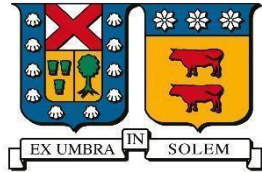


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA



Optimización de la disponibilidad y
confiabilidad de los equipos hidrocóoler de
cerezas a través de un enfoque PDCA, AMEF y
análisis de criticidad.

Trabajo de Titulación para optar al Título
Universitario de:

Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Alumno: Omar Ignacio Pino Merino

Profesor guía: Ing. Marcelo Quiroz Neira



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Optimización de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos hidrocooler de cerezas a través de un enfoque PDCA, AMEF y análisis de criticidad.

Nombre del candidato(a): Omar Ignacio Pino Merino.

Carrera / Grado: ingeniería en mantenimiento industrial.

Campus: Concepcion ; **Departamento:** Mecanica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Marcelo Quiroz Neira, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 01/08/2025

; Firma:

Marcelo Quiroz N.

02 AGOSTO 2025

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 01/08/2025

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia y amigos. En especial a mi madre Jacqueline la cual siempre me impulsó a terminar los proyectos gracias a su entusiasmo por ellos, un gran saludo a mi padre Héctor por apoyarme en todos mis proyectos y por sus valiosos consejos, otro gran nombramiento a mis hermanas Carla y Josefa, siempre con sus palabras de confianza hacia mí, ¡las quiero mucho!

Omar Ignacio Pino Merino

2025

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para la empresa exportadora de cerezas Garces Fruit, empresa instalada en la comuna de San Francisco de Mostazal, ubicada en la VI región Libertador Bernardo O'Higgins, con más de 50 años de antigüedad.

Dicha empresa cuenta con muchas áreas laborales ya que abarca diferentes tipos de frutas tanto como cerezas, kiwis, manzanas, naranjas y otras variedades. Para el desarrollo de este trabajo nos enfocaremos en el proceso de refrigeración de la cereza cuyo proceso se realiza directamente en el campo que se cosecha.

Al realizar una revisión bibliográfica acerca del desarrollo histórico del mantenimiento y un diagnóstico de la situación de la empresa estudiada, utilizando el método de análisis de criticidad junto a un ensayo AMEF y PDCA, Para determinar los equipos críticos, los modos y los efectos de falla que hay en la sala de máquinas hidrocooler, se pudo interpretar que la gran mayoría de los equipos que componen el proceso de refrigeración son críticos ya que si llega a fallar uno de estos todo el proceso se detiene, esto quiere decir que la mayoría del proceso es lineal y en serie, por lo tanto el input de una maquina es el output de la otra.

La parada de estos elementos afecta directamente en el porcentaje de exportación de la fruta que se ve reflejado en las ganancias. Antes que la empresa Garcés Fruit contará con este equipo su exportabilidad era de un 75% con la llegada del hidrocooler su exportación se elevó a un 95%

Con toda esta información reunida se diseñará un plan de mantenimiento preventivo o predictivo centrado en la confiabilidad para la empresa Garcés Fruit, este debe ser realizado antes que el equipo salga de la planta con destino a su campo correspondiente con el objetivo de prevenir cualquier inconveniente que tenga el equipo en la temporada de trabajo que dura aproximadamente 4 meses, desde mediados de octubre a mediados de enero. Es tan determinante que el equipo funcione bien ya que es una cosecha demasiado corta, la cereza tiene la particularidad que madura muy rápido, o sea es una carrera contra reloj.

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPÍTULO N° I MARCO TEÓRICO	3
MARCO TEÓRICO	4
1.1 Antecedentes investigativos	4
1.2 Garces Fruit.....	4
1.2.1 Áreas de recepción y almacenamiento.....	5
1.2.2 Líneas de Procesamiento	5
1.2.3 Sistemas de Empaque	5
1.2.4 Oficinas y áreas de control.....	5
1.3 Contexto de la temporada de cerezas	5
1.4 Marco legal.....	6
1.5 Marco geográfico	6
1.6 Recurso natural.....	6
1.6.1 Naturaleza no climatérica:	7
1.6.2 Indicadores de madurez	7
1.6.3 Percibilidad	7
1.6.4 Sensibilidad al manejo	7
1.7 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN HIDROCOOLER.....	8
1.7.1 Componentes principales de un sistema de refrigeración.....	9
1.8 GENERADOR	14
1.9 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN	14
1.9.1 Variadores de Frecuencia Mitsubishi:	15
1.9.2 Sistema P-Rack.....	16
1.10 MANTENIMIENTO.....	16
1.10.1 Plan de mantenimiento:	17
1.10.2 Elaboración de un plan de mantenimiento:.....	17
1.10.3 Factores del mantenimiento	18
1.11 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	19
1.12 SISTEMA PDCA	19
PROBLEMÁTICA.....	21
2.1 RECOPIACIÓN DE DATOS HISTÓRICO	22
2.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y AMEF	22
2.3 DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO	22
2.4 IMPLEMENTACIÓN DEL CICLO PDCA	23
2.5 MEJORA DE LA CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD.....	23
CAPÍTULO III	25
METODOLOGÍA	25

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	26
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS	26
3.3.1 Técnica de recolección de datos:	26
3.3.2 Técnica de observación:.....	26
3.3.3 Técnica AMEF y PDCA	27
3.4 PROCEDIMIENTO	27
3.4.1 Primera etapa	27
3.4.2 Segunda etapa	27
3.4.3 Tercera etapa.....	27
3.4.4 Cuarta etapa	27
3.4.5 Quinta etapa	28
3.4.6 Sexta etapa	28
3.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	28
3.6 ASPECTOS ÉTICOS.....	28
CAPÍTULO IV	29
RESULTADOS.....	29
4.1 REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES INICIALES, EN MATERIA DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE REFRIGERACIÓN	30
4.2 CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE EQUIPOS HIDROCOOLER.....	32
4.3 REALIZAR EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	38
4.4 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)	41
4.5 ELABORACIÓN DEL PLAN PDCA EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL AMEF.	42
4.5.1 Alineamiento y ajustes de pernos	43
4.5.2 Frecuencia de análisis visual del estado del equipo.....	44
4.5.3 Frecuencia de mediciones de temperatura por termografía	44
4.5.4 Generadores	45
CAPÍTULO V	48
COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN PDCA.....	48
5.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL CICLO PDCA PROPUESTO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL HIDROCOOLER.....	49
5.1.1 Factores	49
Antecedentes Básicos para las siguientes evaluaciones económicas.....	52
CONCLUSIONES	63
DICCIONARIO TÉCNICO.....	64
BIBLIOGRAFÍA	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: <i>Logo Garces Fruit</i>	4
Ilustración 1-2: <i>Temporada de Cerezas</i>	6
Ilustración 1-3: <i>Cerezas</i>	7
Ilustración 1-4: <i>Sistema Móvil hidrocooler</i>	8
Ilustración 1-5: <i>Refrigerante R-507</i>	9
Ilustración 1- 6: <i>Receptor-Depósito</i>	10
Ilustración 1-7: <i>Línea de Líquido</i>	10
Ilustración 1-8: <i>Válvula de Alivio</i>	11
Ilustración 1- 9: <i>Evaporador</i>	11
Ilustración 1- 10: <i>Compresor</i>	12
Ilustración 1- 11: <i>Condensador</i>	13
Ilustración 1-12: <i>Generador</i>	14
Ilustración 1-13: <i>Variador de Frecuencia</i>	15
Ilustración 1-14: <i>Sistema P-Rack</i>	16
Ilustración 1-15: <i>Matriz de criticidad</i>	19
Ilustración 1-16: <i>Sistema PDCA</i>	20
Ilustración 2-17: <i>Diagrama de Generador</i>	23
Ilustración 2-18: <i>Diagrama de flujo proceso hidrocooler</i>	24
Ilustración 4-19: <i>PDCA propuesta mejoramiento n°1</i>	43
Ilustración 4-20: <i>PDCA propuesta mejoramiento n°2</i>	44
Ilustración 4-21: <i>PDCA propuesta mejoramiento n°3</i>	45
Ilustración 4-22: <i>PDCA propuesta de mejoramiento n°4</i>	45
Ilustración 5-23: <i>Diagrama Ishikawa Efecto: Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable</i>	61
Ilustración 5-24: <i>Diagrama Ishikawa Efecto: Rebalse de bandeja de agua</i>	62
Ilustración 5-25: <i>Diagrama de Ishikawa Efecto: fallas en sensores de agua y temperatura</i>	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1: <i>Historial de fallas mecánicas pre-hoja de vida</i>	31
Tabla 4-2: <i>Tabla de Hoja de Vida de Falla de los Equipos Hidrocooler</i>	32
Tabla 4-3: <i>Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°1</i>	33
Tabla 4-4: <i>Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°2</i>	34
Tabla 4-5: <i>Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°3</i>	34
Tabla 4-6: <i>Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°4</i>	35
Tabla 4-7: <i>Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°5</i>	35
Tabla 4-8: <i>Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°6</i>	36
Tabla 4-9: <i>Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°7</i>	36
Tabla 4-10 : <i>Resumen Disponibilidad y confiabilidad de los Equipos</i>	37
Tabla 4-11: <i>Tabla de recopilación de datos fallas Hidrocooler</i>	37
Tabla 4-12: <i>Tabla de Análisis de Criticidad del Equipo Hidrocooler</i>	40
Tabla 4-13: <i>Análisis de Criticidad de Riesgo del Equipo Hidrocooler</i>	40
Tabla 4-14: <i>Niveles y rangos de criticidad</i>	41
Tabla 4-15: <i>Metodología del AMEF</i>	42
Tabla 4-16: <i>Planificación del mantenimiento preventivo</i>	47
Tabla 5-17: <i>Tabla de Severidad por Costo de Reparación</i>	50
Tabla 5-18 : <i>Tabla de Severidad por Pérdida de Producción</i>	52
Tabla 5-19: <i>Propuesta mejoramiento n°1</i>	54
Tabla 5-20: <i>Horizonte de Evaluación propuesta n°1</i>	54
Tabla 5-21: <i>Flujo de Fondos Propuesta n°1</i>	54
Tabla 22: <i>Tabla de propuesta de mejoramiento n°2</i>	55
Tabla 5-23: <i>Horizonte de Evaluación propuesta n°2</i>	56
Tabla 5-24: <i>Flujo de fondos propuesta n°2</i>	56
Tabla 5-25: <i>Tabla de propuesta de mejoramiento n°3</i>	57
Tabla 5-26: <i>Horizonte de Evaluación propuesta n°3</i>	57
Tabla 5-27: <i>Flujo de fondos propuesta n°3</i>	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1: *Diagrama de Pareto* 38

Gráfico 5-2: *Tabla de Pérdida de toneladas por hora*..... 52

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

AF: Análisis de falla

AMEF: Análisis Modal de Efectos y Fallos

AS: Análisis de sistemas

BRC: British Retail Consortium (Consortio Británico de Minoristas)

CR: Costo de Reparación

FE: Análisis de fallos y efectos

GAP: Good Agricultural Practices

ISO: International Organization for Standardization

KVA: Kilovolt ampere

MTBT: Mean Time Between Failures (Tiempo Medio Entre Fallos)

MTTR: Mean Time To Repair (Tiempo Medio Para Reparar)

NPR : Número de Prioridad de Riesgo

PDCA: Plan-Do-Check-Act (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar)

PLC: Programmable Logic Controller

RCM: Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)

SII: Servicio de Impuestos Internos

TIR: Tasa Interna de Retorno

TR: Tiempo de reparación

VA: Valor actual

VAN: Valor Actual Neto.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la industria agroalimentaria, la calidad y la eficiencia desempeñan un papel central en la satisfacción del cliente y la rentabilidad de las operaciones. En este contexto, los equipos hidrocooler tienen una importancia fundamental en el proceso de postcosecha de las cerezas, asegurando la preservación de su frescura y calidad antes de su llegada al mercado.

Para abordar de manera efectiva los retos operativos y mejorar la confiabilidad de estos equipos, se aplicarán diversas metodologías de gestión de calidad y mantenimiento. Esto incluye el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) y el Análisis de Criticidad, que permiten identificar áreas de mayor riesgo y oportunidades de mejora.

Además, se implementará la filosofía KAISEN que se basa en un plan de mejora continua por lo que se utilizará la metodología PDCA. El enfoque en el plan PDCA estará dirigido a optimizar los procesos de mantenimiento preventivo y predictivo, la gestión de activos y la capacitación del personal.

A través de esta investigación, se busca contribuir al corpus de conocimiento en el campo de la gestión de equipos agroindustriales, proporcionando un modelo práctico y replicable para mejorar la eficiencia de los equipos hidrocooler en entornos similares. Los resultados obtenidos beneficiarán tanto a la organización encargada de la producción de cerezas como a la industria agrícola en general, promoviendo prácticas más sostenibles y rentables.

Este trabajo representa un esfuerzo comprensivo para abordar los desafíos operativos específicos de una industria vital y estratégica. Además, se basa en la aplicación de principios de gestión de calidad y mantenimiento que tienen un impacto significativo en la calidad de los productos y en la rentabilidad de las operaciones.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento para los sistemas de refrigeración hidrocoolers en planta de Garces Fruit, con el fin de mejorar su eficiencia operativa y reducir costos asociados a fallas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar la recopilación de datos históricos de fallas de los componentes del equipo.
2. Aplicar un análisis de criticidad para identificar los componentes más vulnerables del sistema de refrigeración.
3. Realizar un Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF) para determinar los modos de falla más críticos.
4. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo basado en la metodología PDCA.
5. Estimar los costos de implementación del plan de mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO N° I MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se estudiarán e investigarán los conceptos principales que involucran directamente el aprovechamiento del sistema de refrigeración hidrocóoler, para la exportación de cerezas tanto de energía eléctrica, programación, mecánica y refrigeración. Se explicará con detalles como trabaja el sistema de refrigeración y el funcionamiento de sus componentes, obteniendo así una fundamentación teórica elemental necesaria para entender cómo funciona el equipo en todo sentido.

1.1 Antecedentes investigativos

En 1805, Oliver Evans, un inventor estadounidense, concibió la primera máquina de refrigeración que utiliza vapor en lugar de líquido. Posteriormente, el médico estadounidense John Gorrie diseñó una máquina para enfriar habitaciones de pacientes en un hospital en Florida en 1842. Estos antecedentes históricos destacan la evolución de la tecnología de refrigeración y su importancia en diversas aplicaciones.

1.2 Garcés Fruit

La planta de Garcés Fruit en San Francisco de Mostazal es una de las más modernas y avanzadas en términos de tecnología y procesos en la industria de la fruticultura en Chile. La estructura interna de la planta incluye varias áreas clave diseñadas para optimizar el procesamiento y la exportación de frutas, especialmente cerezas.

Esta planta juega un papel crucial en la capacidad de Garcés Fruit para mantenerse como la mayor exportadora de cerezas del mundo, gracias a su enfoque en la innovación y la eficiencia operativa.



