



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la
confiabilidad para mejorar la producción de alcachofa de la
línea piloto en la empresa Viru S.A.**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

Martin Enrique Valdiviezo Cornejo

Asesor(es):
Dr. Ing. Raúl La Madrid Olivares

Piura, agosto de 2023





Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, **Martin Enrique Valdiviezo Cornejo**, egresado del Programa Académico de Ingeniería Mecánico - Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI **72912934**.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la producción de alcachofa de la línea piloto en la empresa Viru S.A." El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis¹ para optar el Título profesional de **Ingeniero Mecánico – Eléctrico**.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
 - **Martin Enrique Valdiviezo Cornejo**, identificado con DNI N° **72912934**
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - **Dr. Ing. Raúl La Madrid Olivares**, identificado con DNI N° **43356179**
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, / el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: agosto de 2023

Firma del autor optante³

¹ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

² Grado de Bachiller, Título de profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³ Idéntica a DNI, no se admite digital salvo certificado.



Dedicatoria

A Dios y a la Virgen María que siempre me guían en mi camino tanto personal como profesional.

A mi mamá, por siempre enviarme sus bendiciones y tenerme en cuenta en sus oraciones.

A mi hermana, por siempre haberme apoyado.

A María Alejandra, mi primera sobrina.





Resumen

La presente tesis tiene como finalidad proponer un plan de mantenimiento de una línea de producción de alcachofa en la empresa Viru S.A. Para llegar a ese objetivo se desarrolla la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) junto con el análisis de otras normas que faciliten la aplicación.

La metodología por utilizar está establecida en los siguientes pasos: antes de aplicar RCM, durante el RCM y propuesta del RCM.

Antes de aplicar el RCM se recopila la información necesaria de la línea de producción que servirá como insumo. Esto es la identificación del problema, los indicadores de mantenimiento actuales, la estructura sistemática de equipos y cuáles son los críticos.

Durante el análisis de RCM se determinan los modos y efecto de falla (AMEF) de los equipos críticos de la línea de producción.

Finalmente se propone un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad indicando la actividad a realizar, el tipo de mantenimiento, el encargado y la frecuencia en que la actividad debería ser ejecutada.

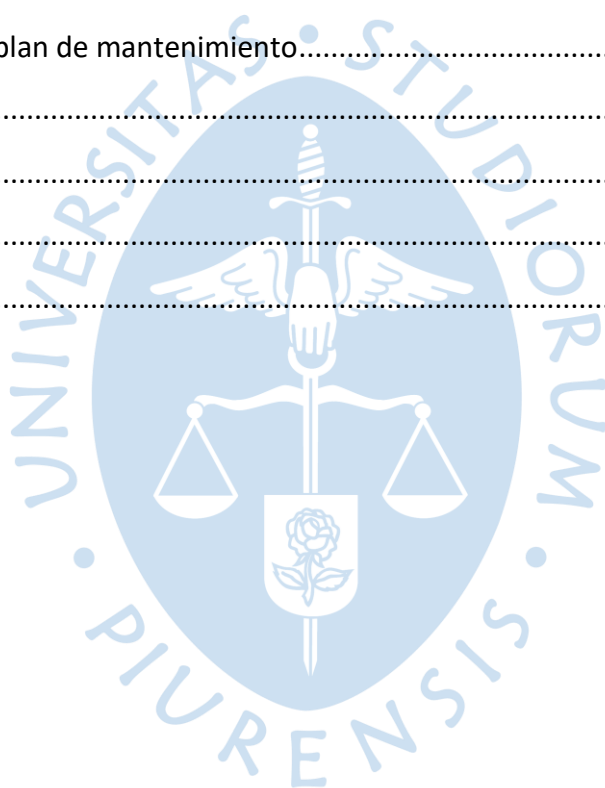




Tabla de contenido

Introducción	15
Capítulo 1 Marco teórico.....	17
1.1 Mantenimiento.....	17
1.1.1 Definición de mantenimiento.....	17
1.1.2 Importancia del mantenimiento	17
1.1.3 Evolución del mantenimiento	18
1.1.4 Tipos de mantenimiento	19
1.2 Confiabilidad.....	20
1.2.1 Definición confiabilidad.....	20
1.2.2 Curva de confiabilidad.....	20
1.3 Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	21
1.3.1 Definición de RCM.....	21
1.3.2 Implementación de RCM.....	22
1.3.3 Indicadores de RCM análisis de criticidad.....	23
1.4 Normas	23
1.4.1 SAE JA1011 y SAE JA1012.....	23
1.4.2 ISO 14224.....	24
1.4.3 SAE J1739.....	24
1.4.4 OREDA.....	25
1.5 Producción de alcachofa	25
1.5.1 Descripción de alcachofa.....	25
1.5.2 Producción de alcachofa en el Perú y el mundo	25
1.5.3 Valor nutricional	27
1.6 Producción en la línea piloto.....	28
1.6.1 Etapas de preproceso	28
1.6.2 Etapas de proceso	29
1.6.3 Producto terminado venta y/o exportación.....	30
Capítulo 2 Propuesta plan de mantenimiento.....	33
2.1 Objetivos.....	33

2.1.1 General	33
2.1.2 Específicos	33
2.2 Situación actual de la gestión de mantenimiento.....	33
2.2.1 Identificación del problema	37
2.2.2 Indicadores de mantenimiento.....	37
2.2.3 Estructura sistemática de equipos	39
2.2.4 Determinación de elementos críticos	44
2.3 Desarrollo de la metodología RCM	47
2.3.1 Análisis de modo y efecto de falla.....	47
2.4 Propuesta del plan de mantenimiento.....	49
2.5 Resultados	53
Conclusiones.....	55
Recomendaciones	57
Referencias.....	59



Lista de tablas

Tabla 1 Exportación de alcachofas peruanas en dólares	25
Tabla 2 Exportación de alcachofas peruanas en kilogramos	26
Tabla 3 Países que importan alcachofa	27
Tabla 4 Composición mineral de la alcachofa	27
Tabla 5 Enfermedades y beneficios de la alcachofa	28
Tabla 6 Datos de indicadores año 2022	38
Tabla 7 Indicadores 2022	39
Tabla 8 Distribución por zona y equipos de la línea de producción	40
Tabla 9 Esquema de puntuación cuantitativa	41
Tabla 10 Esquema de puntuación cualitativa	42
Tabla 11 Frecuencia de fallos	42
Tabla 12 Impacto operacional	42
Tabla 13 Impacto en la seguridad, ambiente y salud	43
Tabla 14 Impacto por flexibilidad operacional	43
Tabla 15 Impacto por costos de mantenimiento	43
Tabla 16 Impacto en la calidad del producto	43
Tabla 17 Análisis de criticidad de equipos	44
Tabla 18 Análisis de criticidad de los elementos de las máquinas peladoras de alcachofa	45
Tabla 19 Análisis de criticidad de los elementos del blanqueador de alcachofa	46
Tabla 20 Análisis de criticidad de los elementos del exhauster	46
Tabla 21 Tipo de mantenimiento según criticidad	47
Tabla 22 AMEF de las máquinas peladoras de alcachofa	47
Tabla 23 AMEF blanqueador de alcachofa	48
Tabla 24 AMEF del exhauster	49
Tabla 25 Actividades de mantenimiento de las máquinas peladoras de alcachofa	50
Tabla 26 Actividades de mantenimiento del blanqueador de alcachofa	51
Tabla 27 Actividades de mantenimiento del exhauster	51
Tabla 28 Propuesta de plan de mantenimiento RCM	52
Tabla 29 Datos obtenidos año 2023	53

Tabla 30 Indicadores de mantenimiento del año 2023 54



Lista de figuras

Figura 1 Curva de confiabilidad o "curva de la bañera"	21
Figura 2 Secuencia de siete preguntas para aplicar RCM	22
Figura 3 Taxonomía de equipos	24
Figura 4 Etapas de preproceso de alcachofa.....	29
Figura 5 Etapas de proceso de alcachofa	29
Figura 6 Etapas de producto terminado	31
Figura 7 Organigrama área de mantenimiento.....	34
Figura 8 Flujograma de atención de un trabajo de mantenimiento preventivo	35
Figura 9 Flujograma de atención de un trabajo de mantenimiento correctivo programado..	36
Figura 10 Flujograma de atención de un trabajo de mantenimiento correctivo no programado	36





Introducción

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología que ayuda a escoger las estrategias adecuadas de mantenimiento para los activos dentro de una organización. Con esta metodología se puede incrementar la disponibilidad de los activos, reducir costos de mantenimiento y, además, obtener buenos indicadores.

La empresa Viru S.A, dedicada a la producción de conservas, congelados y frescos, en su línea piloto de producción cuenta con un gran número de activos que intervienen de una u otra manera dentro de las actividades. Éstos deben desarrollar sus funciones el mayor del tiempo posible sin dejar de lado los altos niveles de seguridad y calidad, es decir, tienen que ser rentables.

Actualmente se cuentan con paradas durante la producción o con un alto número de trabajos de mantenimientos no programados, sobre todo en equipos críticos, generando pérdidas considerables para la empresa.

En este trabajo de investigación se busca proponer un plan de mantenimiento adecuado que permita obtener mayor disponibilidad de estos equipos, de manera que el mayor número de trabajos de mantenimiento que se realicen sean preventivos, que no se generen gastos excesivos con respecto a los repuestos, no tener tiempos muertos y que el uso de los recursos en general sean óptimos, permitiendo así obtener buenos indicadores en una operación industrial.

Es por eso por lo que se propone un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para asegurar la disponibilidad de los equipos de la empresa Viru S.A.

El RCM ha sido y se utiliza en muchas empresas precisamente para determinar las tareas de mantenimiento adecuadas.



Capítulo 1

Marco teórico

El primer capítulo detallará aspectos o conocimientos que se deben saber para entender este trabajo de investigación.

Se hablará sobre mantenimiento, por ejemplo; su definición, importancia, evolución y/o tipos. Con respecto a confiabilidad, acerca de su definición y curva de la bañera. Posteriormente, se comentará acerca de las normas y manuales que servirán como herramientas para poder alcanzar a desarrollar esta metodología.

Por otro lado, se hablará sobre la materia prima usada en el proceso dentro de la línea de producción, es decir, la alcachofa. Cómo es que se encuentra el mercado dentro del Perú y en el mundo, además, qué aporte da a las personas que lo consumen. Se hablará también sobre la trazabilidad por la que pasa la alcachofa desde que sale de campo hasta el cliente que lo consume. Por último, se detallará las etapas de la línea de proceso explicándolas cada una de ellas.

1.1 Mantenimiento

Desde la época de la revolución industrial hasta el día de hoy, el mantenimiento ha evolucionado en dos ámbitos: técnica y culturalmente. El mantenimiento ha ido obteniendo importancia hasta ser una tarea principal para la producción de la empresa. (Mancuzo, 2020)

1.1.1 Definición de mantenimiento

La norma UNE-EN 13306:2018 define a mantenimiento como la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y gerenciales durante el ciclo de vida de un elemento con la finalidad de mantenerlo o restaurarlo a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida. (13306:2018, 2018)

1.1.2 Importancia del mantenimiento

Mantener o restaurar un activo es esencial para conservarlo de manera segura y confiable. No tener un mantenimiento establecido es tener los activos a la deriva. Como se ha visto, las fallas en los activos ocurren de manera irregular. Además, el mal funcionamiento es impredecible, y cada falla conlleva a otra causando daños cada vez más graves. (Predictiva21, s.f.)

La importancia del mantenimiento siempre ha estado presente, incluso, desde la revolución industrial cuando se aplicaba el mantenimiento a una máquina en el momento que presentaba una avería total o parcial. (Predictiva21, s.f.)

Al implementar un mantenimiento, éste permite:

Prevenir accidentes y aumentar la seguridad de los operadores de máquinas en el trabajo.

Evitar y reducir pérdidas por paradas de producción.

Prolongar la vida útil del equipo.

Reducir los costos de mantenimiento.

Permite tener una documentación de cada activo.

Mejorar la calidad de las operaciones industriales y, según la situación, del producto intermedio o final.

Al no haber un mantenimiento o un mantenimiento inadecuado pueden generar condiciones peligrosas, accidentes y problemas de salud en el equipo.

El mantenimiento es una actividad de alto riesgo. Debe hacerse de manera segura, es decir, todos los involucrados deben estar capacitados. (Predictiva21, s.f.)

1.1.3 Evolución del mantenimiento

El mantenimiento ha ido cambiando con el paso del tiempo. Su evolución tiene una relación con la historia del progreso tecnológico y cultural desde la revolución industrial hasta nuestros días. Surgió entre los siglos XVIII y XIX cuando la sociedad comenzó a darle importancia a los equipos industriales, ya que anteriormente no lo hacían. (Mancuzo, 2020). De ahí, dependiendo de las necesidades o circunstancias es que se han desarrollado nuevas estrategias o filosofías de mantenimiento para conservar los equipos debido a que esto afecta fundamentalmente a la productividad de una organización. De acuerdo con la historia el mantenimiento ha ido de la siguiente manera.

Surgió con el mantenimiento correctivo entre los años 1700-1938, no había plan de rutina. Consistía en reparación de motores, válvulas y otros componentes.

Posteriormente el mantenimiento preventivo inició con la industria automotriz y se incluyeron controles de rutina. Aumentó la importancia de los activos ya que jugaron un papel muy importante y una falla repentina significaría un retraso inaceptable. También tuvo participación durante la segunda guerra mundial netamente para darle vida útil a los activos militares, pues tenían que estar disponibles.

