es importante destacar, es que gran parte de la maquinaria de "Delis" utilizada para la producción de linaza blanca tiene un tiempo de vida considerable, más de 8 años aproximadamente. A lo largo de los años, se han realizado cambios en bombas y otros accesorios según las necesidades operativas, lo que ha

contribuido a prolongar la vida útil de los equipos, pero a pesar de ser un aspecto positivo en términos de durabilidad, este tiempo de vida considerable plantea un problema significativo en el contexto de los desafíos en el mantenimiento, esta longevidad puede generar complacencia y subestimación de la necesidad de un mantenimiento preventivo adecuado. La creencia errónea de que la maquinaria puede seguir funcionando sin problemas durante más tiempo sin una atención adecuada puede llevar a una mayor vulnerabilidad operativa y a un aumento en la incidencia de fallas no planificadas. Por lo tanto, aunque la maquinaria haya resistido el paso del tiempo, esta situación plantea un desafío adicional en términos de garantizar su funcionamiento óptimo a largo plazo.

Con todas las observaciones anteriores y con el objetivo de evidenciar de manera cuantitativa el impacto de las fallas y paradas de maquinaria en la producción de linaza blanca en Delicious Tarija, se realizó un análisis basado en indicadores de desempeño operativo y pérdidas económicas asociadas. La información se obtuvo de:

- Registros históricos de paradas y fallas de la maquinaria durante el último año (planillas internas).
- Observaciones directas de los operadores sobre tiempos de reparación y disponibilidad de repuestos.
- Datos de producción y venta de linaza blanca por litro.

Se establecen seis indicadores críticos para evaluar el estado actual del sistema de mantenimiento en la empresa Delicious Tarija. Cada indicador se mide en una escala de 1 a 10, donde 10 representa el nivel óptimo de gestión, y 1 representa una situación crítica: por ejemplo, se consideraría normal que la línea de producción tenga hasta 4 paradas al año, y un mantenimiento preventivo cubra al menos el 80% de las necesidades.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla y permiten dimensionar de manera objetiva cómo las deficiencias en el sistema de mantenimiento afectan la operación y los costos de la empresa.

Cuadro I-3*Análisis Cuantitativo Inicial del Impacto Económico y Productivo*

Indicador	Referencia Esperada	Situación Actual	Valoración (1-10)	Impacto Económico Estimado	Fuente de Información
Frecuencia de paradas no planificadas	≤ 4 paradas/año	12-14 paradas/año	3	36.000 Bs/año (12 paradas × 600 litros × 5 Bs/litro)	Registros de paradas 2024, producción promedio
Duración promedio de las paradas (MTTR)	≤ 2 horas por evento	4-8 horas/evento	4	3.000 Bs por evento	Planillas internas y entrevistas con operadores
Disponibilidad de repuestos críticos	≥ 90% en inventario	20% disponible	3	2.000 Bs extra en compras de emergencia	Inventario de repuestos 2024
Cobertura del mantenimiento preventivo	≥ 80% de equipos con plan específico	25% con actividades generales, sin especificidad	4	19.800 Bs/año aprox. en fallas no evitadas	Cronogramas actuales vs necesidades reales
Gestión de indicadores	Registro y análisis sistemático	Solo registro en planillas, sin análisis	5	Riesgo de paradas adicionales no cuantificado	Inspecciones visuales y registros de fallas
Cumplimiento Documental NB12017	37 documentos requeridos según norma	7 documentos que posee la empresa	2	Riesgo de paradas adicionales no cuantificado	Documentación existente y entrevistas

Fuente: Empresa Delicious**Elaboración:** Propia

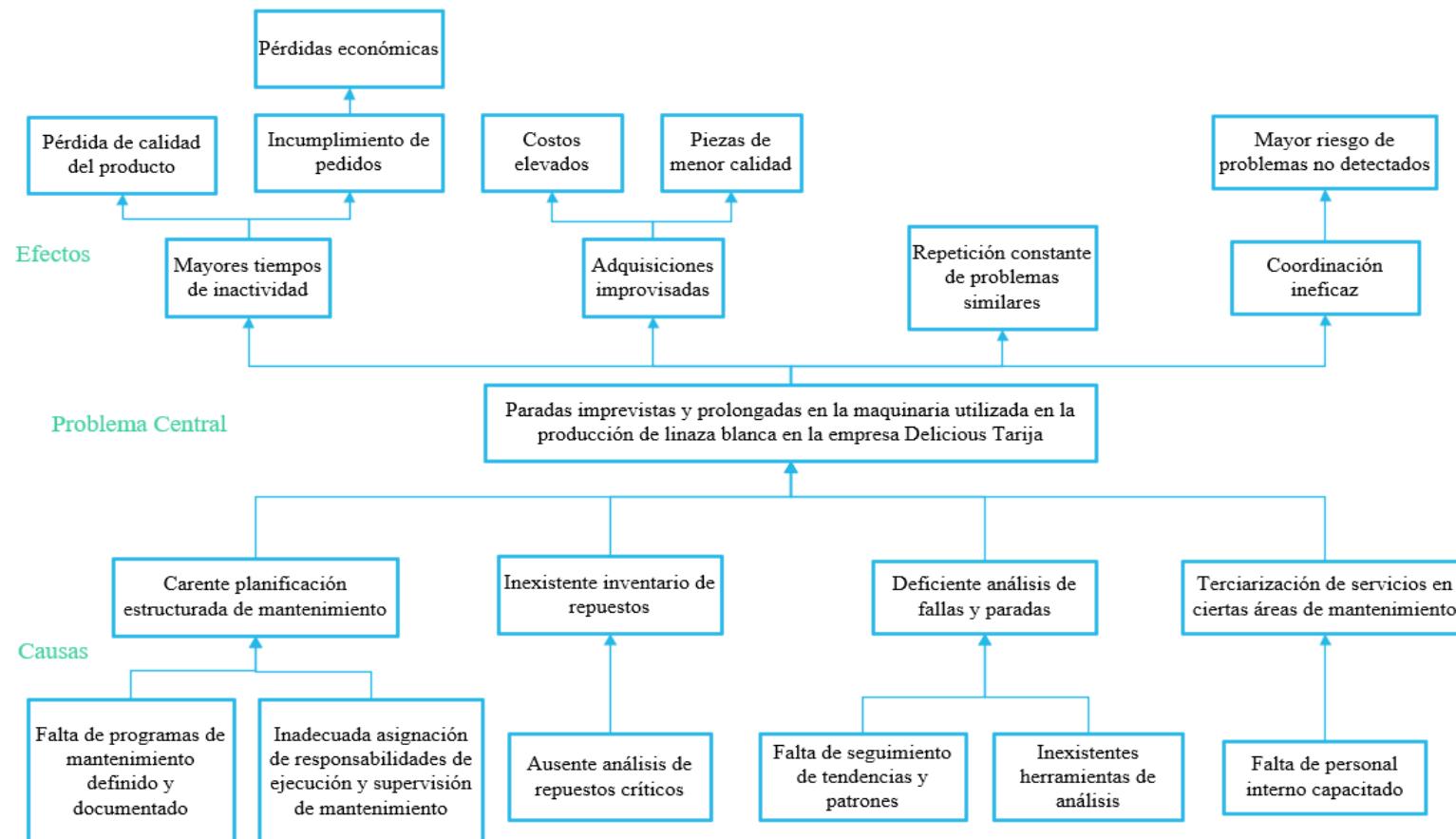
El sistema de mantenimiento de Delicious Tarija se encuentra en un nivel bajo de desempeño considerando que el puntaje total esperado es de 60 puntos (6 indicadores \times 10) y el puntaje obtenido es de 20 puntos, indicando un nivel de cumplimiento de solamente 33%, destacándose la alta frecuencia y duración de paradas imprevistas, así como la deficiente gestión de repuestos e indicadores.

De igual forma, las paradas imprevistas representan aproximadamente 36.000 Bs/año en pérdidas directas habiendo estimado la cantidad que se produciría en un día normal de producción, esto sin considerar costos adicionales por mano de obra extra, retrasos en entregas y posible deterioro de la maquinaria.

La baja cobertura preventiva y la disponibilidad limitada de repuestos también incrementan la dependencia de reparaciones urgentes, generando riesgos adicionales de fallas y pérdidas económicas.

1.3. Árbol de Problemas

Figura 1-1
Árbol de Problemas



Fuente: Empresa Delicious
Elaboración: Propia

1.4. Formulación del Problema

¿Qué acciones se pueden tomar para reducir las paradas imprevistas y prolongadas en la maquinaria utilizada en la producción de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija, y minimizar el impacto en la producción de su producto estrella?

1.5. Objetivos del Trabajo

1.5.1. *Objetivo General*

Diseñar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para la maquinaria utilizada en la producción de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija, con la finalidad de minimizar el tiempo de inactividad no planificado y optimizar el rendimiento de los equipos utilizados en la producción de su producto estrella.

1.5.2. *Objetivos Específicos*

- Analizar el estado actual de la maquinaria y equipos utilizados en la producción de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija.
- Identificar y priorizar áreas críticas de la maquinaria, considerando su impacto en la eficiencia operativa y en la calidad del producto estrella.
- Establecer procedimientos y protocolos claros que incluyan la asignación de responsabilidades y recursos, la programación de actividades mediante la elaboración de cronogramas, y la documentación de los registros de mantenimiento.
- Establecer y optimizar la gestión de inventarios de repuestos y materiales necesarios para el mantenimiento de la maquinaria utilizada en la producción de linaza blanca.
- Definir indicadores clave de desempeño (KPIs) tanto operativos como de gestión (MTTR, MTBF y disponibilidad), y establecer mecanismos de retroalimentación para la mejora continua.

1.6. Justificación

La empresa Delis se enfrenta a problemas relevantes en lo que respecta a la gestión del mantenimiento de su maquinaria clave en la producción de linaza blanca, lo que ha resultado en paradas imprevistas y prolongadas, pérdidas económicas, y una eficiencia operativa por debajo del estándar. Estas interrupciones no solo afectan la productividad y rentabilidad de la empresa, sino que también pueden comprometer la calidad y seguridad de su producto estrella, así como su capacidad para satisfacer las demandas del mercado de manera oportuna y eficaz.

Esta situación se debe principalmente a la ausencia de una planificación estructurada del mantenimiento, lo que ha llevado a una dependencia excesiva de mantenimientos correctivos y empíricos que resultan costosos tanto en tiempo como en recursos. La falta de un enfoque proactivo para el mantenimiento ha provocado una disminución en la vida útil de los equipos y ha afectado la calidad y seguridad del producto final.

Ante esta problemática, surge la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la maquinaria utilizada en la producción de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija. Para ello, se propone realizar un análisis exhaustivo de las prácticas actuales de mantenimiento, enfocándose principalmente en las intervenciones correctivas y los patrones recurrentes de fallos. Este análisis permitirá identificar las funciones críticas de cada equipo, evaluar su confiabilidad, y determinar las causas subyacentes de las averías, lo cual es fundamental para implementar un plan de mantenimiento que no solo corrija fallas, sino que también las anticipa y prevenga.

Un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, diseñado y ejecutado de manera adecuada, permitirá optimizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, reduciendo significativamente los tiempos de inactividad no planificados y los costos asociados a reparaciones correctivas. Con este enfoque, la empresa Delicious Tarija podrá mejorar la eficiencia operativa, maximizar la vida útil de su maquinaria, y garantizar la calidad y seguridad de su producto estrella, la linaza blanca. Además, se

fortalecerá la capacidad de la empresa para adaptarse a cambios y mejorar continuamente sus procesos, lo cual es clave para mantener su competitividad y satisfacción del cliente.

1.6.1. Justificación Personal

El interés en el área de gestión de operaciones y mantenimiento, el deseo de contribuir al mejoramiento de la eficiencia operativa de la empresa, el compromiso con su éxito y crecimiento son una motivación relevante para llevar a cabo este proyecto, además de ser la oportunidad ideal de aplicar los conocimientos académicos en un contexto práctico y significativo.

1.6.2. Justificación Económica

Este proyecto de grado se fundamenta en la necesidad de mejorar la eficiencia operativa y reducir las pérdidas de recursos asociados con las paradas imprevistas en la maquinaria clave de la empresa Delicious, utilizada en la producción de linaza blanca. La reducción de tiempos de inactividad y la mejora en la calidad de su producto estrella pueden conducir a una optimización de recursos financieros para la empresa, tanto en términos de costos de producción como gastos asociados con la compra urgente de repuestos y honorarios del personal externo.

1.6.3. Justificación Académica / Teórica

La realización de este proyecto contribuirá a la aplicación de conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Industrial, siendo la oportunidad de poner en práctica conceptos clave, como la planificación estratégica, el análisis de riesgos y la optimización de recursos, así también permitirá la adquisición de nuevos conocimientos relacionados con la gestión de mantenimiento y activos, explorando nuevas metodologías y herramientas, enriqueciendo así la formación académica y contribuyendo al desarrollo profesional.

1.7. Alcance

El presente proyecto se enfoca en el diseño de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la maquinaria utilizada en la producción de linaza blanca en la

empresa Delicious. Este plan se centrará en las máquinas involucradas en el proceso de producción de linaza blanca, con el objetivo de garantizar la continuidad y eficiencia, minimizando el tiempo de inactividad y optimizando el rendimiento de los equipos.

El alcance del proyecto incluye un análisis detallado del estado actual de la maquinaria, utilizando metodologías de confiabilidad, como el análisis de criticidad y el AMFEC (Análisis de Modos de Falla, Efectos y Crítica), con el fin de identificar y priorizar las áreas críticas que afectan directamente la operación y la calidad del producto. Se tomarán en cuenta tanto las fallas recurrentes como los patrones de fallos para establecer un enfoque preventivo y correctivo más adecuado.

Se desarrollará un plan de mantenimiento que abarque acciones preventivas, orientadas a anticipar posibles fallas y optimizar el ciclo de vida de los equipos, así como acciones correctivas que se ejecutarán en respuesta a los fallos que se presenten durante la operación. Se prestará especial atención a la mejora de la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria.

Es importante señalar que el proyecto no incluirá la maquinaria y equipos ajenos a la producción de linaza blanca ni los sistemas de mantenimiento de otros procesos ajenos a esta línea de producción. Además, se excluirán las instalaciones o sistemas no mecánicos o eléctricos que no influyan directamente en el funcionamiento de la maquinaria crítica para la producción de linaza blanca.

Los resultados esperados incluyen la entrega de un plan de mantenimiento detallado que contemple procedimientos y protocolos claros, así como la gestión de inventarios de repuestos necesarios para el mantenimiento de la maquinaria. Se espera que la implementación de este plan permita una reducción significativa en las paradas imprevistas y prolongadas, contribuyendo a una mejora en la eficiencia operativa y en la calidad del producto final.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Mantenimiento

2.1.1. *Definición*

El mantenimiento se define como toda una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación.

Esta serie de actividades incluyen toda una combinación de conocimiento, experiencia, habilidad y trabajo en equipo, junto con las otras dependencias de la organización, para que exista una buena labor administrativa y operativa, cumpliendo así con los indicadores de desempeño o de gestión que cada organización aplica y para que sus metas se alcancen. (Pérez Rondón, 2021)

2.1.2. *Objetivos del Mantenimiento*

El mantenimiento es una disciplina que debe entrar a apoyar el cumplimiento de los logros de una empresa, mediante el cumplimiento de los objetivos propuestos a continuación:

- Minimizar las fallas funcionales (paradas imprevistas) de los equipos, y los costos asociados a ellas.
- Asegurar unos costos operativos razonables de los equipos, y procurar mejoras de ellos.

Es necesario tener en cuenta que una empresa que tenga control de sus costos y gastos debe manejar Indicadores o referentes que le permitan determinar si la situación está bajo control o se está desviando del debiera.

- Maximizar la inversión en planta y equipos, asegurando el cumplimiento de mínimo su vida útil esperada.
- Asegurar que los equipos operen de manera segura para los usuarios y para el medio ambiente. (Montilla Montaña, 2016)

2.1.3. *Tipos de Mantenimiento*

El mantenimiento puede dividirse en distintos tipos fundamentales en la gestión de activos industriales, cada uno con un enfoque específico para garantizar la eficiencia y disponibilidad de los equipos y maquinarias en las empresas, estos son:

2.1.3.1. Correctivo

El mantenimiento correctivo también denominado mantenimiento reactivo. Se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible.

Existen empresas donde sus estrategias de mantenimiento son enfocadas al correctivo, ya que no tienen los conocimientos, herramientas, personal calificado, presupuestos asignados, y tecnologías modernas para aplicar otros tipos de mantenimiento. La gestión del mantenimiento correctivo se activa por el fracaso de no poder diagnosticar justo a tiempo la posible falla que puede ocurrir en una máquina. Es muy importante determinar qué causó la falla y así tomar las medidas adecuadas.

Se pueden encontrar dos clases o tipos de mantenimiento correctivo:

- El mantenimiento correctivo no programado: se activa, cuando aparece la falla en el equipo o máquina, generando la respectiva parada, de manera que se debe quitar lo averiado y reponer el componente, ya sea nuevo o usado.
- El mantenimiento correctivo programado o planificado: se realiza cuando se detecta que algún componente de una máquina está próximo a fallar, por lo tanto, se programa el mantenimiento para corregir esta posible falla.

En general, cuando se trabaja solamente el mantenimiento correctivo no programado se puede dar la situación de que su reparación inmediata sea superficial; ya sea por falta de repuestos, o que no se tiene el tiempo idóneo para realizar una buena

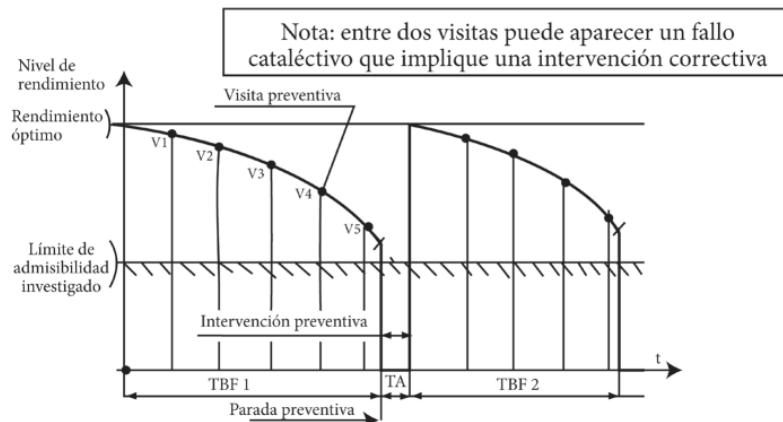
reparación, o por falta de personal, que origine, lo más probable, más adelante una falla de mayores consecuencias. (Pérez Rondón, 2021)

2.1.3.2. Preventivo

El Mantenimiento Preventivo es el sistema de Mantenimiento cuyo objetivo esencial es prevenir la ocurrencia de fallas en un sistema productivo, con base en la ejecución de unas tareas básicas (Observar, inspeccionar, calibrar, ajustar, cambiar, lubricar, reparar, etc.), a unas frecuencias predeterminadas, asociadas a cada ciclo productivo en particular. La ejecución de las tareas básicas puede indicar la necesidad de realizar tareas programadas adicionales (mantenimiento correctivo programado, modificaciones, etc.).

La figura ilustra el comportamiento del Mantenimiento Preventivo, en función del nivel de rendimiento óptimo y del tiempo de operación de la máquina/equipo. Las letras V_i corresponden a las visitas preventivas periódicas a la máquina/equipo; el ideal es que con base al conocimiento que se tenga del comportamiento y rendimiento de la máquina/equipo (límite de admisibilidad investigado) se efectúe una parada preventiva antes de que ocurra un fallo cataclástico; la parada preventiva dura un lapso TA (tiempo de alistamiento), durante el cual se deben efectuar unas tareas programadas y otras emergentes en función de los resultados de las inspecciones. (Montilla Montaña, 2016)

Figura 2-1
Ciclo Gráfico del Mantenimiento Preventivo



Fuente: (Montilla Montaña, 2016)

2.1.3.3. Predictivo

El mantenimiento predictivo es aquel que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. (García Garrido, 2010)

2.1.4. Importancia en la Industria

La gestión del mantenimiento industrial se ubica como un elemento estratégico esencial para la competitividad empresarial. Una gestión adecuada de mantenimiento asegura la confiabilidad de los procesos productivos. Asimismo, la función de mantenimiento “aporta valor a la organización productiva”, ya que su planificación estructurada mejora la calidad, aumenta la disponibilidad de los equipos y reduce costos operativos. En conjunto, el mantenimiento industrial es fundamental para optimizar la productividad, garantizar la continuidad del servicio y mantener la seguridad y calidad en la industria. (Cabeza, Cabeza, & Corredor, 2010)

2.1.5. Definiciones Básicas

2.1.5.1. Máquina

Conjunto de elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado. Regularmente en el ámbito industrial se asume que una máquina entrega algún tipo de producto tangible, es decir, transforma una materia prima en una pieza verde, o una pieza verde en un producto semiterminado o terminado. (Montilla Montaña, 2016)

2.1.5.2. Equipo

Colección de utensilios, instrumentos y aparatos especiales para un fin determinado. También recibe el nombre de equipo cada uno de los elementos de dicho conjunto. Regularmente en el ámbito industrial se asume que un equipo presta un

servicio, o modifica las propiedades de la materia prima/ pieza verde/producto semi o terminado que transite por él. (Montilla Montaña, 2016)

2.1.5.3. Falla

Pérdida de capacidad para realizar lo requerido. (ISO14224, 2006)

- Falla funcional, estado en el que un activo o sistema no se encuentra disponible para ejercer una función específica a un nivel de desempeño requerido. (SAE JA1011, 1999)
- Falla potencial, condición identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o está en proceso de ocurrir. (SAE JA1011, 1999)

2.1.5.4. Estados de una máquina / equipo

- Estado teórico o nominal de una máquina/equipo. Aquella condición operativa y de funcionamiento que debe poseer una máquina/equipo cuando sale de fábrica; el estado teórico debe ser redefinido en la medida que el equipo haya trabajado x cantidad de tiempo, debido a que sufre una degradación normal que aleja su nivel de rendimiento del inicial, en este caso se habla de estado nominal.
- Estado real de una máquina/equipo. Aquel estado que exhibe la máquina/equipo en cualquier momento de su operación. El estado real puede coincidir o no, con los estados teórico y nominal. (Montilla Montaña, 2016)

2.2. Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM)

2.2.1. Definición

RCM es una filosofía de gestión de Mantenimiento, que optimiza la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, en función de cuán críticos son los activos, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de falla de dichos activos, sobre la seguridad, al

ambiente, a las operaciones. En este sistema de mantenimiento se pone especial énfasis en el funcionamiento global del sistema, más que en el de cada equipo individualmente; un equipo no es intrínsecamente importante, sino por la función que desempeñe dentro de un proceso productivo. En RCM la palabra clave es la Confiabilidad o Fiabilidad. (Montilla Montaña, 2016)

2.2.2. Objetivo

El objetivo fundamental de la implantación de un mantenimiento centrado en la fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. (García Garrido, 2010)

2.2.3. Características

- Mejora en la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Estudio de las posibilidades de fallo de un equipo y el desarrollo de los mecanismos que tratan de evitarlas, ya sean producidas por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Elaboración de planes que permiten garantizar la operación de los equipos dentro de los parámetros marcados. Esos planes engloban:
 - Planes de Mantenimiento.
 - Procedimientos operativos, tanto de producción como de mantenimiento.
 - Modificaciones o mejoras posibles.
 - Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en Planta.

2.2.4. Metodología

El RCM se apoya en estadísticas de falla, con las cuales se llevan a cabo un análisis de criticidad CA de las secciones o áreas de la planta y posteriormente se determina la criticidad de los subsistemas que conforman las máquinas/equipos que hayan sido determinados como críticos, aplicando una metodología de Análisis de

Modo y Efecto de Falla AMEF (o FMEA por sus siglas en Ingles) por intermedio de un parámetro llamado Número de Prioridad de Riesgo NPR; posteriormente se pasa a determinar un plan de acción para dicho subsistema; el plan de acción puede indicar la aplicación de correctivo, preventivo, predictivo, instalar unidades redundantes o rediseñar el subsistema.

- Efectuar un Análisis de criticidad CA.
- Determinar la criticidad de los subsistemas.
- Toma de decisiones a partir de los análisis arrojados.
 - Aceptar el riesgo de la falla.
 - Instalar unidades redundantes o en paralelo.
 - Definir actividades de Mantenimiento Preventivo PM.
 - Programar actividades de Mantenimiento Predictivo PdM.
 - Proponer rediseño del sistema. (Montilla Montaña, 2016)

2.3.Plan de Mantenimiento

2.3.1. Definición

Información documentada en la que se halla contenida la gestión administrativa del proceso de mantenimiento de un activo, sistema de activos o instalación, unidad o planta. (NB12017, 2020)

2.3.2. Etapas de Elaboración

2.3.2.1. Planificación de Actividades

La planificación es una actividad genérica que tiende a la asignación y distribución de recursos, en procura de alcanzar un objetivo. La planificación es una actividad de análisis que tiende a ir de lo general a lo particular; en este sentido se convierte en principio, en un proceso fundamentalmente analítico.

La naturaleza de la planificación nos permite entender que esta es una actividad a - priori que se debe desarrollar antes de ejecutar cualquier tarea; sin el concurso de

ella sería más fácil equivocarnos y aumentar los riesgos de no conseguir los objetivos que se pretenden. (Terrazas Pastor, 2011)

2.3.2.2. Programación de Actividades

La programación de actividades, es aquel proceso subsecuente a la planificación y que tiende a concretar las operaciones, definiendo dónde y cuándo se van a realizar. La programación es un proceso que se convierte en la materialización de la planificación, por tanto, es la herramienta ejecutora de la planificación. (Terrazas Pastor, 2011)

2.3.2.3. Documentación

2.3.2.3.1. Procedimiento

Un procedimiento es una forma específica para llevar a cabo una actividad o un proceso. Es decir, cuando un proceso cuenta con unos pasos establecidos y ordenados para obtener un resultado, se llama procedimiento. (ISO9001, 2015)

2.3.2.3.2. Manual de Procedimientos

Contiene información de la continuidad cronológica y secuencial de operaciones entrelazadas entre sí. Esto ayuda a la realización de cada función, tarea y actividad específicamente de la empresa. Se conocen también como Manuales de Normas y detalla las asignaciones de rutina por medio a los procedimientos en este indicado, siguiendo una secuencia lógica y organizadamente compuesto.

Tiene como objetivo final controlar y unificar cada rutina diaria en las labores y así evitar al máximo cualquier tipo de alteraciones arbitrarias. (Asanza Molina, Miranda Torres, Ortiz Zambrano, & Espín Martínez, 2016)

Ventajas de tener los procedimientos documentados:

- Estandarizar y uniformar el desempeño de las personas.
- Simplificar los procesos.
- Agilizar el funcionamiento de la Institución o Empresa, al evitar pérdidas innecesarias de tiempo.

- Perdurar en el tiempo. Al documentar procedimientos garantizamos su permanencia en el tiempo, evitando con ello que nuevos empleados por olvido, desconocimiento o mala intención dejen de hacer esa labor.

Contenido del Manual de Procedimientos:

- a) Identificación.
- b) Índice.
- c) Introducción.
- d) Objetivos de los procedimientos.
- e) Alcance de los procedimientos.
- f) Responsables.
- g) Políticas o normas de operación.
- h) Conceptos.
- i) Descripción de las operaciones.
- j) Formularios o impresos.
- k) Diagramas de flujo.
- l) Glosario de términos. (Ugalde Romero, 2005)

2.3.3. *Beneficios de un Plan de Mantenimiento*

La implementación de un plan de mantenimiento en la industria aporta múltiples beneficios operativos y económicos. En plantas de producción, un plan de mantenimiento preventivo puede aumentar hasta un 25% la productividad, reducir en un 30% los costos de mantenimiento y prolongar la vida útil de la maquinaria hasta en un 50%. Además, permite minimizar reprocesos, productos defectuosos y pérdidas económicas derivadas, mejorando la calidad y los indicadores de producción.

Otras investigaciones resaltan la reducción de paradas inesperadas y mejores condiciones de seguridad en los equipos con mantenimiento planificado. Estos beneficios destacan la importancia estratégica de un plan de mantenimiento para optimizar procesos y la eficiencia en el sector industrial. (Arroyo Vaca & Obando Quito, 2022)

2.4. Herramientas y Técnicas del Mantenimiento

2.4.1. *Codificación de Equipos*

Asignar una identificación numérica o alfanumérica, con el fin que haya una identificación precisa y unívoca de cada uno de ellos. La codificación de la maquinaria y equipo es un asunto propio de cada empresa, y existen diferentes métodos para ello, pasando por diferentes niveles de complejidad, sin embargo, existen unas directrices generales para este proceso:

- Deben permitir una identificación rápida del equipo.
- Deben ser cortos, sencillos y fáciles de desglosar.
- El costo de su implementación debe ser razonable (pintura, adhesivos, placas identificadoras de activo fijo, códigos de barras, etc.).
- La codificación usada debe guardar relación con otros sistemas de codificación de la empresa, particularmente con los códigos contables.

Una forma de realizar la codificación de maquinaria y equipos, es dividiendo una planta o empresa en áreas, secciones, máquinas/equipos, componentes y partes o elementos, teniendo presente el respectivo Layout de Planta.

Áreas de Planta: Son procesos en operación o zonas completamente definidas en la Planta.

Sección o grupo: Son conjuntos de máquinas/equipos que materializan un proceso dentro de un área específica.

Máquina/Equipo: Recurso físico que hace parte de una sección, tales como unidad compresora, sistema de bombeo, banda transportadora, torno, inyectora de plástico, etc.

Componente: Son partes de una máquina/equipo, que a su vez están formadas por elementos, pero que individualmente no pueden ser consideradas como un equipo.

Parte o elemento: cada una de las subdivisiones de un componente, por ejemplo: tornillería, sellos, rodamientos, etc. (Montilla Montaña, 2016)

2.4.2. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas son los documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en los trabajos de construcción de obras, prestación de servicios, elaboración de estudios, fabricación de equipos, suministro de bienes y en general, representan para el ente contratante, el que, como y cuando se requiere un bien, un servicio o unos bienes para la consecución de algún proyecto o algún trabajo dispuesto. (Linares León, 2020)

2.4.3. Área Crítica

En mantenimiento, una "área crítica" se refiere a un componente, sistema o proceso cuya falla podría generar un impacto significativo en la operación de una organización, como la producción, seguridad o rentabilidad. Identificar y gestionar estas áreas críticas es fundamental para planificar un mantenimiento efectivo y minimizar riesgos.

Para identificar un área crítica en mantenimiento, es fundamental realizar un análisis de criticidad que evalúe el impacto de una falla en un activo en la operación general de la organización. Este análisis debe considerar factores como la frecuencia de fallas, el impacto en la producción, el costo de reparación, el impacto en la seguridad y el medio ambiente.

2.4.4. Software de Gestión de Mantenimiento Fracttal

Fracttal es una plataforma integral, moderna, segura intuitiva, fácil de usar y 100% basada en la nube, pensada para ofrecer el control sobre todos los activos de una empresa, facilitando el trabajo y brindando una experiencia de usuario placentera, a cualquier hora y desde cualquier lugar. Con Fracttal, las empresas pueden planificar, organizar y ejecutar el mantenimiento de todo tipo de equipo, control de proveedores, gestión de recurso humano, administración de inventarios de piezas y repuestos, gastos de mantenimiento, gestión de presupuestos, emergencias y garantías. Todo esto con poderosos indicadores estadísticos y KPIs, en una interfaz web amigable y rápida.

Fracttal One es una innovadora solución para la gestión de activos que, integrando los beneficios de un software de gestión de mantenimiento CMMS y de gestión de activos empresariales EAM, con la movilidad de una APP y la inmediatez del Internet de las Cosas, ofrece el control de todos los activos de una empresa en un mismo sitio.

Fracttal es completamente compatible con la norma ISO 55000 y contiene las mejores prácticas para implementarse en empresas de cualquier tamaño y sector productivo. Esto incluye sectores dedicados a la manufactura, proveedores de servicios, minería, facilities, hospitales y clínicas, flotas o transporte, constructoras, city management y sector público, entre otros.

Ventajas del Software de Gestión de Mantenimiento Fracttal

- Está concebida para actualizar y dar correcto uso a la enorme cantidad de información que una empresa debe documentar y mantener siempre disponible.
- Fracttal sustituye el control manual humano y el margen de error que éste conlleva, por índices científicos y estadísticos precisos, que permiten llevar a cabo una buena gestión de activos, así como la toma de decisiones basadas en evidencias reales y objetivas.
- Elimina la necesidad de imprimir órdenes de trabajo en papel, ayuda a controlar insumos e inventarios, a gestionar personal, a gestionar actividades de trabajo planificadas y no planificadas, a llevar un registro detallado de consumos y a determinar exactamente la cantidad de inventario de piezas y repuestos necesarios para cumplir con las demandas de mantenimiento.
- Fracttal garantiza la continuidad operativa de los activos empresariales, anticipando fallas y paros antes de que ocurran, pues ayuda a gestionar, desde simples rutinas de inspección, mantenimiento periódico, ajustes, lubricación y cambio de piezas, hasta el monitoreo de condiciones en tiempo real que permite el Internet de las Cosas (IoT).

- El desperfecto de una pieza por falta de mantenimiento, puede ocasionar fallas que paralizan la producción por horas o incluso días, generando fuertes pérdidas; de allí, la importancia de contar con una solución para gestionar eficientemente las tareas de mantenimiento preventivo, evitando paros en la producción.
- Ayuda también a disminuir los riesgos de accidente en el terreno de trabajo, manteniendo o incluso elevando la calidad de producción y los estándares de calidad de productos y servicios.
- También ayuda a organizar la eficiencia de la fuerza de trabajo, y posibilita el manejo de estadísticas esenciales para incrementar los niveles de productividad. (Fractal Tech S.L, 2024)

2.4.5. Análisis de criticidad

Procedimiento mediante el cual cada modo de falla potencial es clasificado de acuerdo al impacto combinado de severidad y probabilidad de ocurrencia. (NB12017, 2020)

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados (generalmente) con: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo del mantenimiento y seguridad y medio ambiente.

Aspectos Importantes

- Descripción técnica de los sistemas de planta o producción:
 - Detalles de la planta y descripción del sistema.
 - Requerimientos para el desarrollo del estudio.
 - Descripciones de los equipos.
 - Condiciones de operación.
- Diagramas de flujo o dibujos técnicos que contengan datos del proceso, variables, productos, etc.:
 - Diagramas de instrumentos y procesos.
 - Diagramas de flujo.

- Información histórica confiable:
 - Ausentismo generado por el equipo o activo.
 - Accidentalidad causada por el equipo.
 - Tiempos de producción.
 - Tiempos de paradas.
 - Fallas por equipo.
- Registro contable acertado:
 - Costos mano de obra.
 - Costos proveedores.
 - Costo reparaciones.
 - Costos por activos. (Barrera, 2008)

2.4.6. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades. (Rincón S. & Villarreal Vásquez, 2015)

El principio de Pareto, conocido también como principio del 80-20, dicta la importancia de unos pocos problemas con mucha importancia frente a los muchos más problemas que se pueden observar, pero sin importancia alguna, es decir, el 20% de los problemas ocupan el 80% de las consecuencias.

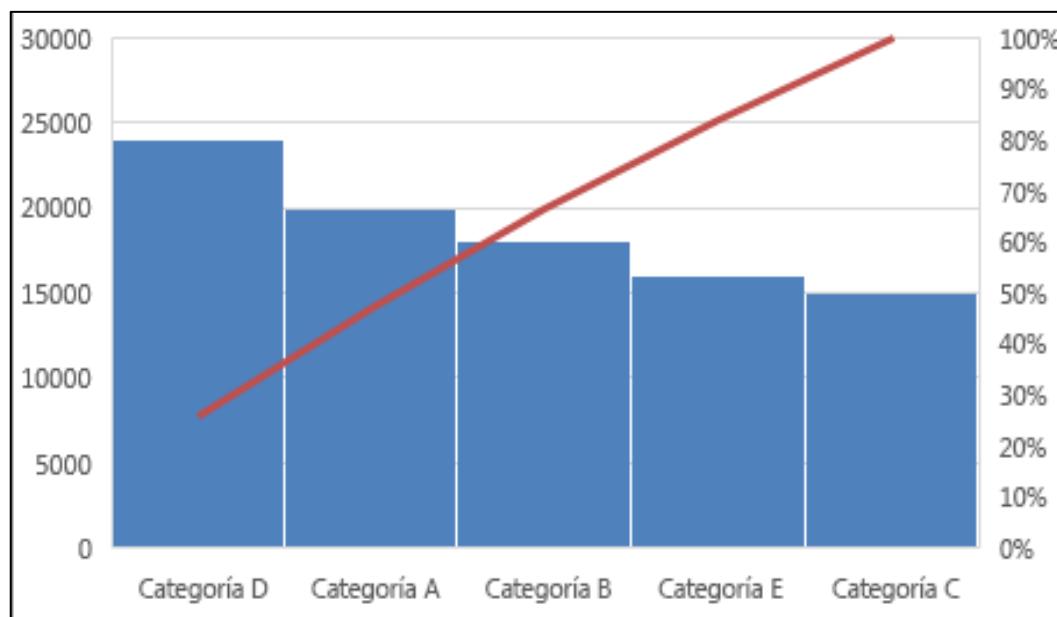
Este diagrama es básico y fácil de construir.

Consiste en un diagrama de barras sencillo en el cual, para construirlo, se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinar los problemas.
- Recolectar los datos o las causas de los problemas, y sus consecuencias e importancia.
- Ordenar de mayor a menor estos datos.

Estos serían los pasos básicos, donde solo con eso ya se podría priorizar que problemas son los que más afectan a la empresa. Además, si se añade el porcentaje acumulado de estos, se aprecia mejor la importancia y cuanto afectan estos. (Soler Gallach, Gisbert Soler, Pérez Molina, & Perez-Bernabeu, 2020)

Figura 2-2
Diagrama de Pareto



Fuente: (Microsoft, s.f.)