Ilustración 1-1: *Logo Garcés Fruit*

Fuente: Página web Garcés Fruit

1.2.1 Áreas de recepción y almacenamiento

Recepción: Donde se recibe la fruta recién cosechada para su procesamiento inmediato.

Almacenamiento: Instalaciones de almacenamiento en frío para mantener la frescura de la fruta antes y después del procesamiento.

1.2.2 Líneas de Procesamiento

Calibradores Electrónicos: Equipos avanzados que permiten clasificar la fruta por tamaño y calidad. Desde 2015, la planta cuenta con un calibrador electrónico de treinta y seis vías.

Hidrocooler: Equipos utilizados para reducir rápidamente la temperatura de la fruta, asegurando su frescura y prolongando su vida útil.

1.2.3 Sistemas de Empaque

Empaque Automatizado: Sistemas automáticos de paletizado que optimizan el empaquetado y preparan la fruta para la exportación.

Tecnología de Selección y Clasificación: Equipos de última generación que permiten la selección y clasificación precisa de las frutas, garantizando que solo las de mayor calidad sean exportadas.

1.2.4 Oficinas y áreas de control

Oficinas Administrativas: Espacios para la gestión operativa y administrativa de la planta.

Áreas de Control de Calidad: Espacios dedicados a la inspección y control de la calidad de los productos en todas las etapas del procesamiento.

1.3 Contexto de la temporada de cerezas

La temporada de la cereza es un factor clave, ya que los principales destinos de exportación son Estados Unidos, Inglaterra, China, Corea y Brasil.

A continuación, se presenta la imagen nro. 1-2 que muestra la temporada de Producción de la Cereza en Chile.



Ilustración 1-2: *Temporada de Cerezas*
Fuente: Página web Garces Fruit.

1.4 Marco legal

Se destaca la importancia de cumplir con las regulaciones de exportación de productos vegetales, que varían según los países importadores regula la norma ISO 9001. Se mencionan certificaciones como el British Retail Consortium, Fair Working Conditions, Global GAP y Tesco Nurture que son esenciales para garantizar la calidad y seguridad de los productos agrícolas exportados.

1.5 Marco geográfico

Se describe la ubicación de los campos de producción de cerezas equipados con sistemas de refrigeración hidrocooler, que abarcan desde Ovalle (Región de Coquimbo) hasta Angol (Región de La Araucanía). Se especifican los 12 campos donde operan estos sistemas: Ovalle, Bodega, Melipilla, Sagrada Familia, Graneros, Teno, Linares, Angol, Almahue, Las Cabras, Champa y San Fernando

1.6 Recurso natural

La cereza es un fruto único que presenta características particulares en su desarrollo y madurez. En esta sección, se profundiza en el recurso natural de la cereza, destacando los siguientes aspectos:

1.6.1 Naturaleza no climatérica:

Se explica que la cereza no es un fruto climatérico, lo que significa que su tasa de respiración no aumenta con la madurez y no puede madurar después de la cosecha.

1.6.2 Indicadores de madurez

Se subraya que el color de la piel es el principal indicador de madurez en las cerezas, que depende del contenido de antocianinas.

1.6.3 Perecibilidad

Se enfatiza que las cerezas son altamente perecibles debido a su tamaño y la relación superficie/volumen que las hace susceptibles a daños por impacto y compresión.

1.6.4 Sensibilidad al manejo

Se destaca que, debido a su perecibilidad, las cerezas requieren un manejo cuidadoso desde la cosecha hasta la exportación para mantener su calidad.

Este enfoque en el recurso natural de la cereza es esencial para comprender la importancia de un sistema de refrigeración eficiente como el hidrocooler.

A continuación, se presenta Ilustración nro. 3 que muestra la figura de la fruta llamada Cereza en Chile.



Ilustración 1-3: Cerezas

Fuente: Página web Garces Fruit.

1.7 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN HIDROCOOLER

El hidrocooler es un sistema de enfriamiento que emplea agua fría para disminuir rápidamente la temperatura de productos agrícolas; en este caso, cerezas. Este método resulta particularmente eficaz para aquellos productos que se benefician de un enfriamiento veloz, ya que permite mantener su frescura y detener su proceso de maduración, asegurando así que lleguen a su destino en óptimas condiciones. A continuación, detallaremos el funcionamiento del sistema de refrigeración de cerezas:

- Las cerezas se colocan en contenedores que permiten el paso del agua y se introducen en el hidrocooler.
- El hidrocooler utiliza agua fría, generalmente a temperaturas cercanas a 0°C, para enfriar las cerezas rápidamente.
- El agua fría se rocía sobre las cerezas.
- El calor de las cerezas es transferido al agua fría, reduciendo rápidamente la temperatura interna de las frutas.
- Una vez enfriadas, las cerezas se retiran del hidrocooler y se transfieren a áreas de almacenamiento refrigerado o se preparan para su distribución.



Ilustración 1-4: *Sistema Móvil hidrocooler*

Fuente: Fotografía tomada desde operación.

1.7.1 Componentes principales de un sistema de refrigeración

Uno de los componentes esenciales para el sistema de refrigeración es el refrigerante, el cual se utiliza el refrigerante R-507 el cual es una mezcla zeotrópica de hidrofluorocarbonos (HFC) 50% R-125 y 50% R-143 lo cual ofrece buena capacidad de enfriamiento y eficiencia energética en comparación con otros refrigerantes. Se necesitan aproximadamente 18 Galones de 11kg para el llenado del sistema.

Estas son algunas características del Refrigerante R-507:

- No daña la capa de ozono
- Únicamente compatible con aceites sintéticos
- Pueden rellenarse los equipos en caso de fuga.
- Punto ebullición a 1,013 bar (°C): -46,7
- Clasificación seguridad: A1. Baja toxicidad y no inflamable.



Ilustración 1-5: Refrigerante R-507

Fuente: <https://frio-service.cl/>

1.7.1.1 Receptor (Depósito)

Su función consiste en proporcionar el almacenamiento para el líquido procedente del condensador para que haya un suministro constante de líquido para el evaporador, según las necesidades de este.

A continuación, se presenta ilustración nro. 1-6. que muestra una figura referencial de un Receptor - Depósito.



Ilustración 1- 6: *Receptor-Depósito.*

Fuente: <https://es.hstarschiller.com>

1.7.1.2 Línea de Líquido

Su función consiste en llevar el refrigerante líquido desde el receptor hacia el control de flujo de refrigerante.

A continuación, se presenta ilustración nro. 1-7 que muestra una figura referencial de la Línea de Líquido.



Ilustración 1-7: *Línea de Líquido*

Fuente: <https://appliparts.com/es>

1.7.1.3 Control de Flujo de Refrigerante

Sus funciones consisten en medir la cantidad adecuada de refrigerante que va hacia el evaporador y en reducir la presión del líquido que entra en el evaporador, para que así el líquido se evapore en el evaporador a la temperatura baja deseada.

A continuación, se presenta ilustración nro. 1-8 que muestra una figura referencial de la Válvula de Alivio para el control de flujo del refrigerante.



Ilustración 1-8: *Válvula de Alivio*

Fuente: <https://blogquimobasicos.com>

1.7.1.4 Evaporador

Su función consiste en proporcionar una superficie de transferencia de calor a través de la cual el calor pasa del ambiente refrigerado al refrigerante evaporado.

A continuación, se presenta ilustración Nro. 1-9 que muestra una figura referencial de un Evaporador.

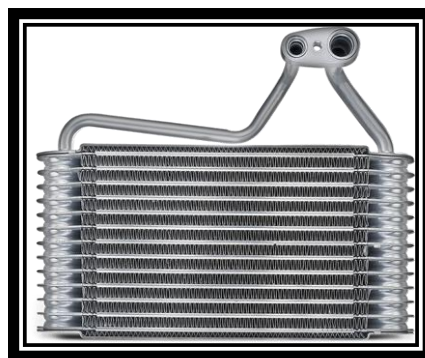


Ilustración 1-9: *Evaporador*

Fuente: <https://www.spectrapremium.com>

1.7.1.5 Línea de aspiración

Su función consiste en llevar el vapor de presión baja desde el evaporador hacia la entrada de aspiración del compresor.

1.7.1.6 Compresor

Sus funciones consisten en extraer el vapor del evaporador y en aumentar la temperatura y presión del vapor para que éste pueda condensarse con los medios de condensación normalmente disponibles

A continuación, se presenta ilustración nro. 1-10 que muestra una figura referencial de un Compresor.



Ilustración 1- 10: *Compresor*

Fuente: <https://www.frigopack.com>

1.7.1.7 Línea de descarga

Su función es entregar el vapor a presión y temperatura altas desde el compresor hasta el condensador.

1.7.1.8 Condensador

Su función es proporcionar una superficie de intercambio de calor a través de la cual el calor pasa del vapor refrigerante caliente a un medio de condensación (aire o agua, generalmente).

A continuación, se presenta ilustración nro. 1-11 que muestra una figura referencial de un Condensador.



Fuente: <https://www.intercal.cl>

Ilustración 1- 11: *Condensador*

1.7.1.9 Lado de alta y baja

Un sistema de refrigeración se divide en dos partes según la presión que el refrigerante ejerce en estas dos partes.

1.7.1.9.1 Lado de baja

La parte de baja presión del sistema se compone del control de flujo de refrigerante, el evaporador y la línea de aspiración. La presión que ejerce el refrigerante en estas partes es la presión baja necesaria para que el refrigerante se evapore en el evaporador. Esta presión se conoce como «presión baja», «presión del lado baja», «presión de aspiración» o «presión de evaporación».

1.7.1.9.2 Lado de alta

La parte de alta presión del sistema se compone del compresor, la línea de descarga, el condensador, el receptor y la línea de líquido. La presión que ejerce el refrigerante en esta parte del sistema es la presión alta necesaria para la condensación del refrigerante en el condensador. Esta presión se llama «presión alta», «presión de descarga» o «presión de condensación».

Los puntos divisorios entre los lados de presión alta y baja del sistema son el control de flujo de refrigerante, donde la presión del refrigerante se reduce de la presión de condensación a la presión de evaporación, y las válvulas de descarga en el compresor, a través de las cuales el vapor de alta presión se expulsa después de la compresión.

1.8 GENERADOR

La parte principal del equipo eléctrico se concentra en el generador que puede ser de 250 kva a 450 kva, esto depende del consumo que tenga el hidrocooler y los compresores que tenga en su sistema, que puede variar de 3 a 5 compresores que alimenta el panel de control junto a sus componentes de la sala de máquinas hidrocooler y, como tal, es necesario conocer los conceptos básicos de electricidad, dado que son variables que serán requeridas para el funcionamiento de este.



Ilustración 1-12: *Generador*

Fuente: <https://evans.com.mx>

1.9 PROGRAMACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

La eficiencia operativa y la precisión en el control son aspectos cruciales en la gestión de sistemas de refrigeración, como el utilizado en el proceso de hidrocooler de cerezas. Para alcanzar estos objetivos, se emplean tecnologías avanzadas de programación y automatización, entre las que destacan el uso de variadores Mitsubishi y el sistema P-Rack.

1.9.1 Variadores de Frecuencia Mitsubishi:

Los variadores de frecuencia Mitsubishi desempeñan un papel esencial en el sistema de refrigeración del hidrocóoler. Estos dispositivos permiten un control preciso de la velocidad y la potencia de los motores utilizados en el motorreductor, bombas y otros componentes críticos del sistema.

Funciones claves de estos variadores de frecuencia:

- **Control de Velocidad:** Los variadores Mitsubishi ofrecen la capacidad de variar la velocidad de los motores eléctricos de manera continua. Esto es crucial para ajustar el rendimiento del sistema de acuerdo con las condiciones específicas de enfriamiento y carga, lo que conduce a una operación más eficiente.
- **Ahorro de Energía:** La capacidad de reducir la velocidad de funcionamiento de los motores cuando la demanda es menor conlleva un significativo ahorro de energía. Esto no solo reduce los costos operativos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental.
- **Control de Parámetros:** Los variadores Mitsubishi permiten programar y ajustar una variedad de parámetros relacionados con el rendimiento de los motores, lo que brinda flexibilidad para adaptarse a diferentes condiciones de operación.

A continuación, se presenta ilustración nro. 1-13 que muestra la figura referencial de un Variador de Frecuencia Mitsubishi.



Ilustración 1-13: *Variador de Frecuencia*

Fuente: <https://rhona.cl>

1.9.2 Sistema P-Rack

El sistema P-Rack es una parte integral de la automatización en el proceso de refrigeración del hidrocooler. Se trata de un sistema de control que gestiona la operación de los componentes del sistema de refrigeración, coordinando la activación y desactivación de los compresores y otros equipos de acuerdo con las necesidades de enfriamiento.

Funciones Claves del sistema P-Rack:

- Secuencia de Arranque y Paro: El sistema P-Rack coordina la secuencia de arranque y paro de los compresores y otros dispositivos, asegurando un funcionamiento óptimo del sistema y evitando picos de carga.
- Optimización de la Carga: Mediante la monitorización constante de las condiciones de temperatura y humedad, el sistema P-Rack ajusta automáticamente la carga de los compresores para mantener las condiciones de enfriamiento requeridas.
- Diagnóstico de fallas: Este sistema también incorpora características avanzadas de diagnóstico que permiten detectar y responder a posibles fallas o anomalías en el sistema de refrigeración de manera rápida y efectiva.

A continuación, se presenta ilustración nro. 1-14 que muestra la figura referencial de un Sistema P-Rack.



Ilustración 1-14: Sistema P-Rack

Fuente: <https://www.shiessl-kaelte.com>

1.10 MANTENIMIENTO

Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

1.10.1 Plan de mantenimiento:

Un plan de mantenimiento es un conjunto estructurado de acciones y actividades para garantizar el funcionamiento continuo, eficiente y seguro de equipos, sistemas o instalaciones. Su objetivo se describe en el siguiente texto:

Objetivos de un plan de mantenimiento:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de confiabilidad
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto.

Desarrollar una estrategia como plan de mantenimiento nos permite:

- Reducir las acciones correctivas
- Reducir los gastos por mantenimiento y reparaciones
- Aumentar la vida útil de los equipos
- Aumentar la productividad de la maquinaria y el operador.
- Evitar la pérdida de materia prima
- Reducir los riesgos de accidentalidad laboral.

1.10.2 Elaboración de un plan de mantenimiento:

Un plan de mantenimiento permite recuperar los intereses afectados y la inversión debido a que garantiza la disponibilidad del activo y el control del costo durante su periodo o vida útil obteniendo una disponibilidad requerida en base a costos mínimos. De esta manera se posee un control sobre el estado operativo y el nivel de degradación que se desarrolla, así como la manera de mitigar o atenuar el impacto de las causas de las fallas.

El plan de mantenimiento debe contar con lo siguiente

- Frecuencia del mantenimiento
- Especialidad de mantenimiento
- Duración del mantenimiento
- Permiso de trabajo
- Disponibilidad del equipo

Asimismo, la formulación de acciones de mantenimiento que admitan el uso de los capitales para realizar una debida planificación y llevar un registro de todos los capitales que se han utilizado.