El mantenimiento predictivo nació en los años 60 con la idea del monitoreo con la ayuda de indicadores, sensores y dispositivos capaces de predecir fallas o posibles fallas. Por lo tanto, se comenzó por hallar datos de los activos para determinar la vida útil restante de sus componentes, sobre todos a los críticos. Con esto ahorraron tiempo y recursos, lo cual fue un paso muy importante para el desarrollo de mantenimiento.

Paralelamente en los años 1960 los japoneses revolucionaron la industria mundial y el mantenimiento naciendo así el mantenimiento productivo total. Crearon muchas prácticas que luego fueron adaptadas en otros países. Con la finalidad de hacer un mantenimiento aún menos costoso se dio la idea de capacitar a los operadores de producción para realizar tareas

básicas de mantenimiento. La automatización jugó un papel muy importante en esta práctica porque permitió a ellos leer indicadores y monitorear su equipo. Esto fue un paso revolucionario del mantenimiento.

Durante la década de los 60 hubo muchos accidentes en la aviación comercial debido a fallas en los equipos. En los años 1980, luego de 20 años de investigación los americanos identificaron el mantenimiento centrado en la confiabilidad como una solución. El trabajo de investigación consistió en probar componentes de aeronaves para determinar su vida útil en diversas condiciones. (Mancuzo, 2020)

1.1.4 Tipos de mantenimiento

A continuación, se hablará de cada uno de los tipos de mantenimiento que han evolucionado de acuerdo con la historia.

1.1.4.1 Mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento está ligado netamente a las fallas. No evita los costosos daños producidos por la falla, además, de los costos de mantenimiento y paradas que no son planificadas. Dentro del mantenimiento correctivo se tiene dos tipos: programado y no programado. El mantenimiento correctivo programado nace de las inspecciones o cuando se ha detectado una falla potencial que, de no ser atendida, termina en una avería interrumpiendo la función del equipo. Por otro lado, el mantenimiento correctivo no programado consiste cuando el equipo ya falló y se tiene que atender en el momento.

1.1.4.2 Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades que permite adelantarse hacia una falla. Es más económico, hace la operación más segura y eficiente. Este tipo de mantenimiento se basa en los parámetros de diseño ya que son revisados de manera general sin una revisión a detalle y se cambian algunos componentes en base al tiempo de funcionamiento.

1.1.4.3 Mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo es una estrategia basada en la detección temprana de averías mediante la identificación de patrones de fallo usando diferentes herramientas, por ejemplo, análisis vibracional, termografías, control de presiones, etc. Al igual que el mantenimiento preventivo, busca aumentar la disponibilidad y fiabilidad de los activos con la diferencia que, éste interviene el activo cuando es necesario.

1.1.4.4 Mantenimiento productivo total (TPM). El mantenimiento productivo total es una filosofía de trabajo que integra la gestión correctiva, preventiva y de calidad, además, capacita a los operadores de producción para realizar tareas básicas de mantenimiento.

Supone un nuevo concepto definido para el mantenimiento de plantas y equipos. Tiene como objetivo aumentar la producción, motivar a los empleados y darles satisfacción en el trabajo, todo ello sin accidentes de trabajo. Además, tiene como objetivo desarrollar habilidades competitivas en toda la organización.

Para hablar del tipo de mantenimiento centrado en la confiabilidad primero se hablará sobre conceptos de confiabilidad.

1.2 Confiabilidad

1.2.1 Definición confiabilidad

Se define a confiabilidad a la capacidad de un ítem en realizar una función dada bajo ciertas condiciones en cualquier tiempo. Se llega a una confiabilidad requerida cuando el ítem hace lo que uno quiere que haga en cualquier momento. A “ítem” podemos referirnos a un activo, equipo, una planta, un sistema y por qué no, hasta a una persona. (Sueiro)

La confiabilidad influye directamente sobre los resultados de la empresa, aplicado no solo a las máquinas o equipos aislados sino a la totalidad de los procesos que constituyen la cadena de valor de la organización. (Sueiro)

Nace en el diseño, continúa en la fabricación, instalación y operación. Es importante porque mide la capacidad de funcionamiento de un activo y nos dará los siguientes beneficios:

Satisfacción del cliente

Reputación

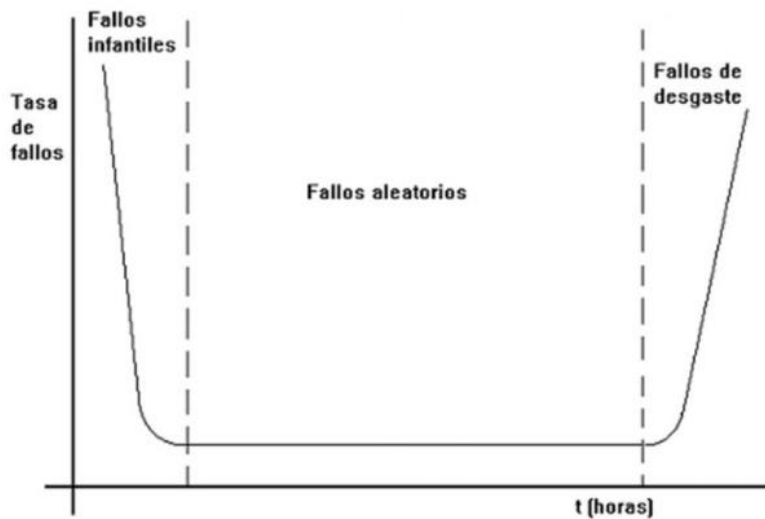
Buenos costos de operación y mantenimiento

1.2.2 Curva de confiabilidad

A menudo los equipos siguen un modelo de falla similar de confiabilidad. La curva de confiabilidad, figura 1, de una máquina muestra la evolución de la tasa de fallos de una máquina a lo largo del tiempo, recibe el nombre de “curva de la bañera” y está compuesta por tres zonas diferenciadas por la frecuencia de los fallos y su causa.

Figura 1

Curva de confiabilidad o "curva de la bañera"



Nota. Adaptado de Curva de fiabilidad de una máquina. Yepes, V. (2021)

1.2.1.1 Fallos infantiles período de mortalidad infantil. Las causas de las fallas son normalmente por errores de diseño o fabricación que una vez resueltas no suelen repetirse. También, ocurren durante la fase de rodaje de la máquina. (Piqueras, 2021)

1.2.1.2 Fallas aleatorias o fallos constantes. Las fallas aparecen de manera aleatoria y accidental debido a limitaciones del diseño más los inconvenientes causados por el uso o por un inadecuado mantenimiento. (Piqueras, 2021)

1.2.1.3 Fallo o período de desgaste. En este período hay deterioros crecientes con el tiempo debido a la vejez y terminación de la vida útil del equipo. Para reducir la tasa de fallas se quiere el reemplazo preventivo de los componentes gastados antes de una catástrofe, incluso llegando a la renovación completa del equipo. (Piqueras, 2021)

Una vez definidos los conceptos sobre lo que es mantenimiento y confiabilidad, se habla sobre el tipo de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

1.3 Mantenimiento centrado en la confiabilidad

En la actualidad, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es utilizado con frecuencia no solo para identificar tareas de mantenimiento, también se utiliza como marco de referencia para analizar el riesgo en equipos, clasificar por importancia los componentes significativos para el mantenimiento o detectar áreas de oportunidad de mejora en el mantenimiento de equipos complejos

1.3.1 Definición de RCM

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, aplicable a cualquier tipo de instalación industrial y muy

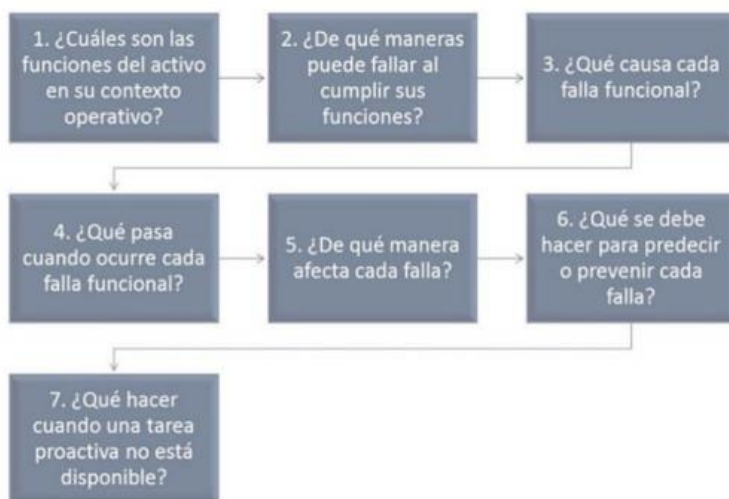
útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento preventivo. Es un procedimiento estructurado para determinar la política de mantenimiento más adecuada para cada activo físico de una planta industrial, atendiendo a su contexto operacional. Se usa para saber lo que debe hacerse para asegurar que un activo físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional, basado en garantizar la seguridad y minimizar el riesgo al entorno y las vidas humanas, el impacto al medio ambiente, a la afectación a la producción, así como la disminución de los costos de operación y mantenimiento. (Diaz-Concepcion, 2016)

1.3.2 Implementación de RCM

La norma SAE JA1011 establece que para cumplir o implementar con la metodología RCM se deber responder satisfactoriamente en secuencia las preguntas que se muestran en la figura 2:

Figura 2

Secuencia de siete preguntas para aplicar RCM



Nota. Adaptado de Society of Automotive Engineers, SAE JA1011: Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes, 2 ed., Warrendale: SAE International (2009)

Para responder de manera adecuada todas las preguntas del proceso de RCM, se debe contar con toda la información del activo y deben tomarse decisiones con base en esta información, por lo cual se requiere considerar en el proceso de RCM un paso de recopilación y análisis de información previo a los pasos ya descritos. También es importante considerar los pasos complementarios que siguen al término del análisis y que concretarían la implementación, esto ayuda a que el RCM no quede solamente en papel.

1.3.3 Indicadores de RCM análisis de criticidad

El uso de indicadores es muy importante, pues permite una evaluación de manera cuantitativa. En el caso de mantenimiento, se obtiene una idea de cómo se encuentra dentro de una organización para el cumplimiento de objetivos y metas trazadas. Los indicadores son los siguientes:

1.3.3.1 Tiempo medio entre fallas (MTBF). Tiempo promedio de un equipo que cumple su función sin fallas o interrupciones. Se requiere que este indicador cada vez aumente. La ecuación 1 muestra cómo se halla MTBF.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Total de fallas}} \quad 1$$

1.3.3.2 Tiempo medio para reparar (MTTR). Tiempo promedio en el que un equipo está siendo reparado. A diferencia de que MTBF, el MTTR cada vez debe ser menor. La ecuación 2 muestra cómo se halla el MTTR.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de parada}}{\text{Total de fallas}} \quad 2$$

1.3.3.3 Disponibilidad. Medida por el grado en el que un activo se encuentra en estado operativo y comprometido al inicio de la misión y se le requiere en un momento no especificado. En otras palabras, probabilidad que un activo estará operativo cuando se le necesite. La ecuación 3 muestra cómo se halla la disponibilidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad 3$$

1.4 Normas

Se conoce como norma a una regla o conjunto de estas, a una ley o a una pauta que se impone, se adopta y se debe seguir para realizar correctamente una acción o también para guiar, dirigir o ajustar la conducta o el comportamiento de los individuos.

En este caso, para realizar el RCM se usan unas normas que ya están establecidas y que se usaran como guía.

1.4.1 SAE JA1011 y SAE JA1012

La norma SAE JA1011 es la que establece los criterios mínimos que se deben cumplir para la metodología RCM especificando que se respondan satisfactoriamente las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las funciones de los activos en su contexto operativo?

¿De qué manera puede fallar al cumplir sus funciones?

¿Qué causa cada falla funcional?

¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional?

¿De qué manera afecta cada falla?

¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla?

¿Qué hacer cuando una tarea proactiva no está disponible?

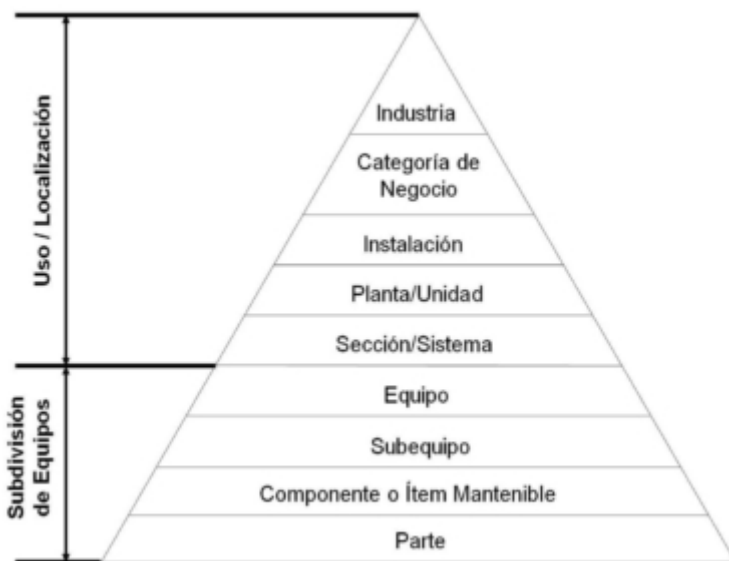
Por otro lado, la norma SAE JA1012 definen el modo de falla como un evento único que causa una falla funcional (causa primaria de falla) y lo diferencia de la causa raíz (causa fundamental).