2.4.7. Análisis de Modo de Falla, Efectos y Criticidad (AMFEC)

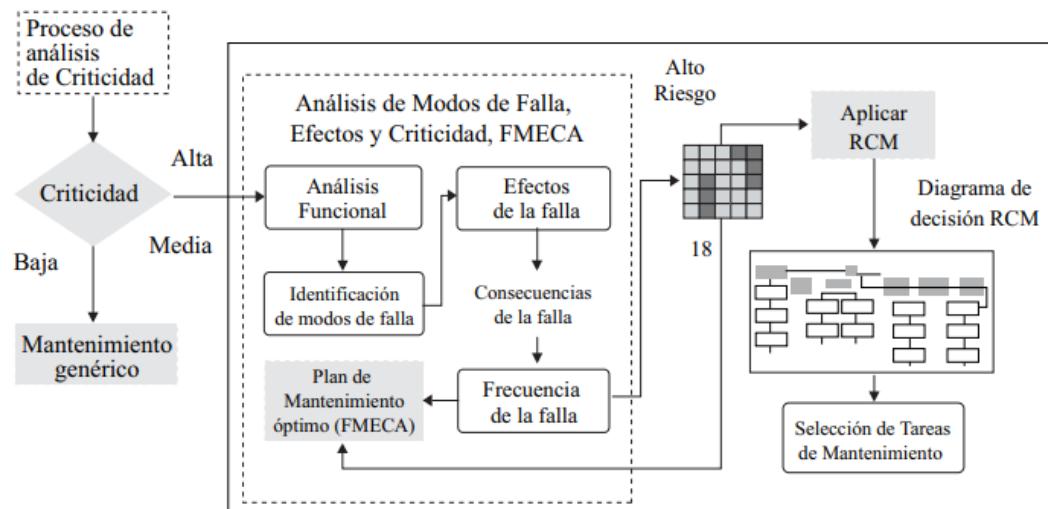
El Análisis de Modos de Falla y Efectos, AMFE (FMEA, por sus siglas en inglés), en combinación con una calificación o jerarquización del grado de criticidad del riesgo, es normalmente empleada para la planeación del mantenimiento centrado en confiabilidad, ya que nos permite lograr un entendimiento global del sistema, así como del funcionamiento y la forma en la que pueden presentarse las fallas de los equipos que componen este sistema.

Las acciones de recomendación derivadas de un FMECA o AMFEC quedan definidas como acciones o tareas de mantenimiento. Lo que permite diseñar una estrategia completa de mantenimiento aplicando criterios de riesgo para cada activo o

equipo considerado en la evaluación, para de esta forma poder evaluar el impacto del plan de mantenimiento en el riesgo de la instalación, así como también, asegurar que el plan de mantenimiento es aplicado en los equipos que representan un mayor riesgo para las personas, medio ambiente, producción e instalación. (Aguilar Otero, Torres Arcique, & Magaña Jiménez, 2010)

Figura 2-3

Proceso de Gestión del Mantenimiento aplicando el análisis de modos de falla y sus efectos y criticidad, AMFEC



Fuente: (Aguilar Otero, Torres Arcique, & Magaña Jiménez, 2010)

El FMECA o AMFEC consiste en las siguientes etapas:

- Definición de la intención de diseño.
- Análisis funcional.
- Identificación de modos de falla.
- Efectos de la falla.
- Criticidad o jerarquización del riesgo.
- Recomendaciones

2.4.8. Diagramas de Flujo

El método de diagrama de flujo ("diagrama de flujo de proceso") fue utilizado por primera vez por Frank Gilberth (1868-1924), lo presentó un representante de la

Administración Científica en 1921 en los Estados Unidos. El método se introdujo rápidamente en la ciencia de la ingeniería para la representación y análisis de los flujos de trabajo. (Martínez Hernández , y otros, 2014)

Un diagrama de flujo es una representación gráfica que desglosa un proceso en cualquier tipo de actividad a desarrollarse tanto en empresas industriales o de servicios y en sus departamentos, secciones u áreas de su estructura organizativa.

Son de gran importancia ya que ayudan a designar cualquier representación gráfica de un procedimiento o parte de este. En la actualidad los diagramas de flujo son considerados en la mayoría de las empresas como uno de los principales instrumentos en la realización de cualquier método o sistema.

Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución, es decir , viene a ser la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo.

Se pueden citar como ventajas que se pueden obtener con la utilización de los diagramas de flujo las siguientes:

- Ayudan a las personas que trabajan en el proceso a entender el mismo , con lo que facilitaran su incorporación a la organización e incluso, su colaboración en la búsqueda de mejoras del proceso y sus deficiencias.
- Al presentarse el proceso de una manera objetiva, se permite con mayor facilidad la identificación de forma clara de las mejoras a proponer.
- Permite que cada persona de la empresa se sitúe dentro del proceso, lo que conlleva a poder identificar perfectamente quien es su cliente y proveedor interno dentro del proceso y su cadena de relaciones, por lo que se mejora considerablemente la comunicación entre los departamentos y personas de la organización. (Manene, 2011)

Todo diagrama de flujo tiene un solo punto de inicio y un solo punto final.

Para representar un algoritmo se puede recurrir a un método gráfico, en el cual cada uno de los pasos a seguir está representado por un símbolo acorde al tipo de

instrucción que se debe ejecutar. Los símbolos se enlazan entre sí por medio de flechas que indican desde y hacia dónde va el flujo de la información, o sea, el orden lógico en que deben ejecutarse las instrucciones u actividades.

La técnica de diagramación, es una gran ayuda visual que permite evidenciar aquellas actividades que interrumpen o dificultan la efectividad de los procedimientos. (Ugalde Romero, 2005)

El lenguaje gráfico de los diagramas de flujo dispone de tres símbolos o iconos básicos con significado semántico preciso:

- Rectángulo o caja, representa una actividad, operación o tarea.
- Rombo, representa una condición, pregunta o decisión planteada siempre con solo dos alternativas o respuestas: “Si” o “No”.
- Línea con flecha, representa el sentido del flujo o secuencia de las actividades.

Existe una gran variedad de símbolos, además de los tres básicos. Es recomendable limitar el número de símbolos utilizados en los diagramas al mínimo imprescindible, en aras a la legibilidad y la comprensibilidad pro parte de los lectores / usuarios.

Los tres símbolos que se recomienda para ampliar la semántica de los diagrama de flujo son los tres siguientes:

- Rectángulo o caja con doble línea lateral, representa un proceso o actividad compleja, cuyo detalle se desarrolla (se especifica o detalla) en otro documento.
- Pseudo-Rectángulo o caja con lado inferior con doble curva, representa un documento, o una información, de entrada, o de salida, en cualquier soporte. Puede representar simplemente una información, sin especificación del soporte.

- Cilindro o tambor: sistema informático, base de datos o similar. Representa una entrada desde, o una salida hacia, un almacén de datos de un sistema de información o similar. (Ramonet Fernández, 2013)

Figura 2-4
Simbología Diagrama de Flujo

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		Actividad: Representa la actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión: Señala un punto en el flujo donde se produce una bifurcación del tipo "Sí" – "No".		Documento: Documento utilizado en el proceso.
	Multidocumento: Refiere un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente.		Inspección / Firma: Aplicado en aquellas acciones que requieren de supervisión.
	Conector de un Proceso: Conexión o enlace con otro proceso, en el que continúa el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subprocesso.		Archivo: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento o expediente.
	Base de Datos: Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de Flujo: Indica el sentido del flujo del proceso.

Fuente: (Simbología de diagrama de proceso, s.f.)

2.4.9. *Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs)*

Un KPI es principalmente una herramienta que permite estandarizar con argumentos cuantitativos, definiendo en qué estado se encuentra un determinado proceso, por lo tanto, las compañías como las personas deben conocer deben aplicar métodos para la medición del desempeño para su análisis y en caso de fallas corregir el sistema inmediatamente, aunque los KPI están íntimamente ligados a la estrategia, estos deben emplearse con un lenguaje coloquial que en momento de su aplicación encuentre los suficientes datos para su alimentación y cálculo. (Ríos Jacobo, 2019)

2.4.9.1. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado. (Pauro, 2007)

2.4.9.2. Tiempo Promedio Operativo

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. (Amendola, 2003)

2.4.9.3. Disponibilidad

Capacidad de estar en estado de ejecutar lo requerido. (ISO14224, 2006)

2.4.9.4. Tiempo Promedio Fuera de Servicio

Mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operabilidad una vez que la unidad queda fuera de servicio por una falla, dentro de un tiempo considerado para el estudio. Este es un indicador de Mantenibilidad, debería llevar tendencia a disminuir. (Naar, 2005)

2.4.9.5. Tiempo Promedio para Reparar

Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado. (Pauro, 2007)

2.4.9.6. Tiempo Promedio Fuera de Control

Indica el tiempo promedio durante el cual el equipo no está bajo control por operativo a fallas o problemas de mantenimiento.

Debe ser monitoreado para identificar oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento y operación.

2.4.9.7. Efectividad Total del Equipo (OEE - Efectividad global del equipo)

Es una medida del rendimiento global del equipo, que tiene en cuenta la disponibilidad, la eficiencia y la calidad del proceso.

Debe ser y monitoreado para las áreas que identificarán de mejora en la eficiencia operativa y el mantenimiento.

2.4.9.8. Costo de Mantenimiento Correctivo

Mide la proporción del costo del mantenimiento correctivo con relación al costo total del mantenimiento. (Naar, 2005)

2.4.9.9. Fiabilidad

La fiabilidad, medida como "media de los tiempos de buen funcionamiento" (que puede ser evaluada por kilómetros, horas de vuelo, piezas producidas, etc.) está íntimamente relacionada con la "media de tiempo para revisar o para reparar". (González Fernández, 2004)

2.5. Normas Aplicables al Mantenimiento

2.5.1. *Normativas Bolivianas de Mantenimiento*

2.5.1.1. Norma Boliviana NB 12017:2020

La Norma Boliviana NB 12017:2020 establece los requisitos para la implementación y gestión de un Sistema de Gestión de Mantenimiento de Activos (SGMA) en cualquier tipo de organización. Su objetivo principal es garantizar la confiabilidad, seguridad y disponibilidad de los activos de la organización a través de la planificación, ejecución y control de las actividades de mantenimiento.

2.6. Gestión de Inventarios

La gestión de inventarios es el proceso de planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades relacionadas con el almacenamiento y flujo de materiales y productos dentro de una organización. Su objetivo principal es optimizar el nivel de inventario para satisfacer la demanda de los clientes al menor costo posible,

minimizando los costos de almacenamiento, los costos de adquisición y los costos de ruptura de stock. (Jacobs & Chase, 2018)

2.6.1. Inventario

El inventario es el conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa para comerciar, permitiendo la compra y venta o la fabricación para su posterior venta, en un periodo económico determinado. Su propósito fundamental es proveer a la empresa de materiales necesarios para su continuo y regular desenvolvimiento. Tiene un papel primordial en el funcionamiento del proceso de producción que permite afrontar la demanda.

Los inventarios existen por múltiples razones, las cuales se justifican principalmente porque prevén la escasez, es preferible ahorrar productos que dinero efectivo por la rentabilidad que genera, permite obtener ganancias adicionales cuando hay alzas de precios, entre otros. A pesar de esto, trae como consecuencia una inmovilización de recursos financieros que podrían usarse mejor en otras actividades con mayor rentabilidad, es decir, podría optarse por mejor uso de los recursos financieros y optimizar así las utilidades. (Durán, 2012)

2.6.2. Repuestos

Las piezas de repuesto son aquellas piezas que se utilizan para reemplazar las piezas originales en las máquinas que ya han sido desgastadas o deterioradas debido al uso constante exigido por la producción. Es por ello que, las empresas cada vez más se han preocupado por tener en sus inventarios gran cantidad de piezas de repuesto, y también buscan definir políticas óptimas para los repuestos de equipos en las industrias, ya que se ha convertido en uno de los aspectos más importantes dentro de la gestión de mantenimiento. (Martínez Escobar & Osorio Gómez, 2018)

2.6.3. Inventario de Repuestos

Los inventarios de piezas de repuesto existen para servir a la necesidad de mantenimiento de elementos en la planta de operación. Los inventarios de piezas de repuesto no tienen una relación directa con el artículo dirigido al cliente, sino que se

relaciona con la máquina o el equipo para su elaboración, por lo tanto, el cliente no será su destino final. A pesar que los inventarios de piezas de repuesto difieren de los inventarios de producto en proceso y producto terminado, su variable de decisión es la misma, es decir el gerente de planta debe decidir la densidad óptima de población de piezas de repuesto, de manera que se minimicen los costos asociados a su mantenimiento y los del riesgo por no poseer dicho repuesto en inventario. Los costos relacionados con piezas de repuesto son del tipo de costo de penalidad por no tener los repuestos disponibles, el cual consiste por lo general en costos relacionados con el tiempo de inactividad prolongado para esperar los repuestos y los costos de emergencia incurridos para la adquisición de dichos repuestos. Al igual que mantener piezas de repuesto en cantidades excesivas conduce a grandes costos en los libros dados por los costos de mantener inventario. (Martínez Escobar & Osorio Gómez, 2018)

2.6.4. Importancia de la Gestión de Repuestos

El manejo de inventario de repuestos de bodegas de materiales ha pasado a ser uno de los indicadores de desempeño clave más importantes dentro de la gestión de mantenimiento en las últimas tres décadas, debido a que una adecuada administración de este puede significar grandes ahorros para la compañía.

Un manejo incorrecto de este, además de incrementar los costos de la gestión de mantenimiento por mantener repuestos innecesarios en la bodega de los cuales no se tiene certeza alguna de su utilización, puede traducirse en no garantizar el nivel de servicio requerido ocasionando desabastecimiento e incurriendo en costos de no producción.

La función principal de un sistema de administración de inventarios de repuestos es garantizar el nivel de servicio requerido para ejecutar de manera oportuna los programas de mantenimiento de la organización, utilizando de forma eficiente los recursos asignados para tal fin. (Gomez Marquez, 2008)

2.6.5. Métodos de Control de Inventarios

2.6.5.1. Clasificación ABC

Tradicionalmente la clasificación ABC es realizada en las empresas con el objetivo de definir e implementar una política de control de inventarios a todos los productos pertenecientes a una misma categoría. La clasificación de los productos en categorías se realiza de acuerdo a su importancia o relevancia por algún tipo de criterio, que normalmente es el consumo o utilización anual (para materias primas o repuestos) o la demanda o las ventas anuales (para productos terminados), utilizando para esto el bien conocido principio de Pareto. Sin embargo, en ocasiones es altamente recomendable y necesario hacer uso de criterios adicionales que permitan realizar una diferenciación más efectiva de las existencias. (Castro Zuluaga, Vélez Gallego, & Castro Urrego, 2011)

CAPITULO III

MARCO METODÓLOGICO

3.1. Enfoque de Investigación

Para la realización del presente proyecto, se considera los tipos de investigación descriptiva, aplicada y de campo como los más adecuados para abordar la problemática identificada.

La investigación descriptiva permitirá obtener una visión detallada y sistemática de la situación actual de la empresa en cuanto a mantenimiento. Por otro lado, la investigación aplicada se enfocará en la aplicación práctica de conocimientos teóricos para desarrollar e implementar un plan de mantenimiento específico para Delis. Finalmente, la investigación de campo será fundamental para recopilar datos directamente del entorno empresarial, permitiendo validar la efectividad del plan de mantenimiento propuesto.

3.1.1. Metodología de Investigación Descriptiva

Este enfoque se utilizará para obtener una visión detallada y sistemática de la situación actual de la empresa en cuanto a mantenimiento.

- Revisión de Documentación: Recopilar y analizar documentos internos, informes de mantenimiento, y registros de producción.
- Observación Directa: Realizar visitas a las áreas de producción y mantenimiento para observar el funcionamiento de la maquinaria y las prácticas actuales.
- Entrevistas Estructuradas: Realizar entrevistas con el personal involucrado en el mantenimiento y operación para identificar problemas y desafíos.
- Análisis de Datos: Organizar y analizar la información recolectada para identificar tendencias, patrones y áreas críticas.

3.1.2. Metodología de Investigación Aplicada

La investigación aplicada se centrará en la utilización de conocimientos teóricos en la práctica. Orientada a generar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que responda a las necesidades reales de la empresa.

- Definición de Objetivos Específicos: Establecer los objetivos del plan de mantenimiento en función de los hallazgos de la investigación descriptiva.
- Diseño del Plan de Mantenimiento: Elaborar un plan que incluya procedimientos preventivos y correctivos.
- Desarrollo de Procedimientos: Redactar procedimientos claros para las actividades de mantenimiento y capacitación del personal.

3.1.3. Metodología de Investigación de Campo

Este tipo de investigación será crucial para recopilar datos directamente del entorno empresarial.

Pasos a seguir:

- Selección de la Muestra: Definir a quiénes se entrevistará o encuestará, asegurando representatividad de diferentes áreas.
- Diseño de Instrumentos de Recolección: Crear cuestionarios y guías de entrevista que aborden temas clave relacionados con el mantenimiento.
- Recopilación de Datos: Realizar las entrevistas y encuestas, así como observaciones directas en el entorno de trabajo.
- Análisis de Resultados: Evaluar la información obtenida para identificar las percepciones del personal sobre el estado de la maquinaria y el mantenimiento.
- Validación de Hallazgos: Comparar los datos de campo con la información teórica para validar el plan de mantenimiento propuesto.

3.2. Métodos

El método seguido en la investigación se estructura en diferentes fases, orientadas a dar respuesta al objetivo central de diseñar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la maquinaria en la producción de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija. Mismos que estarán organizados según los apartados del plan de mantenimiento:

- ❖ Diagnóstico inicial: Comprende la revisión documental de registros de mantenimiento y producción, entrevistas al personal involucrado en la operación y observación directa en planta. Estas actividades permiten identificar las principales deficiencias del sistema actual y establecer la línea base del estudio.
- ❖ Diseño del plan de mantenimiento: Se aplican herramientas de ingeniería de mantenimiento como el Análisis Modal de Fallos, Efectos y Criticidad (AMFEC), el análisis de criticidad y el diagrama de Pareto, con el fin de jerarquizar fallos potenciales, establecer prioridades y definir actividades preventivas y correctivas específicas para los equipos críticos.
- ❖ Programación: Se elabora la programación de actividades mediante diagramas de Gantt, lo que permite visualizar la secuencia y frecuencia de las tareas. Además, se integra el uso del software Fracttal, con el objetivo de digitalizar y sistematizar la planificación de mantenimiento.
- ❖ Gestión de recursos: Incluye la identificación y control de repuestos críticos, la definición de roles y responsabilidades dentro de la estructura organizacional de la empresa, así como la capacitación del personal operativo en actividades básicas de mantenimiento.
- ❖ Evaluación: Se establecen indicadores clave de gestión de mantenimiento, tales como MTTR (Tiempo Medio de Reparación), MTBF (Tiempo Medio entre Fallas), disponibilidad operacional y OEE (Eficiencia Global de los Equipos), los cuales permitirán medir la efectividad del plan y garantizar un proceso de mejora continua.

3.3. Técnicas de Análisis

Para el desarrollo de la investigación se emplearán diversas técnicas de análisis, orientadas a la evaluación sistemática de los equipos y la definición del plan de mantenimiento:

- Análisis de Criticidad (cualitativo y cuantitativo): Se aplicará en dos niveles.

En primer lugar, el análisis cualitativo permitirá jerarquizar los equipos de la línea de producción de linaza según su impacto en la seguridad, la producción y la calidad.

Posteriormente, el análisis cuantitativo permitirá ponderar criterios como frecuencia de fallas, tiempo de reparación y costos asociados, identificando los equipos más relevantes (molino, pasteurizador, tanques de cocimiento y envasadora).

- Análisis Modal de Fallos, Efectos y Criticidad (AMFEC): Permitirá identificar los modos de falla potenciales de los equipos críticos, analizar sus efectos en el proceso productivo y calcular el Número de Prioridad de Riesgo (RPN) para priorizar acciones de mantenimiento.
- Diagrama de Pareto: Se empleará para visualizar y priorizar los fallos más recurrentes e impactantes, de manera que se concentren los esfuerzos en aquellos que generan el mayor porcentaje de problemas en la operación.
- Indicadores de gestión (KPIs): Se utilizarán indicadores como el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF), el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), la disponibilidad operacional y los costos de mantenimiento, con el fin de medir la situación inicial y posteriormente evaluar la efectividad del plan propuesto.

3.4. Instrumentos

Para la recolección, organización y análisis de la información se utilizarán los siguientes instrumentos:

- ❖ Guías de entrevista y cuestionarios: Se aplicarán a operadores y encargados de producción, con el propósito de obtener información cualitativa respecto a la frecuencia de fallas, procedimientos actuales y limitaciones del sistema de mantenimiento.

- ❖ Registros históricos de fallas y mantenimientos: Constituirán la fuente principal de datos cuantitativos, permitiendo calcular indicadores como frecuencia de fallas, tiempos de reparación (MTTR) y tiempos medios entre fallas (MTBF).
- ❖ Diagramas de Gantt: Herramienta visual para representar la programación de las actividades de mantenimiento, facilitando la distribución temporal y la asignación de recursos.
- ❖ Software Fracttal: Se empleará como plataforma digital para la gestión integral del plan de mantenimiento, centralizando la programación, el control de repuestos y el seguimiento de indicadores.
- ❖ Listas de verificación y manuales de procedimientos: Servirán de soporte operativo para la ejecución de tareas preventivas y correctivas, garantizando estandarización y cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

3.5. Población

La población de estudio está conformada por la totalidad de la maquinaria y equipos que intervienen en el proceso de producción de linaza blanca en la empresa Delicious. Estos activos constituyen el universo sobre el cual se evaluará el sistema de mantenimiento, ya que representan los recursos físicos esenciales para garantizar la continuidad operativa.

3.6. Muestreo

La muestra se seleccionará a partir de la aplicación de un análisis de criticidad, el cual permitirá determinar qué equipos presentan mayor impacto en la disponibilidad, la eficiencia de la producción y la calidad del producto final. Dichos equipos serán considerados como críticos y, en consecuencia, se incluirán en el diseño detallado del plan de mantenimiento.

Esta estrategia de muestreo responde al alcance del proyecto, que se centra exclusivamente en la maquinaria involucrada en la línea de producción de linaza

blanca. No se incluirán equipos de otras líneas de producción, instalaciones auxiliares ni sistemas ajenos a esta línea, ya que el objetivo es garantizar un diseño específico, eficiente y aplicable a los activos que influyen directamente en la confiabilidad del proceso productivo.

3.7. Recolección de la Información

3.7.1. Fuentes Primarias

Las fuentes primarias incluirán datos obtenidos directamente de la empresa a través de diversos métodos de recolección, tales como entrevistas con el personal de mantenimiento y operativos, observaciones directas de las operaciones de producción y análisis de los registros históricos de mantenimiento. Además, se realizarán encuestas para evaluar la percepción del personal sobre el estado actual de la maquinaria, las fallas recurrentes y la efectividad de las prácticas de mantenimiento.

Se utilizarán también herramientas específicas del enfoque RCM, como el análisis de modos de falla (AMFEC) y el análisis de criticidad, para obtener información detallada sobre los posibles fallos y sus impactos en la operación. Esta información será crucial para identificar los equipos más críticos y sus modos de falla, así como para entender la fiabilidad de la maquinaria y las áreas de mejora en las prácticas de mantenimiento.

3.7.2. Fuentes Secundarias

Las fuentes secundarias que se utilizarán en esta investigación incluirán libros, artículos científicos y documentos técnicos que aporten información teórica y contextual sobre la gestión del mantenimiento. Estos recursos no solo fundamentarán las decisiones en el diseño del plan de mantenimiento, sino que también permitirán establecer comparaciones con las mejores prácticas de la industria. Adicionalmente, se consultarán normativas y estándares relacionados con el mantenimiento industrial que sean relevantes para la implementación del proyecto.

En este contexto, se considera especialmente la Norma Boliviana de Mantenimiento NB12017, que establece directrices y estándares para la gestión

efectiva de la maquinaria y equipos en el país. Esta norma será una referencia clave para asegurar que las prácticas de mantenimiento propuestas en el plan sean coherentes con las regulaciones locales y se alineen con las mejores prácticas del sector. De esta manera, se garantizará un enfoque integral y normado en el desarrollo del plan de mantenimiento específico para la empresa Delicious.

3.8. Tratamiento de Datos

Los datos recolectados a través de observación, entrevistas, registros históricos y análisis documental serán procesados con un enfoque sistemático orientado al diseño del plan de mantenimiento. El tratamiento se llevará a cabo en las siguientes etapas:

1. Categorización y depuración de la información: Se organizarán las fallas registradas, clasificándolas por equipo, tipo de fallo y frecuencia. A partir de esta categorización se identificarán tendencias y patrones de comportamiento de los activos.
2. Cálculo de indicadores de confiabilidad: Con base en la información depurada, se calcularán indicadores como el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y el Tiempo Medio para Reparar (MTTR), que permitirán evaluar la disponibilidad y desempeño de la maquinaria.
3. Análisis de criticidad y priorización: Mediante la aplicación de herramientas como el análisis de criticidad (cuantitativo y cualitativo), el AMFEC y el diagrama de Pareto, se establecerán los equipos y modos de falla que requieren mayor atención.
4. Diseño del plan y programa de mantenimiento: Los resultados del análisis se utilizarán para estructurar los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo. La programación de actividades se elaborará a partir de la frecuencia de fallas, recomendaciones de los fabricantes y condiciones de operación. Se emplearán herramientas como diagramas de Gantt y el software Fracttal, con el fin de digitalizar y gestionar la planificación.

5. Definición de recursos y responsabilidades: Se integrarán los hallazgos al dimensionamiento de repuestos, a la capacitación del personal y a la asignación de roles, asegurando la viabilidad operativa del plan.
6. Evaluación y mejora continua: El plan será validado mediante indicadores de gestión (MTBF, MTTR, disponibilidad, OEE, costos de mantenimiento). La retroalimentación derivada de su implementación permitirá realizar ajustes periódicos, estableciendo un ciclo de mejora continua.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Identificación de la Empresa

4.1.1. Estructura Organizacional

4.1.1.1. Datos Comerciales

a) Nombre jurídico de la empresa /nombre comercial

Nombre jurídico: “DELICIOUS”

Nombre comercial: “DELIS”

b) Logo de la Empresa

Figura 4-1

Logo de la empresa “Delicious”



Fuente: Empresa Delicious

c) Datos Impositivos (SIN, referente al NIT y al régimen comercial al que pertenecen)

NIT: 2473718011

Régimen: General

d) Tipo de Organización

Empresa Unipersonal Tarijeña

e) Fundempresa

Matrícula: 2373718011

f) Correo

delicious.tja.bo@gmail.com

g) Teléfono

+591 68706328

h) Dirección o Ubicación

La empresa “Delis” se encuentra ubicada en el Barrio Petrolero, Avenida San Luis, Calle 10 de noviembre, en el municipio de Cercado, Tarija.

Figura 4-2

Ubicación Geográfica de la empresa “Delicious”



Fuente: Google Maps

i) Productos o servicios que brinda

“Delis” elabora y comercializa jugos tradicionales como ser linaza blanca, linaza roja, linaza sin azúcar, aloja de cebada, soya, y también agua de mesa purificada y ozonizada, mismos que tienen diferentes presentaciones y tamaños, los cuales varían desde los 600 ml y 2 litros en lo que respecta a los jugos, y desde 1 litro y 20 litros referido al agua de mesa. Su producto estrella es la linaza blanca en una presentación de 2 litros.

Cuadro IV-1

Descripción de Productos que brinda la empresa “Delis”

Producto	Imagen	Descripción	Presentaciones
D'Linaza		Bebida refrescante de linaza natural.	2 litros, 1 litro, 600 ml y sachet de 240 ml.
D'Linaza roja		Bebida refrescante de linaza roja natural.	2 litros, y 600 ml.
LinaZero		Bebida refrescante de linaza cero azúcar.	2 litros.
D'Pelón		Refresco de pelón natural.	2 litros, y 600 ml.
Alojerita		Aloja de cebada natural.	2 litros.
VidaSoy		Refresco de Soya.	600 ml.

Delfi		Agua de mesa purificada y ozonizada.	1 litro, 5 litros, 12 litros, y 20 litros.
-------	---	--------------------------------------	--

Fuente: Empresa Delicious

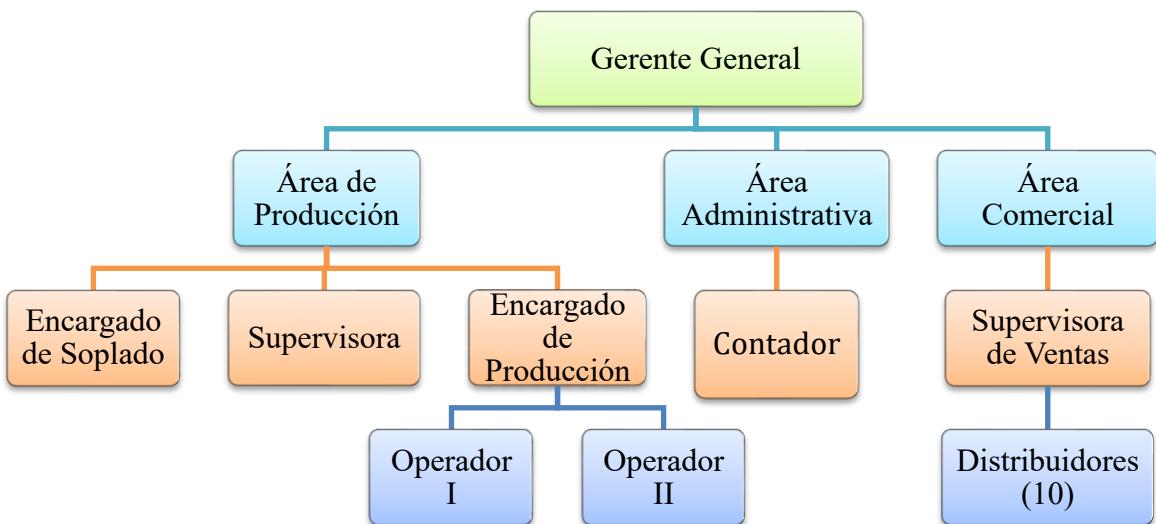
Elaboración: Propia

4.1.1.2. Estructura Organizacional

La estructura organizacional que presenta la empresa “Delis” es una estructura lineo funcional, la cual es una combinación de las estructuras lineal y funcional, esto debido a que la toma de decisiones se concentra en el gerente general y luego se dividen en áreas donde se tienen encargados en cada una de las mismas.

Figura 4-3

Organigrama de la empresa “Delicious”



Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cada trabajador en la empresa “Delis” desempeña diferentes funciones según su puesto de trabajo, dichas funciones serán descritas en el cuadro siguiente:

Cuadro IV-2*Funciones desempeñadas en los puestos de trabajo de la empresa “Delis”*

Puesto	Funciones Desempeñadas
Gerente General	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación estratégica. • Garantiza el cumplimiento de funciones. • Contratación de personal.
Supervisora de Ventas	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación y organización. • Compra de materia prima e insumos. • Inventario de materia prima, insumos y productos.
Distribuidores	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución a los puntos de venta. • Gestión de relaciones con los clientes
Contador	<ul style="list-style-type: none"> • Registro y seguimiento de transacciones financieras. • Presupuesto y planificación financiera.
Encargado de Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución de tareas. • Operación de maquinaria. • Etiquetado y sellado.
Operador I	<ul style="list-style-type: none"> • Operación de maquinaria. • Mantenimiento básico. • Etiquetado y sellado.
Operador II	<ul style="list-style-type: none"> • Operación de maquinaria. • Mantenimiento básico. • Etiquetado y sellado.
Supervisora	<ul style="list-style-type: none"> • Garantiza el cumplimiento de BPM. • Supervisa la limpieza. • Control de procesos.
Encargado de Soplado	<ul style="list-style-type: none"> • Soplado de botellas PET. • Organización de botellas en almacén.

Fuente: Empresa Delicious**Elaboración:** Propia

4.2. Descripción Detallada del Proceso Productivo

- Recepción de Materia Prima y Pesado

Se reciben las materias primas esenciales para la producción de la linaza blanca, incluyendo semilla de linaza, azúcar, canela, ácido cítrico y otros insumos necesarios. Cada uno de estos ingredientes es cuidadosamente pesado utilizando balanzas calibradas para garantizar que las proporciones sean exactas según la receta establecida. Este paso es crucial para asegurar la consistencia y calidad del producto final.

- Molienda

Las semillas de linaza se trasladan a los molinos específicos para su procesamiento. Durante la molienda, las semillas se trituran hasta obtener una harina de linaza con la granulometría deseada. Se realizan inspecciones visuales y pruebas de calidad para verificar que el tamaño de las partículas cumple con los estándares requeridos, lo que es fundamental para la eficiencia en las etapas posteriores del proceso.

- Cocimiento

La harina de linaza se transfiere a los tanques de cocimiento. Aquí, se mezcla con agua previamente tratada y ácido cítrico. El agua utilizada ha pasado por procesos de purificación y diversas pruebas para asegurar su calidad y potabilidad. La mezcla se calienta a temperaturas específicas y se mantiene durante un tiempo determinado, lo que permite extraer las propiedades nutritivas y gelificantes de la linaza. El control de temperatura y tiempo es esencial para garantizar la seguridad y calidad del producto.

- Reposo

Después del cocimiento, la mezcla se vierte en recipientes o tanques de reposo. Durante este período, se permite que la mezcla se estabilice y que las partículas sólidas más pesadas se asienten. El reposo es fundamental para mejorar la claridad y textura del producto, facilitando su posterior filtración.

- Agregado de azúcar

Una vez que la mezcla ha reposado el tiempo necesario, se añade el azúcar. El azúcar se incorpora lentamente mientras se agita la mezcla para asegurar su disolución completa y una distribución homogénea. Este paso ajusta el dulzor del producto según la formulación deseada.

- Zarandeado

La mezcla azucarada se transfiere a la zaranda vibratoria. Este equipo se encarga de separar la pulpa y otras partículas sólidas residuales de la linaza, permitiendo obtener un líquido más claro y uniforme. La vibración facilita el paso del líquido a través de las mallas, mientras que las partículas sólidas quedan retenidas.

- Dosificación y Agregado de insumos

El líquido filtrado se dirige a los tanques de almacenamiento. En esta etapa, se dosifican ingredientes adicionales como la canela y los conservantes. La canela, que ha sido previamente hervida para extraer sus esencias y garantizar su inocuidad, se añade al tanque. Los conservantes se incorporan siguiendo estrictamente las normas sanitarias y en las concentraciones adecuadas para prolongar la vida útil del producto sin comprometer su calidad ni sabor.

- Pasteurización

La mezcla se somete al proceso de pasteurización. Este proceso implica calentar el producto a una temperatura específica durante un tiempo determinado para eliminar microorganismos patógenos y reducir la carga microbiana total. La pasteurización es esencial para asegurar la seguridad alimentaria del jugo y extender su vida útil. Se utilizan intercambiadores de calor y controles de temperatura para mantener condiciones precisas durante este proceso.

- Envasado

Después de la pasteurización, el jugo se dirige al tanque de envasado. Se realiza el llenado de botellas PET de 2 litros, que han sido previamente sopladas, limpiadas y etiquetadas. El envasado se lleva a cabo en condiciones higiénicas controladas para

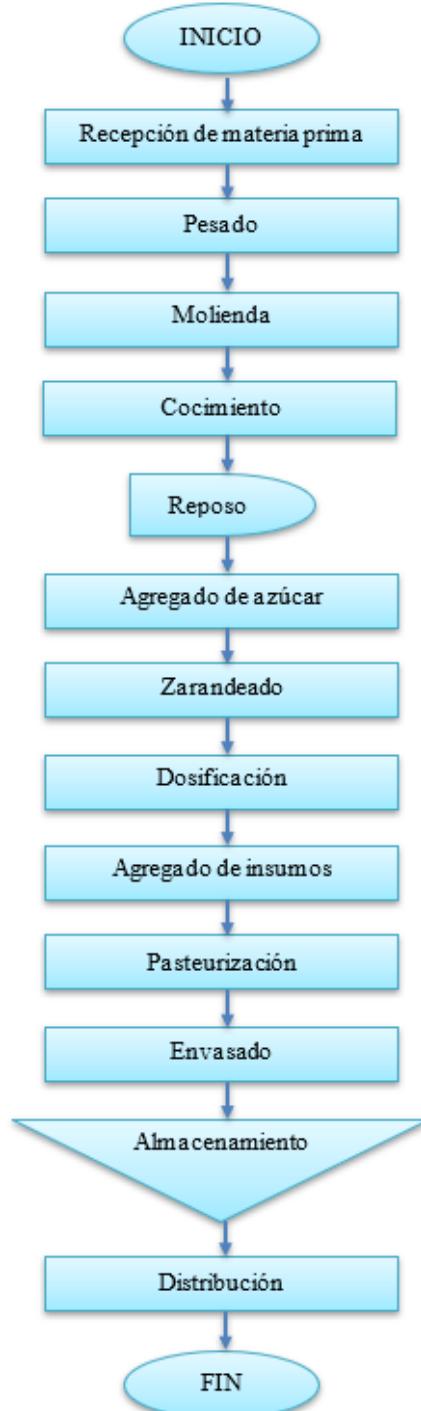
evitar cualquier tipo de contaminación. Se utilizan sistemas semiautomáticos que garantizan el llenado preciso y sellado adecuado de las botellas.

- Almacenamiento

Una vez que las botellas han sido envasadas, se almacenan en cámaras de frío que mantienen una temperatura controlada. El objetivo de esta etapa es conservar la frescura del producto y preservar su calidad hasta su distribución. Las cámaras de frío juegan un rol esencial en la cadena de conservación del jugo de linaza, ya que ayudan a ralentizar el crecimiento de microorganismos que podrían afectar la vida útil del producto. El monitoreo constante de la temperatura asegura que el producto se mantenga en condiciones óptimas.

- Distribución

Finalmente, el producto envasado y almacenado en cámaras de frío está listo para ser distribuido a los puntos de venta. Este proceso involucra la organización de lotes de acuerdo con los pedidos y las rutas de entrega.

Figura 4-4*Flujograma del proceso de producción de la linaza blanca***Fuente:** Empresa Delicious**Elaboración:** Propia

4.3. Inventario de Activos

4.3.1. *Inventario General de Activos*

La empresa “Delis” cuenta con diferentes maquinarias y equipos para su producción, algunos de ellos utilizados específicamente para producir un producto, otros para más de un producto y algunos que se encuentran en desuso, el siguiente cuadro muestra y describe la maquinaria y equipos utilizados en el proceso de producción de la linaza blanca.