1.10.3 Factores del mantenimiento

1.10.3.1 Confiabilidad:

Se define como la “confianza” que se tiene del equipo, componente o sistema que desempeña una función, en un tiempo establecido es decir es la probabilidad de que no ocurra una falla con un nivel de confianza dado.

$$R(t) = e^{-\lambda}$$

Donde:

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo (t) determinado.

e: constante Neperiana (e=2. 303..).

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación).

t: tiempo.

1.10.3.2 Disponibilidad

La disponibilidad en el contexto del mantenimiento es un concepto crítico y ampliamente estudiado que se utiliza para evaluar la capacidad de un activo o equipo para estar operativo y listo para su uso cuando se lo necesita.

La disponibilidad en mantenimiento se refiere a la medida en que un activo, sistema o equipo se encuentra en condiciones operativas en un momento dado y está listo para cumplir con su función prevista. En otras palabras, es la probabilidad de que un activo esté en funcionamiento cuando se requiere y no esté experimentando tiempo de inactividad no planificado debido a fallas o mantenimiento no programado.

Matemáticamente se presenta de la siguiente función el MTBF (Mean Time Between Failure) y del MTTR (Mean Time to Repair) y queda dada por la relación:

$$Disponibilidad = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

1.11 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Cuando se habla de análisis de criticidad se hace referencia a la gestión del riesgo asociado a la ocurrencia de una falla o evento y puede ser desarrollado con diferentes técnicas: Cualitativas, semicuantitativa y cuantitativa. Asimismo, permite crear estructuras facilitando la toma de decisiones efectivas y acertadas en las áreas más importantes, mejorando la confiabilidad operacional: confiabilidad del proceso, confiabilidad humana, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento.

A continuación, se presenta ilustración nro. 15 que muestra la figura referencial de una Matriz de Criticidad.



Ilustración 1-15: Matriz de criticidad

Fuente: <https://es.scribd.com>

La criticidad se determina de la siguiente manera:

$$CRITICIDAD = FRECUENCIA \times CONSECUENCIA$$

Consecuencia: (impacto operacional x flexibilidad) + costos + impacto seguridad y ambiente.

1.12 SISTEMA PDCA

El ciclo PDCA es un método de gestión ampliamente utilizado para el mejoramiento continuo en organizaciones. Las letras PDCA representan las cuatro etapas clave del ciclo:

A continuación, se presenta ilustración nro. 16 que muestra la figura referencial de un Sistema PDCA.

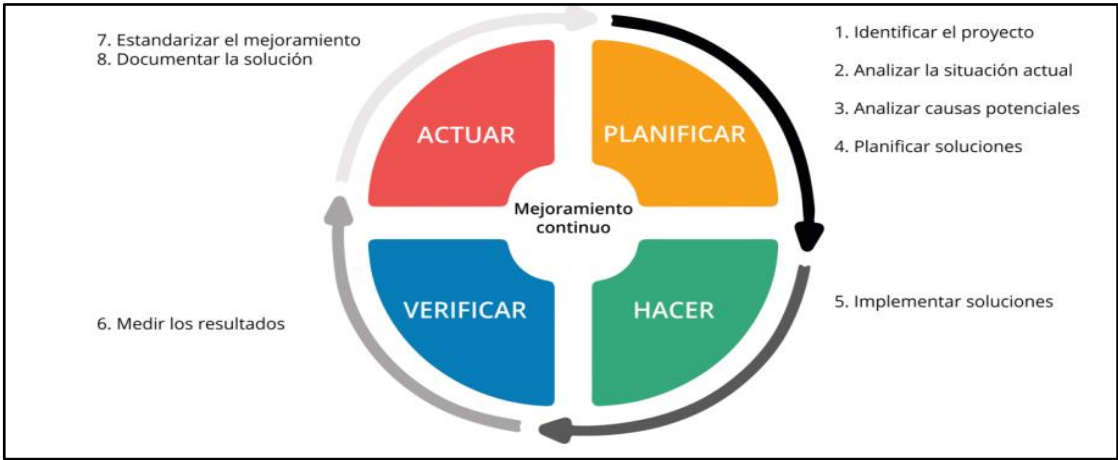


Ilustración 1-16: Sistema PDCA

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

PROBLEMÁTICA

En muchas regiones agrícolas, la industria de cerezas es una parte esencial de la economía local. Para mantener la frescura y la calidad de las cerezas recolectadas durante la temporada, las instalaciones de refrigeración desempeñan un papel crucial. Sin embargo, muchas de estas máquinas de refrigeración operan solo durante la temporada de cosecha, que generalmente abarca tres meses al año. La falta de uso durante el resto del año plantea desafíos únicos en términos de mantenimiento, ya que la inactividad prolongada puede tener un impacto negativo en la confiabilidad y eficiencia de estas máquinas.

La problemática radica en la necesidad apremiante de restaurar la eficiencia, confiabilidad y disponibilidad de la máquina de refrigeración de cerezas en un período de tiempo limitado, mientras se crea un plan de mantenimiento integral que aborde todas estas áreas críticas. Con solo tres meses al año para operar y recolectar datos, es fundamental desarrollar estrategias efectivas de gestión de activos y mantenimiento para evitar tiempo de inactividad costoso y garantizar la calidad del producto.

2.1 RECOPIACIÓN DE DATOS HISTÓRICO

Reconstruir y recopilar los datos históricos disponibles sobre el rendimiento de la máquina, incluyendo análisis de criticidad, AMEF, confiabilidad y disponibilidad que se hayan perdido debido al cambio de jefatura.

2.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y AMEF

Realizar un análisis de criticidad y un Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMEF) para identificar las áreas críticas de la máquina y los modos de falla potenciales, junto con sus efectos y severidades.

2.3 DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

Basándose en los resultados del análisis de criticidad y el AMEF, desarrollar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo que aborde las áreas críticas y minimice los riesgos de falla.

2.4 IMPLEMENTACIÓN DEL CICLO PDCA

Establecer un ciclo PDCA para el mantenimiento y la gestión de activos, lo que permite la mejora continua y la adaptación a medida que se recopilan más datos en futuras temporadas.

2.5 MEJORA DE LA CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD

Implementar estrategias de mantenimiento para mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de la máquina durante la temporada de cosecha.

Esta problemática ofrece una oportunidad única para aplicar una variedad de enfoques de gestión de activos y mantenimiento en un contexto de producción estacional y con la tarea adicional de reconstruir datos críticos recopilados durante 2 temporadas.

A continuación, se presenta ilustración nro. 17 que muestra el diagrama constituyente de un Generador y sus partes principales.

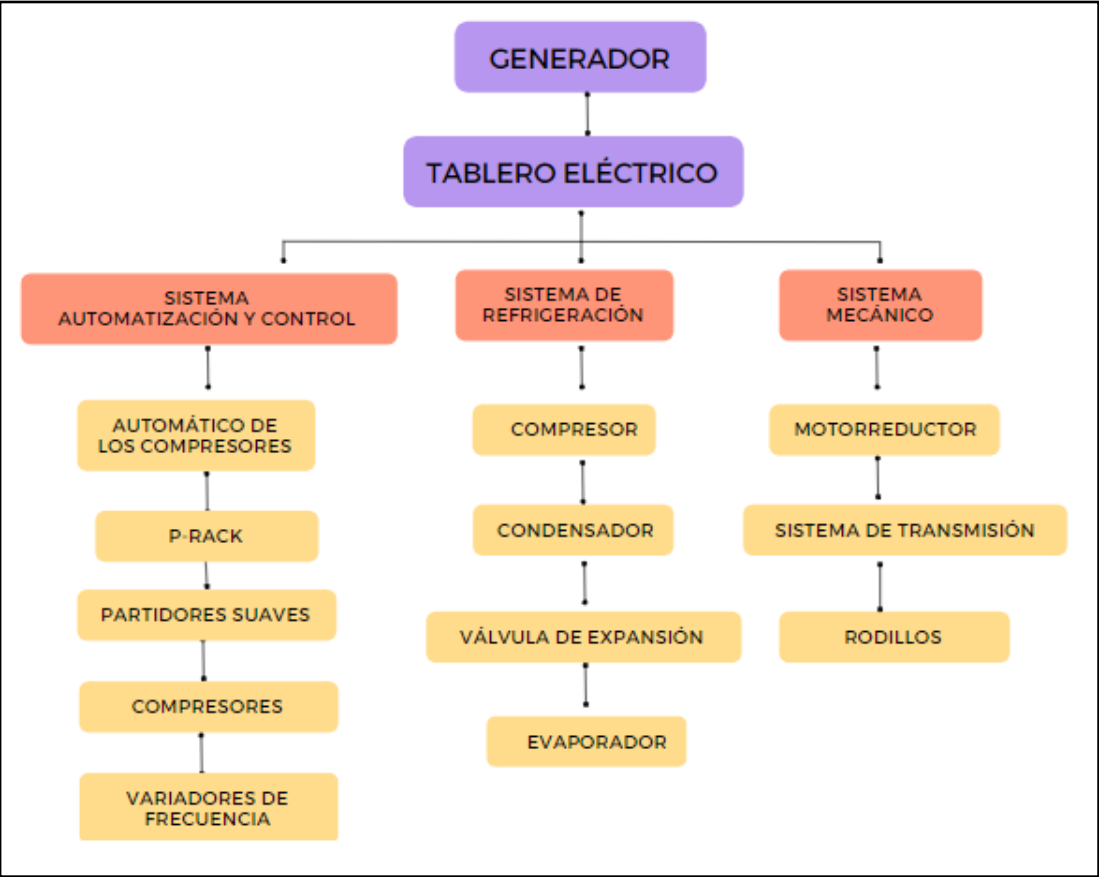


Ilustración 2-17: Diagrama de Generador

Fuente: Elaboración Propia.

Para una mejor comprensión de la problemática, a continuación, se detalla el proceso completo del hidrocooler:

Diagrama de flujo del proceso de hidrocooler:

El proceso comienza en el campo con la cosecha de la cereza. Luego, esta se transporta a un centro de acopio donde se encuentra el hidrocooler, ubicado en una zona sombreada con humedad controlada por un humidificador que intenta mantenerla en un 65%.

Una vez que la cereza llega al centro de acopio, se clasifica por variedad. Posteriormente, se introduce en el hidrocooler, donde ocurre el intercambio de temperatura. Después de este proceso, la cereza se carga en un camión refrigerado.

Al momento de despachar el camión, se registra la temperatura interna del mismo, la cual se verificará a la llegada de la fruta a la planta. En caso de que la fruta no cumpla con los parámetros de temperatura establecidos, se someterá a otro tratamiento de hidrocooler con el objetivo de asegurar la temperatura adecuada.

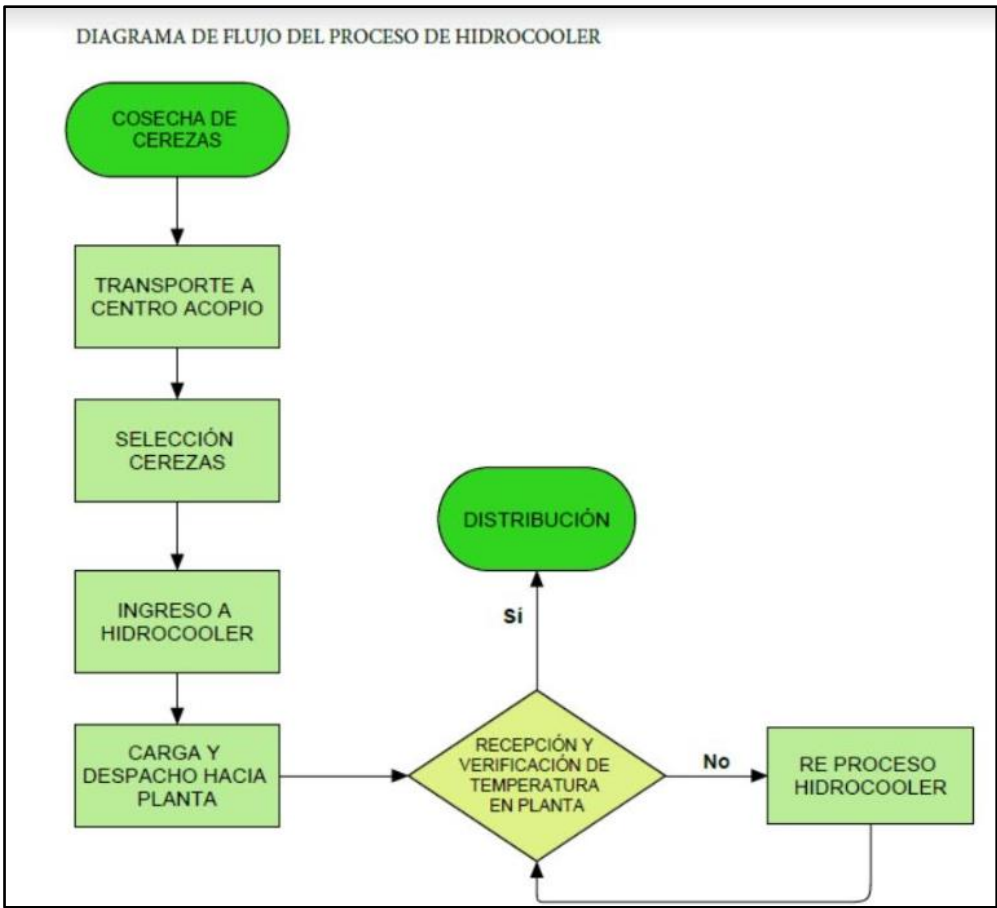


Ilustración 2-18: Diagrama de flujo proceso hidrocooler

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo aplicada, porque tiene como objetivo resolver de forma directa los problemas encontrados justificándose entre la teoría y el producto, requiriendo obligatoriamente de un marco teórico para generar una solución al problema específico que se quiera resolver. La investigación es no experimental debido a que es investigación sistemática y empírica en donde las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Se observa los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos sin manipular deliberadamente las variables basándose en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que ya ocurrieron o se dieron sin la intervención directa del investigador.

3.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

- Población: La constituyen todos los equipos pertenecientes al hidrocooler de Refrigeración de una empresa agroindustrial de la Región.
- Muestra: Hidrocooler en una empresa agroindustrial de la región.
- Muestreo: no probabilístico – muestreo por conveniencia.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 Técnica de recolección de datos:

Permitirá la recopilación de información de la maquinaria

- Instrumento: Mediante fichas o apuntes técnicos.

3.3.2 Técnica de observación:

Permitirá recolectar información durante la operación de las maquinarias como condición durante su funcionamiento.

- Instrumento: Registro de estado de cada máquina.

3.3.3 Técnica AMEF y PDCA

Técnica que nos permitirá identificar fallas y determinar de manera objetiva sus efectos y causas para poder tener un método preventivo más eficaz

- Instrumento: Registros de fallas en un tiempo de 6 meses

3.4 PROCEDIMIENTO

Para la realización del proyecto de investigación se deben tener en cuenta las siguientes etapas:

3.4.1 Primera etapa

El proyecto inicia con la recopilación de datos de fallas en un periodo de 12 meses en materia de mantenimiento durante la operación de las maquinarias para esto será necesario solicitar los archivos y documentación en el área de mantenimiento donde se muestre las fallas presentadas y los mantenimientos correctivos realizados en un determinado tiempo.