1.4.2 ISO 14224

La norma ISO 14224 define la taxonomía como la clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos genéricos basada en sus características comunes (localización, uso, tipo de equipo, etc.), la taxonomía, figura 3, es representada en forma de pirámide como se observa en la figura y representa la ubicación del equipo o activo dentro de la organización. Para realizar el RCM, se puede utilizar como insumo la taxonomía y la subdivisión de equipo que recomienda esta norma.

Figura 3

Taxonomía de equipos



Nota. Adaptado de International Organization for Standardization, ISO 14224: Petroleum, petrochemical and natural gas industries Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment, 3 ed., Ginebra: ISO (2016)

1.4.3 SAE J1739

La norma SAE J1739 establece los criterios para realizar el análisis de modo y efectos de falla (AMEF). Cuando se habla de modo de falla se refiere a cómo un elemento puede fallar o de qué manera. El efecto de falla vendría a ser la consecuencia.

1.4.4 OREDA

El OREDA, Offshore Reliability Data Handbook por sus siglas en inglés, se usa como una base de dato. Se estableció en 1981 en cooperación con la dirección de petróleo de noruega. el objetivo inicial de OREDA era recolectar datos de confiabilidad para equipos de seguridad.

El principal objetivo del proyecto OREDA es contribuir a mejorar la seguridad y la rentabilidad en el diseño y operación de instalaciones de exploración y producción de petróleo y gas estadísticos de falla de los equipos.

1.5 Producción de alcachofa

La alcachofa es una de las materias primas que usa la empresa para generar sus productos de conservas y congelados. Hay dos tipos que se utilizan en planta, una es la alcachofa con espina (ACE) o criolla para procesar fondos y la alcachofa sin espina (ASE) o corazones para procesar corazones de alcachofa. Tiene dos procesos de pelado, cuando la alcachofa se encuentra cocida y cruda, dependiendo si se procesan corazones o fondos. También es la que genera mayor rentabilidad dentro de la empresa.

1.5.1 Descripción de alcachofa

La alcachofa es un alimento conocido por tener propiedades depurativas y beneficios para la salud rica en minerales. Es una hortaliza con varios usos culinarios y terapéuticos. Con respecto a su preparación se deben tener en cuenta algunos cuidados para evitar su deterioro, pues la sobrecocción afecta su sabor y textura. Además, una vez cocida no se recomienda guardarse ya que puede surgir la presencia de un hongo de color grisáceo llamado bremia que podría resultar nocivo para la salud. Su temporada es de otoño a primavera, tiene dos floraciones: la primera de octubre a diciembre y la segunda de febrero o marzo a abril. (Vanguardia, 2020)

1.5.2 Producción de alcachofa en el Perú y el mundo

Según (noticias, 2022) en la primera mitad del 2022:

Las exportaciones peruanas de alcachofas incrementaron un 15.48%, los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Exportación de alcachofas peruanas en dólares

	Fecha	
	Enero – junio 2021	Enero – Junio 2022
Monto [\$]	34 526 720	39 873 078

Nota. Esta tabla muestra la exportación, en dólares, de la alcachofa del primer semestre del año 2022 con respecto al 2021

Con respecto a kilos hubo un incremento de 14.9%, los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Exportación de alcachofas peruanas en kilogramos

	Fecha	
	Enero - junio 2021	Enero - Junio 2022
Monto [Kg]	13 493 958	15 505 534

Nota. Esta tabla muestra la exportación, en dólares, de la alcachofa del primer semestre del año 2022 con respecto al 2021

Los países de destino de la alcachofa son los siguientes:

Estados Unidos

España

Francia

Canadá

Alemania

Chile

Brasil

Australia

Países bajos

Líbano

Otros países

Están colocados de mayor a menor de acuerdo con la cantidad de alcachofa es exportada, en dólares. Se puede decir que la alcachofa tiene gran acogida en América del Norte, parte de Europa, Sudamérica y Oceanía. La tabla 3 muestra con valores la cantidad de alcachofa por cada país.

Tabla 3*Países que importan alcachofa*

País	Alcachofa [\$]
Estados Unidos	27 719 884
España	8 131 287
Francia	1 871 220
Canadá	768 392
Alemania	523 939
Chile	384 088
Brasil	169 577
Australia	85 870
Países bajos	64 168
Líbano	51 361
Otros países	103 2

Nota. En la tabla de muestra los países en donde gran cantidad de alcachofa es exportada

1.5.3 Valor nutricional

La alcachofa tiene minerales que son buenos para el cuerpo humano, por ejemplo, el fósforo potasio, magnesio y calcio. A continuación, la tabla 4 muestra la composición de cada uno de estos minerales. Por cada 200 gramos la alcachofa proporciona lo siguiente.

Tabla 4*Composición mineral de la alcachofa*

Mineral	Composición [%]
Fósforo	33
Potasio	18
Magnesio	15
Calcio	13

Nota. En la tabla se muestra el porcentaje de composición de los minerales presentes en la alcachofa

También la alcachofa contiene vitaminas del grupo B, por ejemplo, vitamina B1 o tiamina muy buena para convertir los alimentos en energía e importante para el crecimiento, desarrollo y función de las células. La vitamina B6 para el buen funcionamiento de las enzimas. Además de la vitamina B, también contiene vitamina C para el crecimiento y reparación de tejidos en todas las partes del cuerpo.

Todos estos minerales o vitaminas influyen también en prevención de enfermedades o ayudan a controlarlas, por ejemplo, la alcachofa ayuda para enfermedades del hígado, riñones, colesterol, azúcar y piel. La tabla 5 muestra más detalles sobre lo mencionado.

Tabla 5*Enfermedades y beneficios de la alcachofa*

Enfermedad	Beneficios
Para el hígado	Incrementa la secreción biliar y la irrigación sanguínea del hígado, ayuda a digerir mejor.
	También favorece la regeneración de las células hepáticas
	Además, mejora las digestiones lentas
Para el riñón	Incrementa la diuresis y la excreción de urea
	También ayuda contra la retención de líquido
Para el colesterol	Ayuda a prevenir la arteriosclerosis
Para el azúcar	Ayuda a controlar el azúcar en las personas diabéticas
Para la piel	Desaparece dermatitis o las mejora tras estimular los procesos de desintoxicación hepática

Nota. En la siguiente tabla se muestra algunos de los beneficios de la alcachofa para la salud

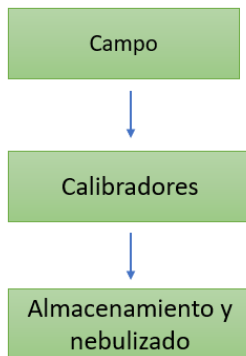
1.6 Producción en la línea piloto

La línea piloto o línea cero trabaja durante todo el año y solo cuenta con un mes de mantenimiento. Procesa alcachofa criolla o con espina durante el primer semestre de cada año y también, alcachofa corazones o sin espina en la segunda mitad del semestre.

En este trabajo de investigación se ha escogido esta línea de proceso debido a que, en la empresa, se está haciendo un estudio para poder llegar con el objetivo de cero fallas o que las fallas sean el mínimo.

1.6.1 Etapas de preproceso

Como bien se menciona esta etapa es antes del proceso, es decir, tiene que ver con las actividades relacionadas con los campos, el transporte de la alcachofa a planta, la selección de la materia prima según su diámetro mediante los calibradores y el almacenamiento de la misma con la hidratación o nebulizado que es donde se mantiene antes de ser procesada. La etapa de preproceso está compuesto por la siguiente secuencia, figura 4:

Figura 4*Etapas de preproceso de alcachofa*

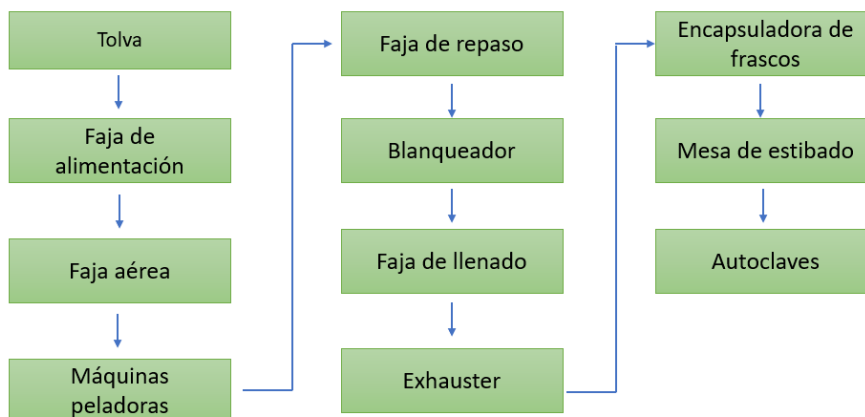
1.6.1.1 Campo. La alcachofa es cosechada en los diferentes campos de la empresa y es llevada a la planta.

1.6.1.2 Calibradores. Una vez que la alcachofa es trasladada a planta es calibrada por diferentes diámetros. Se tienen calibres desde los 45mm hasta los 85mm, depende si es alcachofa criolla o corazones. Se tiene dos tipos de calibradores para cada tipo de alcachofa.

1.6.1.3 Almacenamiento y Nebulizado. Una vez calibrada la alcachofa se lleva a acopia en los almacenes de alcachofa a la espera del proceso. Siempre tiene que estar nebulizada o hidratada, pues al no hidratar la alcachofa se comienza a perder calidad.

1.6.2 Etapas de proceso

Ya se ha visto las tres primeras etapas por las cuales pasa la alcachofa antes de entrar a planta al proceso. Ahora se verá a detalle las etapas que involucran el proceso de la alcachofa. En la figura 6 se comentarán las etapas de proceso.

Figura 5*Etapas de proceso de alcachofa*

1.6.2.1 Tolva. Es el inicio del proceso. De la zona de almacenamiento y nebulizado la alcachofa es llevada por un montacargas para abastecer la tolva.

1.6.2.2 Faja de alimentación. Es la que conduce la alcachofa hacia dentro de la planta.

1.6.2.3 Faja aérea. Faja que abastece a las máquinas peladoras.

1.6.2.4 Máquinas peladoras de alcachofa. En esta etapa las alcachofas son peladas obteniendo el máximo rendimiento posible. Normalmente oscila entre el 40 – 45%. Este equipo es crítico, pues una parada genera pérdidas o un mal corte puede interferir entre el rendimiento del producto.

1.6.2.5 Faja de repaso. Aquí se deshoja manualmente o se termina de perfilar el corte de la alcachofa.

1.6.2.6 Blanqueador. En este equipo la alcachofa es cocinada entre un rango de 92 – 96 °C. Al igual que las peladoras, este equipo es crítico. Una mala lectura de temperatura puede darle un mal cocido o blanqueo a la alcachofa.

1.6.2.7 Faja de llenado. En esta etapa se llena manualmente la alcachofa en los frascos ya san de vidrio o lata.

1.6.2.8 Exhauster. Equipo encargado de llenar con líquido de gobierno el envase. El líquido de gobierno es el encargado de conservar el producto.

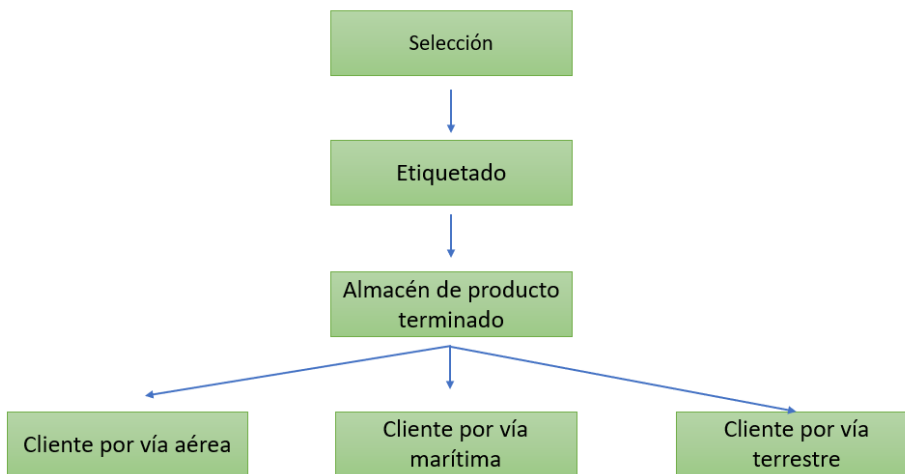
1.6.2.9 Encapsuladora de frascos o maquina cerradora. Darle un primer cierre al frasco o lata. Encapsuladora para frasco de vidrio y maquina cerradora para lata.

1.6.2.10 Mesa de estibado. Se colocan el producto en un coche con varios niveles para ingresarlos a las autoclaves.

1.6.2.11 Autoclaves. Equipo encargado de darle el tratamiento térmico al producto terminado para combatir la bacteria dentro del producto. Es crítico también, pues un mal tratamiento causaría daños severos al consumidor.

1.6.3 Producto terminado venta y/o exportación

Una vez que el producto sale de las autoclaves pasa a la etapa de producto terminado. Esto tiene que ver con toda la trazabilidad de selección, etiquetado y almacenamiento del producto terminado. Un punto muy importante es la revisión de los productos mediante rayos X para garantizar que no contengan algún material extraño. En la figura 6 se muestran las etapas desde la selección del producto hasta que es exportado.