Cuadro IV-3

Inventario General de Activos

Maquinaria y/o Equipo	Función Principal	Imagen	Cantidad	Estado General
Balanza	Medir y pesar la materia prima		1	Operativo
Molino para granos	Moler la linaza		1	Operativo
Tanques de cocimiento	Cocer la linaza con agua y otros insumos		4	Operativo (4)

Zaranda	Separar la pulpa de linaza del líquido		1	Operativo
Tanques de almacenamiento	Almacenar la linaza procesada antes el envasado		2	Operativo
Pasteurizador	Pasteurizar el producto para asegurar su calidad		1	Operativo
Envasadora	Llenar las botellas con el producto final		1	Operativo
Cámaras de frío	Conservar el producto embotellado a bajas temperaturas		2	Operativo

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

4.3.2. Clasificación Detallada de Activos por Niveles

Para comprender de manera integral el inventario de los activos y su estructura dentro del proceso de producción de linaza en la empresa Delicious Tarija, es esencial realizar una clasificación detallada que permita visualizar cada equipo desde un enfoque jerárquico. Esta clasificación facilitará la identificación de cada activo y sus componentes clave, mejorando la gestión de mantenimiento al permitir una localización y diagnóstico más eficientes de cada sistema y sus elementos.

El modelo de clasificación por niveles utilizado en este proyecto organiza los activos desde el nivel más amplio, como es la planta de producción, hasta los componentes individuales que integran cada maquinaria o equipo. Esta estructura abarca desde áreas, sistemas y elementos, hasta los componentes específicos que requieren especial atención en el plan de mantenimiento, permitiendo optimizar los recursos y priorizar la intervención en los elementos críticos de cada equipo.

Cuadro IV-4*Clasificación Detallada de Activos por Niveles*

Planta	Área	Maquinaria	Sistemas	Elementos	Componentes
Plantade Producción Delicious	Área de Pesado	Balanza	Sistema de Pesaje	Plataforma de pesaje	Estructura metálica, superficie antideslizante
				Celdas de carga	Sensores, cableado de señal
			Sistema Electrónico	Módulo de pesaje	Tarjeta electrónica, convertidor A/D
				Pantalla digital	Pantalla LCD/LED, botones
			Sistema de Soporte	Base y soporte estructural	Tornillos de fijación, patas niveladoras
	Área de Molienda	Molino para Granos	Sistema de Corte y Molienda	3	-
				24 martillos de impacto	-
				Zarandas	Mallas: 0.8, 3, 5 y 12 mm
			Sistema de Transmisión	Motor eléctrico	10–12.5 HP, 2950 rpm
				Eje de transmisión	Eje principal con poleas
			Sistema de Alimentación	Tolva de entrada	Tolva metálica inclinada
			Sistema de Descarga	Boca de descarga	Canal de salida con guía

Área de Cocimiento	Tanques de Cocimiento	Sistema Estructural	Soporte metálico	Base reforzada, patas anti vibratorias
		Sistema de Protección	Pintura anticorrosiva	Polvo poliéster horneado
			Cubierta de seguridad	-
		Sistema de Calentamiento	Doble camisa	Cámara externa por donde circula vapor
			Válvula de ingreso de vapor	Válvula automática de entrada
			Aislación térmica	Capa de aislamiento entre paredes
		Sistema de Mezclado	Agitador mecánico	Eje central con paletas mezcladoras
			Motor del agitador	Motorreductor acoplado al eje
		Sistema de Control de Temperatura	Termómetro	Sensor de temperatura
			Válvula de escape	Para liberar presión o condensado
		Sistema Estructural	Cuerpo del tanque	Acero inoxidable, grado alimenticio
			Soporte y patas	Estructura de fijación al suelo
		Sistema de Seguridad y Limpieza	Boca de inspección	Tapa superior con cierre
			Válvula de drenaje	Para vaciado de producto o limpieza

Área de Separación	Zaranda Vibratoria	Sistema de Filtrado	Tamiz superior	Malla o chapa perforada para retención de partículas grandes
			Tamiz inferior	Malla o chapa perforada para partículas finas
		Sistema de Vibración	Motores vibradores	2 moto vibradores de efecto regulable
			Estructura de soporte	Bastidor que sostiene los tamices
		Sistema de Autolimpieza de Tamices	Esferas de goma	Golpean el tamiz inferior para evitar obstrucciones
		Sistema de Transporte de Líquido	Bomba Europe Standard	Bomba que impulsa el líquido a la zaranda
		Sistema Estructural	Cubierta protectora	Carcasa metálica y cubierta de seguridad
			Pies y base de fijación	Patas anti vibratorias o con amortiguadores
Área de Almacenado	Tanques de Almacenado	Sistema Estructural	Cuerpo del tanque	Recipiente cilíndrico de acero inoxidable
			Fondo	Fondo cónico o plano para facilitar vaciado

			Tapa o cubierta	Tapa superior
Sistema de Entrada y Salida			Tubería de entrada	Conexión para ingreso de producto
			Tubería de salida	Conexión para vaciado o transferencia al siguiente proceso
Sistema de Control de Nivel		Visor de nivel o boyas	Elemento para monitoreo del volumen	
Sistema de Seguridad		Válvula de alivio de presión	Evita sobrepresión en caso de gasificación interna	
Sistema de Apoyo o Base		Pies o soporte estructural	Patas fijas al piso o bastidor metálico	
Sistema de Limpieza		Acceso manual	Entrada para limpieza interna	
Área de Pasteurización	Pasteurizador	Sistema de Intercambio de Calor	Intercambiador de calor de placas	Modelo M6-M BaseLine con placas desmontables y juntas
			Placas de transferencia térmica	Acero inoxidable, ensambladas en bastidor
			Juntas	Sellos de elastómero (resistentes a temperatura y productos de limpieza)
		Sistema de Control de Flujo	Bombas de impulsión	Regulan la velocidad del flujo del producto

			Válvulas de control	Válvulas sanitarias de paso o mezcla
		Sistema de Calentamiento	Entrada de agua caliente o vapor	Flujo externo que eleva la temperatura del producto
		Sistema de Control de Temperatura	Sensores y termómetros	Para monitoreo de temperatura en tiempo real
		Sistema de Seguridad e Higiene	Panel de control	Interfaz para ajuste de parámetros y alarmas de seguridad
			Boquillas de limpieza CIP	Permiten limpieza interna automática sin desmontar componentes
		Sistema Estructural	Bastidor de sujeción	Estructura metálica que sostiene las placas y permite apertura para mantenimiento
Área de Envasado	Envasadora lineal (8 picos)	Sistema de Dosificación y Llenado	Boquillas dosificadoras	8 picos o válvulas de llenado
			Tolva de alimentación	Contenedor superior para producto líquido
			Bomba dosificadora	Controla el volumen de llenado

Área de Refrigeración	Cámaras de Frío	Sistema de Transporte de Envases	Banda transportadora	Traslada botellas a lo largo de la línea
			Plato acumulador de entrada/salida	Ordena envases antes y después del llenado
			Sistema de Posicionamiento	Orientador de envases
			Sistema de Control de Nivel	Sensores de nivel
			Sistema de Control y Supervisión	Panel de control
		Sistema de Refrigeración	Estructura General	Chasis o bastidor de acero inoxidable
			Unidad condensadora	Compresor, ventiladores, condensador
		Sistema de Control de Temperatura	Unidad evaporadora	Serpentín evaporador, ventiladores internos
			Termostato	Sensor de temperatura, controlador
		Sistema de Aislamiento Térmico	Paneles aislantes	Paneles tipo sándwich con poliuretano expandido
			Puerta aislante	Puerta de acceso con sellado hermético
		Sistema Eléctrico	Tablero de control	Protección térmica, contactores, relés, fusibles

		Sistema de Iluminación Interna	Luminaria led	Instalación interna segura y de bajo consumo
		Sistema de Seguridad	Alarma de temperatura	Alarma visual por variaciones extremas de temperatura
			Desagüe	Sistema de drenaje para condensación

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

4.3.3. Descripción de las Áreas de la Maquinaria

La organización y disposición de los equipos en la planta son esenciales para mejorar la eficiencia operativa y facilitar el mantenimiento. En ese sentido, y para que la codificación de la maquinaria sea menos compleja, se asignaron áreas específicas para las máquinas utilizadas en la producción de linaza. Esta clasificación no solo permite identificar rápidamente cada equipo, sino que también mejora la coordinación de las actividades dentro de la planta, lo que contribuye a un flujo de trabajo más eficiente. A continuación, se presentan las áreas clave que se han definido:

- Área A: Molienda

En esta área se encuentra el molino para granos, encargado de triturar los insumos necesarios para la producción.

- Área B: Pesado y Procesamiento Inicial

En esta sección se encuentran la balanza, la zaranda y los tanques de cocimiento. Esta agrupación permite optimizar los procesos de pesado y clasificación de los materiales antes de su cocción.

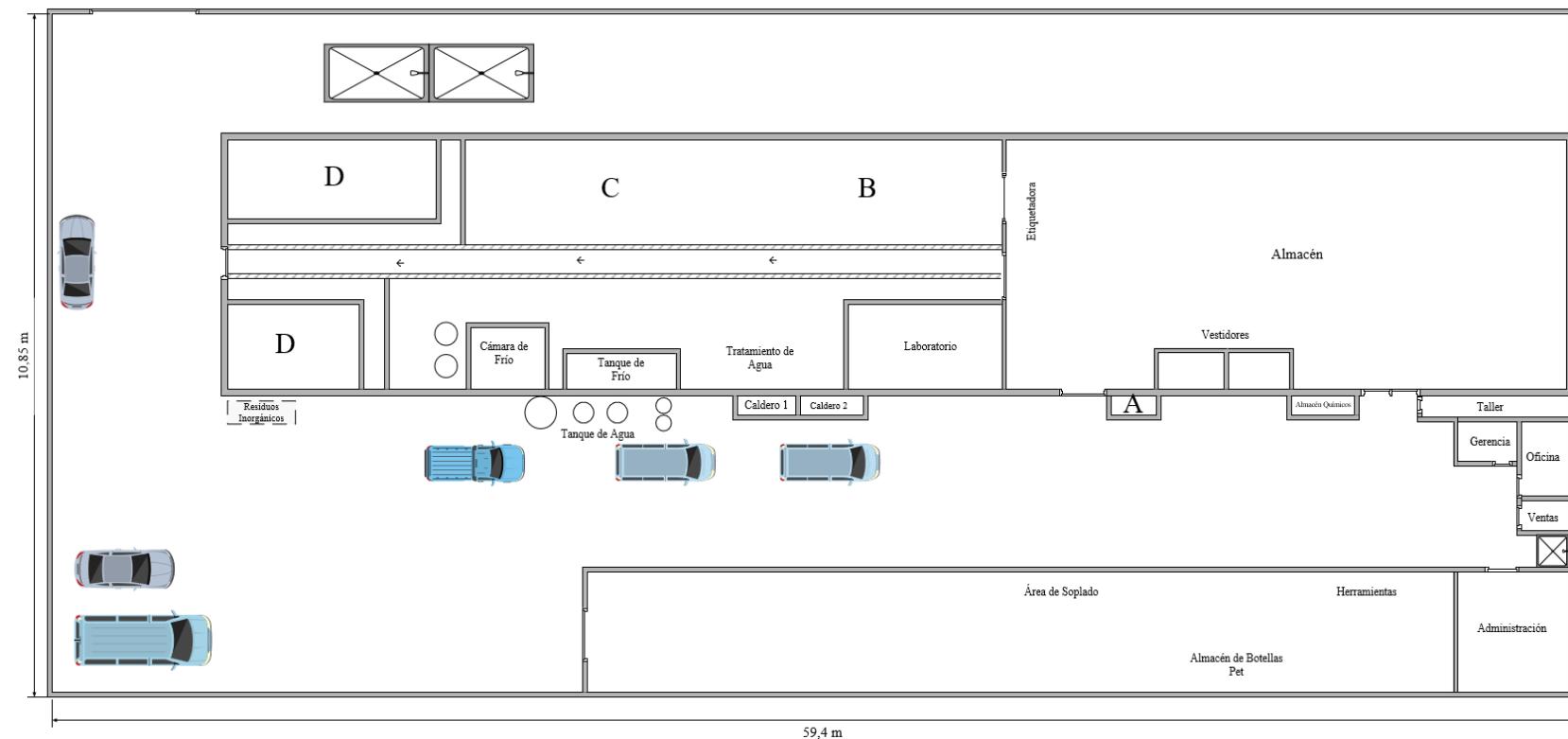
- Área C: Almacenamiento y Envasado

Aquí se localizan los tanques de almacenamiento, los pasteurizadores y la envasadora. Esta disposición facilita la gestión del almacenamiento de productos intermedios y finales, así como su envasado.

- Área D: Refrigeración

Esta área alberga las cámaras de frío, que son cruciales para la conservación de los productos terminados, asegurando el almacenamiento adecuado de estos productos que requieren temperaturas controladas.

La identificación clara de estas áreas no solo proporciona una visión estructurada de la disposición de la maquinaria, sino que también es esencial para el desarrollo de un sistema de codificación efectivo. Esto mejorará la gestión del mantenimiento y garantizará un enfoque integral en las operaciones de la planta, contribuyendo a la eficiencia y eficacia en la producción.

Figura 4-5*Áreas de Maquinaria de Producción de Linaza Blanca*

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

4.3.4. Codificación de la Maquinaria

La codificación de la maquinaria es esencial para la gestión eficiente de los equipos en la planta de producción de linaza. Para facilitar la identificación y localización de cada equipo, se ha implementado un sistema de codificación estructurado que sigue el formato PLANTA-ÁREA-TIPO-EQUIPO. Esta tabla detalla los códigos asignados a cada equipo en sus respectivas áreas:

Cuadro IV-5

Codificación de la Maquinaria

Código	Descripción de la Maquinaria	Área
DL-A-MOL-001	Molino de granos	A (Molienda)
DL-B-PES-001	Balanza de pesado	B (Pesado y Procesamiento Inicial)
DL-B-ZAR-001	Zaranda	B (Pesado y Procesamiento Inicial)
DL-B-COC-001	Tanque de cocimiento	B (Pesado y Procesamiento Inicial)
DL-C-ALM-001	Tanque de almacenamiento	C (Almacenamiento y Envasado)
DL-C-PAS-001	Pasteurizador	C (Almacenamiento y Envasado)
DL-C-ENV-001	Envasadora	C (Almacenamiento y Envasado)
DL-D-FRI-001	Cámara de frío	D (Refrigeración)

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

En este sistema, cada código comienza con las letras que representan la planta (DL), seguido de la letra del área (A, B, C, D), el tipo de equipo (MOL, PES, ZAR, COC, ALM, PAS, ENV, FRI) y un número secuencial que identifica de manera única a cada equipo dentro de su categoría. Por ejemplo, el código DL-B-PES-001 se refiere a la primera balanza de pesado en el área B, mientras que DL-C-ENV-001 representa la primera envasadora en el área C.

Esta codificación proporciona una referencia clara y eficiente para la identificación y gestión de los equipos, facilitando la planificación de mantenimiento y mejorando la coordinación de las actividades productivas. Con este sistema, se asegura un control más efectivo del ciclo de vida de cada máquina en la planta de producción de linaza.

4.3.5. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas son fundamentales para garantizar el correcto funcionamiento de la maquinaria en la producción de linaza. Este apartado tiene como objetivo detallar las características y parámetros de cada equipo involucrado en el proceso productivo, asegurando que se cumplan los estándares necesarios para la operación eficiente y segura. Al conocer a fondo las especificaciones de cada máquina, se facilita la planificación del mantenimiento, la identificación de posibles fallas y la optimización del rendimiento operativo. Además, estas especificaciones sirven como referencia para la capacitación del personal, permitiendo un mejor entendimiento del funcionamiento y cuidado de los equipos. En este contexto, se abordarán las especificaciones técnicas de la maquinaria clave en la producción de linaza, considerando su importancia en el mantenimiento y la gestión de operaciones dentro de la planta.

Cuadro IV-6

Especificaciones Técnicas Molino de Granos

ESPECIFICACIONES TECNICAS MOLINO DE GRANOS												
Código	DL-A-MOL-001		Fecha	26/06/2025								
Máquina – tipo	Molino para granos – Triturador forrajero											
Fabricante	TRAPP											
Modelo	TRF 800											
Marca	TRAPP											
DIMENSIONES												
Peso	60–70 kg	Altura	100 cm	Ancho	55 cm							
Largo	38 cm											
DATOS TÉCNICOS												
Motor	Eléctrico (monofásico o trifásico)		Intensidad	No especificada								
Voltios	220/440V, 220/380V o 380/660V		Potencia	10 CV o 12,5 CV								
ACCESORIOS			PARTES									
Embudo de granos (22 L), Kit manual (Opcionales: base universal, acople para tractor AT-2)			2 cuchillas de acero especial, 4 cojinetes, 3 correas, 1 polea de motor, 5 tamices (0,8; 3; 5; 12 mm y uno liso)									
REPUESTOS CRÍTICOS			CONSUMIBLES NECESARIOS									
Cuchillas de acero especial, Tamices (0,8; 3; 5; 12 mm), Correas, Cojinetes			Grasa para cojinetes Lubricante para partes móviles									
CARACTERÍSTICAS GENERALES												
<ul style="list-style-type: none"> • Salida para ciclón • Transmisión por correas • Chapa de 7,95 mm de espesor 			<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento anticorrosivo y pintura horneada • Alta durabilidad para uso industrial 									
VALORES DE REFERENCIA (PRODUCCIÓN)												
Tamiz 0,8 mm: 180–200 kg/h (harina de maíz), Tamiz 3 mm: 750–950 kg/h (quirera fina), Tamiz 5 mm: 900–1150 kg/h (quirera gruesa), Tamiz 12 mm: 900–1200 kg/h (rollón), Tamiz liso: 3200–4200 kg/h (alimento verde)												
FUNCIÓN												
Triturar granos, forrajes, maíz desgranado, cáscaras y otros productos agrícolas para la elaboración de materia prima para jugos o subproductos.												
MANTENIMIENTO PROGRAMADO			PRECAUCIONES									
<ul style="list-style-type: none"> • Revisión semanal de cuchillas y tamices. • Lubricación de cojinetes cada 40 h de uso. • Ajuste de correas y limpieza general cada 15 días. 			<ul style="list-style-type: none"> • No operar sin protecciones. • No introducir manos ni herramientas mientras esté en funcionamiento. • Verificar el estado de cuchillas y tamices antes de cada uso. • Asegurar correcta tensión de correas. 									
DATOS DE FABRICANTE												
Garantía: 12 meses (3 legales + 9 de fábrica)												

Fuente: (Trapp, 2025)

Elaboración: Propia

Cuadro IV-7

Especificaciones Técnicas Balanza de Pesado

ESPECIFICACIONES TECNICAS BALANZA DE PESADO												
Código	DL-B-PES-001		Fecha	26/06/2025								
Máquina – tipo	Balanza industrial de plataforma		Fabricante	CAS Corporation								
Modelo	HDI/SPS		Marca	CAS								
DIMENSIONES												
Peso	15 kg	Altura	750 mm	Ancho	400 mm							
Largo	630 mm		DATOS TÉCNICOS									
Motor	N/Aplica	Intensidad	N/Aplica	Voltios	220 V							
ACCESORIOS			PARTES									
Adaptador de corriente Batería recargable interna Manual de usuario			Plataforma de pesaje en acero inoxidable, Celdas de carga, Indicador digital, Pantalla LCD, Módulo de pesaje, Estructura base y soporte									
REPUESTOS CRÍTICOS			CONSUMIBLES NECESARIOS									
Celdas de carga, Indicador digital, Batería interna			No Aplica									
CARACTERÍSTICAS GENERALES												
<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma compacta, resistente y de fácil uso. • Construcción en acero inoxidable. • Alta precisión para procesos de pesaje industriales. 												
VALORES DE REFERENCIA												
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad: 150 kg o 300 kg • Precisión: 20 g (150 kg) y 100 g (300 kg) • Alimentación: Batería recargable y conexión eléctrica 220 V, 50/60 Hz 												
FUNCIÓN												
Realizar el pesaje de materias primas o productos en distintos puntos del proceso de producción.												
MANTENIMIENTO PROGRAMADO		PRECAUCIONES										
<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza diaria de la plataforma • Verificación periódica del estado de la batería • Calibración cada 6 meses o según requerimiento 		<ul style="list-style-type: none"> • No sobrecargar más allá de su capacidad nominal • Evitar derrames de líquidos sobre el indicador o la plataforma • No usar en ambientes extremadamente húmedos o polvorrientos sin protección adicional 										
DATOS DE FABRICANTE												
Origen: Corea del Sur Documentación técnica en formato PDF: "HDI pdf 300.pdf"												

Fuente: (Coach.Corp, 2023)

Elaboración: Propia

Cuadro IV-8

Especificaciones Técnicas Zaranda

ESPECIFICACIONES TECNICAS ZARANDA								
Código	DL-B-ZAR-001		Fecha	26/06/2025				
Máquina – tipo	Zaranda vibratoria de clasificación granulométrica							
Fabricante	Itomak							
Modelo	GIL-0.15							
Marca	Itomak							
DIMENSIONES								
Peso	50 kg	Altura	615 mm	Ancho	390 mm			
Largo	915 mm							
DATOS TÉCNICOS								
Motor	Síncrono	Intensidad	N/E	Voltios	220 V			
ACCESORIOS			PARTES					
Aspersor con tubería de Ø 48 mm			Mallas de clasificación (hasta 3) Estructura vibratoria Motor					
REPUESTOS CRÍTICOS			CONSUMIBLES NECESARIOS					
Mallas intercambiables. Motor vibrador			No aplica (requiere limpieza frecuente, pero no consumibles)					
CARACTERÍSTICAS GENERALES								
<ul style="list-style-type: none"> Separación de materiales en tres fracciones granulométricas mediante vibración regulable. Hasta 60 oscilaciones/segundo. Amplitud de 1 a 4 mm 								
VALORES DE REFERENCIA								
<ul style="list-style-type: none"> Ángulo de inclinación: 15° Área de trabajo por malla: 0.15 m² Frecuencia: 10–60 osc/seg 								
FUNCIÓN								
El equipo está diseñado para separar el material de cabeza, en fracciones granulométricas de tres tamaños.								
MANTENIMIENTO PROGRAMADO			PRECAUCIONES					
<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de mallas y sistema vibratorio. Revisión del motor vibrador semanalmente. 			<ul style="list-style-type: none"> Evitar sobrecarga. Asegurar fijación correcta. Limpieza después de cada jornada. 					
DATOS DE FABRICANTE								

Fuente: (LATINOAMÉRICA, 2025)

Elaboración: Propia

Cuadro IV-9

Especificaciones Técnicas Tanque de Cocimiento 1

ESPECIFICACIONES TECNICAS TANQUE DE COCIMIENTO					
Código	DL-B-COC-001	Fecha	26/06/2025		
Máquina – tipo		Tanque de cocimiento			
Fabricante		No especificado (posiblemente nacional)			
Modelo		No especificado			
Marca		No especificada			
DIMENSIONES					
Peso	180 kg	Altura	1600 mm		
Ancho	900 mm	Largo	900 mm		
DATOS TÉCNICOS					
Motor	Eléctrico acoplado al eje agitador	Intensidad	3 A		
Voltios	220 V	Potencia	0.75 – 1 HP		
ACCESORIOS		PARTES			
Válvula de descarga sanitaria, Control de temperatura manual, Tapa superior con apertura, Base de acero inoxidable		Agitador mecánico interno Chaqueta exterior para paso de vapor Termómetro análogo			
REPUESTOS CRÍTICOS		CONSUMIBLES NECESARIOS			
Sello mecánico del agitador, Motor eléctrico, Válvula de descarga		Lubricante para motor, Agua (para limpieza CIP), Vapor (generado en caldera externa)			
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
Tanque de acero inoxidable de grado alimenticio, con doble camisa para intercambio térmico mediante vapor. Capaz de soportar presiones moderadas y temperaturas elevadas. Incluye agitador para homogeneización de mezcla.					
VALORES DE REFERENCIA					
<ul style="list-style-type: none"> Presión máxima de trabajo: 2 bar Rango de temperatura de operación: 40 °C a 100 °C Capacidad útil: 800 litros 					
FUNCIÓN					
Calentar y mezclar productos mediante agitación y transferencia de calor con camisa térmica.					
MANTENIMIENTO PROGRAMADO		PRECAUCIONES			
<ul style="list-style-type: none"> Limpieza diaria interior y exterior Verificación semanal del funcionamiento del agitador. Inspección de conexiones, válvulas y sellos Lubricación del motor según especificación. Revisión semestral de integridad estructural 		<ul style="list-style-type: none"> Verificar que el sistema de vapor esté correctamente cerrado antes de intervenir. No operar sin tapa o con el agitador desprotegido. Evitar sobrecargar el tanque más allá de su capacidad útil. 			
DATOS DE FABRICANTE					

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cuadro IV-10

Especificaciones Técnicas Tanque de Cocimiento 2

ESPECIFICACIONES TECNICAS TANQUE DE COCIMIENTO					
Código	DL-B-COC-002	Fecha	26/06/2025		
Máquina – tipo		Tanque de cocimiento			
Fabricante		No especificado (posiblemente nacional)			
Modelo		No especificado			
Marca		No especificada			
DIMENSIONES					
Peso	230 kg	Altura	1700 mm		
Ancho	1000 mm	Largo	1000 mm		
DATOS TÉCNICOS					
Motor	Eléctrico acoplado al eje agitador	Intensidad	3 A		
Voltios	220 V	Potencia	0.75 – 1 HP		
ACCESORIOS		PARTES			
Válvula de descarga sanitaria, Control de temperatura manual, Tapa superior con apertura, Base de acero inoxidable		Agitador mecánico interno Chaqueta exterior para paso de vapor Termómetro análogo			
REPUESTOS CRÍTICOS		CONSUMIBLES NECESARIOS			
Sello mecánico del agitador, Motor eléctrico, Válvula de descarga		Lubricante para motor, Agua (para limpieza CIP), Vapor (generado en caldera externa)			
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
Tanque de acero inoxidable de grado alimenticio, con doble camisa para intercambio térmico mediante vapor. Capaz de soportar presiones moderadas y temperaturas elevadas. Incluye agitador para homogeneización de mezcla.					
VALORES DE REFERENCIA					
<ul style="list-style-type: none"> Presión máxima de trabajo: 2 bar Rango de temperatura de operación: 40 °C a 100 °C Capacidad útil: 1000 litros 					
FUNCIÓN					
Calentar y mezclar productos mediante agitación y transferencia de calor con camisa térmica.					
MANTENIMIENTO PROGRAMADO		PRECAUCIONES			
<ul style="list-style-type: none"> Limpieza diaria interior y exterior Verificación semanal del funcionamiento del agitador. Inspección de conexiones, válvulas y sellos Lubricación del motor según especificación. Revisión semestral de integridad estructural 		<ul style="list-style-type: none"> Verificar que el sistema de vapor esté correctamente cerrado antes de intervenir. No operar sin tapa o con el agitador desprotegido. Evitar sobrecargar el tanque más allá de su capacidad útil. 			
DATOS DE FABRICANTE					

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cuadro IV-11

Especificaciones Técnicas Tanque de Cocimiento 3

ESPECIFICACIONES TECNICAS TANQUE DE COCIMIENTO					
Código	DL-B-COC-003	Fecha	26/06/2025		
Máquina – tipo		Tanque de cocimiento			
Fabricante		No especificado (posiblemente nacional)			
Modelo		No especificado			
Marca		No especificada			
DIMENSIONES					
Peso	165 kg	Altura	1300 mm		
Ancho	800 mm	Largo	800 mm		
DATOS TÉCNICOS					
Motor	Eléctrico acoplado al eje agitador	Intensidad	3 A		
Voltios	220 V	Potencia	0.75 – 1 HP		
ACCESORIOS		PARTES			
Válvula de descarga sanitaria, Control de temperatura manual, Tapa superior con apertura, Base de acero inoxidable		Agitador mecánico interno Chaqueta exterior para paso de vapor Termómetro análogo			
REPUESTOS CRÍTICOS		CONSUMIBLES NECESARIOS			
Sello mecánico del agitador, Motor eléctrico, Válvula de descarga		Lubricante para motor, Agua (para limpieza CIP), Vapor (generado en caldera externa)			
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
Tanque de acero inoxidable de grado alimenticio, con doble camisa para intercambio térmico mediante vapor. Capaz de soportar presiones moderadas y temperaturas elevadas. Incluye agitador para homogeneización de mezcla.					
VALORES DE REFERENCIA					
<ul style="list-style-type: none"> Presión máxima de trabajo: 2 bar Rango de temperatura de operación: 40 °C a 100 °C Capacidad útil: 600 litros 					
FUNCIÓN					
Calentar y mezclar productos mediante agitación y transferencia de calor con camisa térmica.					
MANTENIMIENTO PROGRAMADO		PRECAUCIONES			
<ul style="list-style-type: none"> Limpieza diaria interior y exterior Verificación semanal del funcionamiento del agitador. Inspección de conexiones, válvulas y sellos Lubricación del motor según especificación. Revisión semestral de integridad estructural 		<ul style="list-style-type: none"> Verificar que el sistema de vapor esté correctamente cerrado antes de intervenir. No operar sin tapa o con el agitador desprotegido. Evitar sobrecargar el tanque más allá de su capacidad útil. 			
DATOS DE FABRICANTE					

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cuadro IV-12

Especificaciones Técnicas Tanque de Cocimiento 4

ESPECIFICACIONES TECNICAS TANQUE DE COCIMIENTO					
Código	DL-B-COC-004	Fecha	26/06/2025		
Máquina – tipo		Tanque de cocimiento			
Fabricante		No especificado (posiblemente nacional)			
Modelo		No especificado			
Marca		No especificada			
DIMENSIONES					
Peso	150 kg	Altura	1200 mm		
Ancho	750 mm	Largo	750 mm		
DATOS TÉCNICOS					
Motor	Eléctrico acoplado al eje agitador	Intensidad	3 A		
Voltios	220 V	Potencia	0.75 – 1 HP		
ACCESORIOS		PARTES			
Válvula de descarga sanitaria, Control de temperatura manual, Tapa superior con apertura, Base de acero inoxidable		Agitador mecánico interno Chaqueta exterior para paso de vapor Termómetro análogo			
REPUESTOS CRÍTICOS		CONSUMIBLES NECESARIOS			
Sello mecánico del agitador, Motor eléctrico, Válvula de descarga		Lubricante para motor, Agua (para limpieza CIP), Vapor (generado en caldera externa)			
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
Tanque de acero inoxidable de grado alimenticio, con doble camisa para intercambio térmico mediante vapor. Capaz de soportar presiones moderadas y temperaturas elevadas. Incluye agitador para homogeneización de mezcla.					
VALORES DE REFERENCIA					
<ul style="list-style-type: none"> Presión máxima de trabajo: 2 bar Rango de temperatura de operación: 40 °C a 100 °C Capacidad útil: 500 litros 					
FUNCIÓN					
Calentar y mezclar productos mediante agitación y transferencia de calor con camisa térmica.					
MANTENIMIENTO PROGRAMADO		PRECAUCIONES			
<ul style="list-style-type: none"> Limpieza diaria interior y exterior Verificación semanal del funcionamiento del agitador. Inspección de conexiones, válvulas y sellos Lubricación del motor según especificación. Revisión semestral de integridad estructural 		<ul style="list-style-type: none"> Verificar que el sistema de vapor esté correctamente cerrado antes de intervenir. No operar sin tapa o con el agitador desprotegido. Evitar sobrecargar el tanque más allá de su capacidad útil. 			
DATOS DE FABRICANTE					

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cuadro IV-13

Especificaciones Técnicas Tanque de Almacenamiento 1

ESPECIFICACIONES TECNICAS TANQUE DE ALMACENAMIENTO							
Código	DL-C-ALM-001		Fecha	26/06/2025			
Máquina - tipo	Tanque de almacenamiento cilíndrico vertical						
Fabricante	A&B Process Systems						
Modelo	Personalizado						
Marca	JBT						
DIMENSIONES							
Peso	350 kg	Altura	2.20 m	Ancho	1.40 m		
Largo	1.40 m						
DATOS TÉCNICOS							
Motor	N/A	Intensidad	N/A	Voltios	N/A		
ACCESORIOS			PARTES				
Tapa superior.	Visor de nivel.	Válvula de descarga.	Fondo cónico	Cuerpo cilíndrico.	Base de soporte.		
				Conexiones sanitarias			
REPUESTOS CRÍTICOS			CONSUMIBLES NECESARIOS				
Válvula de descarga.	Visor de nivel		Lubricante de juntas.	Sellos de goma			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Acero inoxidable, fondo cónico, fabricado a medida, sin presión interna.							
VALORES DE REFERENCIA							
• Presión atmosférica.	• Temperatura ambiente.	• Volumen 3000 litros.					
FUNCIÓN							
Almacenamiento temporal de líquidos procesados antes del envasado.							
MANTENIMIENTO PROGRAMADO			PRECAUCIONES				
• Limpieza mensual.	• Inspección trimestral de válvulas y juntas.		• Evitar acumulación de residuos.	• Revisar sellos y drenajes.			
DATOS DE FABRICANTE							
Fabricado por encargo según requerimientos técnicos.							

Fuente: (JBT, 2025)

Elaboración: Propia

Cuadro IV-14

Especificaciones Técnicas Tanque de Almacenamiento 2

ESPECIFICACIONES TECNICAS TANQUE DE ALMACENAMIENTO							
Código	DL-C-ALM-002		Fecha	26/06/2025			
Máquina - tipo	Tanque de almacenamiento cilíndrico vertical						
Fabricante	A&B Process Systems						
Modelo	Personalizado						
Marca	JBT						
DIMENSIONES							
Peso	500 kg	Altura	2.50 m	Ancho	1.65 m		
Largo	1.65 m						
DATOS TÉCNICOS							
Motor	N/A	Intensidad	N/A	Voltios	N/A		
ACCESORIOS			PARTES				
Tapa superior.	Visor de nivel.	Válvula de descarga.	Fondo cónico	Cuerpo cilíndrico.	Base de soporte.		
				Conexiones sanitarias			
REPUESTOS CRÍTICOS			CONSUMIBLES NECESARIOS				
Válvula de descarga.	Visor de nivel		Lubricante de juntas.	Sellos de goma			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Acero inoxidable, fondo cónico, fabricado a medida, sin presión interna.							
VALORES DE REFERENCIA							
• Presión atmosférica.	• Temperatura ambiente.	• Volumen 5000 litros.					
FUNCIÓN							
Almacenamiento temporal de líquidos procesados antes del envasado.							
MANTENIMIENTO PROGRAMADO			PRECAUCIONES				
• Limpieza mensual.	• Inspección trimestral de válvulas y juntas.		• Evitar acumulación de residuos.	• Revisar sellos y drenajes.			
DATOS DE FABRICANTE							
Fabricado por encargo según requerimientos técnicos.							