3.4.2 Segunda etapa

Una vez levantados los archivos y documentación en la etapa anterior se procede al cálculo de los indicadores de mantenimiento actuales: confiabilidad y disponibilidad del hidrocooler.

3.4.3 Tercera etapa

Seguidamente se realizará un análisis de criticidad con el fin de clasificar las fallas que afectan al proceso.

3.4.4 Cuarta etapa

Posteriormente se elaborará el análisis de modos y efecto de falla (AMEF) y PDCA.

3.4.5 Quinta etapa

Elaborar el plan de mantenimiento preventivo del equipo de refrigeración (hidrocooler) según los datos obtenidos en el AMEF Y PDCA.

3.4.6 Sexta etapa

Para finalizar se elaborará un análisis económico para la implementación del plan para calcular el valor de la implementación del plan PDCA.

3.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizará un programa de hoja de cálculo mediante el cual se podrá generar gráficos y diagramas de barras de frecuencia (horas de parada, números de parada, horas de producción) que ayuden a una mejor interpretación de la información recopilada.

3.6 ASPECTOS ÉTICOS

El investigador se compromete a cumplir con los procedimientos establecidos mediante la privacidad de datos de análisis y confiabilidad obtenidos como del personal que brindó la información técnica para la elaboración del trabajo de investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES INICIALES, EN MATERIA DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE REFRIGERACIÓN

Se ha procedido a efectuar la evaluación de las diferentes fallas que se presentan en equipos de refrigeración, donde se establecen el estado y acciones tomadas en un periodo de 12 meses (4 temporadas) con la finalidad de determinar los indicadores de mantenimiento iniciales. La evaluación se realizó en función de la actividad operativa y la presencia de las fallas que se producen en estos activos fijos.

A continuación, se presenta la tabla Nro. 1 que muestra la descripción de la falla, denominación del equipo, tipo de falla y motivo.

Ítem	Descripción de la falla	Denominación del equipo	Tipo de fallas	Motivo
1	Bajo nivel de refrigerante	Depósito de refrigerante	Mecánica	Fuga
2	Generador se apaga	Generador	Mecánica	Radiador generador obstruido
3	Recalentamiento o tablero eléctrico	Tablero de control	Eléctrica	Recalentamiento o del cableado
4	Caída de tensión	Tablero General	Eléctrica	Generador en mal estado
5	Sensor de temperatura	Sensores	Eléctrica	Dañado
6	Congelamiento del compresor	Compresor	Instrumentación	Falta de Refringente
7	Termostato	Termostato	Instrumentación	Mala calibración
8	Bajo nivel de aceite	Compresor	Mecánica	Fuga
9	Alta temperatura motor eléctrico	Condensador	Eléctrica	Aislación
10	Condensador obstruido	Condensador	Mecánica	Obstrucción
11	Polines bloqueados	Polines	Mecánica	Falla
12	Cadena Desalineada	Cadena de arrastre	Mecánica	Falla
13	Sistema de lluvia bloqueada	Sistema de lluvia	Instalación	Obstrucción
14	Retorno de líquido	Compresor	Mecánica	Desgaste
15	Deterioro estructura Inoxidable	Estructura Inoxidable	Mecánica	Desgaste-Roces
16	Mangueras rotas	Mangueras	Instalación	Piquete
17	Giros Invertidos	Bombas de agua	Eléctrica	Falta de prueba
18	Aislamiento inadecuado motor	Compresor	Eléctrica	Corte de energía

19	Sensor nivel de agua	Sensor nivel de agua	Eléctrica	Falla
20	Rebalse de bandeja de agua	Bandeja de agua	Casual	Obstrucción en el filtro
21	Válvula de expansión obstruida	Válvula de expansión	Mecánica	Obstrucción
22	Ventilador del condensador	Ventilador condensador	Casual	Obstrucción con basura
23	Relé de simetría	Tablero general	Eléctrica	Mala operación
24	Serpentín congelado	Serpentín	Casual	Falta de agua
25	Flow Switch	Flow Switch	Mecánica	Desgaste
26	Variador de Frecuencia mal regulado	Tablero de control	Instrumentación	Falta de prueba
27	Compresor Tornillo	Compresor	Mecánica	Falla

Tabla 4-1: Historial de fallas mecánicas pre-hoja de vida.

Fuente: Elaboración propia.

Se ha mostrado en la tabla Nro. 1, las diferentes fallas que se presentan en los equipos de refrigeración antes de tener una hoja de vida de los diferentes equipos utilizados en el sistema de hidrocooler móvil, registradas, por parte independiente del personal a técnico en mantenimiento.

A continuación, se da a conocer la hoja de vida de los equipos implicados en el sistema de hidrocooler móvil. Esta información se empieza a acumular de forma ordenada y estratégica.

A continuación, se presenta la tabla Nro. 2 que muestra la hoja de vida de los equipos implicados de forma ordenada y estratégica.

Ítem	Equipo	Denominación del equipo	Motivo	Contador de fallas
1	Compresor Tornillo	Compresor	Falla	2
2	Generador	Generador	Radiador generador obstruido	9
3	Depósito de refrigerante	Deposito Refrigerante	Falta de Refringente	1
4	Caída de tensión, Recalentamiento y Relé de simetría	Tablero General	Generador en mal estado	3
5	Sensor de temperatura y Sensor nivel de agua	Sensores	Dañado	6

6	Bajo nivel de aceite Compresor	Compresor	Fuga	2
7	Motor eléctrico condensador	Condensador	Aislación	1
8	Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	Polines	Falla	13
9	Cadena de arrastre desalineada	Cadena de arrastre	Falla	14
10	Retorno de líquido y válvula de expansión	Compresor	Desgaste	1
11	Variador de frecuencia	Variador Mitsubishi		1
12	Rebalse de bandeja de agua	Bandeja de agua	Obstrucción en el filtro	17
13	Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloqueada	Ventilador condensador	Obstrucción con basura	8
14	Serpentín congelado	Serpentín	Falta de agua	9
15	Flow Switch	Flow Switch	Desgaste	2

Tabla 4-2: Tabla de Hoja de Vida de Falla de los Equipos Hidrocooler.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE EQUIPOS HIDROCOOLER.

Para obtener los indicadores necesarios en esta investigación se ha tomado en consideración el reporte de las fallas del proceso, de esta manera se ingresó toda la información recopilada tales como: horas de paradas, horas de operación, tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, disponibilidad y confiabilidad en hojas de cálculo, por consiguiente se pudo conocer la condición del trabajo en equipo, procesando la información se realizaron los cuadros de la disponibilidad y confiabilidad con los valores ponderados de los 6 meses analizados que equivalen a 2 temporadas, para este estudio se ha tomado 7 equipos donde se realizó el cálculo de la disponibilidad y la confiabilidad, estos valores iniciales se usarán para la comparación del antes y después de la implementación de la metodología PDCA. Se procede el cálculo de los indicadores del equipo Hidrocoolers, con el mismo procedimiento y el uso de las ecuaciones se aplicarán para el resto de los equipos.

$$MTB(h) = \frac{tiempo\ total\ de\ operacion}{número\ de\ fallas} = \frac{366}{3} = 61$$

$$MTT(h) = \frac{tiempo\ total\ de\ fallas}{número\ de\ fallas} = \frac{18,5}{3} = 6,16$$

$$Disponibilidad\ (D) = \frac{61 - 6,16}{61} \times 100 = 94,95$$

$$Confiabilidad\ (C) = e^{-\lambda/100} = 97,04.$$

A continuación, se presentan las siguientes tablas que muestra el cálculo de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Hidrocooler móvil N°1.

El Hidrocooler móvil N°1 presenta las siguientes fallas en 2 temporadas.

Hidrocooler N° 1	N° Fallas	T. de operación	T. de fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
Compresor Tornillo	1	732	0	720	12	98,4%	60%
Generador	0	866	0	0	0	100%	100%
Depósito Refrigerante	0	812	0	0	0	100%	100%
Tablero de Control	0	860	0	0	0	100%	100%
Sensor de temperatura y sensor nivel de agua	1	812	0,5	811,5	0,5	99,9%	64%
Bajo nivel de aceite compresor	1	812	6	806	6	99,3%	64%
Motor eléctrico condensador	0	812	0	0	0	100%	100%
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	2	854	1	426,5	0,5	99,90%	42%
Cadena de arrastre desalineada	3	854	1,5	284,2	0,5	99,80%	28%
Retorno de líquido y Válvula de expansión	0	806	0	0	0	100%	100%
Variador de frecuencia	0	806	0	0	0	100%	100%
Rebalse de Bandeja de agua	2	880	0,5	439,8	0,25	99,90%	44%
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloquea	2	854	1	426,5	0,5	99,90%	42%
Serpentín congelado	1	812	6	806	6	99,30%	64%
Flow Switch	0	812	0	0	0	100%	100%

Tabla 4-3: Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°1

Fuente: Elaboración propia.

Hidrocooler móvil N°2.

El Hidrocooler móvil N°2 presenta las siguientes fallas en 2 temporadas.

Hidrocooler N° 2	N° Fallas	T. de operación	T. de fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
Compresor Tornillo	0	732	0	0	0	100%	100%
Generador	3	866	18	282,6	6	97,9%	27%
Depósito Refrigerante	0	812	0	0	0	100%	100%
Tablero de Control	1	860	3	857	3	99,7%	65%
Sensor de temperatura y sensor nivel de agua	1	812	0,5	811,5	0,5	99,9%	64%
Bajo nivel de aceite compresor	0	812	0	0	0	100%	100%
Motor eléctrico condensador	0	812	0	0	0	100%	100%
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	1	854	0,5	853,5	0,5	99,9%	65%
Cadena de arrastre desalineada	2	854	1	426,5	0,5	99,9%	42%
Retorno de líquido y Válvula de expansión	0	806	0	0	0	100%	100%
Variador de frecuencia	0	806	0	0	0	100%	100%
Rebalse de Bandeja de agua	5	880	2,5	175,5	0,5	99,7%	12%
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloquea	1	854	0,5	853,5	0,5	99,9%	65%
Serpentín congelado	0	812	0	0	0	100%	100%
Flow Switch	0	812	0	0	0	100%	100%

Tabla 4-4: Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°2

Fuente: Elaboración propia.

Hidrocooler móvil N°3.

El Hidrocooler móvil N°3 presenta las siguientes fallas en 2 temporadas.

Hidrocooler N° 3	N° Fallas	T. de operación	T. de fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
Compresor Tornillo	0	732	0	0	0	100%	100%
Generador	1	866	6	860	6	99,3%	65%
Depósito Refrigerante	0	812	0	0	0	100%	100%
Tablero de Control	0	860	0	0	0	100%	100%
Sensor de temperatura y sensor nivel de agua	1	812	0,5	811,5	0,5	99,9%	64%
Bajo nivel de aceite compresor	0	812	0	0	0	100%	100%
Motor eléctrico condensador	0	812	0	0	0	100%	100%
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	2	854	1	426,5	0,5	99,9%	42%
Cadena de arrastre desalineada	0	854	0	0	0	100%	100%
Retorno de líquido y Válvula de expansión	0	806	0	0	0	100%	100%
Variador de frecuencia	0	806	0	0	0	100%	100%
Rebalse de Bandeja de agua	2	880	1	439,8	0,5	99,9%	43%
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloquea	0	854	1	0	0	100%	100%
Serpentín congelado	1	812	6	810	2	99,8%	64%
Flow Switch	0	812	0	0	0	100%	100%

Tabla 4-5: Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°3

Fuente: Elaboración propia.

Hidrocooler móvil N°4.

El Hidrocooler móvil N°4 presenta las siguientes fallas en 2 temporadas.

Hidrocooler N° 4	N° Fallas	T. de operación	T. de fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
Compresor Tornillo	1	732	12	720	12	98,4%	60%
Generador	0	866	0	0	0	100%	100%
Depósito Refrigerante	1	812	4	808	4	99,5%	64%
Tablero de Control	1	860	3	857	3	99,7%	65%
Sensor de temperatura y sensor nivel de agua	0	812	0	0	0	100,0%	100%
Bajo nivel de aceite compresor	1	812	6	806	6	99,3%	64%
Motor eléctrico condensador	0	812	0	0	0	100%	100%
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	2	854	1	426,5	0,5	99,9%	42%
Cadena de arrastre desalineada	1	854	1	853	1	99,9%	65%
Retorno de líquido y Válvula de expansión	1	806	2	804	2	99,8%	63%
Variador de frecuencia	0	806	0	0	0	100%	100%
Rebalse de Bandeja de agua	2	880	1	439,8	0,5	99,9%	43%
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloquea	1	854	5	849	5	99,4%	65%
Serpentín congelado	0	812	0	0	0	100%	100%
Flow Switch	1	812	2	810	2	99,8%	64%

Tabla 4-6: Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°4

Fuente: Elaboración propia.

Hidrocooler móvil N°5

El Hidrocooler móvil N°5 presenta las siguientes fallas en 2 temporadas.

Hidrocooler N° 5	N° Fallas	T. de operación	T. de fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
Compresor Tornillo	0	732	0	0	0	100%	100%
Generador	2	866	12	427	6	98,6%	42%
Depósito Refrigerante	0	812	0	0	0	100%	100%
Tablero de Control	0	860	0	0	0	100%	100%
Sensor de temperatura y sensor nivel de agua	0	812	0	0	0	100%	100%
Bajo nivel de aceite compresor	0	812	0	0	0	100%	100%
Motor eléctrico condensador	1	812	4	808	4	99,5%	64%
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	2	854	1	426,5	0,5	99,9%	42%
Cadena de arrastre desalineada	3	854	3	283,6	1	99,6%	28%
Retorno de líquido y Válvula de expansión	0	806	0	0	0	100,0%	100%
Variador de frecuencia	1	806	1	805	1	99,9%	63%
Rebalse de Bandeja de agua	0	880	0	0	0	100,0%	100%
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloquea	2	854	1	426,5	0,5	99,9%	42%
Serpentín congelado	2	812	4	404	2	99,5%	40%
Flow Switch	0	812	0	0	0	100,0%	100%

Tabla 4-7: Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°5

Fuente: Elaboración propia.

Hidrocooler móvil N°6.

El Hidrocooler móvil N°6 presenta las siguientes fallas en 2 temporadas.