Figura 6*Etapas de producto terminado*

1.6.3.1 Selección. El producto es lavado y apilado para su etiquetado.

1.6.3.2 Etiquetado. Se coloca la etiqueta en las líneas según requerimiento de cliente.

1.6.3.3 Almacén de producto terminado. El producto terminado es almacenado hasta que es llevado al cliente ya sea vía aérea, mar o tierra.



Capítulo 2

Propuesta plan de mantenimiento

En este capítulo, para proponer un plan de mantenimiento, se ha dividido en tres partes. Como primer punto se plantean los objetivos, tanto general como específicos para usarlos como guía. En segundo lugar, se tiene todo con respecto a la situación actual de la gestión del mantenimiento, esto es, se identifica el problema, se hallan los indicadores, también se realiza una estructuración de todos los equipos que participan en la línea de producción a investigar y se determinan los elementos críticos. Luego, en tercer lugar, durante el RCM, se realiza el análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Y por último, se propone el plan junto con los resultados obtenidos.

2.1 Objetivos

En esta sección se plantea un objetivo principal que se usa como base para establecer objetivos secundarios en este trabajo de investigación. Cabe resaltar que todo el estudio está enfocado a la línea piloto de producción de alcachofa.

2.1.1 General

Proponer un plan de mantenimiento usando la metodología Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) para mejorar la producción.

2.1.2 Específicos

Realizar un diagnóstico de la situación actual de la gestión del mantenimiento.

Identificar activos críticos y no críticos.

Realizar un análisis de modos y efectos de falla (AMEF) a los activos.

Determinar el tipo de mantenimiento que se debe realizar a los activos críticos.

2.2 Situación actual de la gestión de mantenimiento

Se comienza realizando un diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento.

La empresa Viru S.A. presenta una política de puertas abiertas, es decir, sus colaboradores son su mayor activo y son quienes determinan el desarrollo de la organización, es por lo que hay trato directo con directores, gerencias, jefaturas y demás puestos claves resulta fundamental para el logro de sus objetivos.

Tiene como visión ser líder global en la alimentación de un mundo mejor a través de sus productos y marcas.

Tiene como misión impactar e incidir de manera positiva en la sociedad hoy y para las futuras generaciones, produciendo alimentos saludables con los mejores estándares de sostenibilidad, calidad y seguridad; velando por la comunidad y el planeta.

Algunos de sus compromisos son los siguientes:

Desarrollo de equipo eficiente

Desarrollo personal

Seguridad de equipo

Área de mantenimiento exitosa y brinde un buen servicio

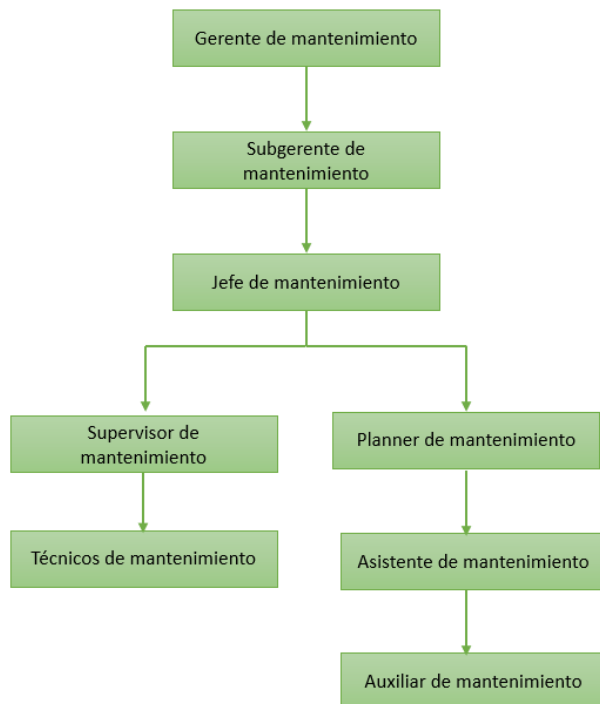
Equipo bien comunicado

El área de mantenimiento se encuentra equipada por un gerente, un subgerente, un jefe, un planner, un supervisor, un asistente, un auxiliar y técnicos de mantenimiento.

En la figura 7 se muestra cómo se encuentra organizada el área de mantenimiento.

Figura 7

Organigrama área de mantenimiento



Las funciones que desarrolla cada uno son las siguientes:

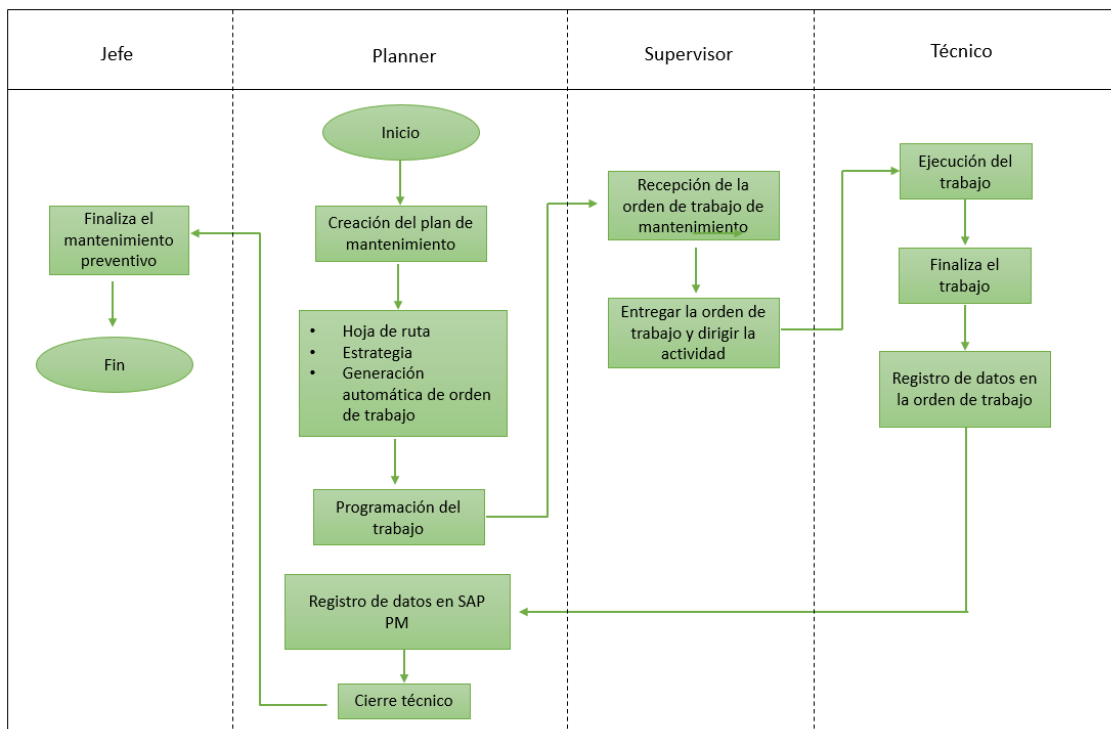
- Gerente de mantenimiento: persona encargada de velar por las instalaciones y todos los activos físicos que estén involucrados en la operación de la empresa.
- Subgerente de mantenimiento: asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los activos y herramientas dentro de la operación. Además, de los proyectos de inversión que se dan cada año.
- Jefe de mantenimiento: liderar y gestionar el equipo de trabajo. Establecer el presupuesto y controlar los costos de mantenimiento.

- Planner de mantenimiento: planificar y programar las actividades de mantenimiento. Soporte en el control del presupuesto.
- Supervisor de mantenimiento: organizar y dirigir las actividades relacionadas con la operación de los activos garantizando los estándares de producción, calidad y seguridad.
- Asistente de mantenimiento: generar y gestionar las solicitudes de pedido (solped) ya sea de servicios externos o compra de repuestos.
- Auxiliar de mantenimiento: tareo de personal, generación de reservas de materiales en ERP SAP PM y actividades administrativas en general
- Técnicos de mantenimiento: encargado del mantenimiento rutinario dentro de planta. Se tienen técnicos mecánicos, electricistas, electrónicos y frigoristas.

Dentro de la empresa se emplean dos tipos de mantenimientos: el preventivo y el correctivo programado y no programado. El mantenimiento preventivo es realizado por los técnicos durante el primer semestre mediante un plan de mantenimiento o cuando producción brinde disponibilidad de la línea de proceso. En la figura 8 se muestra como es el flujo respecto a un trabajo de mantenimiento preventivo.

Figura 8

Flujograma de atención de un trabajo de mantenimiento preventivo



Mientras la línea de proceso se encuentra trabajando los técnicos de mantenimiento realizan rutas de inspección, además, se realiza actividades de lubricación. En el

mantenimiento correctivo programado, figura 9, luego de identificar averías o fallas potenciales mediante la inspección se programa y se coordina con producción la disponibilidad de la línea, ya sea, por horas o un día para la programación de los trabajos de mantenimiento. Con respecto al mantenimiento correctivo no programado, ver figura 10, o más conocido como mantenimiento reactivo en plena producción los técnicos buscan una solución inmediata para que la producción no se vea tan afectada y continúe.

Figura 9

Flujograma de atención de un trabajo de mantenimiento correctivo programado

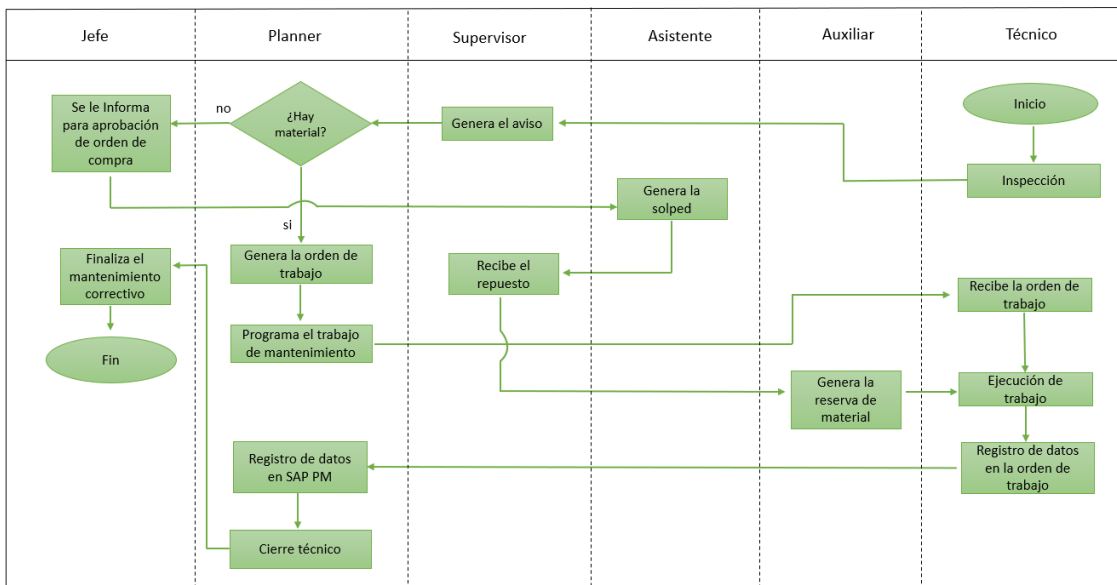
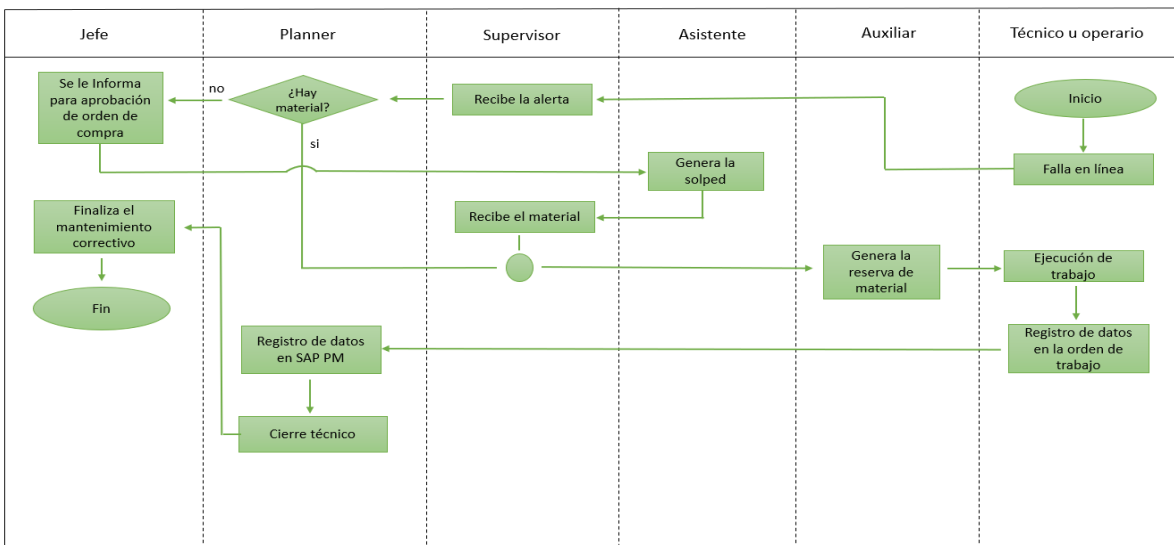


Figura 10

Flujograma de atención de un trabajo de mantenimiento correctivo no programado



En este último caso en algunas ocasiones resulta complicado ejecutar el trabajo por el personal de mantenimiento, puesto que en algunas ocasiones se encuentran realizando sus trabajos programados y se tienen retrasos al dirigirse al lugar donde ha ocurrido la falla durante la producción. Esa es una de las razones por la cual en este trabajo de investigación se propondrá un plan de mantenimiento a seguir para reducir las fallas o sean las mínimas posibles y así también lograr una confiabilidad del mantenimiento que se ejecuta.