Fuente: (JBT, 2025)

Elaboración: Propia

Cuadro IV-15

Especificaciones Técnicas Pasteurizador

ESPECIFICACIONES TECNICAS PASTEURIZADOR								
Código	DL-C-PAS-001		Fecha	26/06/2025				
Máquina – tipo	Pasteurizador con intercambiador de calor de placas		Fabricante	Alfa Laval				
Modelo	M6-MBase 190PL		Marca	Alfa Laval				
DIMENSIONES								
Peso	250 kg	Altura	1.8 m	Ancho	0.8 m			
Largo	1.2 m							
DATOS TÉCNICOS								
Motor	Bomba centrífuga sanitaria acoplada, 2 HP trifásico							
Voltios	220/380 V	Intensidad	6.5 A	Potencia	2-3 HP			
ACCESORIOS			PARTES					
Panel de control, Sensor de temperatura, Sistema CIP, Válvulas sanitarias, Termómetros y manómetros, Tuberías de acero inoxidable			Intercambiador de calor de placas, Bomba de recirculación, Bastidor de acero inoxidable, Conexiones sanitarias, Bastidor de soporte					
REPUESTOS CRÍTICOS			CONSUMIBLES NECESARIOS					
Placas de intercambio Juntas de estanqueidad Sensores de temperatura			Agua caliente Agua fría Energía eléctrica					
CARACTERÍSTICAS GENERALES								
<ul style="list-style-type: none"> Sistema de pasteurización continuo de alta eficiencia térmica con recuperación de calor del 94%. Diseñado para procesos higiénicos con flujo de hasta 2000 L/h. 								
VALORES DE REFERENCIA								
<ul style="list-style-type: none"> Recuperación térmica: 94% Rango de temperatura: 4 °C → 74 °C → 4 °C Flujo de operación: 2000 L/h 								
FUNCIÓN								
Elevar y mantener la temperatura del producto para eliminar microorganismos y garantizar inocuidad.								
MANTENIMIENTO PROGRAMADO			PRECAUCIONES					
<ul style="list-style-type: none"> Limpieza CIP semanal. Verificación de juntas y presión mensual. Revisión y cambio de placas cada 6 meses. 			<ul style="list-style-type: none"> Asegurar el cierre correcto del bastidor antes de operar. No exceder presiones máximas indicadas. Verificar que no haya fugas en placas o juntas. 					
DATOS DE FABRICANTE								

Fuente: (Laval, 2018)

Elaboración: Propia

Cuadro IV-16

Especificaciones Técnicas Envasadora

ESPECIFICACIONES TECNICAS ENVASADORA							
Código	DL-C-ENV-001	Fecha	26/06/2025				
Máquina – tipo	Envasadora lineal semiautomática de 8 picos						
Fabricante	Easy-Pack						
Modelo	ZY-8						
Marca	Easy-Pack						
DIMENSIONES							
Peso	150 kg	Altura	1.60 m	Ancho 0.80 m			
				Largo 1.50 m			
DATOS TÉCNICOS							
Motor	Eléctrico acoplado a pistones de llenado		Intensidad	5 A aprox			
Voltios	220 V		Potencia	1 kW			
ACCESORIOS		PARTES					
Pedal de accionamiento Tolva de alimentación Mangueras de grado alimenticio		Ocho válvulas de llenado (boquillas) Pistones dosificadores Bastidor y soporte estructural Sistema neumático (aire comprimido)					
REPUESTOS CRÍTICOS		CONSUMIBLES NECESARIOS					
Boquillas de llenado Válvulas de cierre Juntas y empaques del sistema dosificador		Aire comprimido (0.36 m ³ /min) Energía eléctrica					
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Equipo ideal para el llenado de líquidos viscosos o ligeros en botellas PET. Adecuado para lotes medianos, de fácil operación y mantenimiento.							
VALORES DE REFERENCIA							
<ul style="list-style-type: none"> Rango de llenado: 100 ml a 5000 ml Velocidad de producción: Hasta 1920 botellas/hora (1000 ml) Precisión de llenado: ±1% (hasta 1 L), ±0.5% (>1 L) 							
FUNCIÓN							
Dosificar y llenar productos líquidos en envases mediante un sistema de válvulas múltiples, controlando volumen y flujo con precisión.							
MANTENIMIENTO PROGRAMADO		PRECAUCIONES					
<ul style="list-style-type: none"> Limpieza diaria de picos. Revisión semanal de pistones y válvulas. Lubricación mensual de partes móviles. 		<ul style="list-style-type: none"> No operar sin aire comprimido adecuado. Verificar calibración antes de cada jornada. Evitar acumulación de residuos en boquillas. 					
DATOS DE FABRICANTE							

Fuente: (Easy-Pack, 2025)

Elaboración: Propia

Cuadro IV-17

Especificaciones Técnicas Cámara de Frío 1

ESPECIFICACIONES TECNICAS CÁMARA DE FRÍO												
Código	DL-D-FRI-001		Fecha	26/06/2025								
Máquina – tipo	Cámara de frío modular											
Fabricante	SURAZO											
Modelo	A medida											
Marca	SURAZO											
DIMENSIONES												
Peso	1.200 kg	Altura	2,5 m	Ancho	5,0 m							
Largo	5,0 m											
DATOS TÉCNICOS												
Motor	Unidad de refrigeración hermética		Intensidad	4,5 A								
Voltios	220 V / 50 Hz		Potencia	2 – 3 HP								
ACCESORIOS			PARTES									
Paneles aislantes, Piso térmico aislante, Unidad condensadora, Controlador digital de temperatura			Compresor, Evaporador, Condensador, Termostato, Puerta con burletes									
REPUESTOS CRÍTICOS			CONSUMIBLES NECESARIOS									
Compresor, Sensor de temperatura, Termostato digital			Gas refrigerante (R134a / R404A según configuración), Aceite de compresor, Silicona o selladores para juntas									
CARACTERÍSTICAS GENERALES												
<ul style="list-style-type: none"> Sistema de refrigeración eficiente y silencioso. Aislamiento térmico con paneles de poliuretano. Diseño modular adaptable al espacio disponible. 												
VALORES DE REFERENCIA												
<ul style="list-style-type: none"> Rango de temperatura: 0 °C a 8 °C (modo refrigeración), -20°C a -5°C, (modo congelación), 10°C a 18°C, (modo alta temperatura), 10°C a 18°C, (modo baja humedad) Aislamiento: 100 mm de poliuretano expandido 												
FUNCIÓN												
Mantener productos en condiciones de refrigeración controlada para preservar su calidad y prolongar su vida útil.												
MANTENIMIENTO PROGRAMADO			PRECAUCIONES									
<ul style="list-style-type: none"> Revisión mensual del compresor y evaporador. Limpieza trimestral del condensador. Verificación semestral de niveles de gas refrigerante. 			<ul style="list-style-type: none"> No sobrecargar el espacio interno. Verificar cierre hermético de puertas. No manipular conexiones eléctricas sin personal capacitado. 									
DATOS DE FABRICANTE												
SURAZO, fabricante nacional de soluciones de refrigeración industrial.												
Garantía: 2 años.												
Accesorios complementarios: ISOLCRUZ												

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cuadro IV-18

Especificaciones Técnicas Cámara de Frío 2

ESPECIFICACIONES TECNICAS CÁMARA DE FRÍO												
Código	DL-D-FRI-002		Fecha	26/06/2025								
Máquina – tipo	Cámara de frío modular											
Fabricante	SURAZO											
Modelo	A medida											
Marca	SURAZO											
DIMENSIONES												
Peso	1.000 kg	Altura	2,5 m	Ancho	4,0 m							
Largo	4,0 m											
DATOS TÉCNICOS												
Motor	Unidad de refrigeración hermética		Intensidad	3,5 - 4 A								
Voltios	220 V / 50 Hz		Potencia	1.5 – 2 HP								
ACCESORIOS			PARTES									
Paneles aislantes, Piso térmico aislante, Unidad condensadora, Controlador digital de temperatura			Compresor, Evaporador, Condensador, Termostato, Puerta con burletes									
REPUESTOS CRÍTICOS			CONSUMIBLES NECESARIOS									
Compresor, Sensor de temperatura, Termostato digital			Gas refrigerante (R134a / R404A según configuración), Aceite de compresor, Silicona o selladores para juntas									
CARACTERÍSTICAS GENERALES												
<ul style="list-style-type: none"> Sistema de refrigeración eficiente y silencioso. Aislamiento térmico con paneles de poliuretano. Diseño modular adaptable al espacio disponible. 												
VALORES DE REFERENCIA												
<ul style="list-style-type: none"> Rango de temperatura: 0 °C a 8 °C (modo refrigeración), -20°C a -5°C, (modo congelación), 10°C a 18°C, (modo alta temperatura), 10°C a 18°C, (modo baja humedad) Aislamiento: 100 mm de poliuretano expandido 												
FUNCIÓN												
Mantener productos en condiciones de refrigeración controlada para preservar su calidad y prolongar su vida útil.												
MANTENIMIENTO PROGRAMADO			PRECAUCIONES									
<ul style="list-style-type: none"> Revisión mensual del compresor y evaporador. Limpieza trimestral del condensador. Verificación semestral de niveles de gas refrigerante. 			<ul style="list-style-type: none"> No sobrecargar el espacio interno. Verificar cierre hermético de puertas. No manipular conexiones eléctricas sin personal capacitado. 									
DATOS DE FABRICANTE												
SURAZO, fabricante nacional de soluciones de refrigeración industrial.												
Garantía: 2 años.												
Accesorios complementarios: ISOLCRUZ												

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

4.4. Estrategias de Mantenimiento Actuales

4.4.1. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de la Balanza

Actualmente, el mantenimiento que se realiza a la balanza es de tipo correctivo, es decir, se actúa una vez que se presenta una falla o un desajuste en la medición. De manera general, las actividades se limitan a:

- Limpieza superficial del equipo para evitar acumulación de residuos que afecten la precisión del pesaje.
- Revisión visual ocasional de cables y conectores.
- Ajuste o calibración esporádica, realizada únicamente cuando se detecta una diferencia en el pesaje.
- En algunos casos, se recurre al soporte técnico externo cuando el equipo presenta errores continuos o no responde correctamente.

Estas actividades no siguen un cronograma fijo.

4.4.2. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento del Molino para Granos

El mantenimiento actual del molino para granos se realiza de forma correctiva, interviniendo únicamente cuando se detectan problemas en su funcionamiento, como ruidos anormales, atascos o una molienda deficiente. Las actividades más comunes observadas o reportadas son:

- Limpieza básica del área exterior y del recipiente de molienda para evitar acumulación excesiva de residuos.
- Verificación ocasional del estado de las cuchillas o elementos de trituración, sin una frecuencia establecida.
- Aplicación esporádica de lubricante en los componentes móviles cuando se perciben señales de fricción.
- Ajustes manuales de piezas sueltas o desalineadas cuando se nota pérdida de eficiencia.

- En caso de falla crítica, el equipo se detiene y se solicita apoyo técnico.

Este proceso no está formalizado mediante procedimientos escritos ni tiene una programación periódica, lo cual representa una oportunidad de mejora en cuanto a la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

4.4.3. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de la Zaranda

El mantenimiento de la zaranda se lleva a cabo de manera periódica y consiste en las siguientes actividades:

- Inspección Visual: Se realiza una revisión visual de la zaranda para verificar su estado general y asegurarse de que no existan componentes desgastados o daños visibles en la estructura y mallas.
- Mantenimiento Preventivo: Cada tres meses se realiza un mantenimiento preventivo, el cual incluye la limpieza de las mallas y la estructura metálica para evitar la acumulación de residuos. Además, se comprueba la vibración de la máquina y se ajustan los tensores si es necesario.
- Lubricación: Se efectúa la lubricación de las partes móviles para garantizar un funcionamiento óptimo y prevenir el desgaste prematuro.
- Mantenimiento Correctivo: En caso de que se detecten fallas, como mallas rotas o piezas desajustadas, se procede a la reparación o reemplazo de los componentes necesarios. Estas reparaciones se realizan de manera reactiva, dependiendo de las incidencias que se presenten.

Este proceso de mantenimiento, aunque realizado con cierta regularidad, no cuenta con un sistema de registro detallado ni un plan de acción estandarizado, lo cual podría mejorarse para optimizar la gestión de las intervenciones y la utilización de repuestos.

4.4.4. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de los Tanques de Cocimiento

El mantenimiento de los tanques de cocimiento es fundamental para garantizar que los procesos de cocción de los ingredientes se realicen de manera eficiente y segura. La actividad de mantenimiento de estos equipos se realiza bajo una combinación de mantenimiento preventivo y correctivo.

Mantenimiento Preventivo:

- Frecuencia: Cada tres meses.
- Actividades:
 - Inspección visual de las superficies internas y externas de los tanques para detectar corrosión o acumulación de residuos.
 - Revisión de las válvulas de entrada y salida, asegurando que no haya fugas.
 - Reemplazo de juntas y sellos desgastados.
 - Revisión de los sistemas de control de temperatura y presión, asegurando que estén funcionando dentro de los parámetros establecidos.
 - Limpieza de las paredes internas de los tanques para evitar la acumulación de residuos que puedan afectar el proceso de cocción.
 - Inspección de los sensores y controladores automáticos para asegurar su correcta calibración.

Mantenimiento Correctivo:

- Frecuencia: Se realiza en caso de fallas detectadas durante el uso.
- Actividades:
 - Reparación o reemplazo de piezas defectuosas como válvulas, medidores de temperatura, etc.

- Solución de problemas de fuga o daños en las superficies externas e internas del tanque.
- Ajuste de los controles de temperatura y presión en caso de desviaciones operativas.

4.4.5. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento del Pasteurizador

El pasteurizador es un equipo crucial para garantizar la calidad y seguridad alimentaria del producto final al someter el jugo a un proceso térmico que elimina microorganismos patógenos. Mantenerlo en buen estado es esencial para asegurar que el proceso de pasteurización se realice de manera eficiente y conforme a las normativas sanitarias.

Mantenimiento Preventivo:

- Frecuencia: Cada tres meses.
- Actividades:
 - Inspección de las válvulas y termómetros de control para verificar su funcionamiento adecuado y precisión en las mediciones de temperatura.
 - Revisión de las bombas de agua para asegurarse de que están funcionando correctamente y no presentan signos de obstrucción o pérdida de presión.
 - Limpieza de los intercambiadores de calor para garantizar una transferencia térmica eficiente. Se debe realizar una limpieza cuidadosa para evitar obstrucciones por residuos acumulados.
 - Inspección visual de las juntas y sellos, verificando que no haya fugas que puedan comprometer el rendimiento del pasteurizador o causar pérdida de presión.
 - Revisión de los controles automáticos del sistema, asegurando que el ciclo de pasteurización esté funcionando correctamente de acuerdo con las especificaciones del proceso.

- Verificación de los sistemas de seguridad, como las válvulas de sobrepresión y las alarmas de temperatura, para asegurar que estén operando según lo previsto.

Mantenimiento Correctivo:

- Frecuencia: Cuando se detecten fallas en el equipo o durante las inspecciones.
- Actividades:
 - Reemplazo de válvulas, termómetros o cualquier componente de control que esté defectuoso o fuera de calibración.
 - Reparación o sustitución de bombas si se detectan fallas en la presión o flujo de agua.
 - Reparación de fugas en las juntas o sellos, o reemplazo si es necesario para evitar pérdidas de temperatura o presión.
 - Ajuste o reparación de los intercambiadores de calor en caso de que no estén funcionando correctamente o necesiten ser limpiados debido a la acumulación de residuos.
 - Solución de problemas eléctricos o electrónicos en los controles automáticos si el sistema no responde adecuadamente.

4.4.6. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de la Envasadora

Las envasadoras son esenciales en la última etapa del proceso productivo, donde los productos, en este caso los jugos, se embotellan en diferentes presentaciones para su distribución. Un buen mantenimiento de las envasadoras asegura que los productos sean envasados correctamente, evitando desperdicios, contaminaciones o errores en la cantidad y calidad del producto.

Mantenimiento Preventivo:

- Frecuencia: Cada tres meses.
- Actividades:

- Inspección y calibración de los sistemas de llenado: Verificar que los sistemas de llenado estén funcionando correctamente, asegurando que no haya derrames o sub llenado de los envases.
- Revisión de los componentes neumáticos: Verificar los actuadores, cilindros y válvulas neumáticas para asegurarse de que estén funcionando sin fugas y con la presión correcta.
- Lubricación de partes móviles: Lubricar las partes móviles de la máquina para evitar el desgaste excesivo y los ruidos anormales durante la operación.
- Inspección de las piezas de sellado: Asegurarse de que las piezas de sellado (como las boquillas de sellado térmico) estén en buen estado para evitar fallas durante el proceso de cierre de los envases.
- Limpieza y desinfección: Limpiar a fondo las superficies en contacto con el producto (tuberías, boquillas, recipientes, etc.) para evitar la contaminación cruzada y asegurar que el equipo esté listo para su próxima producción.
- Verificación de los sistemas electrónicos: Revisar que los sensores y controles electrónicos estén funcionando correctamente y calibrados para asegurar una producción eficiente.

Mantenimiento Correctivo:

- Frecuencia: Cuando se detecten fallas o después de un análisis de la causa raíz de una anomalía.
- Actividades:
 - Reemplazo de piezas de desgaste: Cambiar las piezas de sellado, los cilindros neumáticos o las boquillas de llenado si presentan fallos o desgaste excesivo.

- Reparación de fallas eléctricas o electrónicas: Solucionar cualquier problema en los sistemas de control, como fallos en los sensores.
- Sustitución de mangueras o conexiones defectuosas: Reparar o reemplazar mangueras o conexiones dañadas que puedan generar fugas o pérdida de presión.
- Corrección de problemas en la presión neumática: Si se detecta una pérdida de presión o un funcionamiento ineficiente, se debe reparar o reemplazar los componentes neumáticos defectuosos.

4.4.7. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de los Tanques de Almacenaje

Mantenimiento Preventivo:

- Frecuencia: Cada tres meses.
- Actividades:
 - Inspección visual del tanque: Verificar que no haya grietas, corrosión o fugas en las paredes del tanque, ya que esto podría afectar la calidad del producto almacenado.
 - Revisión de las válvulas y sistemas de salida: Asegurarse de que las válvulas estén funcionando correctamente, sin obstrucciones ni fugas, para evitar derrames durante el proceso de extracción del producto.
 - Limpieza interna y externa del tanque: Limpiar el interior del tanque para evitar residuos o bacterias que puedan contaminar el jugo almacenado. También, limpiar el exterior para mantener el tanque en condiciones óptimas.
 - Revisión de la temperatura: Comprobar que los sistemas de control de temperatura estén funcionando correctamente, asegurándose de que el producto se mantenga a la temperatura adecuada para su conservación.

- Verificación de los sistemas de seguridad: Comprobar que los sistemas de emergencia, como válvulas de presión o válvulas de seguridad, estén funcionando adecuadamente.

Mantenimiento Correctivo:

- Frecuencia: Cuando se detecten problemas como fugas, obstrucciones o fallos en los sistemas de control.
- Actividades:
 - Reparación de fugas o grietas: Si se encuentran fugas o daños en el tanque, será necesario repararlos para evitar que se pierda producto o que se dañe el tanque.
 - Reemplazo de válvulas o piezas dañadas: Cambiar las válvulas, juntas o cualquier otra pieza que esté funcionando incorrectamente o que se haya desgastado.
 - Ajustes en el sistema de control de temperatura: Si el sistema de refrigeración o calefacción no está funcionando correctamente, se deberá reparar o recalibrar.
 - Desinfección profunda: Si se ha detectado contaminación o residuos dentro del tanque, se debe realizar una limpieza y desinfección exhaustiva.

4.4.8. Descripción Detallada del Proceso de Mantenimiento de la Cámara de Frío

El mantenimiento de la cámara de frío se lleva a cabo con el objetivo de garantizar que los productos almacenados se mantengan a la temperatura adecuada, evitando deterioros y pérdidas de calidad. El proceso incluye las siguientes actividades regulares:

- Inspección visual de la estructura: Se revisan las paredes, puertas y sellos para detectar posibles daños, como fisuras o fugas, que podrían afectar la eficiencia de la cámara.

- Revisión del sistema de refrigeración: Se verifica que el sistema de refrigeración esté funcionando correctamente, asegurándose de que mantenga la temperatura dentro del rango ideal para la conservación de los productos.
- Limpieza de la cámara: Se realiza una limpieza interna y externa de la cámara de frío para evitar la acumulación de suciedad y garantizar que los equipos funcionen sin obstrucciones.
- Revisión de las puertas y los sellos: Se comprueba que las puertas cierren correctamente y que los sellos estén en buen estado para evitar la pérdida de frío.
- Verificación de los controles de temperatura: Se revisan los termostatos y sistemas de control de temperatura para asegurarse de que la temperatura dentro de la cámara se mantenga estable.

4.4.9. Evaluación del Cumplimiento Documental según NB12017

La norma NB12017, en su apartado 7.5. información documentada, establece los lineamientos mínimos para la documentación necesaria en la gestión de mantenimiento. Esto incluye documentos internos y externos que deben garantizar la trazabilidad, control, coordinación y mejora continua dentro del área de mantenimiento. La documentación se clasifica en gestión administrativa, operativa, de control, mejora y de cambios, y es clave para la eficiencia de un sistema de gestión de mantenimiento (SGMA).

En este punto se presenta una evaluación de la documentación existente en Delicious Tarija, contrastando la situación actual con los requisitos de la norma, que, si bien esta especificada para un sistema de gestión de mantenimiento, en este caso, indistintamente se la tomará como referencia para el análisis de la documentación de la empresa al estar dentro del área de mantenimiento, identificando fortalezas y áreas de oportunidad.

Cuadro IV-19

Evaluación del Cumplimiento Documental

Categoría	Documento requerido según NB12017	¿Existe en Delis? (Sí/No)	Obs.
Documentación Interna	Procedimientos internos de mantenimiento	No	
	Planes de mantenimiento	No	
	Registros de mantenimiento	Sí	
	Planos de equipos internos	Sí	
	Diagramas eléctricos / mecánicos internos	Sí	
	Fichas técnicas internas	No	
Documentación Externa	Planos de equipos del proveedor	Sí	
	Manuales de operación y mantenimiento de equipos	No	
	Catálogos técnicos de equipos	Sí	
	Normas aplicables (NB, ISO, reglamentos)	No	
Gestión Administrativa	Resultados del análisis del contexto de la organización	No	
	Identificación de partes interesadas y metodología	No	
	Misión, visión, política y objetivos de mantenimiento	No	
	Alcance de SGMA y sus análisis de sustento	No	
	Identificación y evaluación de riesgos	No	
	Procesos vinculados a los objetivos	No	
	Planificación y programación de procesos	No	
	Procedimientos internos específicos (ej. AMFEC, Pareto, criterios de confiabilidad, etc.)	No	
	Sistema de seguridad y salud ocupacional en mantenimiento	No	
	Planificación de servicios externos	No	
Gestión Operativa	Acciones de coordinación de actividades de procesos	Sí	
	Información documentada de la coordinación	No	

	Procedimientos de seguridad y salud en el trabajo	No	
	Procedimientos específicos de trabajo (ej. Mantenimiento de bombas, motores, etc.)	No	
	Registros operativos de mantenimiento	Sí	
	Registros de fiscalización de servicios externos	No	
Gestión de Control	Metodología para el control de procesos	No	
	Metodología para el control del SGMA	No	
	Resultados de indicadores de gestión	No	
	Resultados de auditorías internas	No	
	Resultados de revisiones por la alta dirección	No	
Gestión de Mejora	Sistemática para el tratamiento de imprevistos	No	
	Plan de acciones correctivas y/o preventivas	No	
	Resultados del plan de acciones	No	
	Registro de mejoras realizadas	No	
Gestión de Cambios	Metodología para la valoración de riesgos	No	
	Resultados de seguimiento a los cambios planificados	No	

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Considerando que el total de documentos requeridos según la norma NB12017 son en total, N = 37, y la cantidad de documentos que posee la empresa es, n = 7, el porcentaje de cumplimiento es de 19 %.

Las principales carencias se encuentran en las áreas administrativa, de control, mejora y gestión de cambios, donde no se encontraron registros ni metodologías formalizadas. Esto implica limitaciones en la trazabilidad de fallas y acciones de mantenimiento, dependencia del conocimiento tácito del personal y una oportunidad de mejora significativa.

4.5. Impactos Identificados en la Gestión de Mantenimiento

4.5.1. Percepción del Personal sobre la Gestión de Mantenimiento Actual

Con el objetivo de conocer el estado actual de las prácticas de mantenimiento implementadas en la empresa Delicious Tarija, se realizaron entrevistas a distintos actores clave del proceso: el gerente general, los operarios encargados de las actividades de mantenimiento y los técnicos externos especializados en mantenimiento eléctrico. Los cuestionarios aplicados se encuentran en el Anexo 1- Cuestionarios De Entrevistas Al Personal De La Empresa Delicious.

De acuerdo con la información recolectada, se identificó que las tareas de mantenimiento en la empresa se desarrollan mayormente de forma empírica, basadas en la experiencia de los trabajadores y en la detección visual de fallos. Aunque se cuenta con una noción básica de mantenimiento preventivo, su aplicación no es sistemática ni está respaldada por una planificación documentada.

Los operarios indicaron que algunas máquinas, particularmente las más críticas para la producción, reciben atenciones periódicas cada tres meses, consistentes en limpieza, ajustes menores y revisión general. Estas actividades se registran en formato físico; sin embargo, no existe una revisión ni retroalimentación periódica de dichos registros, lo cual limita la toma de decisiones basada en datos y el mejoramiento continuo del sistema.

El gerente manifestó interés en mejorar el sistema de mantenimiento, reconociendo la necesidad de contar con una planificación formal, así como indicadores que permitan evaluar el rendimiento de los equipos y minimizar las paradas imprevistas. También se identificó la ausencia de manuales de mantenimiento específicos, lo que dificulta la estandarización de los procedimientos.

Por su parte, los técnicos externos señalaron que su intervención se da únicamente cuando existen fallas eléctricas o problemas específicos que requieren atención especializada. No participan en un programa planificado, sino que actúan bajo demanda.

En general, se evidencia una oportunidad significativa para estructurar y optimizar el sistema de mantenimiento de la empresa, integrando herramientas técnicas y de gestión que permitan asegurar la operatividad de los equipos y mejorar la eficiencia del proceso productivo.

4.5.2. Consideraciones Ambientales Asociadas a la Gestión de Mantenimiento

La gestión del mantenimiento en los procesos industriales no solo influye en la eficiencia operativa y la vida útil de los equipos, sino que también tiene un impacto en el entorno ambiental. En el caso de la producción de linaza blanca, se identifican ciertos aspectos que podrían representar oportunidades de mejora en términos de sostenibilidad ambiental:

- Posibles fugas o derrames: En algunos equipos, especialmente aquellos con conexiones hidráulicas o almacenamiento de líquidos, se identifican riesgos potenciales de fugas si no se realizan controles periódicos. Estas situaciones pueden derivar en residuos o contaminantes que deben ser gestionados adecuadamente para evitar impactos negativos en el entorno inmediato.
- Eficiencia energética variable: El desgaste natural de los componentes, si no es abordado oportunamente mediante tareas de mantenimiento, puede influir en el rendimiento energético de los equipos. Esto conlleva un mayor consumo de energía eléctrica, lo cual incrementa la huella ambiental de la operación.
- Generación de residuos operativos: El mantenimiento correctivo no planificado puede ocasionar fallos que deriven en la generación de residuos como piezas en desuso, lubricantes usados o empaques dañados. La correcta gestión de estos materiales es fundamental para mantener un equilibrio con las políticas ambientales de la empresa.
- Emisiones y ruidos operativos: Algunas condiciones técnicas específicas, como la falta de ajuste o alineación de partes móviles,

pueden provocar un aumento de los niveles de ruido o emisiones, tanto en el ambiente interno como externo.

Estos puntos no necesariamente implican una situación crítica, pero sí destacan la importancia de fortalecer las prácticas de mantenimiento desde un enfoque preventivo y responsable con el entorno. De esta forma, la empresa podrá continuar consolidando su compromiso con la mejora continua y la sostenibilidad ambiental.

4.6. Evaluación de la Gestión Actual mediante Indicadores

El análisis de indicadores clave de rendimiento (KPIs) constituye una herramienta fundamental para evaluar el desempeño actual de la gestión de mantenimiento en la empresa Delicious Tarija. Estos indicadores permiten identificar patrones de comportamiento en la maquinaria, medir la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, y detectar oportunidades de mejora continua dentro del sistema de mantenimiento existente.

En el marco de este diagnóstico, se han seleccionado indicadores que se alinean con los principios del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), considerando tanto la información histórica disponible como los registros recopilados durante el trabajo de campo.

4.6.1. MTBF histórico

El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF, por sus siglas en inglés) es un indicador que será utilizado como una herramienta práctica para evaluar la confiabilidad de los equipos involucrados en la producción de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija. Este indicador, más allá de su definición teórica, permite tener una visión concreta del desempeño actual de los equipos, orientando las decisiones de mantenimiento preventivo y la priorización de recursos.

La fórmula utilizada para calcular el MTBF es la siguiente:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de Operación}}{\text{Número de Fallas}}$$

Donde:

- Tiempo Total de Operación se refiere al tiempo total durante el cual el equipo ha estado en funcionamiento sin interrupciones.
- Número de Fallas es el número total de fallas ocurridas durante ese período de tiempo.

El resultado de este cálculo es un valor expresado en horas.

Para este proyecto, el cálculo del MTBF se llevará a cabo para cada uno de los equipos involucrados en la producción de linaza blanca de la empresa Delicious Tarija. El análisis de este indicador permitirá identificar aquellos equipos cuya fiabilidad podría ser mejorada, así como aquellos con un buen rendimiento, ayudando a priorizar el mantenimiento preventivo y a reducir el tiempo de inactividad inesperado.

Un MTBF alto indica que el equipo es confiable y presenta pocas fallas durante su operación, lo que generalmente refleja un buen estado de mantenimiento y mayor eficiencia operativa. Por otro lado, un valor bajo de MTBF puede señalar que un equipo presenta una alta frecuencia de fallas, lo que podría requerir una revisión en los procedimientos de mantenimiento, la necesidad de piezas de repuesto más adecuadas o, incluso, la necesidad de considerar su reemplazo.

Para el cálculo del tiempo medio entre fallas lo primero que se determinó fue el tiempo total de operación, dado que los equipos no operan todos en simultáneo durante toda la jornada, se consideraron diferentes tiempos operativos según su rol en la producción, para lo cual se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Las jornadas laborales son de lunes a viernes de 08:00 a 12:00 y de 14:00 a 18:00, y sábados de 08:00 a 12:00.
- Las semanas laborables en un año son 48.
- La producción de linaza blanca se realiza mayormente de 3 a 4 veces por semana en turnos de la mañana.
- A continuación, se muestra un cursograma analítico para determinar la cantidad de tiempo en la que se utiliza cada uno de los equipos por día de producción:

Figura 4-6*Cursograma analítico del proceso de producción de la linaza blanca*

CURSOGRAMA ANALITICO DEL PROCESO						
Hoja N° 1 /1	Diagrama N° 1	Operac.	X	Mat.	Maqui.	
Proceso: Producción de Linaza Blanca		RESUMEN				
Fecha: 24/05/2025		SIMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.
Método: Actual (X) Propuesto ()		●	Operación	10		
Elaborado por: Teresa Belén Goitia Sánchez		→	Transporte	10		
		■	Inspección	4		
		▢	Espera	1		
		▼	Almacenaje	1		
Total de Actividades Realizadas				26		
Distancia Total en Metros				65		
Tiempo en Minutos				366		
Nº	Descripción del Proceso	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	SIMBOLOS PROCESOS	
1	Recepción de materia prima	1	15	5	●	→
2	Pesado de materia prima en balanza	1	0	10	●	→
3	Verificación de cantidades pesadas	1	0	3	●	→
4	Transporte al área de molienda	1	7	3	●	→
5	Molienda de linaza	1	0	30	●	→
6	Transporte hacia tanques de cocimiento	1	9	5	●	→
7	Carga de harina de linaza y agua	1	0	10	●	→
8	Cocimiento de linaza	1	0	60	●	→
9	Revisión de parámetros de cocción	1	0	3	●	→
10	Descarga hacia recipientes de reposo	1	2	20	●	→
11	Reposo del producto	1	0	30	●	→
12	Agregado de azúcar	1	0	10	●	→
13	Transporte hacia zaranda	1	5	7	●	→
14	Filtrado por zaranda vibratoria	1	0	20	●	→
15	Transporte hacia tanques de almacenamiento	1	4	4	●	→
16	Dosificación de insumos	1	0	10	●	→
17	Mezclado de insumos	1	0	5	●	→
18	Transporte hacia pasteurizador	1	5	3	●	→
19	Pasteurización del producto	1	0	20	●	→
20	Verificación de temperatura y condiciones	1	0	4	●	→
21	Transporte hacia la envasadora	1	3	4	●	→
22	Envasado en botellas	1	0	50	●	→
23	Inspección visual del llenado	1	0	5	●	→
24	Transporte hacia cámara de frío	1	5	25	●	→
25	Almacenamiento en cámara de frío	1	0	-	●	→
26	Carga para distribución	1	10	20	●	→
Total		26	65	366		

Fuente: Empresa Delicious*Elaboración:* Propia

Considerando el tiempo de operación total diario de cada uno de los procesos y el hecho de que las cámaras de frío funcionan de forma continua sin detenerse, en la siguiente tabla se determinará el tiempo de operación total anual:

Cuadro IV-20

Valores del Tiempo de Operación Total Calculados

Equipo	Tiempo Total de Operación Diario (Horas)	Días de Producción de Linaza Blanca en un Año	Tiempo Total de Operación Diario (Horas)
Molino para Granos	0,50	192	96
Balanza	0,22	192	41,6
Zaranda	0,33	192	64
Tanques de Cocimiento 1	1	192	192
Tanque de Cocimiento 2	1	192	192
Tanque de Cocimiento 3	1	192	192
Tanque de Cocimiento 4	1	192	192
Pasteurizador	0,4	192	76,8
Envasadora	0,92	192	176
Tanque de Almacenaje 1	0,25	192	48
Tanque de Almacenaje 2	0,25	192	48
Cámara de Frío 1	24	192	4608
Cámara de Frío 2	24	192	4608

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

El número de fallas se estimó a partir de los registros de mantenimiento disponibles, complementados con observaciones de campo y entrevistas con el personal de planta, debido a que no todos los eventos están documentados formalmente.

A continuación, se presenta la tabla con los valores del MTBF calculados para los equipos en la producción de linaza blanca. Esta información proporciona una visión clara de la fiabilidad de cada activo y servirá como base para las recomendaciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

Cuadro IV-21

Valores del MTBF Calculados

Equipo	Tiempo Total de Operación (Horas)	Número de Fallas	MTBF (Horas)
Molino para Granos	96,0	4	24,0
Balanza	41,6	2	20,8
Zaranda	64,0	3	21,3
Tanques de Cocimiento 1	192,0	2	96,0
Tanque de Cocimiento 2	192,0	1	192,0
Tanque de Cocimiento 3	192,0	2	96,0
Tanque de Cocimiento 4	192,0	1	192,0
Pasteurizador	76,8	3	25,6
Envasadora	176,0	5	35,2
Tanque de Almacenaje 1	48,0	1	48,0
Tanque de Almacenaje 2	48,0	1	48,0
Cámara de Frío 1	4608,0	2	2304,0
Cámara de Frío 2	4608,0	1	4608,0

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

4.6.2. Fiabilidad actual de cada activo

La fiabilidad de un equipo se refiere a su capacidad para realizar su función de manera efectiva y sin fallas durante un período determinado, bajo condiciones específicas de operación. Este indicador permite evaluar el desempeño de la

maquinaria a lo largo del tiempo, proporcionando información crítica sobre la probabilidad de que un equipo continúe operando sin interrupciones en el futuro cercano.

La fiabilidad es fundamental para anticipar las necesidades de mantenimiento preventivo y para identificar equipos que puedan requerir una atención especial antes de que se produzcan fallas graves. Este análisis tiene como objetivo ayudar a priorizar intervenciones de mantenimiento y mejorar la gestión de los activos.

La fiabilidad de un equipo se calcula generalmente mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fiabilidad} = e^{\left(-\frac{t}{MTBF}\right)}$$

Donde:

- t es el tiempo de operación esperado durante el cual se desea que el equipo funcione sin fallar (expresado en horas).
- MTBF es el Tiempo Medio Entre Fallas, calculado previamente.

El resultado de este cálculo es un valor comprendido entre 0 y 1, donde un valor cercano a 1 indica una alta fiabilidad, y un valor cercano a 0 indica una baja fiabilidad.

Es importante destacar que, en este análisis, el parámetro t no será igual para todos los equipos, ya que el proceso productivo de linaza blanca no es continuo y cada equipo interviene en distintas etapas. Por lo tanto, se ha estimado el tiempo de operación mensual efectivo de cada equipo, considerando que la producción se realiza aproximadamente 3 a 4 veces por semana durante jornadas matutinas. Como ejemplo, el molino para granos opera cerca de 2 horas semanales, por lo que su t mensual será de aproximadamente 8 horas. Este valor se adaptará según el rol y frecuencia de uso de cada equipo.

La medición de la fiabilidad actual permitirá identificar aquellos equipos con mayor probabilidad de fallar en el corto plazo, lo que posibilitará tomar decisiones informadas respecto a su mantenimiento preventivo y correctivo.

- Alta Fiabilidad (cerca de 1): Un equipo con alta fiabilidad tiene pocas probabilidades de fallar en el futuro cercano. Este equipo está operando de manera óptima y no requiere intervenciones frecuentes.
- Baja Fiabilidad (cerca de 0): Un equipo con baja fiabilidad indica que es más propenso a fallar en el futuro cercano, lo que puede requerir una mayor atención para evitar paradas inesperadas y mantener la continuidad de la producción.

A continuación, se presenta la tabla con los valores de fiabilidad actual para los equipos en la producción de linaza blanca. Esta información ayudará a priorizar las acciones de mantenimiento y optimizar la operación de la planta.

Cuadro IV-22
Valores del Fiabilidad Actual

Equipo	MTBF (Horas)	Tiempo de Operación Esperado en un Mes (Horas)	Fiabilidad Actual
Molino para Granos	24,0	8,0	0,72
Balanza	20,8	3,5	0,84
Zaranda	21,3	5,3	0,78
Tanques de Cocimiento 1	96,0	16,0	0,85
Tanque de Cocimiento 2	192,0	16,0	0,92
Tanque de Cocimiento 3	96,0	16,0	0,85
Tanque de Cocimiento 4	192,0	16,0	0,92
Pasteurizador	25,6	6,4	0,78
Envasadora	35,2	14,7	0,66
Tanque de Almacenaje 1	48,0	4,0	0,92
Tanque de Almacenaje 2	48,0	4,0	0,92
Cámara de Frío 1	2304,0	720,0	0,73
Cámara de Frío 2	4608,0	720,0	0,86

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

4.7. Importancia Operativa y Selección de Equipos

Este apartado evalúa la relevancia de los equipos en la producción de linaza dentro de la empresa Delicious Tarija. El análisis de importancia operativa permite identificar qué equipos y fallas tienen mayor impacto en la continuidad y eficiencia de la producción.

4.7.1. Análisis de Criticidad

Este análisis tiene como objetivo identificar y clasificar los equipos según su importancia operativa en la producción de linaza blanca. Para lograrlo, se ha utilizado un enfoque cualitativo y uno cuantitativo, que permiten evaluar la criticidad desde diferentes perspectivas y complementar los resultados obtenidos.

El análisis de criticidad cualitativo se basa en la categorización de los equipos en tres niveles de importancia:

- **Equipos Críticos:** Aquellos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados. Su correcta operación es esencial para evitar pérdidas económicas y garantizar la calidad del producto final.
- **Equipos Importantes:** Equipos cuya avería puede impactar en la producción, pero cuyas consecuencias son asumibles. Aunque su parada puede causar inconvenientes, el impacto no es inmediato ni catastrófico.
- **Equipos Prescindibles:** Equipos que tienen una incidencia escasa en los resultados. Su fallo puede suponer una pequeña incomodidad, pero no afecta de manera significativa la operación global de la planta.

Para realizar la clasificación de los equipos, se consideran cuatro criterios de evaluación: producción, calidad, mantenimiento y seguridad. Cada uno de estos aspectos es fundamental para determinar la criticidad de los equipos en función de su impacto directo en las operaciones diarias y en la calidad del producto final. Para la evaluación de la criticidad se utilizó como base la tabla propuesta por (García Garrido, 2010) la cual se presenta en el Anexo 3.

A continuación, se presenta una tabla que detalla la criticidad de cada equipo en función de estos criterios.

Cuadro IV-23

Análisis de Criticidad Cualitativo

Equipo	Producción	Calidad	Mantenimiento	Seguridad	Categoría de Criticidad Total
Molino para Granos	Crítico Afecta producción.	Importante Afecta la calidad.	Crítico Altos costes.	Importante Riesgo Bajo.	Crítico
Balanza	Importante Afecta el pesado.	Importante Clave para la calidad.	Prescindible Bajo coste.	Prescindible Sin impacto.	Importante
Zaranda	Importante Afecta el flujo de producción.	Importante Impacta la calidad.	Importante Coste medio.	Prescindible Sin impacto.	Importante
Tanques de Cocimiento	Crítico Esencial para el proceso.	Crítico Afecta la calidad.	Importante Mantenimiento regular.	Importante Riesgo bajo.	Crítico
Pasteurizador	Crítico Esencial para la producción.	Crítico Afecta la calidad.	Crítico Coste elevado	Importante Posible riesgo.	Crítico
Envasadora	Importante Influye, pero es manejable.	Crítico Afecta la calidad.	Importante Coste medio.	Prescindible Sin impacto.	Crítico
Tanques de Almacenaje	Importante Afecta a la producción.	Importante Puede influir en la calidad.	Importante Coste moderado.	Prescindible Riesgo bajo.	Importante
Cámara de Frío	Prescindible No afecta de inmediato.	Importante Mantiene la calidad.	Importante Coste medio.	Crítico Riesgo de almacenaje.	Crítico

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Después de haber clasificado los equipos de manera cualitativa, se realiza un análisis de criticidad cuantitativo para obtener una evaluación más precisa y objetiva del impacto de los equipos. En este enfoque, se consideran dos variables fundamentales: la Gravedad (G) de la falla y la Frecuencia de Falla (F), mismos que fueron obtenidos de las tablas de referencia propuestas en el libro Fundamentos del Mantenimiento Industrial de (Montilla Montaña, 2016) y se encuentran incluidas en el anexo 4.