Hidrocooler N° 6	N° Fallas	T. de operación	T. de fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
Compresor Tornillo	0	732	0	0	0	100%	100%
Generador	1	866	6	860	6	99,3%	65%
Depósito Refrigerante	0	812	0	0	0	100%	100%
Tablero de Control	0	860	0	0	0	100%	100%
Sensor de temperatura y sensor nivel de agua	1	812	0,5	811,5	0,5	99,9%	64%
Bajo nivel de aceite compresor	0	812	0	0	0	100%	100%
Motor eléctrico condensador	0	812	0	0	0	100%	100%
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	1	854	0,5	853,5	0,5	99,9%	65%
Cadena de arrastre desalineada	2	854	2	426	1	99,8%	42%
Retorno de líquido y Válvula de expansión	0	806	0	0	0	100,0%	100%
Variador de frecuencia	0	806	0	0	0	100,0%	100%
Rebalse de Bandeja de agua	2	880	1	439,5	0,5	99,9%	43%
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloquea	1	854	0,5	853,5	0,5	99,9%	65%
Serpentín congelado	2	812	4	404	2	99,5%	40%
Flow Switch	1	812	2	810	2	99,8%	64%

Tabla 4-8: Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°6

Fuente: Elaboración propia.

Hidrocooler móvil N°7.

El Hidrocooler móvil N°7 presenta las siguientes fallas en 2 temporadas.

Hidrocooler N° 7	N° Fallas	T. de operación	T. de fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
Compresor Tornillo	0	732	0	0	0	100%	100%
Generador	2	866	12	427	6	98,6%	42%
Depósito Refrigerante	0	812	0	0	0	100%	100%
Tablero de Control	1	860	3	857	3	99,7%	65%
Sensor de temperatura y sensor nivel de agua	2	812	1	405,5	0,5	99,9%	41%
Bajo nivel de aceite compresor	0	812	0	0	0	100%	100%
Motor eléctrico condensador	0	812	0	0	0	100%	100%
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	3	854	1,5	284,2	0,5	99,8%	28%
Cadena de arrastre desalineada	3	854	3	283,7	1	99,6%	28%
Retorno de líquido y Válvula de expansión	0	806	0	0	0	100,0%	100%
Variador de frecuencia	0	806	0	0	0	100,0%	100%
Rebalse de Bandeja de agua	3	880	1,5	292,8	0,5	99,8%	29%
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloquea	1	854	0,5	853,5	0,5	99,9%	65%
Serpentín congelado	3	812	6	268,7	2	99,3%	26%
Flow Switch	0	812	0	0	0	100,0%	100%

Tabla 4-9: Disponibilidad y confiabilidad Equipo n°7

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la tabla resumen que contiene la suma de los parámetros de los hidrocoolers. El objetivo de esta información es facilitar la comparación de la mejora obtenida en la disponibilidad y confiabilidad de estos equipos.

Resumen Equipos de Hidrocooler	N° Fallas	T. de operación	T. de fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Confiabilidad
Compresor Tornillo	2	5124	24	2550	12	99,5%	87%
Generador	9	6062	54	667,5	6	99,1%	58%
Depósito Refrigerante	1	5684	4	5680	4	99,9%	94%
Tablero de Control	3	6020	9	2003,6	3	99,9%	83%
Sensor de temperatura y sensor nivel de agua	6	5684	3	946,8	0,5	99,9%	68%
Bajo nivel de aceite compresor	2	5684	12	2836	6	99,8%	88%
Motor eléctrico condensador	1	5684	4	5680	4	99,9%	94%
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	13	5978	6,5	459,3	0,5	99,9%	45%
Cadena de arrastre desalineada	14	5978	14	426	1	99,8%	42%
Retorno de líquido y Válvula de expansión	1	5642	2	5640	2	100,0%	94%
Variador de frecuencia	1	5642	1	5641	1	100,0%	94%
Rebalse de Bandeja de agua	17	6160	8,5	361,8	0,5	99,9%	36%
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloqueada	8	5978	4	746,7	0,5	99,9%	61%
Serpentín congelado	9	5684	18	629,5	2	99,7%	56%
Flow Switch	2	5684	4	2840	2	99,9%	88%

Tabla 4-10 : Resumen Disponibilidad y confiabilidad de los Equipos

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta un análisis basado en el diagrama de Pareto para facilitar la comprensión de las fallas más significativas en los sistemas hidrocooler.

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que organiza las fallas en un gráfico de barras, permitiendo distinguir entre las pocas fallas "vitales" y las numerosas fallas "triviales". Su principio fundamental se interpreta como que "el 80% de las consecuencias de los problemas se explican por el 20% de las causas".

Nro.	Causas	Frecuencia	Porcuentual	Acumulada
1	Rebalse de bandeja de agua	17	19%	19%
2	Cadena de arrastre desalineada	14	16%	35%
5	Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	13	15%	49%
3	Generador	9	10%	60%
4	Serpentin congelado	9	10%	70%
6	Ventilador del condensador y sistema de lluvia bloqueada	8	9%	79%
7	Sensor de temperatura y sensor nivel de agua	6	7%	85%
8	Tablero de control	3	3%	89%
9	Compresor tornillo	2	2%	91%
10	Bajo nivel de aceite compresor	2	2%	93%
11	Florswitch	2	2%	96%
12	Depósito de refrigerante	1	1%	97%
13	Motor electrico condensador	1	1%	98%
14	Retorno de liquido y valvula de expansion	1	1%	99%
15	Variador de frecuencia	1	1%	100%

Tabla 4-11: Tabla de recopilación de datos fallas Hidrocooler

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación del Diagrama de Pareto permite enfocar y direccionar el mejoramiento, pues indica donde comenzar y cuales fallas deben ser abordadas de manera prioritaria.

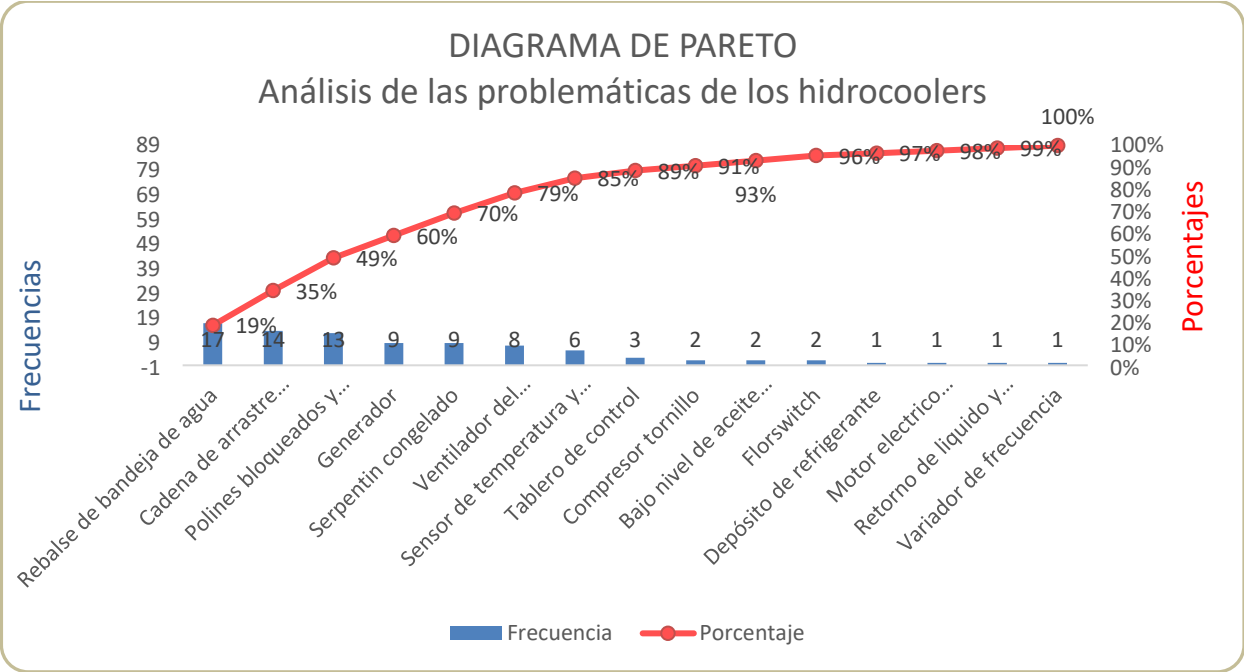


Gráfico 4-1: Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia.

4.3 REALIZAR EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

Habiéndose determinado la realización de las condiciones iniciales del equipo de refrigeración (hidrocólers), el siguiente paso es la realización del análisis de criticidad con la finalidad de clasificar las fallas importantes que afectan a la planta, con los resultados obtenidos se procederá a la elaboración del análisis de criticidad.

Para hallar la severidad se ha tenido en cuenta las consecuencias posibles de los eventos que afectan a la producción las cuales son:

- (AF) Su falla afecta a la función de la línea se le ha dado un porcentaje del 20%
- (AS) Su falla afecta a la seguridad de las personas con un 30%
- (FE) Su falla es evidente para el operario con un 20%
- (TR) Tiempo de reparación y logística con un 20%
- (CR) Costo de reparación con un 10%

Se le ha dado una ponderación de acuerdo al número de fallas descritas en la tabla 02 según su criterio de veces de falla por mes. Se realiza el cálculo para el equipo que es el Hidrocóler de materia prima, de este mismo modo se realizarán para los demás equipos de la lista.

Severidad = AF * AS * FE * TR * CR

Severidad = 3x20% + 0x30% + 5x20% + 5x20% + 5x10%

Severidad = 0.6+1+1+0.5= 3.1

Criticidad = probabilidad * severidad

Analizaremos el equipo Hidrocooler:

Criticidad = 1 x 3.1 = 3.1

Después de lo analizado se tomarán para este estudio los 7 equipos con alta criticidad que son los que impactan en la producción, con estos resultados obtenidos nos servirá para la elaboración de las hojas AMEF Y NPR.

A continuación, se presenta la tabla Nro. 4-12 que muestra el Análisis de Criticidad del Equipo Hidrocooler.

	Equipo	Descripción del componente	Probabilidad de falla (P) 10: Alta 5: Medio 1: Baja	20% ¿La falla afecta a la función de línea? 5: Si 3: Reduce 0: No	30% ¿Su falla afecta a la seguridad de los trabajadores? 0: No 5: Si	20% ¿Su falla es evidente ¿Para el operario? 0: Si 5: No	20% Tiempo de reparación y logística 1: < 4hrs 3: 4/8hrs 5: > 8hrs	10% Costo de Reparación 1: < \$500 3: 500/2000 5:>2000	Severidad (S)	Clasificación De riesgo A: Alto B: Medio C: Bajo	Número de fallas 2 temporadas 6 meses
1	Compresor Tornillo	Equipo de enfriamiento	1	3	0	5	5	5	3.1	3.1	3
2	Depósito de refrigerante	Equipo de enfriamiento	1	3	0	0	3	1	1.3	1.3	3
3	Bajo nivel de aceite Compresor	Equipo de enfriamiento	1	3	0	0	3	1	1.3	1.3	3
4	Retorno de líquido y válvula de expansión	Equipo de enfriamiento	1	3	0	0	3	3	1.5	1.5	3
5	Serpentín congelado	Equipo de enfriamiento	10	5	0	0	1	1	1.3	13	7
6	Generador	Sistema de energía	5	5	0	5	3	1	2.7	13.5	7
7	Motor eléctrico	Unidad condensadora	1	0	0	0	1	1	0.3	0.3	2

	condensador											
8	Tablero de control / PLC	Sistema de control	1	5	0	0	5	3	2.3	2.3	5	
9	Sensor de temperatura y Sensor nivel de agua	Sensores	5	3	0	0	3	1	1.3	6.5	8	
10	Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloqueada	Obstrucciones comunes	1	3	5	0	1	1	2.4	2.4	5	
11	Variador de frecuencia	Tablero de fuerza	1	5	0	0	1	1	1.3	1.3	2	
12	Cadena de arrastre desalineada	Sistema de arrastre, manorreductor	5	5	5	0	1	1	2.8	14	4	
13	Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	Estructura hidrocóoler	Tabla 4-12: Tabla de Análisis de Criticidad del Equipo Hidrocóoler Fuente: Elaboración propia.					1	1	1.8	9	10
14	Rebalse de bandeja de agua	Obstrucción del filtro del serpentín	10	3	0	0	1	1	0.9	9	17	
15	FlowSwitch	Sensor	1	3	0	0	1	1	0.9	0.9	1	

En la tabla 4-12 se muestra el resultado del análisis de criticidad del Hidrocóoler utilizados en el proceso de producción, donde se aprecian a 4 equipos (color rojo) con alta criticidad, 2 equipos con media criticidad (color amarillo) y 9 equipos con baja criticidad (color verde).

En la tabla siguiente se muestra la matriz de criticidad con el nivel de clasificación de riesgo de los equipos de alta criticidad, media criticidad y baja criticidad, esto servirá para poder realizar el análisis a los equipos altamente críticos del hidrocóoler.

A continuación, se presenta la tabla Nro. 4-13 que muestra la Matriz de Criticidad de Riesgo de los equipos Hidrocóoler.

CRITICIDAD = PROBABILIDAD* SEVERIDAD						
PROBABILIDAD (F)	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		SEVERIDAD (S)				

Tabla 4-13: Análisis de Criticidad de Riesgo del Equipo Hidrocóoler

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4-14 se muestra el rango de la criticidad para diferenciar a los equipos si son de alta criticidad, media criticidad y baja criticidad.

Alta criticidad	11	<=	CRITICIDAD	<=	20	A
Media criticidad	6	<=	CRITICIDAD	<=	10	B
Baja criticidad	1	<=	CRITICIDAD	<=	5	C

Tabla 4-14: Niveles y rangos de criticidad

Fuente: Elaboración propia.

4.4 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)

Para este análisis, se tomarán como referentes, a los equipos cuya criticidad está considerada dentro de la calificación de Alta, o sea los 4 equipos denominados:

- Ventilador del condensador y sistema de lluvia bloqueada
- Cadena de arrastre desalineada
- Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable
- Rebalse de bandeja de agua
- Serpentín congelado
- Sensor de temperatura y sensor nivel de agua
- Generador.