2.2.1 Identificación del problema

La línea piloto trabaja durante todo el año y procesa lo siguiente, alcachofa con espina o también conocida como criolla en el primer semestre, luego entra en mantenimiento aproximadamente un mes y medio y lo que resta del año procesa alcachofas corazones.

En la línea de producción se tienen paradas por problemas eléctrico y/o mecánicos lo cual genera pérdidas en la producción. Eso también se ve reflejado en los indicadores de mantenimiento: tiempo promedio entre fallas o Mean Time Between Failures (MTBF, por sus siglas en inglés), tiempo promedio de reparación o Mean Time To Failure (MTTF, por sus siglas en inglés) y disponibilidad inherente. Durante el 2022, no se ha obtenido los resultados esperados. Estos indicadores deben mejorar durante el año 2023.

2.2.2 Indicadores de mantenimiento

En la sección 1.1.9 se mencionaron tres indicadores de mantenimiento los cuales dentro de la operación se analizan semanalmente. Esto permite evaluar hasta qué punto o medida, dentro del área de mantenimiento, se están logrando los objetivos y metas establecidas. Cabe mencionar que dentro del mantenimiento se tienen otros indicadores que también sirven como herramientas de evaluación, pero en este trabajo de tesis no han sido considerados.

La data que se mostrará a continuación está conformada por un tiempo teórico, es decir, es el tiempo en que los equipos dentro de la línea deberían trabajar sin tener alguna falla o parada, el tiempo disponible que en realidad es el tiempo real que han trabajado los equipos.

También se tiene el número de fallas y los minutos parados. Eventos que ocurren durante la producción.

Con esos parámetros se hallan los indicadores que son interés de estudio. A continuación, la tabla 6 muestran la data del año 2022.

Cabe resaltar que el año pasado a la línea se le hizo un mantenimiento preventivo de alrededor de seis semanas. Básicamente es el desmontaje de todos los equipos, se hace una revisión general.

Tabla 6

Datos de indicadores año 2022

SEMANA	TIEMPO PROG. (Min.)	TIEMPO DISPO. (Min)	N° FALLAS	Minutos Parada	MTBF (Min)	MTTR (min)	DISPONIBILIDAD INHERENTE
Semana 2	14520	13936	40	1200	348	30	92%
Semana 3	19800	18892	31	300	609	10	98%
Semana 4	21000	19525	15	1475	1302	98	93%
Semana 5	20580	19116	23	1464	831	64	93%
Semana 6	23520	22510	22	1010	1023	46	96%
Semana 7	16740	15701	30	1039	523	35	94%
Semana 8	21780	19970	20	1810	999	91	92%
Semana 9	22560	21887	45	1346	486	30	94%
Semana 10	19560	18893	25	2001	756	80	90%
Semana 11	20790	20217	50	1719	404	34	92%
Semana 12	19260	18634	50	2504	373	50	88%
Semana 13	21960	20673	20	1500	1034	75	93%
Semana 14	11880	11000	30	1760	367	59	86%
Semana 15	6990	6721	20	538	336	27	93%
Semana 16	15300	14539	25	761	582	30	95%
Semana 17	15000	14539	18	1383	808	77	91%
Semana 18	9450	9259	10	764	926	76	92%
Semana 19	10500	10032	125	936	80	7	91%
Semana 20	14430	14097	21	1332	671	63	91%
Semana 21	15150	14591	18	1118	811	62	93%
Semana 22	15300	14881	24	1257	620	52	92%
Semana 23	15840	14822	21	1018	706	48	94%
Semana 24	11880	11203	12	1354	934	113	89%
Semana 25	16000	15282	22	1436	695	65	91%
Semana 26	En mantenimiento						
Semana 27							
Semana 28							
Semana 29							
Semana 30							
Semana 31							
Semana 32							
Semana 33	11160	11050	20	440	553	22	96%
Semana 34	27480	27254	15	452	1817	30	98%
Semana 35	32520	29890	18	2630	1661	146	92%
Semana 36	37800	35580	15	2220	2372	148	94%
Semana 37	45360	44990	8	740	5624	93	98%
Semana 38	45360	44970	15	780	2998	52	98%
Semana 39	45180	44030	10	1150	4403	115	97%
Semana 40	41760	39100	21	2660	1862	127	94%
Semana 41	45360	44800	15	1120	2987	75	98%
Semana 42	45360	43748	16	1612	2734	101	96%
Semana 43	45360	44812	24	548	1867	23	99%
Semana 44	41340	40560	18	1560	2253	87	96%
Semana 45	44840	43465	20	1375	2173	69	97%
Semana 46	39240	36138	30	3102	1205	103	92%
Semana 47	30861	30596	10	795	3060	80	97%
Semana 48	3000	2700	12	1200	225	100	69%
Semana 49	16290	16110	5	900	3222	180	95%
Semana 50	2970	2800	20	680	140	34	80%
Semana 51	0	0	0	0	0	0	100%
Semana 52	9808	9525	13	283	733	22	97%
Semana 53	8790	8555	13	235	658	18	97%

Nota. La Tabla 6 muestra los indicadores semanalmente del año 2022

En la tabla 7 se muestra el MTBF, MTTR y disponibilidad de los equipos de la línea de producción que se han obtenido durante el año 2022.

Se tendrá como punto de partida el promedio obtenido por la data de los tres indicadores.

Tabla 7*Indicadores 2022*

AÑO	MTBF (Min/falla)	MTTR (min/falla)	DISPONIBILIDAD INHERENTE
2022	1351	66	93%

Nota. La tabla muestra el MTBF, MTTR y disponibilidad de equipos de la línea de producción del año 2022

Como se puede apreciar el MTBF inicia con un valor de 1351 min/falla. Por otro lado, el MTTR, con un valor de 66 min/falla. Por último, la disponibilidad inicia con un valor de 93%

Estos valores deberían mejorar, pues en la línea de producción debe ocurrir más tiempo antes que ocurra una falla (MTBF), el tiempo de reparación debe ser cada vez menor (MTTR) y se requiere de la máxima disponibilidad posible de los equipos.

2.2.3 Estructura sistemática de equipos

Para realizar la estructura sistemática de equipos se hará uso de la norma internacional ISO 14224 con la finalidad de una recolección e intercambio de data de confiabilidad y mantenimiento de los equipos. Éste estándar permite subdividir los activos en sistemas, subsistemas y partes mantenibles.

Para el caso del mantenimiento centrado en confiabilidad esta herramienta será de gran ayuda al momento de subdividir los equipos teniendo así un orden en el desarrollo de esta metodología que se va a implementar.

Como primer paso se va a distribuir la línea de producción en zonas, el equipo que está en cada zona y la función que cumple cada equipo. Esto ayudará a tener una visión más clara sobre los equipos presentes.

La línea de proceso está conformada por las siguientes zonas: almacenamiento, abastecimiento, pelado, distribución, hidratación, descarte, inspección, cocción, llenado, pesado, liquido de gobierno, capsulado o cerrado y zona final del proceso

Los equipos que participan en el proceso son 23 equipos distribuidos en las zonas mencionadas en el párrafo anterior.

La función de cada equipo se detalla para el análisis.

A continuación, en la tabla 8 muestra la distribución de los equipos que se tienen en la línea de producción.

Tabla 8*Distribución por zona y equipos de la línea de producción*

Ítem	Zona	Equipos	Función
1	Almacenamiento	Tolva	Almacenar la alcachofa
2	Abastecimiento	Faja de abastecimiento N°1	Abastecer la línea con materia prima
3	Abastecimiento	Faja de abastecimiento N°2	Abastecer la línea con materia prima
4	Abastecimiento	Elevador N°1	Abastecer la línea con materia prima
5	Abastecimiento	Banda modular aérea abastecedora de alcachofa	Abastecer las maquinas peladoras
6	Pelado	Máquinas peladoras	Pelar la alcachofa
7	Distribución	Faja distribuidora de materia prima	Distribuir la materia prima dentro de la línea
8	Distribución	Elevador N°2	Distribuir la materia prima dentro de la línea
9	Hidratación	Tina de recirculación N°1	Lavar e hidratar la alcachofa
10	Descarte	Faja de descarte de máquinas peladoras	Dirigir la alcachofa a la zona de descarte
11	Distribución	Biombo separador de hojas	Terminar de quitar la hoja a la alcachofa y distribuirla dentro de la línea
12	Inspección	Faja de repaso	Revisar desviaciones (violáceo, fibra, oxido)
13	Hidratación	Tina de recirculación N°2	Lavar e hidratar la alcachofa
14	Distribución	Elevador N°3	Distribuir la materia prima dentro de la línea
15	Cocción y blanqueo	Blanqueador de alcachofa	Cocinar la alcachofa y blanquearla
16	Distribución	Elevador N°4	Distribuir la materia prima dentro de la línea
17	Llenado	Faja llenadora de frascos	Llenar o envasar los frascos según formato
18	Pesado	Faja de pesado	Pesarlo los frascos llenados según formato
19	Distribución	Banda modular pulmón	Distribuir producto dentro de la línea
20	Líquido de gobierno	Exhauster	Llenar el producto con el líquido de gobierno según formato
21	Capsulado o cerrado	Elevador magnético de tapas	Cerrar frasco
22	Capsulado o cerrado	Capsuladora de frascos	Cerrar frasco
23	Final	Mesa giratoria	Fase final. El producto es apilado e ingresado a una autoclave para el tratamiento térmico

Nota. La tabla muestra los equipos que participan en la línea de producción

Siguiendo con la metodología del trabajo y teniendo la lista de los equipos que participan en la producción se identifican cuáles son los equipos críticos y no críticos.

Para el análisis de criticidad se usará una matriz que se estandarizó en la empresa. La criticidad está en función de los siguientes puntos

Impacto operacional (IO)

Impacto por flexibilidad operacional (FO)

Impacto en calidad del producto (CP)

Impacto en los costos de mantenimiento (CM)

Impacto en la seguridad, ambiente y salud (SAS)

Frecuencia de fallas (FF)

Consecuencia (C)

Criticidad (CRT)

A continuación, en las ecuaciones 4 muestra cómo se halla el valor cuantitativo de la consecuencia:

$$C = (IO \times FO \times CP) + CM + SAS \quad 4$$

Y la ecuación 5, la criticidad:

$$CRT = FF \times C \quad 5$$

Los esquemas de puntuación de criticidad son los siguientes. A continuación, se muestran en la tabla 9 y 10.

Tabla 9

Esquema de puntuación cuantitativa

Frecuencia de fallas (FF)	Consecuencia (C)				
	10	20	30	40	50
01	10	20	30	40	50
02	20	40	60	80	100
03	30	60	90	120	150
04	40	80	120	160	200

Nota. La tabla muestra la criticidad cuantitativa en función de la frecuencia de falla y la consecuencia

Tabla 10*Esquema de puntuación cualitativa*

Frecuencia de fallas (FF)	Consecuencia (C)				
	10	20	30	40	50
01	C	C	C	C	B
02	C	C	B	B	A
03	C	B	B	A	A
04	C	B	A	A	A

Nota. La tabla muestra la criticidad cualitativa en función de la frecuencia de falla y la consecuencia

Los criterios de evaluación se mostrarán en las tablas 11, 12, 13, 14, 15 y 16.

Tabla 11*Frecuencia de fallos*

Factor de Frecuencia de Fallos (FF)	
Descripción	Puntuación
Fallas al año ≥ 6	4
Fallas al año $\leq 4 - 5]$	3
Fallas al año $\leq 2 - 3]$	2
Fallas al año ≤ 1	1

Nota. La tabla muestra la puntuación en base a los fallos que ha tenido un equipo por año

Tabla 12*Impacto operacional*

Impacto Operacional (IO)	
Descripción	Puntuación
Pérdidas de producción por falla $> 3h.$	10
Pérdidas de producción por falla $< 1h. - 3h.]$	8
Pérdidas de producción por falla $< 30 \text{ min.} - 1 h.]$	5
Pérdidas de producción por falla $< 15 \text{ min.} - 30 \text{ min.}]$	3
Pérdidas de producción por falla $\leq 15 \text{ min.}$	2

Nota. La tabla muestra la puntuación en base a las pérdidas de producción que ha tenido un equipo por año

Tabla 13*Impacto en la seguridad, ambiente y salud*

Impacto en la Seguridad, Ambiente y Salud.	
Descripción	Puntuación
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico).	8
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud y/o incidente ambiental de difícil restauración.	6
Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable).	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.	1

Nota. La tabla muestra la puntuación en base a los riesgos que puede tener un equipo

Tabla 14*Impacto por flexibilidad operacional*

Impacto por Flexibilidad Operacional (FO)	
Descripción	Puntuación
Tiempo medio de reparación > 1 h.	4
Tiempo medio de reparación < 30 min. - 1 h.]	3
Tiempo medio de reparación ≤ 30 min.	2

Nota. La tabla muestra la puntuación en base a los tiempos medios de reparación que tiene un equipo

Tabla 15*Impacto por costos de mantenimiento*

Impacto por Costos de Mantenimiento	
Descripción	Puntuación
Costos mensuales de reparación, materiales y mano de obra > 1,000 dólares	2
Costos mensuales de reparación, materiales y mano de obra inferiores ≤ 1,000	1

Nota. La tabla muestra la puntuación en base a los costos de mantenimiento de cada equipo

Tabla 16*Impacto en la calidad del producto*

Impacto en la Calidad del Producto (CP)	
Descripción	Puntuación
Impacto significativo en la inocuidad y calidad del producto entregado.	1.5
Impacto insignificante en la inocuidad y calidad del producto entregado.	1

Nota. La tabla muestra la puntuación en base a impacto que puede haber en la calidad del producto

Teniéndose los criterios se realiza, en base a experiencias y/o conocimientos de personas claves tanto del área de producción como de mantenimiento, la evaluación para hallar los equipos críticos y no críticos dentro de la línea de proceso teniéndose así los siguientes puntajes. A continuación, la figura 17 muestra el análisis de criticidad de los equipos.