El análisis se realiza mediante la fórmula:

$$CA = G \times F$$

Donde:

- CA es el valor del análisis de criticidad.
- G es la gravedad de la ocurrencia de una falla en un área o sección.
- F es la frecuencia de ocurrencia de la falla.

A continuación, se presenta la tabla con el cálculo de la criticidad para cada uno de los equipos evaluados, donde se asigna un valor de gravedad y probabilidad a cada equipo y se obtiene el valor final de criticidad:

Cuadro IV-24

Análisis de Criticidad Cuantitativo

Equipo	Gravedad (G)	Frecuencia de Ocurrencia (F)	Criticidad (CA = G x F)
Molino para Granos	8	4	32
Balanza	5	6	30
Zaranda	6	5	30
Tanques de Cocimiento	9	3	27
Pasteurizador	9	4	36
Envasadora	7	6	42
Tanques de Almacenaje	5	7	35
Cámara de Frío	4	8	32

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Los resultados del análisis cuantitativo de criticidad revelan las prioridades de intervención en función del impacto de las fallas y la probabilidad de su ocurrencia. Según los cálculos obtenidos, la Envasadora ha sido identificada como el equipo más crítico, con una criticidad total de 42, lo que resalta la alta probabilidad de fallos y su impacto directo en la calidad y continuidad de la producción. A continuación, el Molino para Granos y la Cámara de Frío presentan una criticidad de 32, lo que indica que, aunque su probabilidad de fallo es menor que la de la Envasadora, su gravedad es significativa y afecta de manera crítica el proceso. El Pasteurizador, con una criticidad de 36, también destaca como un equipo crucial debido a la alta gravedad de su falla y la probabilidad de su ocurrencia, lo que subraya su importancia en la cadena de producción. Estos resultados proporcionan una visión clara de los equipos que requieren un enfoque más riguroso en sus estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo, con el objetivo de mitigar posibles paradas y asegurar la eficiencia operativa de la planta.

4.7.2. Selección de Equipos para Análisis RCM

Para la selección de los equipos que serán objeto del análisis de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), se consideraron tres enfoques complementarios: el análisis de criticidad cualitativo, el análisis cuantitativo (basado en la gravedad y frecuencia de fallas) y el cálculo de la fiabilidad mensual estimada para cada equipo. Esta integración de criterios permite priorizar de manera objetiva los activos más importantes dentro del proceso productivo de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija. Se buscó identificar aquellos equipos con alto impacto en la producción y calidad, alta propensión a fallas o baja fiabilidad, con el fin de focalizar en ellos las estrategias de mantenimiento más detalladas y eficaces.

Equipos seleccionados para el Análisis RCM:

- Envasadora

Fue seleccionada por ser el equipo con mayor nivel de criticidad cuantitativa ($CA = 42$) y una de las fiabilidades más bajas (0,66). En el análisis cualitativo, también se identificó como crítica por su influencia

directa en la calidad final del producto. Su falla genera interrupciones en las últimas etapas de producción, impactando tanto el cumplimiento de pedidos como la integridad del producto terminado. Su posición estratégica al final de la línea y su alta exigencia operativa la convierten en un activo prioritario para una estrategia RCM.

- Molino para Granos

Se clasifica como crítico en todos los aspectos del análisis cualitativo (producción, calidad y mantenimiento), y presenta una fiabilidad moderada (0,72) que puede afectar negativamente el inicio del proceso productivo si se presenta una falla. Aunque su criticidad cuantitativa ($CA = 32$) no es la más alta, se mantiene en un nivel considerable. Dado que este equipo se utiliza en la etapa inicial del proceso, cualquier interrupción en su funcionamiento tiene efectos en cascada sobre el resto de las operaciones.

- Pasteurizador

Presenta una combinación significativa de resultados: criticidad cuantitativa alta ($CA = 36$), evaluación crítica en el análisis cualitativo y una fiabilidad baja (0,78). Al estar relacionado directamente con la inocuidad del producto, una falla en este equipo representa riesgos no solo productivos, sino también sanitarios. Su correcto funcionamiento es esencial para asegurar la seguridad alimentaria y el cumplimiento de las normativas, por lo cual su análisis detallado es indispensable.

- Cámara de Frío 1

Si bien no fue clasificada como crítica en el análisis cualitativo en cuanto a producción, sí lo fue en términos de seguridad y mantenimiento. En el análisis cuantitativo obtuvo una criticidad notable ($CA = 32$), y su fiabilidad mensual estimada es relativamente baja (0,73), a pesar de operar muchas más horas que el resto de los equipos. Dado su rol clave en la conservación del producto final, una falla en este equipo podría generar pérdidas significativas por deterioro, afectando

directamente la calidad percibida por el cliente y la continuidad de la distribución.

Este proceso de selección permitirá focalizar los esfuerzos de mantenimiento en los equipos más críticos, asegurando que los recursos se utilicen de manera eficiente y que se minimicen los riesgos asociados con fallos no planificados.

4.8. Análisis Funcional y de Fallas según el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

4.8.1. Análisis Funcional de los Equipos Seleccionados

El análisis funcional constituye una etapa fundamental dentro del enfoque de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), ya que permite comprender en profundidad cómo debe operar cada equipo dentro del proceso productivo y cuáles son sus funciones principales, tanto a nivel general como específico. Este análisis parte del principio de que cada activo posee una o más funciones que debe cumplir en condiciones normales de operación, y que cualquier desviación de estas funciones representa un modo de falla que debe ser gestionado oportunamente.

Para ello, se identifican los sistemas y subsistemas o elementos que conforman cada equipo, así como las funciones asociadas a cada uno de ellos. Esto facilita el estudio posterior de los modos de falla y sus efectos.

El presente análisis se enfoca en los cuatro equipos seleccionados como críticos tras la evaluación de su importancia operativa, criticidad y fiabilidad: la envasadora, el molino para granos, el pasteurizador y la cámara de frío 1. La información obtenida en esta etapa será empleada en el desarrollo del análisis AMFEC (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) para cada uno de estos equipos, lo que permitirá definir estrategias adecuadas de mantenimiento basadas en su comportamiento funcional y en los riesgos asociados a sus fallas.

A continuación, se presenta la tabla que detalla los sistemas, elementos y funciones principales de los equipos seleccionados:

Cuadro IV-25
Identificación de Funciones por Sistemas y Elementos

Equipo	Sistema	Elementos	Función
Molino para Granos	Sistema de Corte y Molienda	Cuchillas de acero	Triturar las semillas de linaza para obtener harina de granulometría adecuada.
		Martillos de impacto	Ejecutar el impacto para la reducción del tamaño de partícula.
		Zarandas	Clasificar el tamaño de partícula según la malla utilizada.
	Sistema de Transmisión	Motor eléctrico	Proporcionar la energía mecánica para la operación del molino.
		Eje de transmisión	Transmitir el movimiento al sistema de corte.
	Sistema de Alimentación	Tolva de entrada	Dirigir las semillas hacia el sistema de corte.
	Sistema de Descarga	Boca de descarga	Facilitar la evacuación del producto molido.
	Sistema Estructural	Soporte metálico	Sostener y estabilizar todos los componentes del molino.
	Sistema de Protección	Pintura anticorrosiva	Prevenir la corrosión y alargar la vida útil del equipo.
		Cubierta de seguridad	Evitar el contacto accidental con partes móviles.
Pasteurizador	Sistema de Intercambio de Calor	Intercambiador de calor de placas	Transferir calor entre el producto y el medio térmico sin contacto directo.
		Placas de transferencia térmica	Aumentar o disminuir la temperatura del líquido procesado.
		Juntas	Prevenir fugas y mantener la separación de fluidos.
	Sistema de Control de Flujo	Bombas de impulsión	Impulsar el fluido a través del sistema a presión constante.
		Válvulas de control	Regular el paso del fluido en las diferentes secciones del sistema.

Envasadora lineal (8 picos)	Sistema de Calentamiento	Entrada de agua caliente o vapor	Aportar la energía térmica necesaria para el proceso de pasteurización.
	Sistema de Control de Temperatura	Sensores y termómetros	Monitorear y controlar la temperatura del proceso en tiempo real.
	Sistema de Seguridad e Higiene	Panel de control	Coordinar el funcionamiento de los elementos y ajustes del proceso.
		Boquillas de limpieza CIP	Facilitar la limpieza automática sin desmontar el equipo.
	Sistema Estructural	Bastidor de sujeción	Soportar todos los componentes del sistema de forma estable y segura.
	Sistema de Dosificación y Llenado	Boquillas dosificadoras	Llenar de forma simultánea los envases con el producto.
		Tolva de alimentación	Contener el producto listo para ser envasado.
		Bomba dosificadora	Impulsar el producto hacia las boquillas con precisión.
	Sistema de Transporte de Envases	Banda transportadora	Desplazar los envases a través de las etapas de llenado y salida.
		Plato acumulador de entrada/salida	Recibir y ordenar envases antes y después del proceso.
	Sistema de Posicionamiento	Orientador de envases	Asegurar que los envases estén correctamente posicionados para el llenado.
	Sistema de Control de Nivel	Sensores de nivel	Detectar el nivel de producto en la tolva y evitar sobrelleñado o vacíos.
	Sistema de Control y Supervisión	Panel de control	Configurar y supervisar los parámetros de operación.

	Estructura General	Chasis o bastidor de acero inoxidable	Sostener y alinear todos los componentes del sistema.
Cámaras de Frío	Sistema de Refrigeración	Unidad condensadora	Expulsar el calor absorbido del interior de la cámara.
		Unidad evaporadora	Absorber el calor del interior, reduciendo la temperatura.
	Sistema de Control de Temperatura	Termostato	Regular y mantener la temperatura deseada en el interior de la cámara.
	Sistema de Aislamiento Térmico	Paneles aislantes	Impedir la transferencia térmica con el exterior.
		Puerta aislante	Mantener la temperatura interna aislada del ambiente exterior.
	Sistema Eléctrico	Tablero de control	Distribuir y proteger el suministro eléctrico del sistema.
	Sistema de Iluminación Interna	Luminaria led	Iluminar el interior de la cámara de manera eficiente.
	Sistema de Seguridad	Alarma de temperatura	Alertar sobre desviaciones en la temperatura establecida.
		Desagüe	Drenar el agua condensada dentro de la cámara.

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

4.8.2. Fallas Funcionales y Fallas Técnicos

En este punto se identificaron las fallas funcionales y técnicas de los equipos seleccionados para el análisis RCM: molino de granos, pasteurizador, envasadora y cámara de frío 1. Para esto, se tomó como base el análisis funcional ya desarrollado en el apartado anterior, donde se definieron las funciones que cumple cada uno de los elementos que componen los diferentes sistemas de cada equipo seleccionado.

A partir de esas funciones previamente establecidas, se determinaron las fallas funcionales como aquellas situaciones en las que un sistema o componente no puede cumplir con la función que se espera de él, es decir, cuando deja de hacer lo que debería hacer en condiciones normales. Por ejemplo, si el sistema de dosificación de la envasadora no llena las botellas, se considera una falla funcional, ya que no está cumpliendo su propósito principal.

Por otro lado, se identificaron fallas técnicas como los problemas o desviaciones que no impiden completamente el funcionamiento del equipo, pero que afectan su desempeño o podrían generar un deterioro más rápido si no se corrigen a tiempo.

Estas fallas se definieron teniendo en cuenta la experiencia del personal operativo, observaciones en planta y los registros disponibles. El objetivo de esta identificación es anticiparse a los modos de fallo más probables y establecer acciones de mantenimiento más específicas y efectivas para cada equipo.

Este análisis es clave para definir qué tipos de fallas deben ser atendidos de forma prioritaria, permitiendo establecer estrategias adecuadas de mantenimiento preventivo o correctivo según el tipo de desviación identificada

Cuadro IV-26
Identificación de Fallas Funcionales y Técnicas

Equipo	Sistema	Fallas Funcionales	Fallas Técnicas
Molino para Granos	Sistema de Corte y Molienda	No realiza la trituración de las semillas.	Cuchillas desafiladas o rotas. Martillos desgastados o flojos. Obstrucción por acumulación de material. Desalineación de componentes internos.
		Zarandas no clasifican el tamaño de partícula adecuadamente.	Malla dañada o perforada. Malla incorrectamente instalada Obstrucción por residuos.
	Sistema de Transmisión	No transmite el movimiento al sistema de corte.	Falla del motor eléctrico.
			Correa o polea desgastada o rota.
			Eje desalineado o dañado.
	Sistema de Alimentación	No permite el paso de semillas al sistema de corte.	Obstrucción en la tolva.
			Daños estructurales en la tolva.
			Entrada irregular de materia prima.
	Sistema de Descarga	No descarga correctamente el producto molido.	Atasco en la boca de descarga.
			Acumulación de harina húmeda.
			Deficiente inclinación del canal de salida.
	Sistema Estructural	No sostiene adecuadamente el equipo durante su operación.	Vibraciones excesivas.
			Pérdida de nivelación.
			Fatiga del material estructural.
	Sistema de Protección	No protege adecuadamente al operador.	Cubierta suelta o ausente.
			Daños en el sistema de fijación.

			Desprendimiento de pintura anticorrosiva.
Pasteurizador	Sistema de Intercambio de Calor	No transfiere el calor necesario para el proceso de pasteurización.	Placas obstruidas por residuos.
	Fugas en las juntas.		
	Placas corroídas o mal alineadas.		
	Acumulación de incrustaciones.		
	Sistema de Control de Flujo	El fluido no circula adecuadamente por el sistema.	Fallo en la bomba de impulsión.
	Vibración excesiva de la bomba.		
	Válvula atascada o con fugas.		
	Regulación inexacta del flujo.		
	Sistema de Calentamiento	No se genera el calor necesario para pasteurizar el producto.	Ausencia o baja presión de agua caliente o vapor.
	Fugas en la línea de ingreso.		
	Acumulación de aire en la tubería.		
	Sistema de Control de Temperatura	No detecta ni regula la temperatura del proceso.	Fallo de sensores.
	Descalibración de termómetros.		
	Desconexión del sistema de medición.		
	Sistema de Seguridad e Higiene	No se asegura la correcta operación ni la higiene del equipo.	Panel con fallos en la interfaz o controles.
	Boquillas CIP obstruidas o mal orientadas.		
	Fallos en la programación del ciclo de limpieza.		
	Sistema Estructural	No sostiene adecuadamente el sistema durante la operación.	Desgaste o corrosión en el bastidor.
	Fisuras en la estructura por fatiga.		
	Falta de nivelación que afecte el flujo.		

Envasadora lineal (8 picos)	Sistema de Dosificación y Llenado	No llena los envases con el producto.	Boquillas obstruidas o con goteo.
	Sistema de Transporte de Envases		Desgaste en bomba dosificadora.
	Sistema de Transporte de Envases		Mal acoplamiento entre la bomba y las boquillas.
	Sistema de Transporte de Envases		Fugas en la tolva.
	Sistema de Posicionamiento	No alinea correctamente los envases para el llenado.	Banda desalineada o con rotura.
	Sistema de Control de Nivel		Plato acumulador mal sincronizado o trabado.
	Sistema de Control de Nivel		Fallo del motor de arrastre.
	Sistema de Control y Supervisión	No detecta correctamente el nivel del producto en la tolva.	Desajuste en el orientador.
	Estructura General		Acumulación de envases mal posicionados.
	Estructura General		Mal funcionamiento del sistema de detección de envases.
	Sistema de Control y Supervisión	No permite configurar o supervisar adecuadamente los parámetros de llenado.	Sensores descalibrados o sucios.
	Estructura General		Falsas lecturas por interferencias.
	Estructura General		Sensor desconectado.
	Sistema de Control y Supervisión		Fallo de software en el panel.
	Estructura General	No sostiene correctamente los componentes, generando inestabilidad.	Botones con fallas.
	Estructura General		Problemas eléctricos internos.
	Estructura General		Vibraciones excesivas por falta de rigidez.
	Estructura General		Corrosión del chasis.
	Estructura General		Tornillería suelta que afecta la alineación.

Cámaras de Frío	Sistema de Refrigeración	No logra reducir ni mantener la temperatura interna requerida.	Fugas de gas refrigerante.
	Sistema de Control de Temperatura		Fallo en el compresor de la unidad condensadora.
	Obstrucción en el evaporador.		
	Acumulación de escarcha excesiva.		
	Sistema de Aislamiento Térmico	No regula ni mantiene la temperatura interna según lo establecido.	Termostato descalibrado.
			Fallo eléctrico del sensor.
			Lecturas inexactas por daño o suciedad.
	Sistema Eléctrico	Pérdida de temperatura interna por ingreso de calor exterior.	Paneles deteriorados o mal sellados.
			Puerta con sellos dañados.
			Apertura frecuente sin cierre hermético.
	Sistema de Iluminación Interna	No suministra energía a los sistemas de refrigeración o control.	Fallo en el tablero de control.
			Sobrecargas eléctricas.
			Cortocircuitos.
	Sistema de Seguridad	No proporciona iluminación dentro de la cámara.	Lámpara LED fundida o desconectada.
			Interruptor dañado.
			Fallo en el circuito de iluminación.
		No alerta sobre cambios críticos de temperatura.	Alarma de temperatura inactiva.
			Sensor de alarma defectuoso.
		No drena adecuadamente el agua condensada.	Desconfiguración de límites de alerta.
			Obstrucción en el desagüe.
			Acumulación de agua en el piso.
			Fugas por conexiones sueltas.

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

4.8.3. Clasificación de Fallas

Después de identificar las fallas funcionales y técnicas en los equipos seleccionados (molino de granos, pasteurizador, envasadora y cámara de frío), se clasificaron según el impacto que podrían tener en la operación y los costos asociados. Esta clasificación ayuda a decidir qué fallas deben evitarse y cuáles pueden ser solo controladas para minimizar sus efectos.

La siguiente tabla muestra un resumen de esta clasificación para cada equipo y tipo de falla:

Cuadro IV-27
Clasificación de Fallas

Equipo	Tipo de Falla	Falla Identificada	Clasificación
Molino para Granos	No realiza la trituración de las semillas.	Funcional	A evitar
	Cuchillas desafiladas o rotas.	Técnico	A amortiguar
	Martillos desgastados o flojos.	Técnico	A amortiguar
	Obstrucción por acumulación de material.	Técnico	A amortiguar
	Desalineación de componentes internos.	Técnico	A amortiguar
	Zarandas no clasifican el tamaño de partícula adecuadamente.	Funcional	A amortiguar
	Malla dañada o perforada.	Técnico	A evitar
	Malla incorrectamente instalada	Técnico	A amortiguar
	Obstrucción por residuos.	Técnico	A amortiguar
	No transmite el movimiento al sistema de corte.	Funcional	A evitar
	Falla del motor eléctrico.	Técnico	A evitar
	Correa o polea desgastada o rota.	Técnico	A amortiguar
	Eje desalineado o dañado.	Técnico	A amortiguar
	No permite el paso de semillas al sistema de corte.	Funcional	A evitar
	Obstrucción en la tolva.	Técnico	A amortiguar
	Daños estructurales en la tolva.	Técnico	A amortiguar

	Entrada irregular de materia prima.	Técnico	A amortiguar
	No descarga correctamente el producto molido.	Funcional	A amortiguar
	Atasco en la boca de descarga.	Técnico	A amortiguar
	Acumulación de harina húmeda.	Técnico	A amortiguar
	Deficiente inclinación del canal de salida.	Técnico	A amortiguar
	No sostiene adecuadamente el equipo durante su operación.	Funcional	A evitar
	Vibraciones excesivas.	Técnico	A amortiguar
	Pérdida de nivelación.	Técnico	A amortiguar
	Fatiga del material estructural.	Técnico	A amortiguar
	No protege adecuadamente al operador.	Funcional	A amortiguar
	Cubierta suelta o ausente.	Técnico	A evitar
	Daños en el sistema de fijación.	Técnico	A amortiguar
	Desprendimiento de pintura anticorrosiva.	Técnico	A amortiguar
Pasteurizador	No transfiere el calor necesario para el proceso de pasteurización.	Funcional	A evitar
	Placas obstruidas por residuos.	Técnico	A amortiguar
	Fugas en las juntas.	Técnico	A amortiguar
	Placas corroídas o mal alineadas.	Técnico	A amortiguar
	Acumulación de incrustaciones.	Técnico	A amortiguar
	El fluido no circula adecuadamente por el sistema.	Funcional	A evitar
	Fallo en la bomba de impulsión.	Técnico	A evitar
	Vibración excesiva de la bomba.	Técnico	A amortiguar
	Válvula atascada o con fugas.	Técnico	A amortiguar
	Regulación inexacta del flujo.	Técnico	A amortiguar
	No se genera el calor necesario para pasteurizar el producto.	Funcional	A evitar
	Ausencia o baja presión de agua caliente o vapor.	Técnico	A amortiguar
	Fugas en la línea de ingreso.	Técnico	A amortiguar
	Acumulación de aire en la tubería.	Técnico	A amortiguar
	No detecta ni regula la temperatura del proceso.	Funcional	A evitar

	Fallo de sensores.	Técnico	A amortiguar
	Descalibración de termómetros.	Técnico	A amortiguar
	Desconexión del sistema de medición.	Técnico	A amortiguar
	No se asegura la correcta operación ni la higiene del equipo.	Funcional	A amortiguar
	Panel con fallos en la interfaz o controles.	Técnico	A amortiguar
	Boquillas CIP obstruidas o mal orientadas.	Técnico	A amortiguar
	Fallos en la programación del ciclo de limpieza.	Técnico	A amortiguar
	No sostiene adecuadamente el sistema durante la operación.	Funcional	A evitar
	Desgaste o corrosión en el bastidor.	Técnico	A amortiguar
	Fisuras en la estructura por fatiga.	Técnico	A amortiguar
	Falta de nivelación que afecte el flujo.	Técnico	A amortiguar
Envasadora lineal (8 picos)	No llena los envases con el producto.	Funcional	A evitar
	Boquillas obstruidas o con goteo.	Técnico	A amortiguar
	Desgaste en bomba dosificadora.	Técnico	A amortiguar
	Mal acoplamiento entre la bomba y las boquillas.	Técnico	A amortiguar
	Fugas en la tolva.	Técnico	A amortiguar
	No transporta los envases a través de las estaciones de llenado.	Funcional	A amortiguar
	Banda desalineada o con rotura.	Técnico	A amortiguar
	Plato acumulador mal sincronizado o trabado.	Técnico	A amortiguar
	Fallo del motor de arrastre.	Técnico	A amortiguar
	No alinea correctamente los envases para el llenado.	Funcional	A amortiguar
	Desajuste en el orientador.	Técnico	A amortiguar
	Acumulación de envases mal posicionados.	Técnico	A amortiguar
	Mal funcionamiento del sistema de detección de envases.	Técnico	A amortiguar
	No detecta correctamente el nivel del producto en la tolva.	Funcional	A evitar
	Sensores descalibrados o sucios.	Técnico	A amortiguar
	Falsas lecturas por interferencias.	Técnico	A amortiguar
	Sensor desconectado.	Técnico	A amortiguar

Cámaras de Frío	No permite configurar o supervisar adecuadamente los parámetros de llenado.	Funcional	A amortiguar
	Fallo de software en el panel.	Técnico	A amortiguar
	Botones con fallas.	Técnico	A amortiguar
	Problemas eléctricos internos.	Técnico	A amortiguar
	No sostiene correctamente los componentes, generando inestabilidad.	Funcional	A evitar
	Vibraciones excesivas por falta de rigidez.	Técnico	A amortiguar
	Corrosión del chasis.	Técnico	A amortiguar
	Tornillería suelta que afecta la alineación.	Técnico	A amortiguar
	No logra reducir ni mantener la temperatura interna requerida.	Funcional	A evitar
	Fugas de gas refrigerante.	Técnico	A amortiguar
	Fallo en el compresor de la unidad condensadora.	Técnico	A amortiguar
	Obstrucción en el evaporador.	Técnico	A amortiguar
	Acumulación de escarcha excesiva.	Técnico	A amortiguar
	No regula ni mantiene la temperatura interna según lo establecido.	Funcional	A evitar
	Termostato descalibrado.	Técnico	A amortiguar
	Fallo eléctrico del sensor.	Técnico	A amortiguar
	Lecturas inexactas por daño o suciedad.	Técnico	A amortiguar
	Pérdida de temperatura interna por ingreso de calor exterior.	Funcional	A evitar

Interruptor dañado.	Técnico	A amortiguar
Fallo en el circuito de iluminación.	Técnico	A amortiguar
No alerta sobre cambios críticos de temperatura.	Funcional	A evitar
Alarma de temperatura inactiva.	Técnico	A amortiguar
Sensor de alarma defectuoso.	Técnico	A amortiguar
Desconfiguración de límites de alerta.	Técnico	A amortiguar
No drena adecuadamente el agua condensada.	Funcional	A amortiguar
Obstrucción en el desagüe.	Técnico	A amortiguar
Acumulación de agua en el piso.	Técnico	A amortiguar
Fugas por conexiones sueltas.	Técnico	A amortiguar

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Esta clasificación permite enfocar los recursos y esfuerzos de mantenimiento en evitar las fallas más críticas que afectan la producción y la seguridad, mientras que las fallas menos graves se manejan para limitar su impacto sin afectar la continuidad operativa.

4.8.4. Diagrama de Pareto de Fallas

En este apartado se presenta el análisis de las fallas más frecuentes que afectan a los equipos seleccionados para el Análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), los cuales son clave en la producción de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija.

Este análisis se basa en el principio de Pareto, que plantea que una minoría de causas (aproximadamente el 20 %) suele generar la mayoría de los efectos (aproximadamente el 80 %). En este contexto, se busca identificar aquellas fallas que, por su alta frecuencia, generan el mayor impacto en la continuidad operativa y que, por lo tanto, deben ser priorizadas en las estrategias de mantenimiento.

Para la elaboración de este análisis se utilizaron datos correspondientes a un período de un año, obtenidos tanto de los registros de mantenimiento de la empresa como de entrevistas realizadas al personal técnico y de producción. Dado que no todas las fallas fueron documentadas formalmente, la experiencia de los operadores y encargados de mantenimiento permitió complementar los registros, generando un panorama más completo de las fallas recurrentes.

A continuación, se presenta la tabla con las fallas agrupadas por tipo, su frecuencia anual estimada, el porcentaje que representan del total, y el porcentaje acumulado. Esta información ha sido organizada de mayor a menor frecuencia para facilitar la construcción del diagrama de Pareto.

Cuadro IV-28

Frecuencias Fallas en Equipos de Producción de Linaza (Periodo 1 año)

Tipo de Falla	Frecuencia Anual	Porcentaje (%)	Porcentaje Acumulado (%)
Error de dosificación	4	14.3 %	14.3 %
Goteo en boquillas	3	10,7%	25,0%
Inestabilidad de temperatura	3	10.7 %	35.7 %

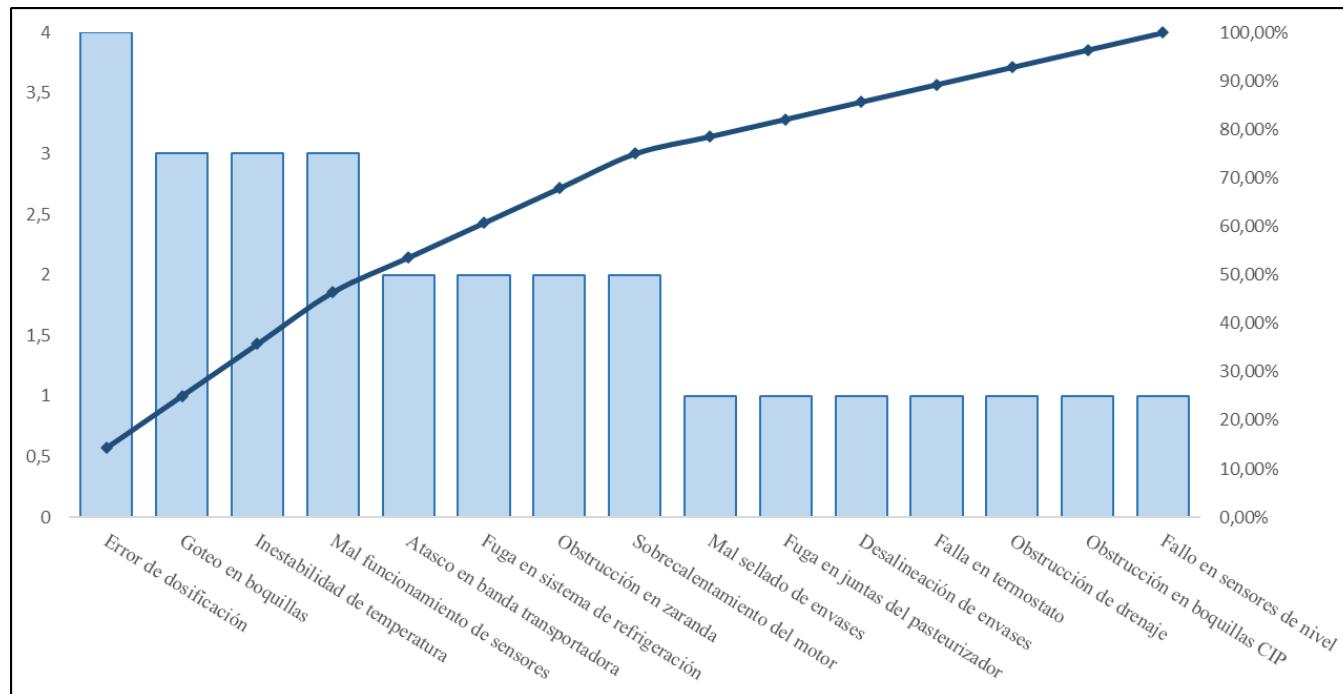
Mal funcionamiento de sensores	3	10,7%	46,4%
Atasco en banda transportadora	2	7.1 %	53.6 %
Fuga en sistema de refrigeración	2	7.1 %	60.7 %
Obstrucción en zaranda	2	7.1 %	67.9 %
Sobrecalentamiento del motor	2	7.1 %	75.0 %
Mal sellado de envases	1	3.6 %	78.6 %
Fuga en juntas del pasteurizador	1	3.6 %	82.1 %
Desalineación de envases	1	3.6 %	85.7 %
Falla en termostato	1	3.6 %	89.3 %
Obstrucción de drenaje	1	3.6 %	92.9 %
Obstrucción en boquillas CIP	1	3.6 %	96.4 %
Fallo en sensores de nivel	1	3.6 %	100.0 %

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Esta tabla permite visualizar claramente cuáles fallas concentran el mayor número de ocurrencias. Por ejemplo, los errores de dosificación y el goteo en boquillas representan juntos el 25 % de los fallos totales. En el gráfico correspondiente (Figura 4-7), estas fallas se representan mediante barras ordenadas por frecuencia, mientras que la línea de porcentaje acumulado permite identificar cuáles se encuentran dentro del umbral del 80 %. Esta visualización facilita la priorización de acciones de mejora sobre las fallas más recurrentes, permitiendo optimizar el desempeño de los equipos clave y minimizar paradas no planificadas.

Figura 4-7
Diagrama de Pareto



Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

4.8.5. Análisis Modo de Falla, Efectos y Criticidad (AMFEC)

A través de la identificación de los modos de fallo y sus efectos, se puede establecer un enfoque proactivo para la gestión del mantenimiento, minimizando las paradas no programadas y mejorando la seguridad y la calidad del producto. En este sentido, se utilizará la siguientes tablas para presentar los resultados del análisis AMFEC de los equipos de la producción de linaza en Delicious Tarija seleccionados para el análisis RCM.

Cuadro IV-29

Análisis de Modo de Falla, Efectos y Criticidad del Molino de Granos

Modo de Falla	Causa	Efecto	Severidad (1 – 10)	Frecuencia (1 – 10)	Detección (1 – 10)	RPN
No realiza la trituración de las semillas	Cuchillas desafiladas o rotas	Interrupción total del proceso de molienda	9	5	4	180
Triturado deficiente	Martillos desgastados o flojos	Partículas de tamaño no deseado, pérdida de calidad	7	6	5	210
Obstrucción de molienda	Acumulación de material	Paro del equipo o sobreesfuerzo del motor	6	5	6	180
Funcionamiento anómalo	Desalineación de componentes internos	Vibraciones o fallo del sistema	8	4	6	192
Zarandas no clasifican adecuadamente	Malla dañada o perforada	Producto fuera de especificación	6	4	5	120
Clasificación incorrecta	Malla mal instalada	Pérdida de eficiencia de clasificación	5	4	5	100
Obstrucción en zaranda	Residuos acumulados	Interrupciones en el flujo de molienda	5	4	6	120
Sin transmisión de movimiento	Falla de motor eléctrico	Paro completo del molino	8	3	5	120

Falla de transmisión	Correa o polea desgastada	Ruidos, vibraciones, paro parcial	6	5	5	150
Movimiento ineficiente	Eje desalineado o dañado	Vibraciones o falla progresiva	7	4	6	168
Alimentación irregular	Obstrucción en la tolva	Corte en flujo de semillas	5	4	5	100
Falla estructural de tolva	Daños en estructura	Riesgo de colapso, alimentación interrumpida	6	3	5	90
Flujo inconsistente	Entrada irregular de materia prima	Producción discontinua	5	4	5	100
Descarga deficiente	Atasco en boca de descarga	Producto acumulado, parada	5	3	5	75
Obstrucción por humedad	Acumulación de harina húmeda	Bloqueos recurrentes	5	4	5	100
Descarga lenta	Deficiente inclinación canal	Pérdida de eficiencia	4	3	5	60
Inestabilidad estructural	Vibraciones excesivas	Riesgo de falla de componentes	6	4	6	144
Nivelación incorrecta	Pérdida de nivelación	Malfuncionamiento de componentes	5	3	5	75
Daño por fatiga estructural	Uso prolongado sin mantenimiento	Colapso parcial o total	7	3	5	105
Exposición del operador	Cubierta suelta o ausente	Accidente o lesión	9	2	7	126
Protección deficiente	Daños en fijación de cubierta	Falta de seguridad operativa	8	3	6	144
Riesgo de deterioro	Desprendimiento de pintura	Corrosión acelerada del equipo	5	4	5	100

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cuadro IV-30*Análisis de Modo de Falla, Efectos y Criticidad del Pasteurizador*

Modo de Falla	Causa	Efecto	Severidad (1 – 10)	Frecuencia (1 – 10)	Detección (1 – 10)	RPN
No transfiere el calor necesario para el proceso de pasteurización	Placas obstruidas por residuos	Producto no alcanza temperatura adecuada	9	6	4	216
	Fugas en las juntas	Pérdida de fluido y riesgo de contaminación	8	5	5	200
	Placas corroídas o mal alineadas	Ineficiencia térmica y riesgo de contaminación	9	4	6	216
	Acumulación de incrustaciones	Reducción en la transferencia de calor	7	5	5	175
El fluido no circula adecuadamente por el sistema	Fallo en la bomba de impulsión	No hay flujo, detiene el proceso	9	5	4	180
	Vibración excesiva de la bomba	Desgaste prematuro y ruido excesivo	6	6	5	180
	Válvula atascada o con fugas	Pérdida de control del flujo	7	5	6	210
	Regulación inexacta del flujo	Inestabilidad del proceso	6	5	5	150
No se genera el calor necesario para pasteurizar el producto	Ausencia o baja presión de agua caliente o vapor	Incapacidad de alcanzar temperatura requerida	8	6	4	192
	Fugas en la línea de ingreso	Pérdida de calor y presión	7	5	6	210
	Acumulación de aire en la tubería	Interrupción en el flujo térmico	6	4	5	120

No detecta ni regula la temperatura del proceso	Fallo de sensores	No hay control de temperatura	8	5	6	240
	Descalibración de termómetros	Datos incorrectos de temperatura	7	5	5	175
	Desconexión del sistema de medición	Sistema inoperante	8	4	5	160
No se asegura la correcta operación ni la higiene del equipo	Panel con fallos en la interfaz o controles	Pérdida de control del proceso	9	4	5	180
	Boquillas CIP obstruidas o mal orientadas	Limpieza deficiente, riesgo de contaminación	8	5	6	240
	Fallos en la programación del ciclo de limpieza	Proceso de limpieza incompleto	7	4	6	168
No sostiene adecuadamente el sistema durante la operación	Desgaste o corrosión en el bastidor	Inestabilidad estructural	7	4	5	140
	Fisuras en la estructura por fatiga	Riesgo de colapso parcial del equipo	8	3	6	144
	Falta de nivelación que afecte el flujo	Flujo irregular, afecta eficiencia	6	4	5	120

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cuadro IV-31*Análisis de Modo de Falla, Efectos y Criticidad de la Envasadora*

Modo de Falla	Causa	Efecto	Severidad (1 – 10)	Frecuencia (1 – 10)	Detección (1 – 10)	RPN
No llena los envases con el producto	Boquillas obstruidas o con goteo	Interrupción del proceso de llenado	9	6	4	216
	Desgaste en bomba dosificadora	Flujo insuficiente o errático del producto	8	6	5	240
	Mal acoplamiento entre bomba y boquillas	Pérdida de presión y mala dosificación	7	5	6	210
	Fugas en la tolva	Pérdida de producto, contaminación y paradas	8	5	5	200
No transporta los envases	Banda desalineada o con rotura	Parada del flujo de envases	9	5	4	180
	Plato acumulador mal sincronizado o trabado	Acumulación de envases y retrasos	7	6	5	210
	Fallo del motor de arrastre	Interrupción total del proceso	9	4	4	144
No alinea correctamente los envases	Desajuste en el orientador	Error de posicionamiento y llenado incorrecto	7	5	5	175
	Acumulación de envases mal posicionados	Desbordes y mal llenado	6	5	6	180
	Mal funcionamiento del sistema de detección de envases	Parada de proceso o llenado en ausencia	8	5	5	200
No detecta el nivel del producto	Sensores descalibrados o sucios	Error en el control de llenado	7	6	6	252

	Falsas lecturas por interferencias	Decisión errónea del sistema	6	5	7	210
	Sensor desconectado	Parada del sistema por error	7	4	4	112
No configura parámetros	Fallo de software en el panel	Parámetros incorrectos o bloqueo del sistema	9	3	6	162
	Botones con fallas	Fallas al iniciar o detener procesos	7	5	5	175
	Problemas eléctricos internos	Fallas generales en el sistema de control	8	4	5	160
No sostiene componentes	Vibraciones excesivas por falta de rigidez	Desgaste prematuro y fallos estructurales	8	6	6	288
	Corrosión del chasis	Daños en la estructura y riesgo de colapso parcial	7	5	6	210
	Tornillería suelta que afecta alineación	Mal funcionamiento mecánico del equipo	6	5	4	120

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Cuadro IV-32*Análisis de Modo de Falla, Efectos y Criticidad de la Cámara de Frío*

Modo de Falla	Causa	Efecto	Severidad (1 – 10)	Frecuencia (1 – 10)	Detección (1 – 10)	RPN
No logra reducir ni mantener la temperatura interna requerida	Fugas de gas refrigerante	Pérdida de capacidad de enfriamiento	9	4	4	144
	Fallo en el compresor	Sistema no enfriá; posible daño de productos	10	3	4	120
	Obstrucción en el evaporador	Enfriamiento irregular	8	3	5	120
	Acumulación de escarcha excesiva	Disminución de eficiencia	7	4	5	140
No regula ni mantiene la temperatura interna según lo establecido	Termostato descalibrado	Lecturas erróneas; enfriamiento inadecuado	7	3	4	84
	Fallo eléctrico del sensor	Lecturas nulas o erráticas	6	4	5	120
	Lecturas inexactas por daño o suciedad	Ajustes inadecuados de temperatura	5	5	4	100
Pérdida de temperatura interna por ingreso de calor exterior	Paneles deteriorados o mal sellados	Ingreso de calor; mayor carga de trabajo	8	3	5	120
	Puerta con sellos dañados	Fugas térmicas; pérdida de eficiencia	7	4	5	140
	Apertura frecuente sin cierre hermético	Pérdidas térmicas acumuladas	6	5	6	180

No suministra energía a los sistemas de refrigeración o control	Fallo en el tablero de control	Interrupción total del sistema	10	2	4	80
	Sobrecargas eléctricas	Desactivación por protección o daño de equipos	9	2	5	90
	Cortocircuitos	Pérdida repentina de operación	8	2	5	80
No proporciona iluminación dentro de la cámara	Lámpara LED fundida o desconectada	Dificultad en la manipulación y visualización	4	4	3	48
	Interruptor dañado	No permite encender la luz	3	3	4	36
	Fallo en el circuito de iluminación	Inoperancia total del sistema de luz	4	2	5	40
No alerta sobre cambios críticos de temperatura	Alarma de temperatura inactiva	Riesgo de pérdida de productos	8	2	5	80
	Sensor de alarma defectuoso	No hay aviso ante fallas	7	3	5	105
	Desconfiguración de límites de alerta	No se dispara la alarma en condiciones críticas	6	3	6	108
No drena adecuadamente el agua condensada	Obstrucción en el desagüe	Acumulación de agua en el piso	5	4	6	120
	Acumulación de agua en el piso	Riesgo de resbalones; humedad excesiva	6	4	5	120
	Fugas por conexiones sueltas	Formación de charcos; daño estructural	5	3	6	90

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

En el análisis AMFEC, se emplean tres factores clave para evaluar el riesgo de cada modo de falla: severidad, frecuencia y detección. La severidad mide el impacto que una falla tendría en el proceso o en el producto final, en una escala del 1 al 10, donde 10 representa el impacto más severo y 1 el menos crítico. La frecuencia indica la probabilidad de que ocurra cada falla; en esta escala, 10 representa una ocurrencia muy frecuente y 1 una muy rara. La detección evalúa la capacidad de los sistemas de mantenimiento para identificar el fallo antes de que cause problemas significativos; un valor de 10 refleja una baja capacidad de detección, mientras que 1 indica una detección casi inmediata.