Para este análisis se usarán hojas de información de los equipos críticos, obtenidos del análisis de criticidad donde se describen la función, las fallas funcionales, el modo de falla y el efecto de falla, aquí se procede a contestar las cuatro primeras preguntas de la metodología del RCM como se muestra en la siguiente tabla:

A continuación, se presenta la tabla Nro.4-15 que muestra la Metodología del AMEF

Hoja de información	Equipo área de información		Ingeniero	fecha	Hoja
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla		

Generador	El generador que suministra energía al hidrocooler no puede generar electricidad o no puede mantener una potencia constante	El generador a sufrido una avería mecánica, un fallo en el motor, o no recibe combustible adecuadamente	Interrupción del proceso de enfriamiento, Retrasos en la operación, pérdidas económicas, costos de reparación
Cadena de arrastre desalineada.	La cadena de arrastre de los bins se desalinea provocando que el motorreductor comienza a golpear y forzar la cadena	Los bins al ser lanzados a la cadena suelen golpear una parte de la cadena empezando a desalinearla lentamente	Parada de la producción hasta que se alinea nuevamente el sistema de arrastre
Serpentín congelado	Incapacidad de mantener la temperatura adecuada	Acumulación excesiva de hielo en el serpentín debido a temperaturas inadecuadas o problemas en el sistema de refrigeración	Costos de reparación y tiempo de inactividad ya que hay que resolver la acumulación de hielo en el serpentín
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	Acumulación de bins en la salida del hidrocooler	Los rodamientos de los polines colapsan por la mala ejecución de carga de los bins al hidrocooler	Proceso se detiene por la acumulación de bins esperando que los últimos bins que entraron empujen a los siguientes
Rebalse de bandeja de agua	A medida del funcionamiento es muy común que el filtro de la bandeja se ensucie y así obstruyéndose	Obstrucción de la bandeja con pedicelo, tierra, hojas, cuesco	Se para el equipo por lo que dure la limpieza
Sensor de temperatura y Sensor nivel de agua	No puede medir, ni transmitir la temperatura del agua correctamente	Se ha descalibrado o dañado debido a un mal funcionamiento o a la exposición de temperaturas extremas en el agua de refrigeración	Es posible que con la falla de este sistema la refrigeración del agua pueda ser excesiva y provoque un exceso de llenado en los estanques
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloqueada.	Al obstruir el ventilador del condensador el equipo reduce su tiempo de enfriamiento, y el bloqueo de la lluvia hace que la cereza tenga un mal enfriamiento.	Entre las fallas pueden ser: Basura en los ventiladores, bolsas, hojas, etc. Bloqueo de la lluvia con pedicelo, hojas, cuesco.	Parada de la producción por el tiempo en que se demore la limpieza de los sistemas.

Tabla 4-15: Metodología del AMEF

Fuente: Elaboración propia.

4.5 ELABORACIÓN DEL PLAN PDCA EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL AMEF.

En esta sección, se abordará la elaboración de un plan PDCA basado en los resultados del AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla). Se explorará cómo el AMEF, como una herramienta de evaluación y análisis de riesgos, proporciona una base sólida para la planificación y ejecución de acciones concretas destinadas a prevenir, mitigar y corregir el problema potencial.

El propósito de esta sección de la tesis es demostrar cómo estos valiosos resultados del AMEF se traducen en un plan PDCA concreto y efectivo. El ciclo PDCA, al enfocarse en Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act), proporciona un marco estructurado para abordar los hallazgos y las recomendaciones del AMEF de manera sistemática.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos del AMEF previamente evaluados, se procede a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología PDCA, para este primer paso se debe tener siempre en cuenta las fallas con mayor

relevancia, paso siguiente se comienza a determinar las tareas preventivas y con qué frecuencia deben de ser realizadas estas tareas de mejora.

4.5.1 Alineamiento y ajustes de pernos

El ajuste de pernos puede ser ejecutado con el equipo operando, considerando que al encontrarse los pernos flojos el equipo sufre un desalineamiento, el cual tendrá que ser atendido de manera directa, es decir que no existe una frecuencia establecida para realizar un alineamiento, esta actividad permitirá evitar futuras fallas y el ahorro de energía en el equipo por lo cual para realizar esta operación se cuenta con un alineador láser. Frecuencia estimada cada semana para mantener en buen estado el sistema de arrastre de los hidrocooler.

4.5.1.1 PDCA

PLANIFICAR (P)	HACER (D)	VERIFICAR (C)	ACTUAR (A)
Identificar las herramientas y recursos necesarios para llevar a cabo el alineamiento, como el Alineador láser, Dados, Chicharra, Punta y Corona.	Implementar el procedimiento de alineamiento siguiendo las instrucciones establecidas.	Evaluar la efectividad del alineamiento y su impacto en la reducción de fallas y el ahorro de energía	Basándose en los resultados de la actividad, identificar oportunidades de mejora en el procedimiento de alineamiento
Establecer un procedimiento detallado para realizar el alineamiento, incluyendo los pasos a seguir y las medidas de seguridad.	Realizar el alineamiento de manera cuidadosa y precisa, utilizando el alineador láser.	Monitorear el estado del sistema de arrastre de los hidrocooler para asegurar que se mantenga en buen estado.	Realizar ajustes en el plan de alineamiento si es necesario, como modificar la frecuencia o los pasos del procedimiento.
Asignar responsabilidades y designar al personal encargado de llevar a cabo esta actividad	Registrar los resultados del alineamiento y cualquier observación relevante.	Comparar los resultados del alineamiento semana a semana para detectar posibles desviaciones.	Comunicar los hallazgos y las mejoras al personal involucrado en la actividad.
Definir la frecuencia con la que se llevará a cabo el alineamiento (en este caso, cada semana).			Continuar con la programación semanal de alineamientos y mantener un registro detallado de cada ejecución.

Ilustración 4-19: PDCA propuesta mejoramiento n°1

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo principal de este plan PDCA es garantizar que el sistema de arrastre de los hidrocooler funcione de manera óptima, reduciendo las fallas y optimizando el consumo de energía. La retroalimentación continua y la mejora son fundamentales en este proceso.

4.5.2 Frecuencia de análisis visual del estado del equipo

Mediante esta técnica se podrá verificar el estado actual de los componentes que involucra el equipo para poder desarrollar sus operaciones eficientemente garantizando la confiabilidad del equipo.

4.5.2.1 PDCA propuesta mejoramiento n°2

PLANIFICAR (P)	HACER (D)	VERIFICAR (C)	ACTUAR (A)
Analizar causas de la formación excesiva de hielo en el serpentín	Implementar inspección termográfica semanal del serpentín con pistola termográfica.	Verificar reducción en frecuencia de formación de hielo.	Estandarizar como parte del plan de mantenimiento preventivo
Implementar un sistema de inspección y mantenimiento preventivo.	Calibrar sensores de temperatura y revisar sistema de deshielo.	Evaluar estabilidad de la temperatura durante operación.	Si el problema persiste: revisar diseño o componentes.
Establecer objetivo reducir o eliminar la formación de hielo.	Realizar limpieza preventiva de serpentín y revisar flujo de aire.	Revisar imágenes termo gráficas periódicamente.	Documentar hallazgos y actualizar AMEF.
Definir indicadores: frecuencia de congelamiento, temperatura, registros termográficos.	Capacitar al operador para detectar signos tempranos de congelamiento.		

Ilustración 4-20: PDCA propuesta mejoramiento n°2

Fuente: Elaboración propia.

Esto proporcionará datos concretos sobre la confiabilidad del equipo y permitirá tomar decisiones informadas para su mantenimiento.

4.5.3 Frecuencia de mediciones de temperatura por termografía

Mediante una cámara termográfica se puede realizar el análisis correspondiente. La termografía por rayos infrarrojos se da en los tableros eléctricos, switches, contactores, compresores, serpentines, etc. Con una frecuencia mensual de acuerdo con las recomendaciones dadas por las experiencias y proveedores de los equipos eléctricos.

4.5.3.1 PDCA propuesta mejoramiento n°3

PLANIFICAR (P)	HACER (D)	VERIFICAR (C)	ACTUAR (A)
Identificar bloqueos y desgaste de polines que dificultan el movimiento del sistema	Revisión completa de los polines móviles: limpieza, lubricación y reemplazo de los desgastados.	Control visual semanal del estado de los polines.	Si las medidas fueron efectivas: incluir revisión y engrase de polines en el plan anual
Detectar deterioro de estructuras metálicas por corrosión o falta de mantenimiento.	Inspección estructural para identificar puntos críticos de corrosión.	Verificación del libre movimiento del sistema.	Si se repiten los fallos: rediseñar el sistema de apoyo o cambiar el tipo de polín.
Evaluar riesgo de detenciones operativas, accidentes y pérdida de alineación.	Refuerzo de estructura metálica con pintura anticorrosiva y anclajes.	Revisión del estado de pintura y fijaciones estructurales	Documentar y actualizar procedimientos y AMEF.
Definir la frecuencia con la que se llevará a cabo la inspección visual (en este caso, cada semana).	Programación de mantención periódica cada fin de temporada	Comparación entre paradas por atasco antes y después.	

Ilustración 4-21: PDCA propuesta mejoramiento n°3

Fuente: Elaboración propia.

4.5.4 Generadores

Debido a los problemas obtenidos con los generadores se recomienda realizar el cambio de los proveedores, con esta recomendación se realiza el plan PDCA "Cambio de Proveedores de Generadores" debido a las fallas excesivas en los generadores actuales.

4.5.4.1 PDCA propuesta mejoramiento n°4

PLANIFICAR (P)	HACER (D)	VERIFICAR (C)	ACTUAR (A)
Identificar los criterios y estándares que deben cumplir los nuevos proveedores, como calidad, confiabilidad, historial de servicio, precios competitivos, respuesta a eventos, etc.	Contactar a los proveedores potenciales y solicitar información detallada sobre sus productos y servicios.	Implementar los generadores suministrados por los nuevos proveedores en la operación.	Basándose en los resultados y la retroalimentación obtenida durante el período de prueba, tomar decisiones sobre si mantener a los nuevos proveedores o buscar otras alternativas si los problemas persisten.
Realizar una investigación de mercado para identificar posibles nuevos proveedores que cumplan con los criterios establecidos.	Realizar una evaluación técnica y financiera de los proveedores potenciales para seleccionar a los mejores candidatos.	Monitorear el desempeño de los nuevos generadores durante un período de prueba.	Implementar mejoras en la gestión de proveedores si es necesario, como establecer un programa de mantenimiento preventivo o mejorar la comunicación.
Designar un equipo encargado de gestionar el proceso de cambio de proveedores, camiones grúas.	Negociar los términos y condiciones con los nuevos proveedores seleccionados.	Comparar los resultados del alineamiento semana a semana para detectar posibles desviaciones.	Documentar el proceso de cambio de proveedores y los resultados obtenidos para futuras referencias y aprendizaje.
	Establecer un cronograma para la transición de proveedores y definir los roles y responsabilidades de cada parte involucrada.	Evaluar si el cambio de proveedores ha resultado en una reducción significativa de las fallas.	Continuar monitoreando el desempeño de los generadores

Ilustración 4-22: PDCA propuesta de mejoramiento n°4

Fuente: Elaboración propia.

Este plan PDCA tiene como objetivo mejorar la confiabilidad de los generadores a través del cambio de proveedores y la selección de proveedores más confiables y adecuados para las necesidades de la empresa. La retroalimentación y la adaptación son clave en este proceso para garantizar el éxito a largo plazo.

Capacitar al personal sobre los parámetros de producción:

Se brindará la información necesaria sobre el impacto operativo, en los resultados de la producción en la calibración de patrones y cumplimiento de parámetros lo cual se realizará con una frecuencia mensual para que exista una retroalimentación continua operadores – jefatura. Con el Plan de mantenimiento elaborado, se ha ampliado la visión respecto de los efectos de las falencias y se han descubierto las fallas más incidentes en la estructura de los equipos del área de refrigeración, se han reconocido las causas que originan las fallas constantes que tienden a mejorar también el stock de repuestos y materiales, así como a minimizar los tiempos utilizados en las reparaciones. Por lo tanto, el Sistema de Mantenimiento constituye el conjunto de acciones, utilizando el Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) realizado, así como las evaluaciones de criticidad y Plan PDCA, la presentación de frecuencias y programa de tareas preventivas; Consecuentemente, se espera que, utilizando este sistema, se va a intensificar la disponibilidad y confiabilidad disminuyendo el mantenimiento correctivo, paradas inesperadas e integración de labores apropiadas.

A continuación, se presenta la tabla Nro. 4-16 que muestra la Planificación del mantenimiento preventivo de la estructura de campos y parte del sistema hidrocooler.

Componentes	Frecuencia					
	Diario	Semanal	Quincenal	Mensual	Semestral	Anual
Sistema de arrastre		Revisar alineación y/o alinear				
Sistema de polines		Revisar/ Reparar				
Sistema de refrigeración		Revisar cañerías, fugas, niveles	Verificación Mediante termografía			
Sensores de temperatura y nivel			Verificar estado de sensores			
Tablero eléctrico			Verificación Mediante termografía			
Generador	Verificación niveles de refrigerante, aceite, petróleo					
Filtros de agua	Limpieza					
Compresores			Verificación Mediante termografía			Mantenimiento general
Análisis de vibraciones			Verificación de rodamientos			
Bandeja de agua	Revisión, Limpieza					
Lubricación de chumaceras		Verificar nivel y engrasar				
Capacitación Personal				Información de impacto, operativo y producción		

Tabla 4-16: Planificación del mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN PDCA

5.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL CICLO PDCA PROPUESTO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL HIDROCOOLER.

No todos los cambios generan mejoras, pero si todas las mejoras generan cambios. En este apartado nos abocaremos a valorizar la implementación de las actividades que, de acuerdo con nuestro análisis de criticidad, resultan prioritarias para reevaluar el proceso a través de cambios tecnológicos, incorporación de nuevos procedimientos de trabajo, etc.

5.1.1 Factores

Los factores que serán considerados en el estudio de la criticidad de nuestra planta son:

5.1.1.1 Factor de Costo de Reparación

Permite determinar criterios de clasificación de las fallas de acuerdo con los costos directos de reparación, mano de obra y costo de los recambios.

Este factor se mide en U\$ y dividiremos su severidad en tres: Alta, media y baja. Los datos de los que disponemos nos dicen que las fallas estudiadas para cada sistema abarcan desde los 50U\$ hasta los 2.000U\$.

Cada segmento de valores será dividido de la siguiente manera:

Costo de Reparación (U\$):

- ALTA $\geq 2.000U\$$
- $U\$2.000 < \text{Media} \leq 500U\$$
- $U\$500 < \text{Baja}$

De acuerdo con la división antes realizada nuestra severidad en cada equipo se definirá como sigue:

1 = ALTA

2 = MEDIA

3 = BAJA

A continuación, se presenta la tabla Nro. 5-17 que muestra la Severidad / Costo Reparación, de cada sistema de acuerdo con la tabla de Criticidad.

			COSTO DE REPARACIÓN (U\$)		
ITEM	SISTEMA	FACTOR	BAJA	MEDIA	ALTA
1	Compresor Tornillo	Equipo de enfriamiento		2	
2	Depósito de refrigerante	Equipo de enfriamiento		2	
3	Bajo nivel de aceite Compresor	Compresor		2	
4	Retorno de líquido y válvula de expansión			2	
5	Serpentín congelado			2	
6	Generador	Sistema de energía			1
7	Motor eléctrico condensador	Unidad condensadora			1
8	Tablero de control / PLC	Sistema de control			1
9	Sensor de temperatura y Sensor nivel de agua	Sensores		2	
10	Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloqueada	Obstrucciones comunes		2	
11	Variador de frecuencia	Tablero de fuerza		2	
12	Cadena de arrastre desalineada	Sistema de arrastre, manorreductor		2	
13	Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable	Estructura hidrocooler	3		
14	Rebalse de bandeja de agua	Obstrucción del filtro del serpentín	3		
15	Flow Switch	Sensor		2	

Tabla 5-17: Tabla de Severidad por Costo de Reparación

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2 Factor de Pérdida de Producción

Permite establecer criterios para la categorización de manera específica de todos los sistemas, pues nos da un valor de coste de la parada del equipo, si se produjera, debido a las fallas en los sistemas estudiados. La manera de compararlo será por cantidad de bins de cerezas que se dejan de someter a proceso de enfriamiento mientras dura la avería.