Tabla 17

Análisis de criticidad de equipos

EQUIPO	Frecuencia de Fallos (FF)	Impacto Operacional (IO)	Flexibilidad Operacional (FO)	Calidad del Producto (CP)	Seguridad, Salud y Amb. (SAS)	Costo de Mantto. (CM)	Consecuencia (C)	Criticidad (CTR)	Criticidad	Jerarquía
Tolva	1.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	10.0	10.0	No Crítico	C
Faja de abastecimiento N°1	1.0	3.0	2.0	1.5	3.0	1.0	13.0	13.0	No Crítico	C
Faja de abastecimiento N°2	1.0	3.0	2.0	1.5	3.0	1.0	13.0	13.0	No Crítico	C
Elevador N°1	2.0	5.0	3.0	1.0	3.0	1.0	19.0	38.0	No Crítico	C
Banda modular aérea abastecedora de alcachofa	1.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	10.0	10.0	No Crítico	C
Máquinas peladoras	4.0	8.0	3.0	1.5	3.0	2.0	41.0	164.0	Crítico	A
Faja distribuidora de materia prima	1.0	3.0	2.0	1.5	3.0	1.0	13.0	13.0	No Crítico	C
Elevador N°2	2.0	5.0	3.0	1.0	3.0	1.0	19.0	38.0	No Crítico	C
Tina de recirculación N°1	1.0	5.0	3.0	1.0	3.0	1.0	19.0	19.0	No Crítico	C
Faja de descarte de máquinas peladoras	1.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	10.0	10.0	No Crítico	C
Biombo separador de hojas	2.0	5.0	3.0	1.0	3.0	1.0	19.0	38.0	No Crítico	C
Faja de repaso	1.0	3.0	2.0	1.5	3.0	1.0	13.0	13.0	No Crítico	C
Tina de recirculación N°2	1.0	5.0	3.0	1.0	3.0	1.0	19.0	19.0	No Crítico	C
Elevador N°3	2.0	5.0	3.0	1.0	3.0	1.0	19.0	38.0	No Crítico	C
Blanqueador de alcachofa	2.0	10.0	4.0	1.5	3.0	2.0	65.0	130.0	Crítico	A
Elevador N°4	2.0	5.0	3.0	1.0	3.0	1.0	19.0	38.0	No Crítico	C
Faja llenadora de frascos	1.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	10.0	10.0	No Crítico	C
Faja de pesado	1.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	10.0	10.0	No Crítico	C
Banda modular pulmón	1.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	10.0	10.0	No Crítico	C
Exhauster	2.0	10.0	4.0	1.5	3.0	2.0	65.0	130.0	Crítico	A
Elevador magnético de tapas	2.0	5.0	2.0	1.0	3.0	1.0	14.0	28.0	No Crítico	C
Capsuladora de frascos	2.0	5.0	2.0	1.0	3.0	1.0	14.0	28.0	No Crítico	C
Mesa giratoria	2.0	5.0	2.0	1.0	3.0	1.0	14.0	28.0	No Crítico	C

Nota. La tabla muestra los equipos que participan en la línea de producción

Se observa que las máquinas peladoras de alcachofa, el blanqueador de alcachofa y el exhauster tienen criticidad “A”. Dichos equipos serán tomados como principales dentro de la línea de producción.

2.2.4 Determinación de elementos críticos

Teniéndose más detalle de los elementos de los equipos principales se hará nuevamente un análisis de criticidad para identificar cual de estos son los más críticos. Nuevamente se usarán los criterios de evaluación de las tablas desde la 9 hasta la 16. La tabla 18, 19 y 20 muestra el nuevo análisis de criticidad de elementos de las máquinas peladoras de alcachofa, blanqueador de alcachofa y el exhauster, respectivamente.

Tabla 18

Análisis de criticidad de los elementos de las máquinas peladoras de alcachofa

ELEMENTO	Frecuencia de Fallos (FF)	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Calidad del Producto (CP)	Seguridad, Salud y Amb.	Costo de Mantto (CM)	Consecuencia (C)	Criticidad (CTR)	Criticidad	Jerarquía
Unidad de mantenimiento	1.0	3.0	2.0	1.0	1.0	1.0	8.0	8.0	No Crítico	C
Valvula 3/2	1.0	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0	8.0	8.0	No Crítico	C
Cilindros neumáticos	1.0	3.0	3.0	1.0	1.0	1.0	11.0	11.0	No Crítico	C
Distribuidores de aire	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Mangueras	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Racores	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Motor de corte de tallo	4.0	5.0	4.0	1.5	3.0	1.0	34.0	136.0	Crítico	A
Polea de transmisión	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Correa dentada	3.0	3.0	2.0	1.0	1.0	1.0	8.0	24.0	No Crítico	C
Polea conducida	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Eje de torre	1.0	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0	8.0	8.0	No Crítico	C
Soporte de eje	1.0	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0	8.0	8.0	No Crítico	C
Base de torre	1.0	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0	8.0	8.0	No Crítico	C
Cuchilla de corte de tallo	2.0	3.0	2.0	1.5	3.0	1.0	13.0	26.0	No Crítico	C
Motor de torneado	4.0	5.0	4.0	1.5	3.0	1.0	34.0	136.0	Crítico	A
Columnas	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Base de sistema de movimiento	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Biela de movimiento sistema de torneado	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Manivela de movimiento sistema de torneado	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Mesa de torno	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Cabezal de torno	2.0	3.0	3.0	1.5	1.0	1.0	15.5	31.0	No Crítico	C
Porta cuchillas	1.0	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	11.0	11.0	No Crítico	C
Cuchillas de corte de torneado	2.0	3.0	2.0	1.5	3.0	1.0	13.0	26.0	No Crítico	C
Servomotor	2.0	5.0	2.0	1.5	1.0	1.0	17.0	34.0	No Crítico	C
Biela de movimiento de sistema corte de hoja	1.0	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0	8.0	8.0	No Crítico	C
Manivela de movimiento sistema de corte de hoja	1.0	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0	8.0	8.0	No Crítico	C
Base de estructura	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Motor de corte de hoja	4.0	5.0	4.0	1.5	3.0	1.0	34.0	136.0	Crítico	A
Eje de corte de hoja	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Cuchilla de corte de hoja	2.0	3.0	2.0	1.5	3.0	1.0	13.0	26.0	No Crítico	C
Motorreductor sistema principal	3.0	8.0	4.0	1.5	1.0	1.0	50.0	150.0	Crítico	A
Eje del sistema principal	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Piñon de ataque del sistema principal	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Intermitente	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Corona del sistema principal	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Carrete	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Eje central	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Mesa central o giratoria	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Mordazas	4.0	2.0	3.0	1.0	3.0	1.0	10.0	40.0	No Crítico	C
Tablero eléctrico de las maquinas peladoras	8.0	5.0	3.0	1.5	3.0	1.0	26.5	212.0	Crítico	A
Mangueras de las máquinas peladoras	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Válvulas esféricas de las máquinas peladoras	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	12.0	No Crítico	C

Nota. La tabla muestra la criticidad de los elementos de las máquinas peladoras

Tabla 19*Análisis de criticidad de los elementos del blanqueador de alcachofa*

ELEMENTO	Frecuencia de Fallos (FF)	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Calidad del Producto (CP)	Seguridad, Salud y Amb.	Costo de Mantto (CM)	Consecuencia (C)	Criticidad (CTR)	Criticidad	Jerarquía
Estructura	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Guías	2.0	10.0	4.0	1.5	1.0	1.0	62.0	124.0	Crítico	A
Cadena de arrastre	2.0	10.0	4.0	1.5	1.0	1.0	62.0	124.0	Crítico	A
Cangilones	2.0	10.0	4.0	1.5	1.0	1.0	62.0	124.0	Crítico	A
Cadena de transmisión	2.0	10.0	4.0	1.5	1.0	1.0	62.0	124.0	Crítico	A
Piñon de transmisión	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Piñon conducido	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Motorreductor	1.0	5.0	3.0	1.5	1.0	1.0	24.5	24.5	No Crítico	C
Eje motriz	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Eje conducido	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Serpentines	2.0	5.0	3.0	1.0	1.0	1.0	17.0	34.0	No Crítico	C
Valvulas modulantes	2.0	5.0	3.0	1.0	1.0	1.0	17.0	34.0	No Crítico	C
Valvulas de compuerta	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Trampas de vapor termodinámica	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Tuberías de vapor	1.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	10.0	10.0	No Crítico	C
Tuberías de agua	3.0	3.0	2.0	1.0	1.0	1.0	8.0	24.0	No Crítico	C
Valvulas esfericas	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	12.0	No Crítico	C
Unidad de mantenimiento	1.0	3.0	2.0	1.0	1.0	1.0	8.0	8.0	No Crítico	C
Mangueras	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Racores	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Tablero eléctrico	8.0	5.0	3.0	1.5	3.0	1.0	26.5	212.0	Crítico	A

Nota. La tabla muestra la criticidad de los elementos del blanqueador de alcachofa

Tabla 20*Análisis de criticidad de los elementos del exhauster*

ELEMENTO	Frecuencia de Fallos (FF)	Impacto Operacional (IO)	Flexibilidad Operacional (FO)	Calidad del Producto (CP)	Seguridad, Salud y Amb. (SAS)	Costo de Mantto. (CM)	Consecuencia (C)	Criticidad (CTR)	Criticidad	Jerarquía
Motorreductor	8.0	5.0	3.0	1.0	1.0	1.0	17.0	136.0	Crítico	A
Polín de transmisión	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Polín conducido	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Banda modular	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Mesa	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Tunel	1.0	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0	8.0	8.0	No Crítico	C
Tuberías de vapor	3.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	10.0	30.0	No Crítico	C
Válvulas esféricas	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	12.0	No Crítico	C
Válvulas de asiento inclinado	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	12.0	No Crítico	C
Tinas de recirculación	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	No Crítico	C
Bombas	2.0	5.0	3.0	1.0	3.0	1.0	19.0	38.0	No Crítico	C
Boyas	2.0	2.0	2.0	1.0	3.0	1.0	8.0	16.0	No Crítico	C
Tablero eléctrico	8.0	5.0	3.0	1.5	3.0	1.0	26.5	212.0	Crítico	A

Nota. La tabla muestra la criticidad de los elementos del exhauster

A continuación, en la tabla 21 se muestra un resumen de la cantidad de elementos críticos y no críticos que se tienen.

Tabla 21*Tipo de mantenimiento según criticidad*

Cantidad	Criticidad	Jerarquía	Mantenimiento por ejecutar
12	Crítico	A	Predicito o preventivo
65	No crítico	C	Correctivo programado

Nota. La tabla muestra la cantidad de elementos críticos y no críticos de los equipos principales

2.3 Desarrollo de la metodología RCM

Durante la metodología RCM se realiza el análisis de los modos y efectos de falla (AMEF). A continuación, las tablas 22, 23 y 24 muestra el AMEF para los elementos de las máquinas peladoras de alcachofa, blanqueador de alcachofa y exhauster.

2.3.1 Análisis de modo y efecto de falla

Ya teniendo identificados los elementos de los equipos críticos se analizará la principal falla que podrían ocasionar, los modos de fallas y efectos de falla que puede haber.

La tabla 22, a continuación, ha sido desarrollada y evaluada con el equipo autónomo de mantenimiento por parte de los operadores de producción y, también han participado el equipo de mantenimiento planificado por parte del equipo técnico de mantenimiento.