El RPN (Número de Prioridad de Riesgo) se obtiene al multiplicar estos tres factores ($RPN = Severidad \times Frecuencia \times Detección$), generando un valor que permite priorizar las fallas según su criticidad. Los valores altos de RPN sugieren modos de falla que requieren mayor atención y posibles acciones de mitigación, ya que implican altos riesgos para el proceso. Este análisis facilita enfocar los recursos de mantenimiento en las áreas donde el riesgo de fallo es más crítico, optimizando así la eficiencia y seguridad operativa de la planta.

4.8.6. Selección del Modelo de Mantenimiento

Con base en el análisis funcional, la identificación de fallas funcionales y técnicas, y los resultados del análisis AMFEC, se procedió a la selección del modelo de mantenimiento más adecuado para cada sistema y componente de los equipos críticos seleccionados. Esta asignación tiene como objetivo maximizar la disponibilidad operativa, reducir costos no planificados y extender la vida útil de los activos.

El criterio seguido considera:

- Mantenimiento Preventivo (MP): Aplicado a elementos que presentan desgaste o degradación predecible, y que pueden ser intervenidos en intervalos regulares sin necesidad de monitoreo continuo.

- Mantenimiento Predictivo (Md): Recomendado para componentes que pueden ser monitoreados mediante parámetros físicos o sensores, permitiendo anticiparse al fallo con base en condiciones reales de operación.
- Mantenimiento Correctivo (MC): Aplicado únicamente a elementos de bajo impacto o de bajo costo, cuya falla no interrumpe significativamente el proceso ni representa riesgos de seguridad o calidad.

A continuación, se presenta la tabla resumen que asigna el modelo de mantenimiento propuesto para cada sistema y componente:

Cuadro IV-33
Clasificación de Fallas

Equipo	Sistema	Elementos	Modelo de Mantenimiento
Molino para Granos	Sistema de Corte y Molienda	Cuchillas de acero	Preventivo
		Martillos de impacto	Preventivo
		Zarandas	Correctivo
	Sistema de Transmisión	Motor eléctrico	Predictivo
		Eje de transmisión	Preventivo
	Sistema de Alimentación	Tolva de entrada	Correctivo
	Sistema de Descarga	Boca de descarga	Correctivo
	Sistema Estructural	Soporte metálico	Preventivo
	Sistema de Protección	Pintura anticorrosiva	Preventivo
		Cubierta de seguridad	Correctivo
Pasteurizador	Sistema de Intercambio de Calor	Intercambiador de calor de placas	Predictivo
		Placas de transferencia térmica	Predictivo
		Juntas	Preventivo
	Sistema de Control de Flujo	Bombas de impulsión	Predictivo
		Válvulas de control	Preventivo
	Sistema de Calentamiento	Entrada de agua caliente o vapor	Correctivo
	Sistema de Control de Temperatura	Sensores y termómetros	Correctivo
	Sistema de Seguridad e Higiene	Panel de control	Correctivo
		Boquillas de limpieza CIP	Preventivo
	Sistema Estructural	Bastidor de sujeción	Preventivo
	Sistema de Dosificación y Llenado	Boquillas dosificadoras	Preventivo

Envasadora lineal (8 picos)		Tolva de alimentación	Correctivo
		Bomba dosificadora	Predictivo
	Sistema de Transporte de Envases	Banda transportadora	Preventivo
		Plato acumulador de entrada/salida	Correctivo
	Sistema de Posicionamiento	Orientador de envases	Correctivo
	Sistema de Control de Nivel	Sensores de nivel	Correctivo
	Sistema de Control y Supervisión	Panel de control	Correctivo
Cámaras de Frío	Estructura General	Chasis o bastidor de acero inoxidable	Preventivo
	Sistema de Refrigeración	Unidad condensadora	Predictivo
		Unidad evaporadora	Predictivo
	Sistema de Control de Temperatura	Termostato	Correctivo
	Sistema de Aislamiento Térmico	Paneles aislantes	Correctivo
		Puerta aislante	Correctivo
	Sistema Eléctrico	Tablero de control	Preventivo
	Sistema de Iluminación Interna	Luminaria led	Correctivo
	Sistema de Seguridad	Alarma de temperatura	Correctivo
		Desagüe	Correctivo

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

CAPITULO V

DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

5.1. Procedimientos de Mantenimiento Preventivo

5.1.1. Planificación de las Actividades

La planificación de actividades de mantenimiento preventivo tiene como objetivo anticiparse a posibles fallos que puedan comprometer la operatividad de los equipos críticos en la producción de linaza blanca. Bajo el enfoque de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), esta planificación se apoya en tres pilares fundamentales:

- Las recomendaciones del fabricante.
- La experiencia del personal operativo.
- El análisis del historial de fallas de los equipos críticos.

5.1.1.1. Determinación de Actividades Preventivas

Para cada equipo seleccionado (molino de granos, pasteurizador, envasadora y cámara de frío), se han identificado las tareas preventivas más relevantes. Estas tareas buscan conservar la función del equipo, evitar deterioros prematuros y asegurar una operación segura y continua.

La planificación se ha estructurado de la siguiente forma:

- Tareas básicas de rutina: inspección visual, limpieza externa, verificación de conexiones y niveles de aceite o agua.
- Tareas técnicas periódicas: lubricación de partes móviles, revisión de sistemas eléctricos, ajuste de sensores o válvulas, calibración de instrumentos.
- Tareas mayores o programadas: cambio de componentes con vida útil conocida (como bandas, filtros, válvulas o empaques), revisión interna completa de sistemas térmicos y eléctricos.

Como resultado del análisis funcional, de fallas y de la planificación detallada de actividades, se elaboraron manuales de mantenimiento preventivo específicos para cada equipo crítico, mismos que se encuentran en el ANEXO 4 – MANUALES DE

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO del presente documento. Estos documentos incluyen procedimientos paso a paso, herramientas requeridas, frecuencias de intervención y precauciones de seguridad.

5.1.1.2. Frecuencia de ejecución y nivel de intervención

La frecuencia de cada actividad se ajusta con base en:

- MTBF estimado para cada equipo.
- Grado de criticidad del equipo dentro del proceso.
- Condiciones reales de operación en planta (carga, horas de trabajo, temperatura, humedad, etc.).

5.1.1.3. Colaboración con el personal operativo

El personal de producción participa activamente en esta fase, ya que su experiencia diaria permite identificar sonidos anómalos, vibraciones o variaciones en el rendimiento que muchas veces no están en los manuales.

Además, se planifican actividades compartidas entre mantenimiento y producción, especialmente en tareas de inspección rutinaria, como chequeos de presión, temperatura o caudal.

5.1.2. Cronograma de Ejecución

Para asegurar una ejecución ordenada y eficiente de las actividades de mantenimiento preventivo, se ha desarrollado un cronograma de ejecución basado en el historial de fallas (MTBF) de los equipos y la disponibilidad requerida para la producción. Este cronograma permite planificar las tareas de mantenimiento considerando la criticidad de cada maquinaria y sus necesidades específicas.

Antes de presentar el cronograma en detalle, se resumen a continuación las principales actividades de mantenimiento preventivo para cada equipo junto con su frecuencia y tiempo estimado de ejecución:

Cuadro V-1
Actividades de Mantenimiento Preventivo

Equipo	Actividad Preventiva	Tipo	Frecuencia	Tiempo Estimado de Ejecución	Responsable
Molino de Granos	Lubricación de eje de transmisión	Programada	Mensual	40 min	Encargado de Producción
	Inspección y afilado de cuchillas	Especial	Trimestral	1 h	Técnico externo / Encargado de Producción
	Revisión de martillos de impacto	Programada	Mensual	45 min	Operador I
	Limpieza de zaranda	Rutinaria	Semanal	30 min	Operador II
	Inspección del motor eléctrico (termografía)	Especial	Trimestral	1 h	Técnico externo
	Inspección del soporte estructural	Rutinaria	Mensual	30 min	Encargado de Producción
	Limpieza de cubierta de seguridad	Rutinaria	Semanal	15 min	Operador II
Pasteurizador	Limpieza interna de placas de intercambio	Especial	Mensual	1.5 h	Encargado de Producción / Técnico externo
	Revisión de válvulas de control	Programada	Trimestral	1 h	Técnico externo
	Lubricación y revisión de bomba de impulsión	Programada	Mensual	1 h	Operador I
	Calibración de sensores de temperatura	Programada	Trimestral	45 min	Técnico externo
	Limpieza de boquillas CIP	Rutinaria	Mensual	30 min	Operador II

	Inspección de bastidor de sujeción	Rutinaria	Trimestral	30 min	Encargado de Producción
Envasadora	Revisión y limpieza de boquillas dosificadoras	Rutinaria	Semanal	30 min	Operador II
	Lubricación bomba dosificadora	Programada	Mensual	45 min	Operador I
	Revisión y ajuste de banda transportadora	Programada	Mensual	45 min	Encargado de Producción
	Inspección del chasis y tornillería	Rutinaria	Trimestral	30 min	Encargado de Producción
	Inspección del panel de control	Programada	Trimestral	1 h	Técnico externo
Cámara de Frío	Inspección de unidad condensadora	Programada	Mensual	1 h	Técnico externo
	Revisión de termostato y sensores	Programada	Trimestral	45 min	Operador I
	Limpieza de evaporador y eliminación de escarcha	Rutinaria	Mensual	1 h	Operador II
	Chequeo del tablero eléctrico	Programada	Trimestral	1 h	Técnico externo
	Revisión de puerta y sellos	Rutinaria	Mensual	30 min	Operador II
	Limpieza del sistema de drenaje	Rutinaria	Mensual	30 min	Operador II

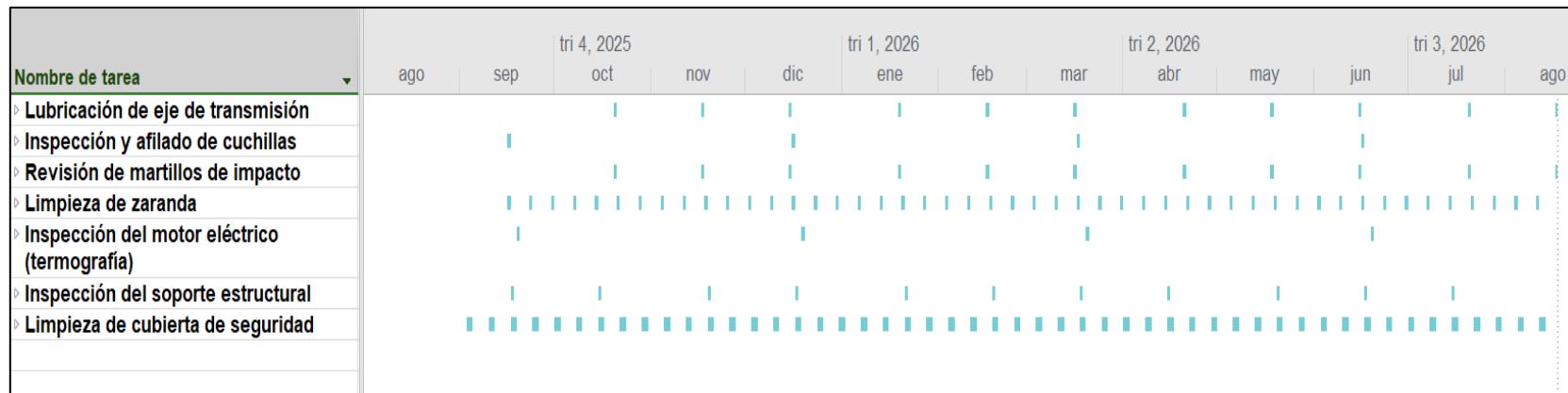
Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Con base en esta planificación, se diseñaron los siguientes cronogramas que detallan las fechas y duración de cada actividad para el próximo año:

Figura 5-1

Cronograma de Mantenimiento Preventivo del Molino de Granos



Fuente: Empresa Delicious

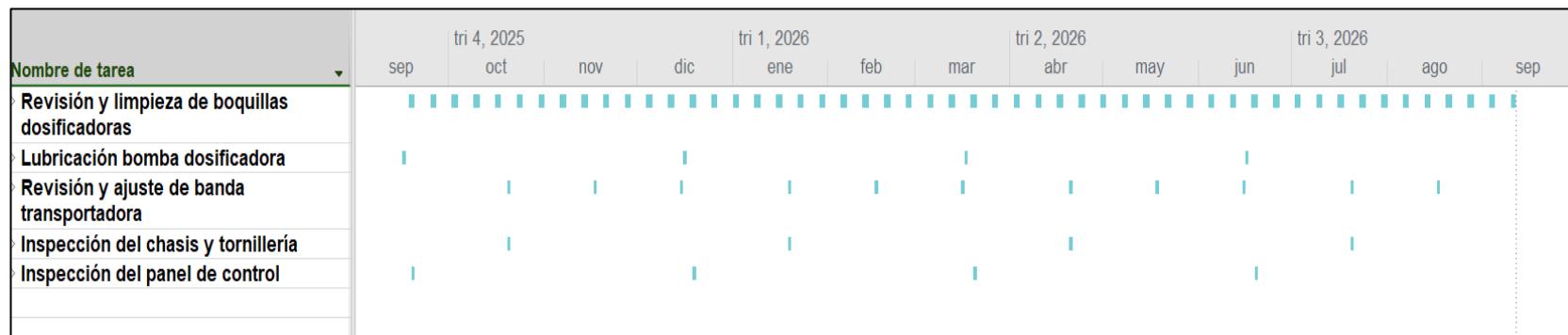
Elaboración: Propia

Figura 5-2

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Figura 5-3
Cronograma de Mantenimiento Preventivo de la Envasadora



Fuente: Empresa Delicious
Elaboración: Propia

Figura 5-4*Cronograma de Mantenimiento Preventivo de la Cámara de Frío 1*

Nombre de tarea	ago	sep	oct	nov	dic	tri 1, 2026	tri 2, 2026	tri 3, 2026	ago			
						ene	feb	mar	abr	may	jun	jul
› Inspección de unidad condensadora												
› Revisión de termostato y sensores												
› Limpieza de evaporador y eliminación de escarcha												
› Chequeo del tablero eléctrico												
› Revisión de puerta y sellos												
› Limpieza del sistema de drenaje												

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Estos diagramas permiten visualizar de manera clara las actividades programadas a lo largo del año, facilitando la coordinación con el área de producción para minimizar interrupciones y asegurar la disponibilidad continua de los equipos.

5.1.3. *Responsables*

La asignación de responsabilidades es fundamental para la correcta ejecución del plan de mantenimiento preventivo. Se ha definido un equipo de mantenimiento con roles claros que garantizan que cada tarea sea realizada por personal capacitado y en los tiempos establecidos.

A continuación, se describen los roles principales involucrados en el mantenimiento preventivo y sus responsabilidades específicas:

Cuadro V-2

Roles en el Mantenimiento Preventivo

Cargo	Tareas en el Mantenimiento Preventivo	Frecuencia de Participación
Encargado de Producción	Supervisar la ejecución de actividades preventivas.	Semanal y mensual
	Coordinar cronogramas con el área de mantenimiento.	
	Validar cumplimiento de tareas conjuntas con producción.	
Operador I	Realizar inspecciones visuales y chequeos básicos.	Diaria y semanal
	Informar sobre ruidos, vibraciones o fallos menores.	
	Apoyar en tareas rutinarias compartidas.	
Operador II	Apoyar en tareas de limpieza externa, verificación de niveles y otras rutinas preventivas.	Diaria y semanal
	Reportar condiciones anómalas en el funcionamiento de los equipos.	
Técnicos externos	Ejecutar actividades técnicas especializadas (revisiones eléctricas, calibraciones, reemplazo de componentes, lubricaciones específicas).	Mensual, trimestral o según programación
	Verificar condiciones de motor, sensores y sistema eléctrico.	
Supervisora de BPM	Verificar condiciones higiénicas durante mantenimiento.	Semanal y después de mantenimientos especiales
	Supervisar la correcta limpieza post-mantenimiento.	
	Asegurar cumplimiento de normas sanitarias.	

Gerente General	Aprobar cronogramas anuales.	Trimestral y anual
	Validar presupuesto para adquisición de repuestos y ejecución de mantenimientos especiales.	
	Apoyar en gestión de recursos técnicos.	

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Además, se establecerán reuniones periódicas entre el equipo de mantenimiento y producción para coordinar las actividades y minimizar el impacto en las operaciones.

Esta distribución clara de responsabilidades contribuye a aumentar la eficiencia y la efectividad del mantenimiento preventivo, asegurando que cada tarea se lleve a cabo con la debida atención y en los tiempos establecidos.

El personal técnico y de producción será capacitado en base a los manuales de mantenimiento elaborados para cada equipo. Estos manuales permitirán estandarizar las actividades preventivas, garantizar su correcta ejecución y facilitar la inducción de nuevo personal.

5.1.4. Métodos de Seguimiento

Para evaluar la efectividad del mantenimiento preventivo implementado, se utilizarán indicadores clave que permitan medir la disponibilidad y el desempeño operativo de los equipos seleccionados.

5.1.4.1. Disponibilidad Operativa (DO)

Se medirá como el porcentaje de tiempo que cada equipo está disponible para operar respecto al tiempo total programado. La fórmula para su cálculo es:

$$DO = \left(\frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Total Programado}} \right) * 100$$

- Frecuencia de medición: Mensual
- Fuente de datos: Registros de producción y hojas de mantenimiento
- Meta estimada: Mantener una disponibilidad superior al 90% para los equipos críticos.

- Responsable de medición: Operador I
- Responsable de control: Encargado de Producción

El objetivo será mantener una disponibilidad superior al 90% en equipos críticos como el molino de granos y el pasteurizador, mientras que para equipos con menor criticidad se aceptará un rango entre 85% y 90%. La información necesaria para este cálculo se obtendrá de los registros diarios de operación y las bitácoras de mantenimiento.

5.1.4.2. Tiempo Promedio Operativo (TPO)

Se calculará como el tiempo promedio que transcurre entre el inicio de la operación del equipo y la aparición de una falla o el momento en que se realiza mantenimiento preventivo programado. Este indicador permitirá determinar si las frecuencias de mantenimiento son adecuadas. Por ejemplo, se espera que la envasadora opere al menos 300 horas antes de requerir mantenimiento. Los datos se recopilarán de los reportes de inspección y órdenes de trabajo.

$$TPO = \frac{\text{Tiempo de Operación Total}}{\text{Número de Intervenciones}}$$

- Frecuencia de medición: Trimestral
- Fuente de datos: Bitácoras de mantenimiento, formularios de intervención, y cronogramas de producción
- Meta estimada: Incrementar progresivamente el TPO mediante ajustes en las frecuencias de mantenimiento.
- Responsable de medición: Operador I
- Responsable de control: Encargado de Producción

Los resultados obtenidos de estos indicadores se registrarán y analizarán periódicamente (mensual y trimestralmente) a través de herramientas digitales, como hojas de cálculo o software gratuito de gestión de mantenimiento. Esto facilitará la detección oportuna de desviaciones, permitiendo ajustar las actividades preventivas para maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

5.2. Procedimientos de Mantenimiento Correctivo

5.2.1. *Detección y Diagnóstico de Fallos*

El mantenimiento correctivo en los equipos críticos de la línea de producción de linaza blanca requiere de un proceso estructurado para la detección y diagnóstico eficaz de fallos, permitiendo una intervención oportuna que reduzca los tiempos fuera de servicio y optimice la disponibilidad operativa.

En esta etapa se propone implementar un proceso de identificación de fallos que integre observaciones operativas, alertas del personal, revisión de síntomas, y análisis funcional básico de los equipos. Para ello, se tomará en cuenta:

- Notificación de fallos por parte del operador: El personal de producción será el primer punto de alerta. Se establecerá un protocolo básico de comunicación interna para reportar cualquier comportamiento anómalo en los equipos.
- Revisión visual y auditiva inmediata: Se instruirá al personal en la observación de señales comunes de fallos (vibraciones inusuales, ruidos, sobrecalentamiento, fugas, etc.) según cada equipo.
- Checklists de diagnóstico preliminar: Se desarrollarán listas de verificación específicas para cada equipo (molino de granos, pasteurizador, envasadora y cámara de frío), que ayuden a orientar una primera evaluación del problema, descartando causas simples o de fácil solución, mismas que se encuentran en el ANEXO 5.
- Análisis de la información histórica: Se utilizarán registros previos de mantenimiento y fallas para comparar síntomas actuales con fallas recurrentes o patrones detectados previamente.
- Apoyo técnico especializado cuando corresponda: En casos donde el fallo no pueda ser identificado con los métodos básicos, se solicitará soporte técnico más especializado para el diagnóstico mediante herramientas específicas (ej. termografía, medición de vibraciones, etc.), en función del equipo afectado.

A continuación, se presenta una tabla resumen con las fallas comunes de cada equipo y las señales más relevantes para su detección:

Cuadro V-3

Fallas Comunes por Equipo y Señales de Detección más Relevantes

Equipo	Modo de Falla	Señal de Detección	Causa Probable
Molino de Granos	No realiza la trituración de las semillas	Ausencia de molienda, sonido hueco, vibración anormal	Cuchillas desafiladas o rotas
	Triturado deficiente	Partículas grandes, salida irregular del producto	Martillos desgastados o flojos
	Movimiento ineficiente	Vibraciones, ruido, esfuerzo del motor	Eje de transmisión desalineado o dañado
	Obstrucción en zaranda	Acumulación de producto, sobrecarga del motor	Residuos acumulados
	Sin transmisión de movimiento	Motor encendido sin giro, silencio mecánico	Falla del motor eléctrico
	Exposición del operador	Ruido excesivo, componentes a la vista	Cubierta de seguridad suelta o ausente
	Deterioro superficial	Descascarado de pintura, presencia de óxido	Desprendimiento de pintura anticorrosiva
Pasteurizador	No transfiere calor adecuadamente	Producto sale frío, temperatura insuficiente	Placas obstruidas, incrustaciones o juntas con fugas
	Fluido no circula correctamente	Ausencia de flujo, vibración o ruido anormal	Falla en bomba de impulsión, válvula atascada
	No se genera calor	Termómetros sin variación, tiempo de proceso anormalmente largo	Baja presión de vapor o fuga en línea de ingreso

	Sensor no detecta temperatura	Lecturas erráticas o ausencia de señal	Sensor fallado o desconectado
	Limpieza deficiente del sistema CIP	Restos de producto, mal olor, coloración en tubos	Boquillas obstruidas o mal orientadas
Envasadora	No llena los envases correctamente	Envases con volumen incorrecto, goteo	Boquillas obstruidas, bomba desgastada
	No transporta los envases	Envases detenidos, ruido mecánico, interrupción del flujo	Banda rota o desalineada
	No detecta nivel del producto	Llenado fuera de rango, alarmas del sistema	Sensores sucios o descalibrados
	No permite controlar el sistema	Error en pantalla, botones sin respuesta	Falla en el panel de control
	Vibraciones anormales en la estructura	Ruidos metálicos, desalineación de componentes	Tornillería floja, desgaste estructural del chasis
	No enfriá adecuadamente	Temperatura superior al rango esperado	Fuga de gas, fallo en compresor o escarcha excesiva
Cámara de Frío	No regula bien la temperatura	Variaciones frecuentes, lecturas erráticas	Termostato descalibrado o sensor dañado
	Pérdidas térmicas	Hielo en puertas, entrada de aire caliente	Sellos de puertas dañados o paneles mal sellados
	No se enciende la iluminación	Oscuridad total, LED apagado	Lámpara fundida o interruptor dañado
	No se activa la alarma de temperatura	No se emite alerta pese a valores críticos	Alarma desconfigurada o sensor defectuoso
	Acumulación de agua en el piso	Charcos visibles, piso resbaloso	Obstrucción en el desagüe o conexiones sueltas

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Esta tabla servirá como guía para el personal encargado de mantenimiento y producción, facilitando la rápida identificación y diagnóstico de fallas, lo cual es fundamental para la efectividad del plan de mantenimiento basado en confiabilidad.

Esta etapa de detección y diagnóstico no se limita a identificar el componente dañado, sino que busca comprender la causa raíz del fallo, permitiendo luego aplicar estrategias correctivas más eficaces y evitar reincidencias, lo cual se complementará en los siguientes subpuntos.

La trazabilidad y documentación detallada del fallo diagnosticado se abordará específicamente en el punto 5.2.3, junto con los formatos de registro.

5.2.2. *Estrategias de Reparación*

Las estrategias de reparación planteadas para el molino de granos, pasteurizador, envasadora y cámara de frío se enfocan en restaurar la operación normal de forma rápida y eficiente, minimizando el tiempo fuera de servicio.

Acciones clave:

- Diagnóstico y tipo de reparación: Se determinará si la reparación puede realizarse en el área de producción o si requiere traslado a taller, agilizando el proceso según el tipo de fallo.
- Reemplazo oportuno de piezas críticas: Se mantendrá un inventario básico de repuestos para asegurar disponibilidad inmediata de los componentes más vulnerables.
- Uso de manuales y protocolos: Cada intervención seguirá un procedimiento estandarizado que incluye instrucciones claras, herramientas necesarias y precauciones de seguridad, para garantizar calidad y uniformidad en las reparaciones.
- Capacitación continua: El personal de mantenimiento recibirá formación práctica para aplicar correctamente las técnicas y procedimientos definidos.

- Verificación post reparación: Se realizarán pruebas funcionales antes de poner nuevamente en operación el equipo.

Además, para facilitar y sistematizar las reparaciones, se diseñará un checklist básico para cada máquina, que incluirá pasos de inspección, materiales requeridos, herramientas y medidas de seguridad. Este checklist se encuentra en el ANEXO 6 del proyecto y servirá como guía rápida para el personal de mantenimiento durante las intervenciones correctivas.

5.2.3. Registros de Intervenciones

Para asegurar un control riguroso y sistemático de todas las actividades de mantenimiento correctivo, se implementará un sistema de registro detallado de intervenciones. Este sistema permitirá documentar cada acción realizada sobre el molino de granos, tanques de cocimiento, pasteurizador y envasadora, facilitando el seguimiento histórico y el análisis posterior para la mejora continua.

Elementos clave del sistema de registro:

- Formato estandarizado: Se corregirán y unificarán los formularios o hojas de registro actualmente usados, adaptándolos para que recojan información precisa y completa: descripción de la falla, fecha y hora de intervención, personal responsable, materiales y repuestos utilizados, tiempo invertido, y resultado de la reparación.
- Digitalización de registros: Los formularios físicos serán digitalizados para garantizar un archivo seguro, accesible y fácilmente consultable. Se implementará una base de datos electrónica donde se registrarán y almacenarán todas las intervenciones, facilitando búsquedas y generación de reportes.
- Actualización y respaldo: El sistema contará con protocolos para la actualización constante de la información y copias de seguridad periódicas, evitando pérdidas de datos.

- Utilidad para la toma de decisiones: Estos registros serán la base para medir indicadores clave, detectar patrones de fallas recurrentes y evaluar la efectividad de las reparaciones, contribuyendo a la planificación de mantenimientos preventivos y mejoras en la gestión.

En el ANEXO 7 se incluyen ejemplos de los formularios estandarizados de registro de intervenciones para cada máquina crítica, con campos detallados para facilitar su uso y uniformidad. También se anexará un modelo de formato digital propuesto, que podrá ser utilizado para la digitalización y archivo electrónico de las intervenciones.

Con esta estructura de registros, se garantiza la trazabilidad de cada intervención correctiva, fortaleciendo el control y optimización del mantenimiento en las máquinas seleccionadas.

5.2.4. Indicadores de Gestión

Para evaluar la eficiencia y efectividad del mantenimiento correctivo implementado en el molino de granos, tanques de cocimiento, pasteurizador y envasadora, se establecerán indicadores clave que permitan medir y monitorear el desempeño de las intervenciones. Los principales indicadores serán:

- Tiempo Promedio para Reparar (MTTR, Mean Time To Repair)
Mide el tiempo promedio que se tarda en realizar una reparación desde la detección de la falla hasta que el equipo vuelve a estar operativo. Este indicador se calculará dividiendo el total de horas invertidas en reparaciones entre el número de intervenciones realizadas en un periodo determinado. Este indicador será medido por el operador I y controlado por el encargado de producción.
- Tiempo Medio de Inactividad (MDT)
Se refiere al tiempo promedio en que el equipo permanece fuera de operación debido a fallas y reparaciones. Es fundamental para medir el impacto del mantenimiento correctivo en la producción y disponibilidad

de los equipos. Al igual que el anterior indicador, el tiempo medio de inactividad será medido por el operador I y controlado por el encargado de producción.

5.2.4.1. Recolección de datos

La información necesaria para calcular estos indicadores se obtendrá de los registros de intervenciones detallados en el punto 5.2.3, donde se documentarán fechas y horas de inicio y fin de cada reparación, así como el personal involucrado y las acciones realizadas.

5.2.4.2. Frecuencia de análisis

Estos indicadores serán revisados mensualmente para detectar tendencias, identificar equipos o fallas recurrentes, y evaluar la necesidad de ajustar las estrategias de mantenimiento preventivo o correctivo.

El monitoreo constante del MTTR y del tiempo fuera de servicio permitirá:

- ❖ Priorizar reparaciones o mejoras en equipos críticos.
- ❖ Optimizar recursos humanos y materiales.
- ❖ Minimizar el impacto en la producción.
- ❖ Apoyar la toma de decisiones basada en datos concretos.

Se incluirán en los anexos las plantillas y formatos para el cálculo y seguimiento de estos indicadores, junto con ejemplos de reportes mensuales que permitan visualizar los resultados y facilitar la comunicación con el equipo de mantenimiento y la gerencia.

5.3. Programación de Mantenimiento

5.3.1. *Herramientas de Programación*

Para la adecuada programación de las actividades de mantenimiento, se propone el uso del software de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) Fracttal, una herramienta gratuita en su versión básica, que permite planificar, ejecutar y monitorear las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo de manera eficiente.

Funcionalidades clave de Fracttal que se aplicarán:

- Registro digital de activos: Cada máquina será registrada con sus datos técnicos, historial de fallas y frecuencia de mantenimiento.
- Programación de órdenes de trabajo: Se establecerán tareas periódicas según el cronograma preventivo y el historial de fallos (MTBF).
- Asignación de tareas al personal: Se vincularán técnicos responsables a cada actividad, facilitando el seguimiento.
- Alertas y notificaciones: El sistema enviará recordatorios para la ejecución de tareas próximas o vencidas.
- Indicadores de desempeño: Permitirá el cálculo automático de indicadores como MTBF, MTTR y disponibilidad.

El uso de esta herramienta responde a la necesidad de centralizar la información, evitar errores humanos en la programación manual, y facilitar la toma de decisiones basada en datos reales.

5.3.2. *Integración con Operaciones*

Dado que el sistema productivo de Delicious Tarija se organiza por lotes diarios de jugo, en turnos que generalmente abarcan la mañana y, en caso de ser necesario, parte de la tarde, la integración del mantenimiento con la producción debe adaptarse a esta dinámica. Se propone una coordinación ágil y flexible, que aproveche los espacios entre turnos y días sin producción para ejecutar tareas de mantenimiento.

5.3.2.1. Estrategia de Integración

- Coordinación diaria con producción

Cada jornada comenzará con una revisión rápida entre el responsable de mantenimiento y el operador jefe de producción para identificar posibles espacios disponibles para mantenimiento correctivo o preventivo sin afectar la producción del jugo programado, este formato de revisión diaria de coordinación mantenimiento-producción se encuentra en el ANEXO 9.

- Intervenciones al finalizar la producción diaria

Siempre que sea posible, las tareas de mantenimiento preventivo se ejecutarán al término de la producción del día, aprovechando que la línea queda inactiva hasta el siguiente turno de trabajo, este cronograma de mantenimiento con bloques sugeridos postproducción se encuentra en el ANEXO 10.

- Aprovechamiento de días sin producción o de bajo volumen
Se planificará el mantenimiento más intensivo para los días en que no se tenga programación de producción o cuando se produzca un jugo que no requiere el uso de ciertas máquinas.
- Visibilidad compartida en Fracttal
El cronograma de mantenimiento en Fracttal será accesible también al área de producción para facilitar el ajuste de actividades y evitar solapamientos.

5.3.3. Priorización de las Tareas

La priorización de las tareas de mantenimiento se fundamentará en el análisis de criticidad realizado en el diagnóstico, así como en los resultados del análisis AMFEC aplicado a los equipos más relevantes en la producción de linaza blanca: molino para granos, pasteurizador, envasadora y cámara de frío. Estos activos han sido seleccionados debido a su impacto directo en la continuidad operativa y la calidad del producto final.

Para organizar y calendarizar de forma eficiente las actividades de mantenimiento, se utilizará una matriz de priorización que toma en cuenta:

- El Nivel de Criticidad del equipo (alta, media o baja).
- El MTBF estimado (tiempo medio entre fallas), calculado a partir del historial de fallas documentado.
- La frecuencia y severidad de fallas identificadas en el AMFEC.

Se propone aplicar el siguiente criterio de priorización para planificar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo:

Cuadro V-4*Nivel de Prioridad de Tareas de Mantenimiento*

Equipo	Tarea de Mantenimiento	Nivel de Prioridad
Molino de Granos	Afilado o reemplazo de cuchillas	Alta
	Revisión y ajuste de martillos de impacto	Alta
	Limpieza de zaranda y revisión de malla	Media
	Revisión del motor eléctrico y cableado	Alta
	Verificación del eje de transmisión	Alta
	Limpieza y revisión de tolva	Media
	Revisión estructural y fijación de cubierta de seguridad	Alta
	Aplicación de pintura anticorrosiva en estructura metálica	Baja
Pasteurizador	Limpieza de placas intercambiadoras y verificación de incrustaciones	Alta
	Revisión y reemplazo de juntas	Alta
	Diagnóstico de bombas y caudal de flujo	Alta
	Verificación de válvulas de control	Media
	Calibración de sensores y termómetros	Alta
	Inspección de boquillas del sistema CIP	Alta
	Evaluación del bastidor y nivelación	Media
Envasadora	Limpieza de boquillas y revisión de bomba dosificadora	Alta
	Revisión y ajuste de banda transportadora	Alta
	Calibración y limpieza de sensores de nivel	Alta
	Diagnóstico del panel de control y botonera	Alta
	Revisión del chasis por vibraciones o corrosión	Media
Cámara de Frío	Detección de fugas de gas refrigerante	Alta
	Diagnóstico del compresor y unidad evaporadora	Alta
	Revisión del termostato y sensores de temperatura	Alta
	Revisión y sellado de puertas y paneles aislantes	Media
	Limpieza del drenaje y control de humedad	Media
	Verificación del sistema de alarma de temperatura	Alta

Fuente: Empresa Delicious**Elaboración:** Propia

Las tareas serán programadas preferentemente fuera del horario de producción activa, es decir, durante las tardes posteriores al turno de producción o en días no operativos, con el objetivo de minimizar los tiempos de parada.

El detalle de las actividades específicas por equipo y su frecuencia se incluirá en los cronogramas desarrollados en el apartado correspondiente.

5.3.4. *Indicadores de la Eficacia*

Para evaluar la eficacia del plan de mantenimiento propuesto y garantizar que las acciones ejecutadas generen mejoras reales en la disponibilidad de los equipos clave, se establecerán indicadores de gestión que permitan un seguimiento continuo del desempeño operativo. El principal indicador propuesto es:

Disponibilidad Global del Equipo (Availability, A)

Este indicador mide el tiempo durante el cual un equipo está en condiciones operativas con respecto al tiempo total planificado de operación. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad Global} = \left(\frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Total}} \right) * 100$$

Donde:

- Tiempo Operativo: Tiempo real en el que el equipo estuvo funcionando correctamente.
- Tiempo Total: Tiempo total planificado para operar el equipo (incluye tiempo operativo + tiempo de inactividad).