Este factor es más complejo de lo que podría resultar a simple vista pues depende a su vez de otros factores que vamos a detallar a continuación:

Pérdida de Producción:

$T_{\text{parada}} * \text{Producción/h} * \text{Pérdida de disponibilidad}$

Tiempo de Parada:

Se refiere al tiempo que el equipo permanece sin funcionar. Este tiempo abarca desde que se produce la falla hasta que el problema está totalmente solucionado y el equipo trabaja a pleno rendimiento.

Producción/h:

Como se indicó anteriormente la capacidad del equipo viene definida por la capacidad del o los sistemas de menor capacidad. En estos procesos hemos constatado que todos los equipos se encuentran bastantes ajustados siendo la capacidad de producción del equipo hidrocooler de 56 toneladas por hora.

Pérdida de Disponibilidad:

Se refiere al hecho de que si el equipo o sistema estudiado falla, se produce una parada total de la línea o no. Si se produjera la parada total de la línea está claro que la pérdida de producción será total mientras no se repare el fallo. Sin embargo, hemos visto que si no se produce tal parada también habría una pérdida de producción debido a que los sistemas que funcionan en paralelo no tienen la misma capacidad funcionando ellos solos y se reduce la producción sin alterar con ello la calidad del producto final en un 20% en condiciones normales de producción.

Considerando todos los factores que intervienen en el estudio, la severidad de nuestro equipo queda, por tanto, de la siguiente manera:

A continuación, se presenta la tabla Nro. 5-18 que muestra la Severidad / Pérdida de Producción.

FACTORES	(56 TON/HO RA)	TIEMPO DE REPARACIÓN			PERDIDA DE DISPONIBILIDAD			PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN (TONELADAS)		
		Baja (1)	Media (3)	Alta (5)	Baja (1)	Media (3)	Alta (5)	Baja (1)	Media (3)	Alta (5)
Sistemas				5		3			224 - 396	
Compresor Tornillo				5		3			224 - 396	
Depósito de refrigerante			3			3			224 - 396	
Bajo nivel de aceite Compresor			3			3			224 - 396	
Retorno de líquido y válvula de expansión			3			3			224 - 396	
Serpentín congelado		1				3			224 - 396	
Generador			3				5			448
Motor eléctrico condensador		1			0			-		

Tablero de control / PLC				5			5			448
Sensor de temperatura y Sensor nivel de agua			3			3			224 - 396	
Ventilador del condensador y Sistema de lluvia bloqueada		1				3			224 - 396	
Variador de frecuencia		1					5			448
Cadena de arrastre desalineada		1					5			448
Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable		1				3			224 - 396	
Rebalse de bandeja de agua		1				3			224 - 396	
Flow Switch		1				3			224 - 396	

Tabla 5-18 : Tabla de Severidad por Pérdida de Producción

Fuente: Elaboración propia.

La ilustracion siguiente nos muestra gráficamente la relación de pérdida de toneladas por horas de acuerdo con la severidad indicada en la tabla n°5-18.

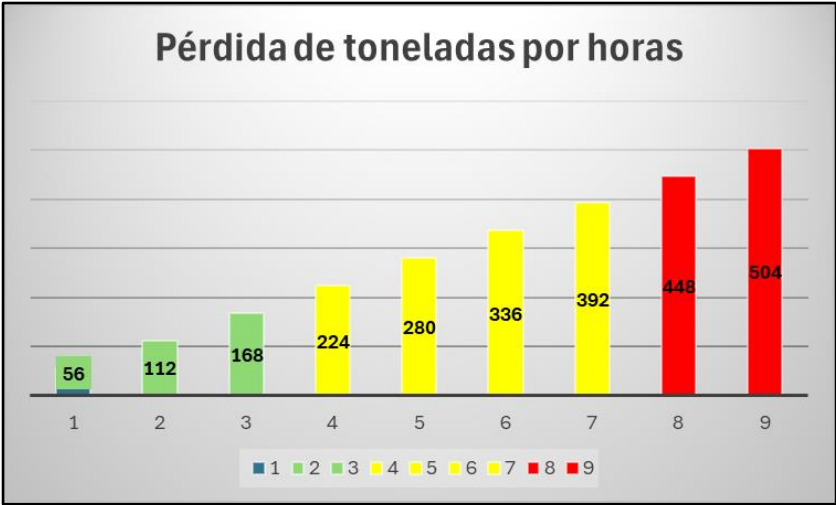


Gráfico 5-2: Tabla de Pérdida de toneladas por hora

Fuente: Elaboración propia.

Antecedentes Básicos para las siguientes evaluaciones económicas.

Son considerados como indicadores de ingresos por venta, o ingresos de explotación, las toneladas estimadas como pérdida de producción en 8 horas de producción, a fin de evaluar el impacto económico que tiene la mejora indicada.

Las cerezas en el mercado chino son compradas a U\$200 dólares por caja de 5 kilos cada una. Por lo que, para esta evaluación el precio de venta por kilo de cerezas será de U\$40, equivalentes a \$38.080 pesos. (Ref. Precio del dólar observado al día 28 de junio 2024, \$952, Fuente SII).

Como costo de explotación se considera un margen sobre el precio de venta de un 20%, correspondiendo a un costo de producción por kilo de \$7.616.

Como depreciación de activos, se considera la información entregada por el SII de Chile para equipos menores indicando depreciación a 3 años.

Para efectos de totalizar la inversión se han considerado los 7 equipos principales de producción en el territorio nacional de Garcés Fruit.

Como Capex o inversión son considerados los siguientes elementos:

5.1.1.3 Propuesta económica nro.1 para la implementación de mejora de acuerdo con el Plan PDCA analizado:

Nro. 1 - Alineamiento y ajuste de pernos:

Objetivo Principal:

Mejorar la eficiencia energética y garantizar el funcionamiento óptimo del equipo.

FACTORES	(56 TON/HOR A)	TIEMPO DE REPARACIÓN			PÉRDIDA DE DISPONIBILIDAD			PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN (TONELADAS)		
		Baja (1)	Media (3)	Alta (5)	Baja (1)	Media (3)	Alta (5)	Baja (1)	Media (3)	Alta (5)
Sistemas										
Cadena de arrastre desalineada		1					5			448

Extracto Tabla 5-18: Tabla de severidad por Pérdida de producción.
Fuente: Elaboración propia.

Inversión requerida propuesta de mejoramiento Nro.1:

Item	Equipo	Precio unitario	Cantidad requerida	Total inversión
1	Alineador láser	\$150.000	7	\$1.050.000
2	Caja de herramientas	\$250.000	7	\$1.750.000
3	Capacitación	\$1.200.000	7	\$8.400.000

Tabla 5-19: Propuesta mejoramiento n°1

Fuente: Elaboración propia.

Producción e Ingresos			
Horizonte de Evaluación	1	2	3
Criticidad > 8 horas.	5	5	5
Producción Toneladas / Hora	56	56	56
Toneladas / 8 horas de Pérdida de Producción	448	448	448
Kilos / 8 horas de Pérdida de Producción	448.000	448.000	448.000
Precio en dólares por kilo	40	40	40
Precio en peso chileno por kilo	952	952	952
Pérdida de Producción en U\$	426.496	426.496	426.496
Pérdida de Producción en \$ chilenos	426.496.000	426.496.000	426.496.000
Ingresos	\$426.496.000	\$426.496.000	\$426.496.000

Tabla 5-20: Horizonte de Evaluación propuesta n°1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro Flujo de Fondos				
Items	0	1	2	3
Inversiones				
Alineador láser	-\$1.050.000			
Caja de herramientas	-\$1.750.000			
Capacitación	-\$8.400.000			
Ingresos		137.088.000	137.088.000	137.088.000
Costo de explotación		-27.417.600	-27.417.600	-27.417.600
Gastos de administración		-6.854.400	-6.854.400	-6.854.400
Depreciación de activos		-933.333	-933.333	-933.333
Total Egresos		101.882.667	101.882.667	101.882.667
Resultado antes de Impuesto		35.205.333	35.205.333	35.205.333
Ahorro tributario		8.801.333	8.801.333	8.801.333
Resultado despues de Impuesto		26.404.000	26.404.000	26.404.000
Depreciación de activos		933.333	933.333	933.333
Flujo Neto de Activos	-\$11.200.000	27.337.333	27.337.333	27.337.333

Tabla 5-21: Flujo de Fondos Propuesta n°1

Fuente: Elaboración propia.

Tasa de descuento exigida

30%

Criterios de Evaluación

VA	\$157.964.046
Inversión	\$11.200.000
VAN	\$146.764.046
TIR	775%
Beneficio / Costo	\$14

Determinación económica propuesta Nro.1:

De acuerdo a los principales criterios de evaluación, se determina que para la propuesta de mejoramiento nro.1 los resultados obtenidos arrojan que el criterio de evaluación denominado VAN; valor actual neto, es mayor a 1 indicando que el proyecto de inversión es rentable y la TIR; tasa interna de retorno, es 775%, tasa mayor a la exigida por el inversionista en esta propuesta de mejoramiento que es de un 30%, por lo tanto, se recomienda que implementar esta propuesta es beneficiosa para el proyecto.

5.1.1.4 Propuesta económica nro.2 para la implementación de mejora de acuerdo con el Plan PDCA analizado:

Nro. 2 - Generador:

Objetivo principal:

Garantizar la continuidad operacional del equipo hidrocóoler, evitando averías mecánicas, fallas en el motor o problemas en el abastecimiento de combustible.

Inversión requerida propuesta de mejoramiento Nro.2:

Ítems	Equipo	Precio unitario	Cantidad requerida	Total, inversión
1	Grupo electrógeno 4500 KVA	\$65.000.000	7	\$455.000.000
2	Capacitación	\$1.200.000	7	\$8.400.000

Tabla 22: Tabla de propuesta de mejoramiento n°2

Fuente: Elaboración propia.

Producción e Ingresos			
-----------------------	--	--	--

Horizonte de Evaluación	1	2	3
Criticidad > 8 horas.	5	5	5
Producción Toneladas / Hora	56	56	56
Toneladas / 8 horas de Pérdida de Producción	448	448	448
Kilos / 8 horas de Pérdida de Producción	448.000	448.000	448.000
Precio en dólares por kilo	40	40	40
Precio en peso chileno por kilo	952	952	952
Pérdida de Producción en U\$	426.496	426.496	426.496
Pérdida de Producción en \$ chilenos	426.496.000	426.496.000	426.496.000
Ingresos	\$426.496.000	\$426.496.000	\$426.496.000

Tabla 5-23: Horizonte de Evaluación propuesta n°2

Cuadro Flujo de Fondos				
Items	0	1	2	3
Inversiones				
Grupo electrógeno 4500 KVA	-\$455.000.000			
Capacitación	-\$8.400.000			
Ingresos		137.088.000	137.088.000	137.088.000
Costo de explotación		-27.417.600	-27.417.600	-27.417.600
Gastos de administración		-6.854.400	-6.854.400	-6.854.400
Depreciación de activos		-151.666.667	-151.666.667	-151.666.667
Total Egresos		-48.850.667	-48.850.667	-48.850.667
Resultado antes de Impuesto		185.938.667	185.938.667	185.938.667
Ahorro tributario		46.484.667	46.484.667	46.484.667
Resultado despues de Impuesto		139.454.000	139.454.000	139.454.000
Depreciación de activos		151.666.667	151.666.667	151.666.667
Flujo Neto de Activos	-\$463.400.000	291.120.667	291.120.667	291.120.667

Tabla 5-24: Flujo de fondos propuesta n°2

Fuente: Elaboración propia.

Tasa de descuento exigida

30%

Criterios de Evaluación

VA	\$650.711.792
Inversión	\$463.400.000
VAN	\$187.311.792
TIR	58%
Beneficio / Costo	\$1

Determinación económica propuesta Nro.2:

De acuerdo a los principales criterios de evaluación, se determina que para la propuesta de mejoramiento nro.2 los resultados obtenidos arrojan que el criterio de evaluación denominado VAN; valor actual neto, es mayor a 1 indicando que el proyecto de inversión es rentable y la TIR; tasa interna de retorno, es 58%, tasa mayor a la exigida por el

inversionista en esta propuesta de mejoramiento que es de un 30%, por lo tanto, se recomienda que implementar esta propuesta es beneficiosa para el proyecto.

5.1.1.5 Propuesta económica nro.3 para la implementación de mejora de acuerdo con el Plan PDCA analizado:

Nro. 3 - Serpentin congelado:

Objetivo principal:

Garantizar el flujo y permanencia adecuada de la temperatura exigida para el eficiente y correcto proceso de exportación de la cereza.

Inversión requerida propuesta de mejoramiento Nro.3:

Ítem	Equipo	Precio unitario	Cantidad requerida	Total inversión
1	Cámara termográfica PCE-TC 23.	\$3,200,000	7	\$22,400,000
2	Capacitación	\$1,200,000	7	\$8,400,000

Tabla 5-25: Tabla de propuesta de mejoramiento n°3

Fuente: Elaboración propia.

<i>Producción e Ingresos</i>			
<i>Horizonte de Evaluación</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Criticidad > 8 horas.</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>
<i>Producción Toneladas / Hora</i>	<i>56</i>	<i>56</i>	<i>56</i>
<i>Toneladas / 8 horas de Pérdida de Producción</i>	<i>448</i>	<i>448</i>	<i>448</i>
<i>Kilos / 8 horas de Pérdida de Producción</i>	<i>448.000</i>	<i>448.000</i>	<i>448.000</i>
<i>Precio en dólares por kilo</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>
<i>Precio en peso chileno por kilo</i>	<i>952</i>	<i>952</i>	<i>952</i>
<i>Pérdida de Producción en U\$</i>	<i>426.496</i>	<i>426.496</i>	<i>426.496</i>
<i>Pérdida de Producción en \$ chilenos</i>	<i>426.496.000</i>	<i>426.496.000</i>	<i>426.496.000</i>
<i>Ingresos</i>	<i>\$426.496.000</i>	<i>\$426.496.000</i>	<i>\$426.496.000</i>

Tabla 5-26: Horizonte de Evaluación propuesta n°3

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro Flujo de Fondos				
Items	0	1	2	3
Inversiones				
Cámara termográfica PCE-TC 23.	-\$22.400.000			
Capacitación	-\$8.400.000			
Ingresos		137.088.000	137.088.000	137.088.000
Costo de explotación		-27.417.600	-27.417.600	-27.417.600
Gastos de administración		-6.854.400	-6.854.400	-6.854.400
Depreciación de activos		-10.266.667	-10.266.667	-10.266.667
Total Egresos		92.549.333	92.549.333	92.549.333
Resultado antes de Impuesto		44.538.667	44.538.667	44.538.667
Ahorro tributario		11.134.667	11.134.667	11.134.667
Resultado despues de Impuesto		33.404.000	33.404.000	33.404.000
Depreciación de activos		10.266.667	10.266.667	10.266.667
Flujo Neto de Activos	-\$30.800.000	43.670.667	43.670.667	43.670.667

Tabla 5-27: Flujo de fondos propuesta n°3

Fuente: Elaboración propia.