Tabla 22*AMEF de las máquinas peladoras de alcachofa*

Equipo	Sistema	Elemento	Falla funcional	Modos de falla	Efecto de falla
	Sistema neumático	Unidad de mantenimiento	Caída de presión	Poca cantidad de aire comprimido	Reduce la presión de aire
		Valvula 3/2		Suciedad	Obstruccion
		Cilindros neumáticos		Fuga	Pérdida de aire
		Distribuidores de aire		Mal manejo de cilindros	Cilindros no se mueven
		Mangueras		Fuga	Pérdida de aire
		Racores		Desgaste	No empuja ni estira
				No reparte aire	Cilindros no se mueven
	Sistema de corte de tallo	Motor de corte de tallo	Sistema parado	Desgaste	Pérdida de aire
		Polea de transmisión		Sobrecalentamiento	Motor quemado
		Correa dentada		Bajo aislamiento	Indisponibilidad
		Polea conducida		Falla en el arranque	Indisponibilidad en el arranque
		Eje de torre		Desgaste	Rotura
		Soporte de eje		Desgaste	Rotura
		Base de torre		Desgaste	Rotura
				Desgaste	Rotura
				Desgaste	Rotura
		Cuchilla de corte de tallo		No tiene filo	No corte bien el tallo

Peladoras de alcachofa	Sistema de torneado	Motor de torneado	Sistema parado	Sobrecalentamiento	motor quemado
		Columnas		Bajo aislamiento	Indisponibilidad
		Base de sistema de movimiento		Falla en el arranque	Indisponibilidad en el arranque
		Bielas de movimiento sistema de torneado		Desgaste	Rotura
		Manivela de movimiento sistema de torneado		Desgaste	Rotura
		Mesa de torno		Desgaste	Rotura
		Cabezal de torno		Desgaste	Rotura
		Porta cuchillas		Desgaste	Rotura
		Cuchillas de corte de torneado		Desgaste	Rotura
	Sistema corte de hoja	Servomotor	Sistema parado	Sobrecalentamiento	Servomotor quemado
		Bielas de movimiento de sistema corte de hoja		Falla en el arranque	Indisponibilidad
		Manivela de movimiento sistema de corte de hoja		Desgaste	Rotura
		Base de estructura		Desgaste	Rotura
		Motor de corte de hoja		Sobrecalentamiento	motor quemado
		Eje de corte de hoja		Bajo aislamiento	Indisponibilidad
		Cuchilla de corte de hoja		Falla en el arranque	Indisponibilidad en el arranque
				Desgaste	
	Sistema principal	Motorreductor sistema principal	Sistema parado	Sobrecalentamiento	Motor quemado
		Eje del sistema principal		Bajo aislamiento	Indisponibilidad
		Piñón de ataque del sistema principal		Falla en el arranque	Indisponibilidad en el arranque
		Intermitente		Desgaste	Rotura
		Corona del sistema principal		Desgaste	Rotura
		Carrete		Desgaste, doblez	Desgaste, doblez
		Eje central		Fuga de aceite	Fricción entre partes mecánicas
		Mesa central o giratoria		Trabamiento	Sobrecalentamiento
		Mordazas		Desgaste	Rotura
				Desgaste	Rotura
Sistema eléctrico	Tablero eléctrico de las máquinas peladoras	Sin energía eléctrica	Desconexión	Falta de energía eléctrica	
			Falla en el arranque	Indisponibilidad	
Sistema de agua	Mangueras de las máquinas peladoras	Sin alimentación de agua	Desgastes	Sin alimentación	
	Válvulas esféricas de las máquinas peladoras		Abertura parcial	Reduce la presión de agua	

Nota. La siguiente tabla muestra los modos y efectos de falla de los elementos de las máquinas peladoras

Tabla 23

AMEF blanqueador de alcachofa

Equipo	Sistema	Elemento	Falla funcional	Modos de falla	Efecto de falla
Blanqueador de alcachofa	Sistema de arrastre	Estructura	Equipos parado	Fatiga, desgaste	Fatiga, desgaste
		Guías		Desgaste	Desgaste
		Cadena de arrastre		Desgaste	Desgaste
		Cangilones		Desgaste, doblez	Desgaste, doblez
	Sistema de transmisión	Cadena de transmisión	No se transmite potencia	Desgaste	Desgaste
		Piñón de transmisión		Desgaste	Desgaste
		Piñón conducido		Desgaste	Desgaste
		Motorreductor		Sobrecalentamiento	Motor quemado
		Eje motriz		Bajo aislamiento	Indisponibilidad
		Eje conducido		Falla en el arranque	Indisponibilidad en el arranque
	Sistema de vapor	Serpentines	Descontrol de vapor. Mal blanqueo de la alcachofa	Desgaste	Desgaste
		Válvulas modulantes		Desgaste	Desgaste
		Válvulas de compuerta		Sin control de pase de vapor	Sin control de pase de vapor
		Trampas de vapor termodinámica		Sin pase de vapor	Sin pase de vapor
		Tuberías de vapor		pase continuo de vapor	pase continuo de vapor
		Golpe de ariete, choque térmico	Golpe de ariete, choque térmico		

	Sistema de agua	Tuberías de agua	Impedimento pase de agua	Rotura	Rotura
		Valvulas esféricas		Rotura, desajuste	Rotura, desajuste
	Sistema neumático	Unidad de mantenimiento	Caída de presión	Poca cantidad de aire comprimido	Poca cantidad de aire comprimido
		Mangueras		Rotura	Rotura
		Racores		Rotura	Rotura
	Sistema eléctrico	Tablero eléctrico	Sin energía eléctrica	Desconexión	Desconexión

Nota. La siguiente tabla muestra los modos y efectos de falla de los elementos del blanqueador de alcahofa

Tabla 24

AMEF del exhauster

Equipo	Sistema	Elemento	Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla	
Exhauster	Sistema de movimiento	Motorreductor	Inoperatividad	Sobrecalentamiento	Motor quemado	
				Bajo aislamiento	Indisponibilidad	
				Falla en el arranque	Indisponibilidad en el arranque	
				Desgaste	Rotura	
				Desgaste	Rotura	
	Estructura	Mesa	Indisponibilidad	Desgaste, oxido	Rotura	
				Tunel	Desgaste, oxido	Rotura
				Sistema de vapor	Tuberías de vapor	Mal valor de Ph
	Válvulas esféricas	Desgaste	Rotura, fugas			
	Válvulas de asiento inclinado	Mal control de vapor	Inestabilidad en la temperatura			
	Sistema de recirculación	Tinas de recirculación	Desperdicio de agua	Desgaste	Rotura	
				Fallo inesperado	Indisponibilidad	
				Sobrecalentamiento	bomba quemada	
				Fuga	perdida de agua o liquido de gobierno	
	Sistema eléctrico	Tablero eléctrico	Sin energía eléctrica	No controla nivel del agua	Desperdicio de agua	
				Desconexión	Falta de energía eléctrica	

Nota. La siguiente tabla muestra los modos y efectos de falla de los elementos del exhauster

2.4 Propuesta del plan de mantenimiento

A partir del análisis de modos y efectos de falla de las máquinas peladoras, blanqueador y exhauster se evalúan las acciones que se deben ejecutar para evitar o minimizar los efectos de cada uno de ellos. De las tablas 25, 26 y 27 se muestran las actividades que deben realizarse para cada modo de falla de las máquinas peladoras, blanqueador de alcahofa y exhauster.

El criterio para usarse fue el siguiente: Cuando un elemento de un equipo principal es de criticidad A o “crítico” se realizarán tareas diarias o semanales, por otro lado, cuando el equipo es de criticidad C o “no crítico” se harán tareas mensuales. Cabe resaltar que este criterio fue consultado con el área de producción y fue aceptado.

Tabla 25

Actividades de mantenimiento de las máquinas peladoras de alcachofa

Equipo	Sistema	Elemento	Modos de falla	Actividad	Encargado	Frecuencia
Peladoras de alcachofa	Sistema neumático	Unidad de mantenimiento	Poca cantidad de aire comprimido	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
			Suciedad	Limpieza	Mecánico u operador	Mensual
		Valvula 3/2	Fuga	Revision y/o cambio	Mecánico u operador	Mensual
			Mal manejo de cilindros	Revision y/o cambio	Mecánico u operador	Mensual
		Cilindros neumáticos	Fuga	Revision y/o cambio	Mecánico u operador	Mensual
			Desgaste	Revision y/o cambio	Mecánico u operador	Mensual
		Distribuidores de aire	No reparte aire	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
	Mangueras	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual	
	Racores	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual	
	Sistema de corte de tallo	Motor de corte de tallo	Sobrecalentamiento	Inspección	Electricista	Diaria
			Bajo aislamiento	megado	Electricista	Semanal
			Falla en el arranque	Inspección de terminales en tablero	Electricista	Diaria
		Polea de transmisión	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Correa dentada	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Polea conducida	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Eje de torre	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Soporte de eje	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Base de torre	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Cuchilla de corte de tallo	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
	No tiene filo		Inspección y/o cambio	Mecánico u operador	Mensual	
	Sistema de torneado	Motor de torneado	Sobrecalentamiento	Inspección	Electricista	Diaria
			Bajo aislamiento	megado	Electricista	Semanal
			Falla en el arranque	Inspección de terminales en tablero	Electricista	Diaria
		Columnas	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Base de sistema de movimiento	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Bielas de movimiento sistema de torneado	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Manivela de movimiento sistema de torneado	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Mesa de torno	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Cabezal de torno	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Porta cuchillas	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
	Cuchillas de corte de torneado	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual	
		No tiene filo	Inspección y/o cambio	Mecánico u operador	Mensual	
	Sistema corte de hoja	Servomotor	Sobrecalentamiento	Inspección	Electricista	Diaria
			Falla en el arranque	Inspección de terminales en tablero	Electricista	Diaria
		Bielas de movimiento de sistema corte de hoja	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
			Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Base de estructura	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Motor de corte de hoja	Sobrecalentamiento	Inspección	Electricista	Diaria
			Bajo aislamiento	megado	Electricista	Semanal
		Eje de corte de hoja	Falla en el arranque	Inspección de terminales en table	Electricista	Diaria
	Desgaste		Inspección	Mecánico u operador	Mensual	
	Cuchilla de corte de hoja	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual	
		No tiene filo	Inspección y/o cambio	Mecánico u operador	Mensual	
	Sistema principal	Motorreductor sistema principal	Sobrecalentamiento	Inspección	Electricista	Diaria
			Bajo aislamiento	megado	Electricista	Semanal
			Falla en el arranque	Inspección de terminales en table	Electricista	Diaria
		Eje del sistema principal	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
			Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Piñon de ataque del sistema principal	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
			Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Intermitente	Fuga de aceite	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
		Corona del sistempa principal	Trabamiento	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
			Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual
Carrete	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual		
Eje central	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual		
Mesa central o giratoria	Desgaste	Inspección	Mecánico u operador	Mensual		
Mordazas	Desgaste	Inspección y/o cambio	Mecánico u operador	Mensual		
Sistema eléctrico	Tablero eléctrico de las maquinas peladoras	Desconexión	Inspeccion	Electricista	Semanal	
		Falla en el arranque	Ajuste de terminales	Electricista	Semanal	
Sistema de agua	Mangueras de las máquinas peladoras	Desgastes	Inspección	Mecánico u operador	Mensual	
	Válvulas esféricas de las máquinas peladoras	Abertura parcial	Inspección	Mecánico u operador	Mensual	

Nota. La tabla muestra las actividades que debe realizar el personal de mantenimiento y de producción a los elementos de las máquinas peladoras de alcachofa

Tabla 26

Actividades de mantenimiento del blanqueador de alcachofa

Equipo	Sistema	Elemento	Modos de falla	Actividad	Encargado	Frecuencia
Blanqueador de alcachofa	Sistema de arrastre	Estructura	Fatiga, desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual
		Guías	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual
		Cadena de arrastre	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual
		Cangilones	Desgaste, doblez	Inspección	Mecánico	Mensual
	Sistema de transmisión	Cadena de transmisión	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual
		Piñon de transmisión	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual
		Piñon conducido	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual
		Motorreductor	Sobrecalentamiento	Inspección	Electricista	Diaria
			Bajo aislamiento	megado	Electricista	Semanal
			Falla en el arranque	Inspección de terminales en	Electricista	Diaria
		Eje motriz	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual
	Eje conducido	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual	
	Sistema de vapor	Serpentines	Desgaste	Inspección y/o cambio	Mecánico	Mensual
		Válvulas modulantes	Sin control de pase de vapor	Revisión	Mecánico	Mensual
		Válvulas de compuerta	Sin pase de vapor	Revisión	Mecánico	Mensual
		Trampas de vapor termodinámica	pase continuo de vapor	Revisión	Mecánico	Mensual
		Tuberías de vapor	Golpe de ariete, choque térmico	Inspeccion y/o cambio	Mecánico	Mensual
	Sistema de agua	Tuberías de agua	Rotura	Inspeccion y/o cambio	Mecánico	Mensual
		Valvulas esféricas	Rotura, desajuste	Inspeccion y/o cambio	Mecánico	Mensual
	Sistema neumático	Unidad de mantenimiento	Poca cantidad de aire comprimido	Inspeccion	Mecánico	Mensual
		Mangueras	Rotura	Inspección	Mecánico	Mensual
		Racores	Rotura	Inspección	Mecánico	Mensual
	Sistema eléctrico	Tablero eléctrico	Desconexión	Ajuste de terminales	Electricista	Semanal

Nota. La tabla muestra las actividades que debe realizar el personal de mantenimiento u de producción a los elementos del blanqueador de alcachofa

Tabla 27

Actividades de mantenimiento del exhauster

Equipo	Sistema	Elemento	Modos de falla	Actividad	Encargado	Frecuencia
Exhauster	Sistema de movimiento	Motorreductor	Sobrecalentamiento	Inspección	Electricista	Diaria
			Bajo aislamiento	Megado	Electricista	Semanal
			Falla en el arranque	Inspección de terminales en tablero	Electricista	Diaria
		Polín de transmisión	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual
	Polín conducido	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual	
	Banda modular	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual	
	Estructura	Mesa	Desgaste, oxido	Inspección	Mecánico	Mensual
		Tunel	Desgaste, oxido	Inspección	Mecánico	Mensual
	Sistema de vapor	Tuberías de vapor	Golpe de arite	Inspección	Mecánico	Mensual
		Válvulas esféricas	Desgaste	Revisión	Mecánico	Mensual
		Válvulas de asiento inclinado	Mal control de vapor	Revisión	Mecánico	Mensual
	Sistema de recirculación	Tinas de recirculación	Desgaste	Inspección	Mecánico	Mensual
		Bombas	Fallo inesperado	Megado	Electricista	Semanal
			Sobrecalentamiento	Inspección	Electricista	Diaria
			Fuga	Inspección	Mecánico	Mensual
		Boyas	No controla nivel del agua	Inspección	Mecánico	Mensual
Sistema eléctrico	Tablero eléctrico	Desconexión	Ajuste de terminales	Electricista	Semanal	

Nota. La tabla muestra las actividades que debe realizar el personal de mantenimiento u de producción a los elementos del exhauster

Con las nuevas actividades mencionadas se crea un plan de mantenimiento, haciendo el análisis y seguimiento necesario para verificar si se han obtenido resultados favorables, esto es, del año 2023 con respecto al año anterior.