Se utilizará como referencia una meta mínima del 90% de disponibilidad global para los equipos críticos (molino, pasteurizador, envasadora y cámara de frío). Si la disponibilidad cae por debajo de este umbral, se activarán acciones correctivas o ajustes en el programa de mantenimiento.

Además de la disponibilidad, se reforzará la medición con otros dos indicadores complementarios:

- MTTR (Mean Time To Repair) – Tiempo Promedio de Reparación.
- Cumplimiento del Plan de Mantenimiento (%)

Estos indicadores serán monitoreados mensualmente y registrados en el software Fracttal, que generará automáticamente los reportes gráficos y estadísticas necesarias para la evaluación. El encargado de medir la disponibilidad global y el tiempo medio de reparación será el operador I, y quien realizará su control será el encargado de producción, en cuanto al cumplimiento del plan de mantenimiento el encargado de medir este indicador será el encargado de producción, en cuanto al control el encargado será el gerente general.

5.4. Gestión de Repuestos y Suministros

5.4.1. *Inventario óptimo*

Para garantizar la disponibilidad oportuna de repuestos y suministros necesarios en las labores de mantenimiento, se propone la implementación de un inventario técnico optimizado, enfocado en los equipos críticos identificados en el diagnóstico: molino para granos, pasteurizador, envasadora y cámara de frío.

El objetivo principal es evitar tiempos prolongados de inactividad por falta de componentes, estableciendo cantidades mínimas y máximas para los repuestos esenciales, considerando:

- Frecuencia de fallos obtenida del análisis de criticidad y del AMFEC.
- Tiempos de reposición según disponibilidad en el mercado.
- Historial de consumo de repuestos (estimado en base a observaciones y entrevistas al personal de mantenimiento).
- Vida útil esperada de los componentes.

5.4.1.1. Clasificación de Repuestos

Los repuestos se clasificarán en tres categorías para facilitar su control:

- Críticos: Su falta paraliza la producción (ej. resistencias del pasteurizador, boquillas de la envasadora).

- Importantes: Su ausencia afecta el desempeño o causa retrasos menores.
- Menores: No detienen la producción, pero deben reponerse periódicamente (ej. empaques, válvulas de paso).

Esta clasificación será la base para definir el nivel de stock mínimo y máximo por ítem.

5.4.1.2. Implementación

El control del inventario será gestionado inicialmente mediante plantillas digitales en Excel, estructuradas por equipo, con los siguientes campos:

- Código del repuesto
- Descripción
- Máquina asociada
- Clasificación (crítico/importante/menor)
- Stock mínimo y máximo
- Stock actual
- Frecuencia estimada de reemplazo
- Tiempo de reposición
- Observaciones

La plantilla base del inventario técnico por equipo se encuentra en el ANEXO 11.

En una etapa posterior, este sistema podrá migrar a una plataforma como Fracttal, que permite asociar repuestos a órdenes de trabajo y hacer seguimiento automático del stock.

5.4.2. Proveedores y Compras

Para asegurar la continuidad operativa del mantenimiento y evitar demoras en la reparación de equipos críticos, es fundamental establecer un proceso sistemático de selección y gestión de proveedores confiables para la adquisición de repuestos y suministros.

5.4.2.1. Selección de Proveedores Críticos

Se propone la identificación y priorización de proveedores en función de:

- ❖ Disponibilidad inmediata de repuestos críticos.
- ❖ Tiempos de entrega garantizados.
- ❖ Calidad de los productos.
- ❖ Precios competitivos y condiciones de pago.
- ❖ Ubicación geográfica (local/nacional).
- ❖ Experiencia previa con la empresa.

Para ello, se diseñará una matriz de evaluación de proveedores, donde se asignará un puntaje por criterio para calificar y seleccionar a los más confiables, misma que se encontrará en el ANEXO 12.

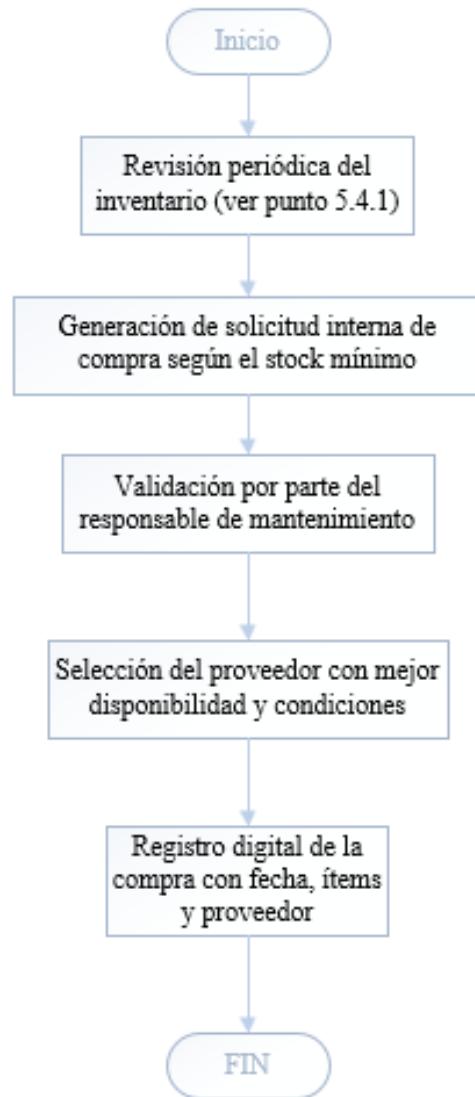
5.4.2.2. Lista de Proveedores Prioritarios

Como parte del sistema de compras, se consolidará una lista de proveedores clasificados por tipo de repuesto o servicio (eléctrico, mecánico, neumático, etc.), que servirá como referencia para el personal encargado de las adquisiciones. Esta lista podrá actualizarse periódicamente según el desempeño de los proveedores.

5.4.2.3. Proceso de Compras

Para asegurar una gestión eficiente y ordenada de los repuestos y suministros, se establecerá un proceso de compras estructurado, que permita estandarizar los pasos desde la identificación de la necesidad hasta la adquisición final del insumo. Este proceso busca reducir demoras, evitar compras innecesarias y asegurar la trazabilidad de cada adquisición. A continuación, se presenta un flujograma que describe las etapas del proceso de compras propuesto para el área de mantenimiento:

Figura 5-5
Flujograma del Proceso de Compras Propuesto



Fuente: Empresa Delicious
Elaboración: Propia

En lo posible, las solicitudes de compra podrán gestionarse directamente desde el software Fracttal cuando este se implemente, permitiendo asociar las órdenes de compra con intervenciones de mantenimiento específicas.

5.4.3. Sistemas de Control

La implementación de sistemas de control para la gestión de repuestos y suministros es fundamental para asegurar la disponibilidad oportuna de los insumos necesarios en las actividades de mantenimiento. El objetivo principal es mantener un registro actualizado y confiable del inventario, permitiendo tomar decisiones informadas sobre reposiciones, evitar faltantes y reducir el exceso innecesario de stock.

El sistema de control propuesto estará basado en el uso del software Fracttal, el cual permitirá llevar un seguimiento digital de las entradas y salidas de repuestos, así como asociar cada movimiento a un equipo específico y a una orden de trabajo. Este sistema contará con funcionalidades como:

- Registro automático de consumos según las tareas realizadas.
- Alertas por mínimos de stock definidos.
- Reportes periódicos del estado del inventario.
- Vinculación con los planes de mantenimiento para prever futuras necesidades.
- Trazabilidad de los movimientos por responsable, fecha y motivo.

Asimismo, se recomienda establecer un procedimiento de revisión mensual del inventario físico, que será validado contra el inventario digital, a fin de detectar discrepancias y ajustar los registros. Esta actividad deberá ser realizada por el personal de mantenimiento en coordinación con el responsable de almacén.

Como parte de este sistema, el formato de control de inventario físico se encuentra en el ANEXO 13, el cual será utilizado como respaldo manual y herramienta de auditoría periódica.

5.5. Gestión de la Documentación

5.5.1. *Tipos de Documentos*

Para la correcta implementación y seguimiento del plan de mantenimiento propuesto, se han definido distintos tipos de documentos técnicos y administrativos. Estos documentos permitirán sistematizar la información relacionada con las actividades preventivas y correctivas, facilitando la trazabilidad y el control.

A continuación, se detallan los principales documentos a considerar:

- Procedimientos normalizados de mantenimiento: establecen las actividades que deben realizarse durante las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. Incluyen pasos secuenciales, herramientas necesarias, medidas de seguridad y criterios de aceptación. Estos procedimientos estarán organizados por equipo, alineados con los análisis AMFEC previamente realizados. Se encuentran en el ANEXO 4 – MANUALES DE PROCEDIMIENTOS PREVENTIVOS y en el ANEXO 14 – MANUALES DE PROCEDIMIENTOS CORRECTIVOS.
- Registros de mantenimiento: formularios donde se documenta cada actividad realizada, especificando el tipo de mantenimiento, fecha, personal responsable, tiempo de ejecución, fallas detectadas, repuestos utilizados y observaciones. Estos registros han sido estandarizados y se encuentran en el ANEXO 7.
- Checklists de inspección: listas de verificación elaboradas específicamente para los equipos críticos (molino para granos, tanques de cocimiento, envasadora y pasteurizador). Estos checklists permiten llevar un control rápido del estado del equipo antes, durante y después de cada jornada o mantenimiento. Se encuentran en el ANEXO 5 y en el ANEXO 6.
- Planificaciones y cronogramas: documentos donde se detallan las fechas previstas para cada actividad de mantenimiento, diferenciando entre

tareas preventivas y correctivas, con su frecuencia y prioridad. Esta planificación servirá como guía para el uso del software Fracttal.

- Indicadores de gestión: tablas o reportes mensuales donde se presentarán los valores calculados para MTTR, MTBF, disponibilidad y otros indicadores propuestos. Serán generados automáticamente mediante el software y archivados para análisis de desempeño.

5.5.2. *Sistema de Archivo*

Para asegurar la accesibilidad, integridad y trazabilidad de la información generada por el plan de mantenimiento, se establecerá un sistema mixto de archivo que combine formatos digitales y físicos, adaptado a las condiciones operativas de la empresa.

5.5.2.1. Archivo Digital

El soporte digital será la principal herramienta de gestión documental. Se utilizará el software Fracttal, que permitirá centralizar toda la información relacionada con:

- Planificaciones y cronogramas.
- Checklists e historiales por equipo.
- Registros de intervenciones (preventivas y correctivas).
- Indicadores de gestión (MTTR, MTBF, disponibilidad, etc.).
- Notificaciones y alertas de vencimientos de mantenimiento.

Fracttal permitirá generar reportes automáticos, respaldar la información en la nube y acceder a ella desde distintos dispositivos autorizados, lo cual facilitará la supervisión, el análisis de desempeño y la toma de decisiones basada en datos reales.

5.5.2.2. Archivo Físico

Como medida complementaria, se mantendrá un archivo físico en la oficina técnica de la planta, con copias impresas de:

- Procedimientos normalizados.

- Formularios de intervención para uso en campo.
- Flujogramas del proceso de compras y mantenimiento.
- Checklists básicos en formato papel para uso diario, con posterior digitalización.

Esta modalidad permitirá continuar operando en caso de fallos del sistema o ausencia temporal de conectividad, garantizando la continuidad de la gestión documental.

5.5.2.3. Organización y Seguridad

Se asignará un responsable técnico para el control del archivo documental (digital y físico).

Se aplicarán medidas de seguridad para proteger la información digital: contraseñas, respaldo periódico en servidores externos o discos duros seguros, y control de acceso según roles definidos.

Los documentos estarán organizados por tipo, equipo y fecha, tanto en carpetas digitales como físicas, facilitando la búsqueda y consulta rápida.

Se incluye en el ANEXO 15 un esquema visual del sistema de archivo propuesto, diferenciando el flujo de documentos físicos y digitales.

5.5.3. Actualizaciones

La actualización periódica de la documentación técnica es fundamental para garantizar que los procedimientos, registros e indicadores reflejen de forma fidedigna la realidad operativa de la empresa y su sistema de mantenimiento.

5.5.3.1. Frecuencia de Actualización

- Documentos operativos como checklists, cronogramas y procedimientos de mantenimiento se revisarán trimestralmente o cuando se detecten desviaciones significativas en su ejecución o resultados.

- Registros e históricos se actualizarán de forma continua, conforme se realicen las actividades programadas o correctivas.
- Indicadores y reportes (como MTTR, MTBF, disponibilidad) se evaluarán y actualizarán mensualmente, utilizando la información recolectada en Fracttal.

5.5.3.2. Responsables

El técnico de mantenimiento designado será el encargado de realizar y documentar las modificaciones necesarias en los formatos y procedimientos, en coordinación con el jefe de producción.

El administrador del software Fracttal se encargará de reflejar estos cambios en el sistema y generar notificaciones automáticas si se requiere reentrenamiento del personal.

5.5.3.3. Control de Versiones

Cada documento actualizado deberá llevar una etiqueta de versión, con fecha de modificación y firma del responsable.

Los documentos antiguos se archivarán en una carpeta digital o física como histórico, sin posibilidad de edición, garantizando la trazabilidad de los cambios.

5.5.3.4. Validación y Comunicación

Las actualizaciones serán validadas por el responsable del plan de mantenimiento antes de su implementación.

Se comunicará oportunamente al personal mediante reuniones técnicas breves o circulares internas, y en caso necesario, se realizará una breve capacitación sobre los cambios.

5.5.4. Cumplimiento Documental Esperado tras la Implementación del Plan

El cumplimiento documental es un factor clave para garantizar la eficiencia y trazabilidad del plan de mantenimiento, así como para cumplir con los requerimientos de la norma NB12017. A partir del diagnóstico realizado, se identificó que la empresa

Delicious cuenta con un nivel de documentación del 19% en sus procesos de mantenimiento, con vacíos especialmente en la gestión administrativa, de control, mejora y cambios.

Una vez implementadas las acciones de mejora propuestas en el plan de mantenimiento, se proyecta un incremento significativo en el cumplimiento de documentación interna mediante la estandarización de procedimientos, digitalización de registros, generación de manuales y control de versiones.

Cuadro V-5

Cumplimiento Esperado de la Documentación Requerida por Norma NB12017

Categoría	Documento requerido según NB12017	¿Se cumple? (Sí/No)	Obs.
Documentación Interna	Procedimientos internos de mantenimiento	Sí	
	Planes de mantenimiento	Sí	
	Registros de mantenimiento	Sí	
	Planos de equipos internos	Sí	
	Diagramas eléctricos / mecánicos internos	Sí	
	Fichas técnicas internas	Sí	
Documentación Externa	Planos de equipos del proveedor	Sí	
	Manuales de operación y mantenimiento de equipos	No	
	Catálogos técnicos de equipos	Sí	
	Normas aplicables (NB, ISO, reglamentos)	Sí	
Gestión Administrativa	Resultados del análisis del contexto de la organización	Sí	
	Identificación de partes interesadas y metodología	Sí	
	Misión, visión, política y objetivos de mantenimiento	Sí	
	Alcance de SGMA y sus análisis de sustento	No	
	Identificación y evaluación de riesgos	No	
	Procesos vinculados a los objetivos	Sí	
	Planificación y programación de procesos	Sí	

	Procedimientos internos específicos (ej. AMFEC, Pareto, criterios de confiabilidad, etc.)	Sí	
	Sistema de seguridad y salud ocupacional en mantenimiento	No	
	Planificación de servicios externos	Sí	
Gestión Operativa	Acciones de coordinación de actividades de procesos	Sí	
	Información documentada de la coordinación	Sí	
	Procedimientos de seguridad y salud en el trabajo	No	
	Procedimientos específicos de trabajo (ej. Mantenimiento de bombas, motores, etc.)	Sí	
	Registros operativos de mantenimiento	Sí	
	Registros de fiscalización de servicios externos	No	
Gestión de Control	Metodología para el control de procesos	Sí	
	Metodología para el control del SGMA	No	
	Resultados de indicadores de gestión	Sí	
	Resultados de auditorías internas	No	
	Resultados de revisiones por la alta dirección	Sí	
Gestión de Mejora	Sistemática para el tratamiento de imprevistos	Sí	
	Plan de acciones correctivas y/o preventivas	Sí	
	Resultados del plan de acciones	No	
	Registro de mejoras realizadas	Sí	
Gestión de Cambios	Metodología para la valoración de riesgos	Sí	
	Resultados de seguimiento a los cambios planificados	No	

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Se proyecta un incremento esperado de 54% del cumplimiento de la documentación requerida por norma NB12017 al implementar el plan de mantenimiento, al ser el total de documentos requeridos en total, N = 37, y la cantidad de documentos que se espera posea la empresa es, n = 27, el porcentaje de cumplimiento llegaría a ser de 73%.

Este cálculo proyectado permite visualizar el impacto de la propuesta y establecer metas medibles para la mejora continua del área de mantenimiento, alineadas con los requerimientos de la NB12017.

5.5.5. Indicador de Conformidad

El Indicador de Conformidad permite evaluar el grado en que la documentación del sistema de mantenimiento está correctamente gestionada, es decir, si está completa, actualizada, accesible y alineada con la realidad operativa de la empresa.

5.5.5.1. Definición del Indicador

Este indicador mide el porcentaje de documentos de mantenimiento que cumplen con los requisitos establecidos (vigencia, formato correcto, disponibilidad y uso efectivo). Se puede expresar de la siguiente manera:

$$IC(\%) = \left(\frac{N^{\circ} \text{ de Documentos Conformes}}{N^{\circ} \text{ Total de Documentos Revisados}} \right) * 100$$

Un documento se considera conforme si:

- Está actualizado y con versión vigente.
- Está correctamente archivado (digital o físico).
- Es accesible al personal correspondiente.
- Se utiliza efectivamente como referencia en la ejecución de actividades.

5.5.5.2. Periodicidad de Evaluación

El Indicador de Conformidad se calculará cada seis meses, como parte del seguimiento general al plan de mantenimiento.

En caso de actualizaciones importantes o cambios operativos, se podrá evaluar de forma extraordinaria.

5.5.5.3. Seguimiento y Mejora

Los resultados del indicador permitirán identificar áreas con deficiencias documentales, lo cual facilitará la toma de decisiones para fortalecer el sistema de documentación.

Cuando el valor del IC sea inferior al 90 %, se implementarán acciones correctivas específicas, como capacitaciones, revisión de formatos, o mejoras en los sistemas de archivo.

El encargado de la medición de este indicador será el encargado de producción y en cuanto al control la persona a cargo será el gerente general.

5.6. Evaluación del Desempeño y Mejora Continua

5.6.1. Análisis de Indicadores

El análisis de indicadores será una herramienta clave para evaluar el desempeño del plan de mantenimiento y detectar áreas de mejora de forma continua. Este proceso se llevará a cabo de forma mensual, en coordinación entre el área de mantenimiento y la jefatura de producción, utilizando los datos extraídos de los formularios digitalizados de mantenimiento y del software Fracttal.

El objetivo del análisis será identificar variaciones significativas, tendencias negativas o positivas, y establecer si los valores obtenidos se mantienen dentro de los límites aceptables previamente definidos. Para ello, se aplicarán métodos como:

- Comparación temporal: Se compararán los resultados actuales con los obtenidos en períodos anteriores (meses anteriores o mismo período del año anterior), para observar la evolución del desempeño del equipo.
- Análisis de causas: Cuando se detecte un incremento en el tiempo fuera de servicio, en la frecuencia de fallas o en los tiempos de reparación, se

aplicarán herramientas como el diagrama de Ishikawa o los “5 porqués” para identificar las causas raíz del problema.

- Evaluación por equipo: Se hará un análisis individual para cada uno de los equipos críticos seleccionados (envasadora, molino, pasteurizador y tanques de coccimiento), a fin de priorizar acciones según su impacto en la operación y su criticidad.
- Cruzamiento de indicadores: La correlación entre indicadores como disponibilidad y MTTR permitirá una mejor interpretación del desempeño general, mostrando si las fallas están aumentando, si las reparaciones están tardando más o si el mantenimiento está siendo eficaz.

Los resultados de cada análisis serán registrados en una hoja de evaluación mensual (ver modelo en Anexo 16), donde se incluirán los valores, observaciones relevantes, causas identificadas y acciones sugeridas. Esta información servirá como base para la toma de decisiones en el punto siguiente: identificación de mejoras.

5.6.2. Identificación de Mejoras

A partir del análisis mensual de indicadores, se establecerá un proceso sistemático para proponer mejoras al plan de mantenimiento. Este proceso tiene como finalidad asegurar que los ajustes necesarios se identifiquen a tiempo y estén basados en datos reales de desempeño, evitando acciones correctivas aisladas o poco fundamentadas.

La identificación de mejoras considerará los siguientes aspectos:

- Desviaciones recurrentes: Cuando los indicadores muestren desviaciones repetitivas (por ejemplo, tiempos de reparación superiores al promedio, aumento de fallas en una máquina específica), se abrirá un registro de oportunidad de mejora.
- Observaciones del personal técnico: Se fomentará la participación del personal de mantenimiento mediante una ficha de “Sugerencias

Técnicas”, donde podrán reportar hallazgos o propuestas a partir de su experiencia directa.

- Revisión de fallos críticos: Si una falla se presenta con frecuencia o tiene un impacto significativo en la producción, se activará una revisión técnica más profunda, que podrá derivar en un ajuste al plan de mantenimiento preventivo, al stock de repuestos o a los métodos de reparación.
- Cambios en la operación o condiciones del equipo: Cualquier modificación en la rutina de producción, en los ciclos de uso, en la frecuencia de limpieza o en la infraestructura, también será evaluada como posible causa de variaciones en el desempeño del equipo y, por tanto, como una oportunidad para mejorar el plan.

Las oportunidades de mejora identificadas serán registradas en una matriz de mejoras, la cual contendrá: el hallazgo, su análisis, la mejora propuesta, el área responsable y el plazo estimado para su implementación. Esta matriz será revisada mensualmente durante una breve reunión de seguimiento.

5.6.3. Implementación de Acciones

Una vez identificadas las oportunidades de mejora, se procederá a su implementación de manera planificada y controlada, asegurando que cada acción tenga responsables definidos, un cronograma claro y un mecanismo de seguimiento.

El proceso de implementación seguirá estas etapas:

- Evaluación de viabilidad: Antes de aplicar cualquier mejora, se analizará su viabilidad técnica, económica y operativa. Este paso estará a cargo del responsable de mantenimiento, en coordinación con producción, para asegurar que los ajustes no afecten negativamente el flujo de trabajo.
- Plan de acción: Las mejoras aprobadas se incluirán en un plan de acción específico que detallará:

- La mejora a ejecutar.
- El objetivo esperado (por ejemplo, reducir el tiempo promedio de reparación de cierto equipo).
- El responsable de su ejecución.
- La fecha estimada de inicio y finalización.
- Los recursos necesarios (repuestos, herramientas, tiempo operativo, entre otros).
- Ejecución programada: La implementación se coordinará con el cronograma de producción y mantenimiento preventivo, priorizando las mejoras que no requieran detener el proceso productivo o que puedan ejecutarse durante las ventanas de mantenimiento ya programadas.
- Seguimiento y verificación: Tras su aplicación, cada acción será evaluada para comprobar si generó los resultados esperados. Esto se hará mediante la revisión de los indicadores de desempeño vinculados y mediante registros en campo. Si el resultado es positivo, la mejora será incorporada de manera permanente al plan de mantenimiento.

Para facilitar el control, se incluye en el ANEXO 17 una plantilla de plan de acción para mejoras, donde se registrarán todas las acciones implementadas, sus resultados y las observaciones pertinentes.

5.6.4. Ciclo de Mejora Continua

El mantenimiento industrial, según la Norma Boliviana NB 12017, debe ser un proceso dinámico y en constante evolución, basado en la mejora continua como eje fundamental. Esta norma resalta la importancia de establecer un ciclo sistemático de retroalimentación y ajuste, que permita optimizar continuamente los procedimientos, recursos y estrategias del plan de mantenimiento.

En este contexto, se propone implementar un Ciclo de Mejora Continua estructurado en cuatro fases, alineadas con el enfoque PHVA (Planificar – Hacer – Verificar – Actuar), ampliamente promovido por la NB 12017:

✓ Planificar

Se analizarán los indicadores de desempeño (como el MTBF, MTTR y disponibilidad) y los reportes de mantenimiento para identificar oportunidades de mejora. También se evaluarán las condiciones reales de operación, la criticidad de los activos y las lecciones aprendidas de intervenciones anteriores.

✓ Hacer

Se ejecutarán las acciones de mejora validadas, tales como ajustes en los cronogramas, cambios en los procedimientos, incorporación de nuevas tareas o redefinición de frecuencias de mantenimiento. Esta fase incluye la capacitación al personal si se incorporan nuevos métodos o herramientas.

✓ Verificar

Una vez implementadas las acciones, se monitoreará su impacto mediante el seguimiento de los indicadores previamente definidos. Se contrastarán los resultados actuales con los valores anteriores para evaluar el grado de mejora alcanzado.

✓ Actuar

Si las mejoras aplicadas resultan eficaces, se procederá a su estandarización dentro del plan de mantenimiento. En caso contrario, se analizarán las causas y se redefinirá la estrategia. Este proceso garantiza que el plan se mantenga actualizado, eficaz y adaptado a la realidad operativa de la empresa.

Este ciclo será ejecutado de forma continua y periódica, como parte de la cultura de gestión del mantenimiento, y quedará documentado en un registro de mejoras.

5.7. Digitalización del mantenimiento con herramientas gratuitas

La implementación de un software de gestión de mantenimiento permite optimizar los procesos operativos, centralizar la información y garantizar el seguimiento eficiente de todas las actividades planificadas y correctivas. En el caso del

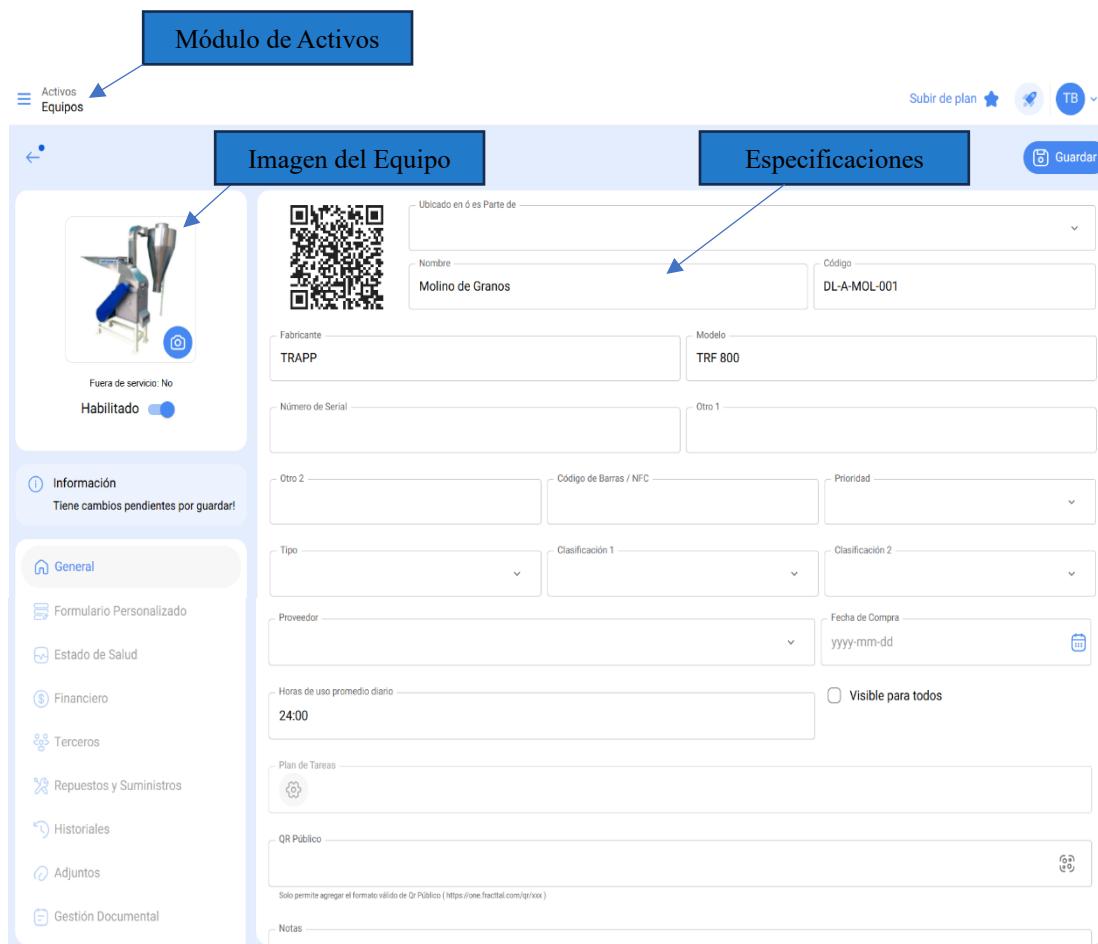
presente plan, se propone utilizar Fracttal, una herramienta digital gratuita (en su versión limitada), que se adapta adecuadamente a las necesidades de una empresa como Delicious Tarija, permitiendo digitalizar todo el ciclo de mantenimiento de forma práctica y accesible.

5.7.1. Registro de Equipos

Cada equipo identificado como crítico (envasadora, molino para granos, pasteurizador y tanques de cocción) será ingresado en la plataforma Fracttal con su respectiva información: nombre del activo, código interno, ubicación en planta, características técnicas y datos históricos de mantenimiento.

Figura 5-6

Módulo de Activos en Fracttal



The screenshot shows the 'Módulo de Activos' (Asset Management Module) in the Fracttal platform. The main interface is titled 'Imagen del Equipo' (Equipment Image) and 'Especificaciones' (Specifications). On the left, there's a sidebar with navigation links: 'Activos Equipos' (Assets Equipment), 'General', 'Formulario Personalizado', 'Estado de Salud', 'Financiero', 'Terceros', 'Repuestos y Suministros', 'Historiales', 'Adjuntos', and 'Gestión Documental'. The main form includes fields for 'Nombre' (Name: Molino de Granos), 'Código' (Code: DL-A-MOL-001), 'Fabricante' (Manufacturer: TRAPP), 'Modelo' (Model: TRF 800), 'Ubicado en ó es Parte de' (Located in or is part of), 'Número de Serial' (Serial Number), 'Otro 1' (Other 1), 'Otro 2' (Other 2), 'Código de Barres / NFC' (Barcode / NFC), 'Prioridad' (Priority), 'Clasificación 1' (Classification 1), 'Clasificación 2' (Classification 2), 'Proveedor' (Supplier), 'Fecha de Compra' (Purchase Date: yyyy-mm-dd), 'Horas de uso promedio diario' (Average daily usage hours: 24:00), 'Visible para todos' (Visible for all), 'Plan de Tareas' (Task Plan), 'QR Público' (Public QR), and 'Notas' (Notes). A note at the bottom states: 'Solo permite agregar el formato válido de QR Público (<https://one.fracttal.com/qr/xxx>)'.

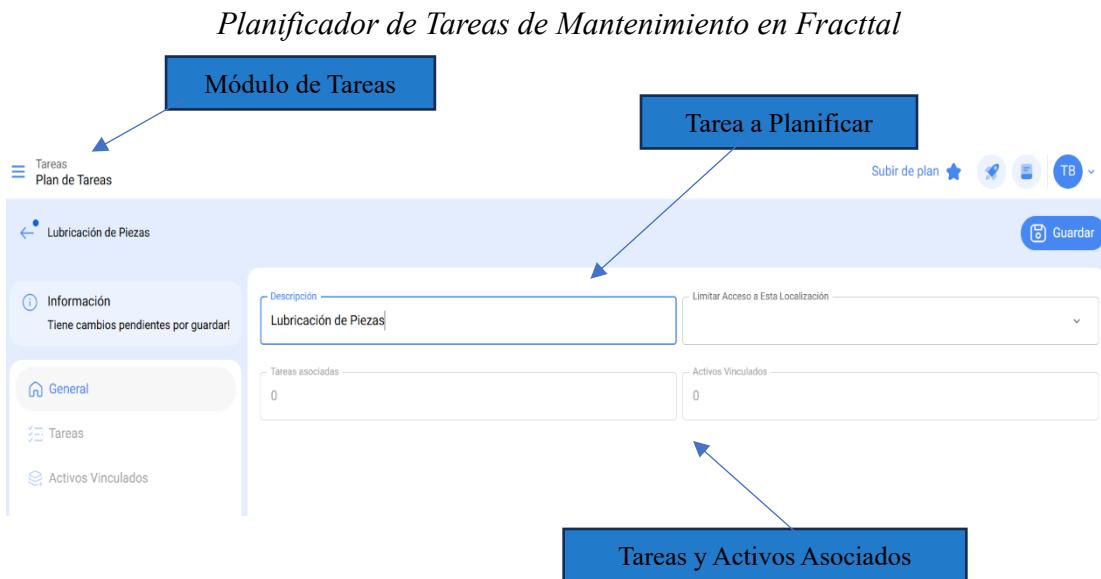
Fuente: (Fracttal Tech S.L, 2024)

Este registro permite tener un inventario digital centralizado y consultar fácilmente cualquier dato relevante sobre los equipos, como fechas de mantenimiento, historial de fallas y piezas reemplazadas.

5.7.2. Asignación de Tareas

Una vez registrados los equipos, Fracttal permite programar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, asignando tareas específicas al personal correspondiente. Estas tareas pueden ser recurrentes (por ejemplo, revisiones mensuales) o puntuales, en función de la criticidad y los resultados de análisis como el AMFEC o el MTBF.

Figura 5-7



Fuente: (Fracttal Tech S.L, 2024)

Además, la plataforma permite definir responsables, estimar tiempos de intervención, agregar checklists de verificación y establecer prioridades de ejecución.

5.7.3. Ejemplo de Orden de Trabajo Digital

Las órdenes de trabajo (OT) son emitidas directamente desde la plataforma. A continuación, se presenta un ejemplo de cómo se generaría una OT para el mantenimiento preventivo del pasteurizador:

Orden de Trabajo Digital – Fracttal

Código de OT: MP-PAST-001

Equipo: Pasteurizador

Ubicación: Área de cocción

Tipo de mantenimiento: Preventivo

Tarea: Verificación de conexiones, limpieza de serpentín y revisión de control de temperatura

Responsable: Técnico de mantenimiento asignado

Fecha programada: 20/06/2025

Duración estimada: 2 horas

Check List:

- Limpieza completa realizada
- Verificación de termómetro
- Lubricación de válvulas
- Anotación de observaciones

Estado: Programado

Estas órdenes permiten llevar un control claro de lo ejecutado, generar reportes automáticos y tener una trazabilidad completa del mantenimiento.

Figura 5-8
Órdenes de Trabajo en Fracttal



Fuente: (Fracttal Tech S.L, 2024)

La digitalización mediante el uso de Fracttal no solo mejora la eficiencia operativa del área de mantenimiento, sino que además permite tomar decisiones informadas basadas en datos, facilitando la evaluación de indicadores, el análisis de desempeño y la mejora continua del sistema implementado.

5.8.Seguridad y Normativas

En el contexto de actividades de mantenimiento, la seguridad no solo protege la integridad física del personal, sino que también garantiza la continuidad operativa y la conformidad legal. Por ello, este apartado detalla las normativas específicas aplicables al mantenimiento, los procedimientos de seguridad requeridos, los elementos de protección necesarios y los indicadores de desempeño en materia de seguridad.

5.8.1. Normativas Aplicables en Actividades de Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, deben cumplir con normativas nacionales e internacionales que regulan la seguridad técnica y operativa en intervenciones sobre maquinaria y equipos. En Bolivia, la Norma Boliviana NB 12017 establece lineamientos para la gestión del mantenimiento, incluyendo la importancia de la seguridad en todas sus fases. Esta norma destaca la necesidad de:

- Evaluar riesgos antes de ejecutar una intervención.
- Documentar procedimientos seguros.
- Capacitar al personal técnico en prevención de accidentes.
- Implementar controles adecuados para trabajos en condiciones especiales (como altura, espacios confinados o riesgo eléctrico).

Adicionalmente, se deben considerar:

- La NB 55001 sobre señalización de seguridad industrial.
- La Ley General del Trabajo y disposiciones del Ministerio de Trabajo respecto a condiciones laborales seguras.
- La NB/ISO 45001:2018, especialmente para empresas que buscan alinear su sistema de mantenimiento con estándares internacionales de gestión de seguridad y salud ocupacional.

5.8.2. Procedimientos de Seguridad en Mantenimiento

Todo procedimiento de mantenimiento debe contemplar una sección específica de seguridad. Los elementos mínimos que debe contener incluyen:

- Evaluación de riesgos: detección previa de peligros asociados a la tarea (eléctricos, térmicos, químicos, mecánicos, etc.).
- Permiso de trabajo seguro: documento de autorización para realizar intervenciones con riesgos particulares.
- Aislamiento de energía: uso de métodos LOTO (Lockout – Tagout) para evitar energizaciones accidentales.
- Inspección del entorno de trabajo: revisión de orden y limpieza, presencia de líquidos, objetos punzantes, estructuras inestables, etc.
- Uso obligatorio de EPP, validado por el supervisor antes de la intervención.
- Señalización del área de trabajo y restricción del acceso.

Además, se deben realizar capacitaciones periódicas sobre procedimientos seguros, incluyendo simulacros y entrenamiento en primeros auxilios.