Tasa de descuento exigida

30%

Criterios de Evaluación	
VA	\$188.474.742
Inversión	\$30.800.000
VAN	\$157.674.742
TIR	333%
Beneficio / Costo	\$6

Determinación económica propuesta Nro.3:

De acuerdo a los principales criterios de evaluación, se determina que para la propuesta de mejoramiento nro.3 los resultados obtenidos arrojan que el criterio de evaluación denominado VAN; valor actual neto, es mayor a 1 indicando que el proyecto de inversión es rentable y la TIR; tasa interna de retorno, es 146%, tasa mayor a la exigida por el inversionista en esta propuesta de mejoramiento que es de un 30%, por lo tanto, se recomienda que implementar esta propuesta es beneficiosa para el proyecto.

Considerar que el negocio de la cereza garantiza retornos sorprendentemente altos, invita al análisis de evaluar al proyecto desde distintos puntos de vista. Si bien existen proyectos que son evaluados económicamente para analizar la conveniencia de ejecutarlos o no, también existen aquellos proyectos en que sus beneficios son netamente sociales; sin embargo, el concepto de eficiencia operacional nos entrega una serie de lineamientos para

mejorar nuestros procesos, no porque el Van del proyecto nos arroje la conveniencia de ejecutarlo, no porque la Tir supere a la tasa mínima exigida por el inversionista, no porque el Payback nos entregue un rápido retorno de la inversión, debemos considerar que el proyecto operacionalmente se ejecuta o ejecutará de la mejor manera. Las empresas nacen con el propósito de permanecer en el tiempo, generar utilidades y contribuir al crecimiento económico y social de un país; de la misma manera, las empresas deben considerar sus procesos como elementos claves para contribuir al crecimiento y desarrollo al interior de la misma organización.

A continuación, bajo el diagrama de Ishikawa, se presentarán las actividades de mediana criticidad para determinar la causa raíz que provoca sus efectos, para ello analizaremos el diagrama de Ishikawa bajo los siguientes conceptos:

Diagrama de Ishikawa:

Herramienta que ayuda a identificar las causas raíz de un problema, analizando todos los factores involucrados en la ejecución de un proceso.

Elementos del diagrama de Ishikawa:

1. Cabeza:

En esta parte se representan los problemas resultados o efectos.

2. Espinas:

Salientes de la espina central. Son las causas del problema, correspondiendo a las 6M, Mano de obra, Método, Medio ambiente, Medida, Maquinaria y Materiales.

3. Espinas menores:

En estas secciones se exponen los problemas menores referenciados a cada M involucrada.

Definición de las 6M.

1.- Mano de Obra:

Implica al personal involucrado en el proceso incluye todos los errores de gestión y causa humana, por ejemplo, fallas por imprudencia, prisa o falta de atención durante la ejecución.

2.- Método:

Se refiere a las acciones que llevan a cabo para realizar un proceso. Por ejemplo, los procesos y procedimientos empleados por la organización.

3.- Medio ambiente:

Incluye todas las causas referidas al ambiente interno de la producción. Es importante mantener un espacio agradable, cómodo y funcional.

4.- Medida:

Acá se contempla el control para lograr el proceso. Engloba todo lo que tiene que ver con la recolección de los datos y la medición de los resultados alcanzados. Por ejemplo, falta de calibración de equipos, ausencia de inspecciones, no se han establecido indicadores, etc.

5.- Maquinaria:

Se trata del equipo técnico o tecnológico que se requiere para este proceso, por ejemplo, maquinaria o herramientas utilizadas para la ejecución de la actividad. (mantenimiento ineficiente de los equipos).

6.- Materiales:

Cualquier accesorio, instrumento o material que se ocupa para el proceso, por ejemplo; Mal uso y gestión de los insumos y materiales implicados durante la producción. (ej. excesos de materiales, proveedores que no entregan a tiempo, etc.)

5.1.1.6 Polines bloqueados y deterioro de estructura inoxidable:

De acuerdo con el análisis de criticidad, el punto expuesto se examina bajo el siguiente diagrama de Ishikawa.

Datos:

Efecto: Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable
Acumulación de bins en la salida del hidrocooler.
Los rodamientos de los polines colapsan por la mala ejecución de carga de los bins al hidrocooler.
Proceso se detiene por la acumulación de bins esperando que los últimos bins que entraron empujen a los siguientes.

Resolución de problemas

Diagrama de Ishikawa

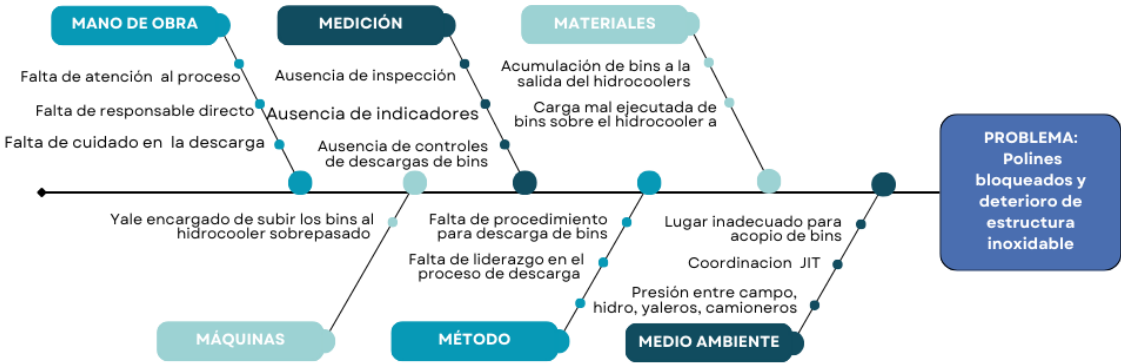


Ilustración 5-23: *Diagrama Ishikawa Efecto: Polines bloqueados y deterioro estructura inoxidable*

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.7 Rebalse de bandeja de agua:

Efecto: Rebalse de bandeja de agua
A medida del funcionamiento es muy común que el filtro de la bandeja se ensucie obstruyéndose.
Obstrucción de la bandeja con pedicelo, tierra, hojas, cuesco.
Se para el equipo por lo que dure la limpieza.

Resolución de problemas

Diagrama de Ishikawa

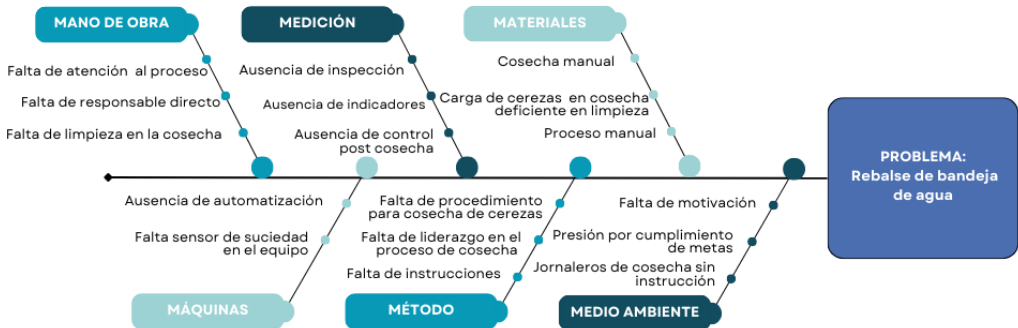


Ilustración 5-24: Diagrama Ishikawa Efecto: Rebalse de bandeja de agua.

Fuente: Elaboración propia.

Efecto: Sensor de temperatura y Sensor nivel de agua. No puede medir, ni transmitir la temperatura del agua correctamente, se ha descalibrado o dañado debido a un mal funcionamiento o a la exposición de temperaturas extremas en el agua de refrigeración. Es posible que con la falla de este sistema la refrigeración del agua pueda ser excesiva y provoque un exceso de llenado en los estanques.
No puede medir, ni transmitir la temperatura del agua correctamente.
Se ha descalibrado o dañado debido a un mal funcionamiento o a la exposición de temperaturas extremas en el agua de refrigeración.
Es posible que con la falla de este sistema la refrigeración del agua pueda ser excesiva y provoque un exceso de llenado en los estanques .

Resolución de problemas

Diagrama de Ishikawa

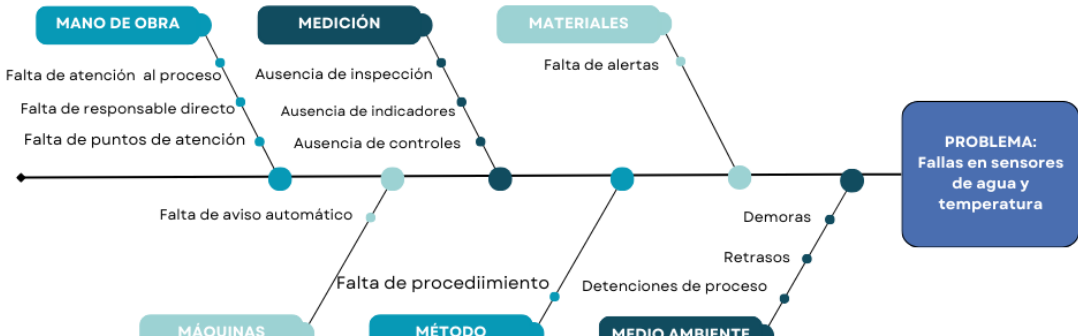


Ilustración 5-25: Diagrama de Ishikawa Efecto: fallas en sensores de agua y temperatura

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En esta investigación, se ha abordado de manera integral la problemática de las fallas en los equipos hidrocóoler de una empresa agroindustrial, con el objetivo de mejorar la disponibilidad y confiabilidad de estos sistemas esenciales para el enfriamiento de cerezas. A través del análisis de datos recolectados durante un periodo de 6 meses (2 temporadas), se ha logrado identificar y categorizar las fallas más comunes y sus causas.

La implementación de técnicas como el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) y el ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA) ha permitido establecer un plan de mantenimiento preventivo más robusto y eficiente. Los cálculos de disponibilidad y confiabilidad, realizados mediante la sistematización y análisis de los datos de fallas y tiempos de operación, han proporcionado una base cuantitativa para evaluar el desempeño inicial de los equipos y proyectar mejoras futuras.

Los resultados obtenidos indican que la adopción de un enfoque preventivo, respaldado por un análisis riguroso y detallado, puede significativamente reducir el tiempo de inactividad y mejorar la eficiencia operativa de los hidrocóolers. Este estudio no solo contribuye a la optimización del mantenimiento de los equipos, sino que también ofrece un modelo replicable para otras empresas del sector agroindustrial que enfrentan desafíos similares.

Finalmente, la investigación destaca la importancia de un monitoreo continuo y detallado de los equipos, así como la necesidad de mantener registros precisos y actualizados. Esto no solo facilita la identificación de tendencias y patrones en las fallas, sino que también permite una respuesta más rápida y efectiva a los problemas, asegurando así la sostenibilidad y rentabilidad de las operaciones de refrigeración en la agroindustria.

DICCIONARIO TÉCNICO

AMEF: Análisis Modal de Efectos y Fallos. Técnica utilizada para identificar y evaluar los posibles fallos de un proceso o producto y sus efectos, con el objetivo de reducir los riesgos.

Análisis de Criticidad: Evaluación que determina la importancia de los diferentes componentes de un sistema en función de su impacto en la operación y seguridad del mismo.

British Retail Consortium (BRC): Organización que establece normas globales de seguridad y calidad para los proveedores de productos alimenticios y no alimenticios, asegurando el cumplimiento de los estándares del sector minorista.

Criticidad: Gestión del riesgo asociado a la ocurrencia de una falla o evento.

Datos históricos: Información recolectada en el pasado que se utiliza para analizar tendencias y tomar decisiones informadas en el presente.

Eficiencia: Capacidad de lograr un resultado deseado con la menor cantidad de recursos o esfuerzo posible.

Eficiencia energética: Uso óptimo de la energía para realizar una tarea o función, minimizando el desperdicio y reduciendo el consumo energético.

Empírica: Basada en la observación o experiencia directa en lugar de en teorías o suposiciones.

Fair working conditions: Condiciones laborales justas que incluyen salarios dignos, seguridad en el trabajo, horas de trabajo razonables, y trato justo y respetuoso para los trabajadores.

Gestión de riesgo: Proceso de identificación, evaluación y control de riesgos potenciales que podrían afectar a una organización o proyecto.

Global GAP: Norma internacional para las buenas prácticas agrícolas, que asegura la producción agrícola segura y sostenible.

Hidrocooler: Equipo utilizado para enfriar productos agrícolas frescos mediante el uso de agua fría, prolongando su vida útil y frescura.

Input: Entrada o recursos (datos, materiales, energía) que se utilizan en un proceso para obtener un output.

ISO 9001: Norma internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, ayudando a las organizaciones a asegurar que cumplen con las necesidades de los clientes y otras partes interesadas.

Optimización: Proceso de hacer algo lo más efectivo o funcional posible mediante el uso eficiente de los recursos disponibles.

Output: Salida o resultado de un proceso, que puede ser un producto, servicio, información, etc.

PDCA: Ciclo de mejora continua compuesto por cuatro fases: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act), utilizado para mejorar procesos y productos.

Tesco Nurture: Programa de la cadena de supermercados Tesco que certifica a los proveedores de productos agrícolas que cumplen con altos estándares de sostenibilidad y seguridad alimentaria.

TIR (Tasa Interna de Retorno): Tasa de descuento que iguala el valor presente neto de los flujos de caja futuros de una inversión a cero, utilizada para evaluar la rentabilidad de proyectos o inversiones.

VAN (Valor Actual Neto): Método de evaluación financiera que calcula el valor presente de los flujos de caja futuros generados por una inversión, descontados a una tasa específica.

BIBLIOGRAFÍA

- BRAVO J. (2011). Gestión de Procesos (alineados con la estrategia). Santiago de Chile, 4ª Edición, Evolución. 331p
- CAMPOS A. (2005). Mapas conceptuales, Mapas elementales y otras formas de representación del conocimiento. Perú, Cooperativa editorial magisterio. 266p.
- FLEITMAN, J (2007). Evaluación integral para implantar modelos de calidad. México, Editorial Pax México, 409p.
- HERNANDEZ, J.C Y VIZÁN, A. (2013) Lean Manufacturing (conceptos, técnicas e implantación). España – Madrid, Fundación EOI. 100p.
- KRAJEWSKI L.J; RITZMAN L.P; MALHOATRA M.N; (2008). Administración de Operaciones, México, 8ª edición, Pearson Educación, 752p.
- MIRANDA F, J; CHAMORRO A Y RUBIO S, (2007). Introducción a la gestión de la calidad. Badajoz, España. Delta Publicaciones. 258p.
- SANCHEZ G. G (2008). Cuantificación y generación de valor en la cadena de suministro extendida. León, España, Del Blanco Editores, 132p.