En la tabla 28 se muestra un programa de actividades de mantenimiento que deben ejecutar los técnicos mecánicos, técnicos electricistas y operadores a los principales equipales de la línea de producción.

Tabla 28

Propuesta de plan de mantenimiento RCM

Actividades por realizar	Tipo de mantenimiento	Encargado	Frecuencia
Análisis de termografía a motores, motorreductores y/o servomotores	Predictivo	Electricista	Diaria
Análisis de aceite a cajas reductoras o intermitentes	Predictivo	Mecánico	Mensual
Análisis de termografía a bombas	Predictivo	Electricista	Diaria
Inspección y limpieza a la unidad de mantenimiento	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y limpieza de los distribuidores de aire	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o cambio de correa dentada	Preventivo	Mecánico	Diaria
Inspección y lubricación de ejes	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y lubricación de soportes	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección de bases o estructuras dentro de la peladora	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o cambio de cuchillas	Preventivo	Operador	Mensual
Inspección y/o lubricación de biela manivela	Preventivo	Operador	Mensual
Inspección y/o cambio de cabezales	Preventivo	Operador	Mensual
Inspección y/o cambio de porta cuchillas	Preventivo	Operador	Mensual
Inspección de piñones de ataque	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o cambio de mordazas	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o ajuste de terminales en tableros eléctricos	Preventivo	Electricista	Semanal
Inspección y/o cambio de válvulas esféricas	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección de estructura de blanqueador	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección de guías, cadena de arrastres, cangilones de blanqueador	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o cambio de cadenas de transmisión	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o cambio de piñones	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o cambio de serpentines	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección de válvulas modulantes	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección de válvulas de compuerta	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o cambio de trampas termodinámicas	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección de polines	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección a la banda modular	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección de estructura exhauster	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o cambio de válvula de asiento inclinado	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección de estructura tina de recirculación	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o de juntas o clanes	Preventivo	Mecánico	Mensual
Inspección y/o cambio de boyas	Preventivo	Mecánico	Semanal
Megado de motores, motorreductores y/o servomotores	Predictivo	Electricista	Diaria
Medición de espesores en tuberías	Predictivo	Mecánico	Mensual
Megado de bombas	Predictivo	Electricista	Semanal
Revisión y/o cambio de válvulas 3/2 neumáticos	Preventivo	Mecánico	Mensual
Revisión y/o cambio de cilindros neumáticos	Preventivo	Mecánico	Mensual
Revisión y/o cambio de mangueras	Preventivo	Mecánico	Mensual
Revisión y/o cambio de racores	Preventivo	Mecánico	Mensual
Revisión y/o cambio de poleas	Preventivo	Mecánico	Diaria

Nota. La tabla muestra las actividades que se proponen realizar dentro del plan de mantenimiento para la línea de producción de alcachofa

Cabe resaltar que se están proponiendo estrategias predictivas dentro del plan de mantenimiento, lo cual antes no estaba dentro de la gestión actual. Además, la gran mayoría de actividades son del tipo preventivas y ya no correctivas como se tiene. Lo ideal es reducir

trabajos correctivos lo mínimo posible. Esto generaría un ahorro significativo para la empresa y no solo eso, también al área de mantenimiento le daría más tiempo en realizar mejoras a los activos de la planta.

Con esta propuesta al momento de terminar la actividad y notificarlo en una orden de trabajo de mantenimiento se obtendrán datos más confiables, sobre todo en los elementos críticos.

2.5 Resultados

En esa sección se mostrarán los resultados de los indicadores. Las tablas 29 muestran la data de los resultados obtenidos.

Tabla 29

Datos obtenidos año 2023

SEMANA	TIEMPO PROG. (Min.)	TIEMPO DISPO. (Min)	N° FALLAS	Minutos Parada	MTBF (Min/falla)	MTTR (min/falla)	DISPONIBILIDAD INHERENTE
Semana 01	3,780	3,570	6	420	595	70	89%
Semana 02	6,595	6,572	2	184	3,286	92	97%
Semana 03	6,145	6,045	25	500	242	20	92%
Semana 04	10,060	9,925	2	270	4,963	100	98%
Semana 05	3,960	3,960	0	500	3,960	0	100%
Semana 06	10,600	10,545	4	220	2,636	55	98%
Semana 07	8,330	8,300	6	120	1,383	20	99%
Semana 08	7,465	7,465	0	400	7,465	0	100%
Semana 09	7,920	7,885	7	175	1,126	25	98%
Semana 10	7,195	7,195	0	485	7,195	0	100%
Semana 11	4,370	7,345	1	150	7,345	90	99%
Semana 12	11,875	11,750	3	500	3,917	90	98%
Semana 13	13,915	13,427	76	488	177	6	96%
Semana 14	6,660	6,630	30	150	221	5	98%
Semana 15	19,575	19,444	5	524	3,889	105	97%
Semana 16	15,680	15,373	8	614	1,922	77	96%
Semana 17	21,920	21,560	66	360	327	5	98%
Semana 18	11,810	11,625	8	370	1,453	46	97%
Semana 19	11,811	11,586	3	450	3,862	80	98%
Semana 20	17,520	17,360	92	640	189	7	96%
Semana 21	10,300	9,987	1	626	9,987	500	95%
Semana 22	16,905	16,892	0	3,117	16,905	0	100%
Semana 23	1,080	1,080	0	0	1,080	0	100%
Semana 24	En mantenimiento						
Semana 25							
Semana 26							
Semana 27							
Semana 28							
Semana 29							

Nota. En esta tabla se muestra toda la data que obtiene de la producción de la línea cero con respecto al año 2023

La tabla 30 muestra un cuadro resumen de indicadores comparando el año 2022 y 2023.

Tabla 30*Indicadores de mantenimiento del año 2023*

AÑO	MTBF (Min/falla)	MTTR (min/falla)	DISPONIBILIDAD INHERENTE
2022	1351	66	93%
2023	3,658	61	97%

Nota. La tabla muestra el MTBG, MTTR y disponibilidad de equipos de la línea de producción del año 2023

Si se hace un cuadro comparativo de este año con respecto al año anterior se tendría lo siguiente:

Se logró aumentar disponibilidad de la línea de producción

EL MTBF aumentó

EL MTTR disminuyó



Conclusiones

El conocer un equipo, es decir, saber sus funciones por las que fue diseñado permite saber cómo hacerle un buen mantenimiento. Debido a que, las actividades ligadas a cada equipo y la frecuencia de ejecución tienen el fin de conservar las funciones del equipo al nivel requerido por el usuario.

El análisis de modo y efecto de falla permite tener en cuenta condiciones que son propias de cada equipo. Al conocer cada una de esas condiciones entendemos lo siguiente: la naturaleza de los tipos de falla que pueden ocurrir, las consecuencias que tiene cada una de ellas y las actividades de mantenimiento que se deberían ejecutar para gestionar de la mejor manera las fallas o incluso evitarlas.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es una gestión más íntegra, con esto me refiero a, que es una nueva forma de trabajo donde deben estar involucrados no solamente personal de mantenimiento sino también operadores de producción. Ambas áreas deben complementarse y trabajar en equipo para garantizar una buena operatividad y disponibilidad de los equipos.

El mantenimiento basado en la confiabilidad es una metodología que permite a una operación ordenarse mejor. Por ejemplo, permite tener una claridad de los equipos que se tienen y sus elementos. También cuáles de ellos son los más críticos. Esto con la finalidad de que el área usuaria y de mantenimiento sepa donde trabajar más. Además, esto también influye en lo económico, pues es de suma importancia donde destinar más recursos y donde no.

El mantenimiento basado en la confiabilidad permite el trabajo dentro de una operación más segura y amena. Cuando se hace hincapié al tema de seguridad se refiere en que a los involucrados realizan sus actividades libres de actos y condiciones inseguras. Con una operación amena se refiere a saber lo que se tiene que hacer y el porqué, sin estar tenso ni tampoco atender fallas repetitivas o mayores ya que eso crea un ambiente tenso el área de producción y mantenimiento.

Cuando se aplica mantenimiento basado en la confiabilidad se trabaja en la confiabilidad operacional y de mantenimiento. En este caso, en la línea de producción de estudio se centró 3 equipos críticos. Entonces, para asegurar la confiabilidad de dichos equipos es de vital importancia una buena selección de materiales, diseño y montaje, ya que esto es de mucha importancia al momento de operarlos y hacerles mantenimiento.



Recomendaciones

Se recomienda no solo aplicar el RCM en una línea de producción sino también a las demás líneas de producción y no tener una mejora en indicadores de mantenimiento una sola línea.

Se recomienda una retroalimentación constante ya que en el mantenimiento las actividades, la frecuencia o los responsables varían ya sea por requerimiento del usuario, por persona, por la vida útil del equipo, etc. Entonces, es importante tanto que personal de mantenimiento y operaciones trabajen en equipo, pues siempre habrá mejoras dentro de la operación o del plan de mantenimiento.

Se recomienda capacitación constante. Con esto se obtendría tres cosas: involucramiento, empoderamiento y disminución de errores humanos de los involucrados.

Cada cierto tiempo se recomienda hacer análisis de criticidad a los equipos principales de la operación pues éstos cambian esporádicamente y por ende sus funciones por las que fueron diseñados también cambian. Por lo tanto, las estrategias de mantenimiento ya no serían las mismas.





Referencias

- 13306:2018, U.-E. (11 de 07 de 2018). España.
- Barbadillo, D; Litano J, Rodas J. (Marzo de 2023). Mejora de la gestión de mantenimiento soportada mediante la metodología RCM con herramientas de calidad en una empresa siderúrgica. Piura, Perú.
- Cabrera, E; Tapia, J. (2019). Propuesta de implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la unidad de generación 2 de la central Saymirin. Cuenca , Ecuador.
- Campos-Lopez, O; Tolento-Eslava, G; Toledo-Velazquez, M; Tolentino-Eslava, R. (2018). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipo, bases de datos y criticidad de efectos. 51-59.
- Cruzado, R. (Mayo de 2020). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a bombas de carga en una refinería . Piura, Perú.
- Diaz-Concepción, A. V.-L.-G.-H.-A.-P. (18 de Julio de 2016). Scielo Cuba. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442016000300003#:~:text=El%20Mantenimiento%20Centrado%20en%20la,plan%20eficiente%20de%20mantenimiento%20preventivo.
- Espin, H. (2018). El RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) de los equipos del área húmeda y de acabados del cuero de la empresa Tenería Diaz CIA, LTDA. Ambato, Ecuador.
- Ing. Villacres, S. (2016). Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidroclenauer Vector M654 de la empresa ETAPA EP. Riobamba, Ecuador.
- Mancuzo, G. (17 de Setiembre de 2020). Evolución del mantenimiento: historia y actualidad. Obtenido de <https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/>
- Moubray, J. (1997). Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- noticias, A. a. (19 de Julio de 2022). Agraria.pe. Obtenido de <https://agraria.pe/noticias/exportaciones-peruanas-de-alcachofas-en-conservacion-crecieron-1-28705>
- Olazo, R. (27 de Noviembre de 2017). Propuesta de mejora de mantenimiento utilizando RCM en la línea de producción de xantato de la industria química. Lima, Perú.
- Piqueras, V. Y. (20 de Mayo de 2021). Universidad politécnica de Valencia .
- Ponce, A. (Marzo de 2018). Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas. Piura, Perú.

Predictiva21. (s.f.). Obtenido de <https://predictiva21.com/importancia-del-mantenimiento/#:~:text=El%20objetivo%20principal%20del%20mantenimiento,y%20realizaci%C3%B3n%20de%20peque%C3%B1os%20ajustes>.

Rentería, O. (2020). Gestión de mantenimiento basado en la herramienta RCM para mejorar su eficiencia en la línea de extracción de trapiche de la empresa Azucarera del norte S.A.C, Ferreñafe-2018. Pimentel, Perú.

Soto, J. (2016). Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de Iso volquetes FAW en GYM S.A. Huancayo, Perú.

Sueiro, I. G. (s.f.). Gestión. Tendencias. ¿Qué es la confiabilidad?

Vanguardia, L. (16 de Marzo de 2020). Alcachofas: propiedades, beneficios y valor nutricional. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20200316/5808/alcachofa-propiedades-valor-nutricional-beneficios.html>

Vásquez, J. (Junio de 2019). Implementación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad a excavadoras Caterpillar 336D2L. Piura, Perú.

Vega Mendoza, P. (2009). Diseño de la estrategia de mantenimiento basada en la confiabilidad, RCM, e inspección basada en el riesgo, RBI, para la línea crítica de producción de la planta para concentrados de la empresa Itacol S.C.A ubicada en Giron, Santander. Bucaramanga, Colombia.