5.8.3. Equipamiento de Protección Personal (EPP)

El uso del EPP debe estar directamente relacionado con la naturaleza del trabajo de mantenimiento. La tabla siguiente resume algunos ejemplos:

Cuadro V-6

Equipamiento de Protección Personal según Tarea a Realizar

Equipo	Tarea de Mantenimiento	EPP Recomendado
Molino de Granos	Afilado o reemplazo de cuchillas	Guantes anticorte, gafas de seguridad, protector facial, overol, botas con punta de acero
	Revisión del motor eléctrico y eje de transmisión	Guantes dieléctricos, gafas de seguridad, casco, calzado dieléctrico

	Limpieza y revisión de tolva y zaranda	Mascarilla contra polvos, guantes de nitrilo, gafas de seguridad, overol
	Aplicación de pintura anticorrosiva	Mascarilla con filtro, guantes químicos, gafas cerradas, ropa de trabajo impermeable
Pasteurizador	Limpieza de placas e inspección de juntas	Guantes resistentes al calor, gafas de seguridad, mascarilla, delantal impermeable
	Verificación de sensores y termómetros	Guantes de precisión, gafas de seguridad, overol
	Mantenimiento del sistema CIP y válvulas	Guantes de nitrilo, protector facial, botas de goma, delantal impermeable
Envasadora	Limpieza de boquillas y revisión de bomba dosificadora	Gafas de seguridad, guantes de nitrilo, overol
	Revisión de banda transportadora	Guantes mecánicos, gafas de seguridad, casco
	Diagnóstico del sistema eléctrico y panel de control	Guantes dieléctricos, calzado dieléctrico, gafas de seguridad, casco
Cámara de Frío	Revisión del sistema de refrigeración (condensador/evaporador)	Guantes térmicos, ropa de abrigo impermeable, gafas de seguridad, casco
	Mantenimiento del termostato y alarmas	Guantes dieléctricos, gafas, overol, casco
	Limpieza del drenaje y sellado de puertas	Guantes impermeables, botas de goma, gafas, mascarilla

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

El personal técnico debe recibir EPP en buen estado, debidamente certificado, y su uso debe ser obligatorio, registrado y controlado.

5.8.4. Indicador de Seguridad

Para monitorear el desempeño en seguridad del área de mantenimiento, se propone implementar el siguiente indicador:

Índice de Seguridad en Mantenimiento (ISM):

$$ISM = \left(\frac{N^{\circ} \text{ de intervenciones sin accidentes}}{Total \text{ de intervenciones realizadas}} \right) * 100$$

Adicionalmente, puede complementarse con:

- N° de reportes de incumplimiento de uso de EPP.
- % de actividades con permiso de trabajo aprobado.
- Tasa de capacitación técnica en seguridad (n° técnicos capacitados / n° total del área).

Estos datos permitirán establecer metas de mejora continua, en coherencia con la NB 12017, que prioriza la gestión de riesgos y la cultura de seguridad como pilares de la gestión del mantenimiento.

La medición de este indicador estará a cargo del encargado de producción y el control del mismo será realizado por el gerente general.

5.9. Responsabilidades y Autoridades

5.9.1. Roles y Responsabilidades

Definición clara del personal involucrado.

La ejecución eficaz del plan de mantenimiento preventivo y correctivo requiere una definición clara y precisa de los roles del personal involucrado. Esta estructura busca garantizar la responsabilidad compartida, mejorar la trazabilidad de las actividades, y fortalecer el control interno de los procesos de mantenimiento en la empresa Delicious Tarija.

- Gerente General
 - Autoriza la planificación y ejecución del plan de mantenimiento.

- Aprueba la asignación de recursos económicos para repuestos, herramientas y servicios técnicos.
 - Supervisa el cumplimiento del cronograma general del plan de mantenimiento.
 - Define políticas estratégicas para el fortalecimiento del mantenimiento interno.
 - Evalúa los reportes mensuales de desempeño e indicadores de mantenimiento (como MTBF y disponibilidad).
- Encargado de Producción
 - Coordina la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo en planta.
 - Supervisa directamente las tareas de los operadores durante las actividades de mantenimiento.
 - Comunica con el Gerente General cualquier desviación crítica del cronograma.
 - Realiza el seguimiento de las órdenes de trabajo generadas en el software Fracttal.
 - Participa en la evaluación de proveedores técnicos cuando sea necesario.
 - Operador I
 - Realiza inspecciones diarias de los equipos asignados (limpieza, ruidos anómalos, fugas, vibraciones).
 - Ejecuta tareas básicas de mantenimiento preventivo, como lubricación, ajuste de piezas y limpieza de filtros.
 - Registra las intervenciones en las hojas o en el software correspondiente.
 - Reporta al Encargado de Producción cualquier anomalía detectada.
 - Colabora en las tareas de reparación bajo supervisión.

- Operador II
 - Da apoyo en el mantenimiento de los equipos secundarios y auxiliares.
 - Participa en las tareas programadas de mantenimiento preventivo.
 - Controla la limpieza posterior a las intervenciones de mantenimiento.
 - Verifica la disponibilidad de repuestos antes de iniciar tareas asignadas.
- Supervisora de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)
 - Supervisa que las tareas de mantenimiento no comprometan la inocuidad de los productos.
 - Verifica el uso de EPP durante las intervenciones.
 - Aprueba la limpieza post-mantenimiento antes de reiniciar la producción.
 - Controla que se utilicen productos de limpieza autorizados.
- Supervisora de Ventas
 - Gestiona la compra de repuestos y suministros técnicos con proveedores aprobados.
 - Administra el inventario de materiales de mantenimiento.
 - Apoya en la verificación de entregas y calidad de los insumos adquiridos.
 - Coordina con el Encargado de Producción las necesidades logísticas asociadas al mantenimiento.
- Contador
 - Registra los gastos asociados al mantenimiento en los informes financieros.
 - Participa en la elaboración del presupuesto anual de mantenimiento.

- Realiza seguimiento del cumplimiento financiero del plan.

5.9.1.1. Fortalecimiento del Mantenimiento Interno

Actualmente, las tareas eléctricas están tercerizadas, lo cual limita la capacidad de respuesta ante fallos urgentes. Por tanto, se propone:

- ❖ Capacitar a uno de los operadores actuales (preferentemente el Operador I) en mantenimiento eléctrico básico a través de programas técnicos locales.
- ❖ Establecer un rol de “Técnico Interno de Mantenimiento”, con formación progresiva, que permita asumir las tareas de baja y media complejidad.
- ❖ Mantener el vínculo con los técnicos externos para intervenciones de alta complejidad o auditorías periódicas.

Esta redistribución fortalecerá la autonomía de la empresa y mejorará la capacidad de respuesta ante fallos, optimizando los tiempos de parada y reduciendo la dependencia de servicios externos.

5.9.2. Autorizaciones

Para garantizar una gestión de mantenimiento eficiente y controlada, es fundamental establecer con claridad los límites de autoridad y toma de decisiones en cada nivel del personal involucrado. Esto evita demoras en la ejecución de tareas críticas, mejora la trazabilidad de las decisiones y asegura el cumplimiento de los procedimientos establecidos.

A continuación, se detallan las autorizaciones según el nivel jerárquico y técnico del personal:

- Gerente General
 - Autorización final para aprobación de inversiones en mantenimiento mayores (compra de maquinaria, contratación de

- servicios externos especializados, implementación de nuevas herramientas digitales).
- Validación de cambios en el plan de mantenimiento anual.
 - Revisión de indicadores clave de desempeño y decisiones estratégicas en base a ellos.
- Encargado de Producción
 - Aprobación de paradas programadas por mantenimiento preventivo.
 - Validación de las tareas asignadas en el sistema digital de mantenimiento.
 - Comunicación de incidencias relevantes al Gerente General.
 - Coordinación directa con técnicos externos cuando se requiera intervención especializada (por ejemplo, fallas eléctricas complejas).
 - Operadores I y II
 - Autorización para ejecutar tareas de mantenimiento básico definidas en los procedimientos preventivos (limpieza, lubricación, ajuste).
 - Reporte inmediato de fallas al Encargado de Producción.
 - Registro de intervenciones básicas en el sistema digital o en los formatos correspondientes.
 - Técnicos de Mantenimiento (Internos o futuros contratados)
 - Autorización para diagnóstico y ejecución de acciones correctivas no mayores.
 - Generación de órdenes de trabajo en el sistema.
 - Recomendaciones técnicas sobre repuestos críticos o intervenciones mayores.
 - Supervisora de BPM

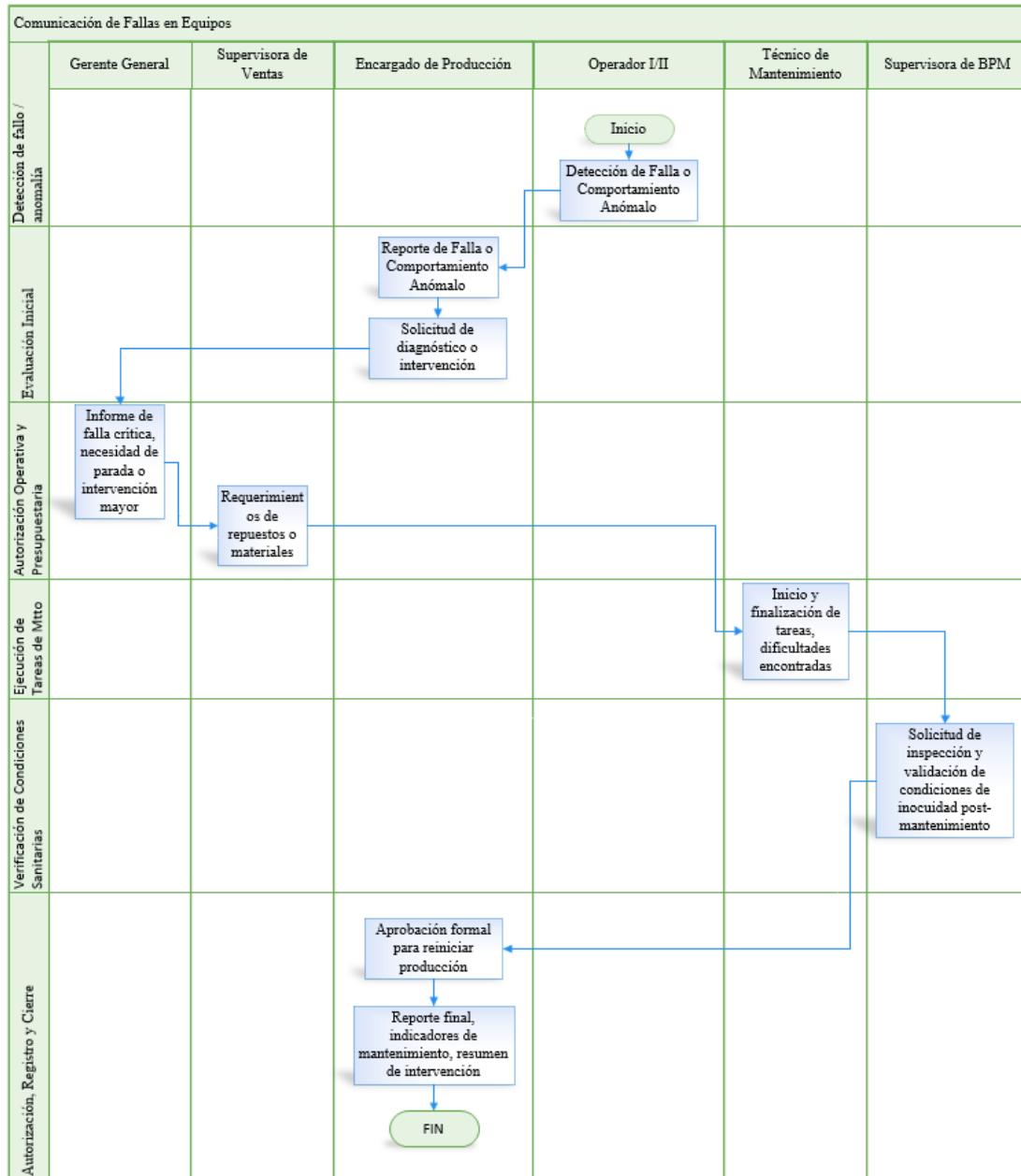
- Evaluación de las condiciones higiénicas y de seguridad antes y después de una intervención de mantenimiento.
- Aprobación para el reinicio de líneas de producción tras mantenimiento en áreas sensibles.
- Supervisora de Ventas y Contador
 - En coordinación, autorización para compras de repuestos y materiales de mantenimiento menores, según presupuesto autorizado.
 - Revisión de cotizaciones y aprobación de proveedores previamente seleccionados.

Este esquema de autorizaciones busca reducir la dependencia de terceros en decisiones cotidianas de mantenimiento y agilizar las respuestas operativas. Asimismo, promueve la descentralización responsable, permitiendo que las decisiones técnicas se tomen en el nivel adecuado, según la criticidad de cada situación.

5.9.3. *Comunicación*

Una comunicación clara, oportuna y estructurada es fundamental para la ejecución eficiente del plan de mantenimiento, especialmente cuando se involucran diferentes niveles jerárquicos y áreas funcionales. La definición de canales y protocolos de comunicación evita malentendidos, reduce tiempos de respuesta ante fallas y permite un seguimiento efectivo de las actividades.

Figura 5-9
Matriz de Comunicación Cruzada



Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Para garantizar esto, se propone el uso de una Matriz de Comunicación Cruzada, la cual permite identificar quién se comunica con quién, sobre qué tipo de información y por qué medio o canal.

5.10. Mantenimiento Sostenible

Como parte de la propuesta para optimizar el mantenimiento en Delicious Tarija, se incorpora un enfoque sostenible que permita reducir el impacto ambiental de las actividades de mantenimiento, al tiempo que se mejora la eficiencia operativa. Esta visión está alineada con los principios actuales de responsabilidad ambiental empresarial, promoviendo una cultura de mejora continua no solo técnica, sino también ecológica.

Una de las acciones clave dentro de este enfoque será la prevención de fugas y derrames en los equipos. Esto se logrará a través de inspecciones visuales sistemáticas, la instalación de juntas y sellos de mejor calidad, y una correcta manipulación y almacenamiento de lubricantes e insumos. Reducir estos incidentes no solo evita contaminación, sino que también representa un ahorro directo para la empresa en materiales y tiempos de limpieza o corrección.

Asimismo, se plantea optimizar el uso de repuestos y materiales de mantenimiento mediante una gestión más eficiente del inventario. Se priorizará el uso racional de piezas, evitando compras innecesarias y promoviendo el reacondicionamiento de componentes cuando sea viable. Esta práctica no solo reduce los residuos generados, sino que también disminuye la presión económica sobre el stock de repuestos.

Otro aspecto importante será la reducción del consumo energético. Se propondrá realizar ajustes periódicos a los equipos para garantizar que funcionen en condiciones óptimas, incluyendo tareas como lubricación, limpieza, alineación y revisión de motores o sistemas eléctricos. Además, cuando se contemple la renovación de equipos o componentes, se dará prioridad a tecnologías más eficientes y de menor consumo energético.

Por último, se promoverá la recuperación y el reciclaje de piezas y materiales generados en las intervenciones de mantenimiento. Para ello, se establecerán procedimientos para la separación de residuos, y se identificarán proveedores o talleres

que colaboren con la reutilización de ciertos componentes. Esto no solo fomenta prácticas responsables, sino que puede abrir oportunidades de colaboración con actores externos alineados a los valores sostenibles.

Con estas medidas, el plan de mantenimiento no solo garantizará la disponibilidad y confiabilidad de los equipos involucrados en la producción de linaza blanca, sino que además contribuirá a la sostenibilidad ambiental de la empresa. Esto se traducirá en beneficios económicos, mayor eficiencia y una imagen corporativa comprometida con el entorno, alineada con los principios de mejora continua establecidos en la NB 12017.

5.11. Manual Operativo con Código QR (versión prototipo)

Como parte de la digitalización y estandarización de los procedimientos de mantenimiento, se propone el desarrollo de un Manual Operativo en formato digital accesible mediante códigos QR instalados físicamente en cada equipo clave. Esta medida facilitará el acceso inmediato a la información técnica esencial, fomentando buenas prácticas, el cumplimiento de las tareas programadas y la autonomía del personal en sus funciones diarias.

El sistema funcionaría mediante la colocación de carteles visibles, duraderos y resistentes a la humedad o al desgaste, instalados directamente sobre o junto a los equipos priorizados —por ejemplo, en el pasteurizador—. Estos carteles incluirán un código QR único que, al ser escaneado con un celular o tablet, redirigirá a un archivo PDF (o una carpeta digital) alojado en un servicio en la nube (como Google Drive) o en el mismo software Fracttal, si se habilita esta funcionalidad.

Cada archivo digital contendrá:

- Checklists diarios o semanales de mantenimiento preventivo.
- Tareas específicas por frecuencia (diarias, semanales, mensuales, etc.).
- Advertencias de seguridad asociadas a cada equipo.
- Fotografías referenciales del equipo y sus componentes críticos.
- Indicaciones paso a paso para intervenciones básicas.

- Referencias al plan general de mantenimiento y al cronograma digital.

Este sistema busca facilitar el acceso del personal operativo a la información clave sin necesidad de consultar archivos físicos o depender del encargado de mantenimiento para resolver dudas rutinarias. Además, permite estandarizar la ejecución de tareas y reducir errores humanos, especialmente en ausencia del técnico principal.

Este sistema, aunque en versión prototipo, permite experimentar con una solución accesible y de bajo costo que puede evolucionar en el futuro hacia una plataforma más integrada. Su implementación inicial en equipos clave como el molino de granos, el pasteurizador, la envasadora y la cámara de frío permitirá evaluar su efectividad y nivel de aceptación por parte del personal operativo.

Finalmente, este enfoque está alineado con la visión de digitalización presentada en el punto 5.7, fortaleciendo la trazabilidad y facilitando el cumplimiento de los procedimientos establecidos en el plan de mantenimiento propuesto.

CAPITULO VI

ASPECTOS ECONÓMICOS DEL

PROYECTO

6.1. Introducción

Este capítulo presenta los aspectos económicos relacionados con el Diseño de un Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad para la Maquinaria Utilizada en la Producción de Linaza Blanca en la Empresa Delicious Tarija. El análisis contempla los costos estimados para implementar la propuesta, incluyendo capacitaciones, documentación técnica, señalética con códigos QR, digitalización mediante el software Fracttal y mejoras organizacionales.

Si bien este tipo de proyectos no contempla una inversión directa orientada a la generación de ingresos, sí implica recursos operativos que deben ser evaluados para asegurar su viabilidad y sostenibilidad.

Más que una evaluación financiera tradicional, se busca mostrar la inversión operativa necesaria para poner en marcha el plan y los beneficios esperados en términos de mayor disponibilidad de equipos, reducción de fallas, seguridad y eficiencia en la gestión del mantenimiento.

6.2. Estimación de Costos

6.2.1. *Costos en Capacitación*

La implementación del plan de mantenimiento propuesto requiere una formación complementaria del personal para asegurar su correcta aplicación, especialmente en el uso de herramientas digitales y en la estandarización de procedimientos internos.

Si bien el Encargado de Producción y los Operadores I y II cuentan con formación técnica como mecánicos industriales, lo que representa una ventaja significativa, se contempla una capacitación orientada a fortalecer tres aspectos clave: el uso del software Fracttal para la gestión digital del mantenimiento, la aplicación efectiva de los procedimientos definidos en el plan, y las buenas prácticas en seguridad industrial específicamente asociadas a las labores de mantenimiento.

Además, se propone una sesión introductoria dirigida al Gerente General y al Contador, enfocada en el análisis e interpretación de los indicadores de mantenimiento

y en la utilización de reportes generados por el sistema digital, para apoyar una toma de decisiones más informada y estratégica.

Cuadro VI-1
Costos en Capacitación

Tipo de Capacitación	Duración Estimada	Número de Participantes	Facilitador	Costo por Sesión
Uso del Software Fracttal	4 horas	3 (Encargado de Producción, Operadores I y II)	Externo (especialista Fracttal o TI)	400
Aplicación de procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo	3 horas	3 (Encargado de Producción, Operadores I y II)	Interno (elaborado desde el manual)	0
Buenas prácticas de seguridad industrial en tareas de mantenimiento	2 horas	3 (Encargado de Producción, Operadores I y II)	Externo (consultor en seguridad)	350
Interpretación de reportes y KPIs para la gerencia	2 horas	2 (Gerente General, Contador)	Interno (basado en reportes del sistema)	0
Inducción general al plan de mantenimiento para todos los involucrados	1.5 horas	6 (Incluye Gerente, Encargado, Operadores y Supervisora BPM)	Interno	0

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Estas capacitaciones representan una inversión moderada, pero estratégica, que busca garantizar la sostenibilidad del plan mediante una adecuada comprensión y uso de las herramientas propuestas por todos los actores involucrados.

6.2.2. Costos en Documentación y Señalética

Uno de los pilares fundamentales para la correcta implementación del plan de mantenimiento es la disponibilidad de documentación técnica clara y accesible, así como la presencia de señalética visual que facilite el cumplimiento de tareas por parte del personal operativo.

En este sentido, se contempla la elaboración de:

- ❖ Manuales operativos con procedimientos normalizados por equipo.
- ❖ Checklists de mantenimiento preventivo y correctivo.
- ❖ Formatos estandarizados de orden de trabajo.
- ❖ Instrucciones de seguridad específicas para cada equipo crítico.
- ❖ Carteles con códigos QR, los cuales redirigen a documentos digitales alojados en una nube o sistema vinculado al software Fracttal.

La inversión en esta etapa incluye tanto los insumos materiales como papel, cartulina plastificada y adhesivos resistentes, como los recursos digitales necesarios para la edición de documentos y, eventualmente, la impresión externa de señalética duradera si se busca una mayor vida útil.

Cuadro VI-2

Costos en Documentación y Señalética

Tipo de Documento o Señalética	Cantidad Estimada	Formato	Responsable de Elaboración	Costo Unitario Estimado
Manuales operativos por equipo (Molino, Pasteurizador, Envasadora, Cámara de Frío)	4	Digital (PDF) / Impreso A4	Interno (basado en Anexo 4)	15

Checklists de mantenimiento preventivo y correctivo	4	Formato impreso A4	Interno (elaborado desde AMFEC)	10
Formatos estandarizados de orden de trabajo	2 modelos (1 preventivo , 1 correctivo)	Digital + Impreso A4	Interno (adaptado para Fracttal y físico)	10
Instrucciones de seguridad específicas por equipo	4	Cartulina plastificada	Interno	12
Carteles con códigos QR vinculados a documentación técnica	8 (2 por equipo)	Adhesivo resistente + QR	Interno (uso de generador QR gratuito)	8
Señalética general de mantenimiento (advertencias, EPP obligatorio, etc.)	10	Cartel plastificado A5-A4	Interno	5

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

El objetivo de esta inversión es estandarizar la ejecución de las tareas, reducir errores, facilitar la capacitación continua, y contribuir a la trazabilidad del mantenimiento mediante una señalética visible y conectada digitalmente. Al tratarse de un sistema en desarrollo, se priorizarán soluciones de bajo costo, pero con alto impacto organizacional.

6.2.3. Costos en Digitalización

La digitalización del mantenimiento constituye uno de los componentes estratégicos del presente proyecto, ya que permite optimizar la planificación, ejecución, seguimiento y análisis de las actividades de mantenimiento, alineándose con los principios de trazabilidad, eficiencia y mejora continua.

Para ello, se propone el uso de Fracttal, una plataforma gratuita en su versión básica, diseñada específicamente para la gestión del mantenimiento de activos físicos. Esta herramienta ofrece funcionalidades clave como:

- Registro de maquinaria y activos.
- Asignación de tareas y seguimiento por historial.
- Generación de órdenes de trabajo digitales.
- Control de repuestos y alertas de mantenimiento.
- Reportes automáticos e indicadores clave (MTBF, disponibilidad, etc.).

Dado que se empleará la versión gratuita de Fracttal, no se contemplan costos directos por licenciamiento del software. Sin embargo, se considera una inversión operativa mínima para:

- Configuración inicial del sistema, incluyendo la carga de datos de los equipos, la estructura organizacional y los planes de mantenimiento.
- Capacitación técnica interna sobre el uso de la herramienta (complementaria a la formación general ya presupuestada).
- Acceso a dispositivos móviles o computadoras, aunque se parte del supuesto de que la empresa ya cuenta con al menos un equipo con acceso a internet para la gestión digital.

Cuadro VI-3
Costos en Digitalización

Actividad	Responsable	Duración Estimada	Recurso Necesario	Costo (Si Aplica)
Configuración inicial del sistema (carga de datos, equipos, usuarios)	Encargado de Producción	2 días	Computadora con acceso a internet	0 Bs
Registro de maquinaria y planes de mantenimiento preventivo y correctivo	Encargado de Producción	2 días	Manuales de mantenimiento, datos técnicos	0 Bs

Capacitación técnica interna en Fracttal (uso operativo básico)	Operador I	1 día	Manual de usuario + guía práctica	0 Bs
Creación de plantillas de órdenes de trabajo	Encargado de Producción	1 día	Plataforma Fracttal	0 Bs
Pruebas de funcionamiento y validación inicial	Encargado de Producción + Operador II	1 día	Acceso a sistema, pruebas de generación y cierre de OT	0 Bs
Integración de códigos QR con órdenes digitales	Encargado de Producción	0.5 días	Generador de códigos QR gratuitos	0 Bs

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Asimismo, se prevé la elaboración de órdenes de trabajo prototipo en Fracttal, integradas con los códigos QR mencionados anteriormente, lo que facilitará una gestión descentralizada del mantenimiento y mejorará la disponibilidad de la información en planta.

6.2.4. Costo de Mejora Organizacional

La implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad también implica una serie de ajustes en la estructura y procesos organizacionales de la empresa, los cuales buscan mejorar la eficiencia y la gestión del mantenimiento.

Estos costos incluyen:

- Reestructuración de roles y responsabilidades: Para optimizar el equipo interno y reducir la tercerización del mantenimiento eléctrico, será necesario capacitar y reasignar funciones entre el personal técnico existente, especialmente los mecánicos industriales (encargado de producción, operadores I y II), quienes asumirán gradualmente estas

tareas especializadas. Esto puede implicar tiempos adicionales y un acompañamiento inicial para asegurar la correcta transición.

- Implementación de protocolos y comunicación interna: Se desarrollarán protocolos claros para la gestión de mantenimiento y canales de comunicación formalizados para la coordinación efectiva entre áreas (producción, mantenimiento y supervisión). Esto puede requerir reuniones periódicas y formación en buenas prácticas comunicativas.
- Monitoreo y seguimiento: Se establecerán procedimientos para el monitoreo continuo de las actividades, involucrando la supervisora de BPM y el encargado de producción, lo que demanda tiempo y dedicación adicional para garantizar el cumplimiento y mejora continua.
- Ajustes en la cultura organizacional: Promover una cultura orientada al mantenimiento preventivo y confiabilidad puede requerir campañas internas de sensibilización y motivación, que generen compromiso y responsabilidad en todos los niveles.

Aunque muchos de estos costos se reflejan en tiempo y dedicación del personal, se estima un costo operativo asociado a las horas hombre invertidas en estas actividades, así como materiales menores para capacitaciones y difusión interna.

Cuadro VI-4

Costos de Mejora Organizacional

Estimación de Horas	Roles Involucrados	Costo Asociados según Salarios Actuales
24 h (en sesiones de reorganización y formación interna)	Encargado de Producción	960 Bs (24 h x 40 Bs/h)
20 h (acompañamiento en transición de tareas eléctricas)	Operador I y II	800 Bs (2 pers. x 20 h x 20 Bs/h)
12 h (diseño e implementación de protocolos)	Encargado de Producción + Supervisora BPM	600 Bs (30 Bs/h promedio entre ambos)

6 h (reuniones interáreas para coordinación interna)	Gerente General, Enc. Producción, Supervisora BPM	540 Bs (6 h x 3 pers. x 30 Bs/h)
10 h (sensibilización, cultura preventiva y difusión)	Todo el personal operativo y de apoyo	700 Bs (estimado global: materiales + horas)

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Esta mejora organizacional es fundamental para asegurar que el plan de mantenimiento sea sostenible y efectivo en el largo plazo, generando beneficios tanto en la reducción de paradas no planificadas como en la optimización de recursos.

6.2.5. Costos en Gestión de Repuestos y Suministros

La empresa actualmente no cuenta con un inventario formal de repuestos, lo que genera ineficiencias en el mantenimiento y posibles paradas prolongadas. Como parte del proyecto, se propone implementar un inventario técnico optimizado para los equipos críticos: molino para granos, tanques de cocimiento, pasteurizador y envasadora.

Los costos estimados para esta implementación incluyen:

- Adquisición y etiquetado de repuestos: Costo inicial para el registro y organización física de repuestos críticos.
- Software y digitalización: Adaptación e integración del inventario en la plataforma Fracttal, sin costos adicionales de licencia por ser software ya propuesto, pero sí con costos en tiempo de implementación.
- Capacitación del personal: Formación para el manejo adecuado del inventario y actualización continua.
- Adecuación del espacio físico: Posible inversión en estanterías, cajas y materiales para almacenamiento seguro y organizado.
- Elaboración de procedimientos: Tiempo invertido en el desarrollo de protocolos y manuales de gestión de inventarios.

Cuadro VI-5
Costos en Gestión de Repuestos y Suministros

Repuesto o Suministro	Cantidad	Costo Unitario	Costo
Juego de cuchillas para molino	2 juegos	180,00	360,00
Martillos de impacto	4 unid.	65,00	260,00
Zaranda para molino	2 unid.	120,00	240,00
Correa de transmisión	2 unid.	90,00	180,00
Junta para intercambiador	4 unid.	35,00	140,00
Boquillas dosificadoras (envasadora)	4 unid.	75,00	300,00
Sensor de nivel (repuesto)	2 unid.	150,00	300,00
Manual de procedimientos de inventario	1 unid.	150,00	150,00

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Esta inversión es necesaria para asegurar un manejo eficiente de los repuestos, reducir tiempos de espera por falta de piezas, y evitar costos mayores por compras de emergencia o paradas no planificadas.

6.2.6. Inversión Total Estimada

La implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la maquinaria utilizada en la producción de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija requiere una inversión económica distribuida en distintas áreas clave. A continuación, se presenta la consolidación de los costos estimados para cada componente:

Cuadro VI-6
Inversión Total Estimada

Tipo de Costo	Total
Costos en Capacitación	1.850,00
Costos en Documentación y Señalética	1.075,00
Costos en Digitalización	500,00
Costos de Mejora Organizacional	1.000,00
Costos en Gestión de Repuestos	1.525,00
Total General Estimado	6.200,00 Bs

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Esta inversión refleja el compromiso de la empresa con la mejora continua y la sostenibilidad del proceso productivo, buscando optimizar la confiabilidad de la maquinaria y reducir costos asociados a paradas imprevistas y mantenimiento reactivo.

La evaluación financiera confirma que, si bien no se trata de una inversión para generar ingresos directos, la reducción de pérdidas por paradas, el mejor aprovechamiento de recursos y el aumento de la vida útil de la maquinaria generan beneficios tangibles que justifican ampliamente el gasto inicial.

6.3. Estimación de Pérdidas por Paradas No Programadas

En el contexto operativo de la empresa Delicious Tarija, la producción de linaza blanca se realiza por campañas según la demanda del mercado, lo cual implica que los procesos no son continuos ni permanentes. Esta característica influye directamente en la manera en que deben estimarse las pérdidas asociadas a fallas o paradas no programadas.

Aunque las detenciones en los equipos clave no son frecuentes ni altamente disruptivas, cuando ocurren durante una jornada programada de producción pueden generar impactos económicos considerables, principalmente por:

- Horas de trabajo improductivas.

- Intervenciones técnicas no planificadas.
- Adquisición urgente de repuestos no almacenados.
- Retrasos en la entrega de pedidos.
- Pérdida de eficiencia general del proceso.

Dado que no se cuenta con registros estructurados ni históricos completos sobre las fallas, se propone una estimación por escenarios puntuales basada en la experiencia operativa y los datos disponibles de forma dispersa.

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo se estiman estas pérdidas para los equipos más críticos:

Cuadro VI-7
Estimación de Pérdidas en Equipos Críticos

Pérdida para Equipo Crítico	Estimación
Molino para Granos	Bs 450 por parada (2 horas improductivas, pérdida de materia prima por mala molienda, intervención manual de emergencia).
Pasteurizador	Bs 600 por parada (interrupción del ciclo térmico, riesgo de lote no pasteurizado, necesidad de limpieza completa posterior).
Envasadora	Bs 750 por parada (detención de línea de llenado, pérdida de botellas parcialmente llenas o mal selladas, reclamos por retrasos).
Cámara de Frío	Bs 1.000 por parada (riesgo de deterioro del producto en almacenamiento, necesidad de reubicación urgente o pérdida parcial de stock).

Fuente: Empresa Delicious

Elaboración: Propia

Estos datos son referenciales y tienen como fin ilustrar los impactos económicos evitables mediante la implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad. Una vez que se sistematicen los registros de mantenimiento, será posible calcular de forma más precisa el costo real de las paradas no programadas.

De este modo, la propuesta no solo busca asegurar la operatividad de los equipos, sino también evitar costos innecesarios derivados de la falta de planificación y control. La estimación aquí presentada justifica, desde una perspectiva económica, la necesidad de contar con una estrategia de mantenimiento estructurada y preventiva.

6.4. Beneficios Esperados

La implementación del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la maquinaria utilizada en la producción de linaza blanca en la empresa Delicious Tarija representa una inversión estratégica orientada a la mejora continua de los procesos productivos. Aunque no se trata de un proyecto generador de ingresos directos, los beneficios esperados se traducen en ahorros, eficiencia y sostenibilidad operativa.

Entre los principales beneficios esperados se encuentran:

- ❖ Reducción de tiempos muertos y paradas no programadas: Gracias a la planificación de tareas preventivas y el control sobre los equipos críticos, se disminuirán las interrupciones no previstas, optimizando el uso de los recursos humanos y materiales.
- ❖ Disminución de costos por mantenimiento correctivo: Al priorizar el enfoque preventivo y predictivo, se reduce la dependencia de intervenciones urgentes, repuestos de emergencia y servicios técnicos externos, lo que impacta positivamente en los costos de operación.
- ❖ Mayor vida útil de los equipos críticos: Las acciones sistemáticas de inspección, limpieza y reemplazo oportuno de componentes contribuyen a prolongar el tiempo de servicio de las máquinas, retrasando la necesidad de inversiones en nuevos equipos.

- ❖ Mejor planificación de recursos: La gestión organizada del inventario de repuestos y suministros permitirá una planificación más precisa de las compras, evitando el sobrestock o la carencia de materiales clave durante la producción.
- ❖ Fortalecimiento del personal técnico interno: A través de la capacitación y el desarrollo de herramientas prácticas como checklists, señalética e instructivos con códigos QR, se fomenta la autonomía y el conocimiento técnico del personal, reduciendo la dependencia de servicios tercerizados.
- ❖ Mejora en la trazabilidad y control de mantenimiento: La digitalización del mantenimiento mediante el uso de software especializado facilitará el registro, seguimiento y análisis de los eventos de mantenimiento, permitiendo tomar decisiones informadas y basadas en datos.
- ❖ Sostenibilidad operativa y ambiental: Con acciones enfocadas en el uso eficiente de repuestos, el reciclaje de componentes, la reducción del consumo energético y la prevención de fugas o derrames, se promueve una operación más sostenible y responsable con el entorno.

Estos beneficios, aunque en muchos casos de carácter cualitativo, fortalecen la competitividad de la empresa a mediano y largo plazo. A su vez, refuerzan la cultura de mantenimiento dentro de la organización, alineando la producción con estándares más eficientes y confiables.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

La empresa Delicious Tarija no contaba con un plan de mantenimiento definido, lo que hacía que muchos problemas se atiendan de forma improvisada o cuando ya había fallas visibles. Esto provocaba paradas inesperadas y alargaba los tiempos de reparación, afectando directamente a la producción de su producto estrella: la linaza blanca.

Después de analizar la maquinaria utilizada en el proceso, se identificaron varios puntos críticos que necesitaban atención urgente. Algunos equipos no recibían mantenimiento con regularidad y, además, no existía un registro formal de las tareas realizadas, lo que dificultaba cualquier seguimiento o mejora.

A través de herramientas como el análisis de criticidad, el diagrama de Pareto y el AMFEC, se logró seleccionar los equipos más importantes para el funcionamiento de la planta: el molino para granos, el pasteurizador, la envasadora y la cámara de frío. Estos equipos fueron el foco principal para proponer mejoras concretas en su mantenimiento.

El plan de mantenimiento propuesto organiza mejor las actividades a realizar en cada equipo, define qué tipo de mantenimiento corresponde, con qué frecuencia debe hacerse, quiénes son los responsables, y qué se debe registrar. Todo esto está orientado a reducir las fallas, evitar paradas innecesarias y mejorar el rendimiento de los equipos.

Una de las propuestas clave fue incorporar herramientas digitales, como el software Fracttal, que permite llevar un control más ordenado y accesible del mantenimiento. Además, se propuso el uso de códigos QR que faciliten al personal el acceso a los manuales y registros directamente desde los equipos.

Los costos asociados a la implementación del plan no son elevados, y la mayoría están relacionados con capacitación, señalética, organización de repuestos y mejoras internas. En cambio, los beneficios son muy significativos, ya que ayudan a

reducir pérdidas por fallas inesperadas, mejorar la productividad y evitar gastos innecesarios.

En resumen, este proyecto demuestra que es posible mejorar la gestión del mantenimiento de manera realista y sostenible, aprovechando los recursos que ya tiene la empresa, y con pequeñas inversiones estratégicas que marcan una gran diferencia en los resultados.

7.2.. Recomendaciones

- Poner en marcha el plan de forma progresiva, empezando por los equipos más importantes. Esto permitirá que el personal se adapte a los nuevos procedimientos sin afectar la producción y se puedan hacer ajustes en el camino si es necesario.
- Apostar por la capacitación interna, sobre todo en temas eléctricos básicos, para que no siempre se dependa de técnicos externos. Esto ayudaría a resolver problemas más rápido y con menos costos.
- Aprovechar al máximo el software Fracttal, registrando los equipos, tareas y fallas desde el inicio. Esto hará que la información esté más ordenada y se pueda tomar mejores decisiones a futuro.
- Organizar un pequeño inventario de repuestos, al menos para los equipos más utilizados. Tener las piezas necesarias a mano puede evitar que se pierdan horas o incluso días de producción por esperar repuestos.
- Revisar periódicamente cómo va funcionando el plan, usando indicadores simples como la cantidad de fallas, el tiempo que tarda en repararse un equipo o si se están cumpliendo las tareas en el tiempo previsto.
- Fomentar una cultura de cuidado de los equipos, en la que todos los trabajadores comprendan que el mantenimiento no es solo cosa de técnicos, sino de todo el equipo de trabajo. Pequeñas acciones, como reportar ruidos extraños o hacer una limpieza básica, pueden evitar fallas más graves.
- Evaluar cada año si el plan necesita ser actualizado, ya sea porque se incorporan nuevos equipos, cambia la forma de producción, o porque la experiencia con el sistema muestra mejoras posibles.

5. ¿Qué sugerencias daría para mejorar el mantenimiento eléctrico? (Pregunta abierta, breve)

ANEXO 2

**TABLA PARA LA VALORACIÓN
CUALITATIVA DE LA CRITICIDAD DE UN
EQUIPO SEGÚN GARCIA GARRIDO (2010)**