



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**Propuesta de plan de mantenimiento de sistema
frigorífico de una empresa empaquetadora de palta
HASS, para mejorar su confiabilidad**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
BACHILLER EN INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

AUTORES:

Cuevas Ríos, Enisai Natanael (ORCID: 0000-0001-8543-4235)
León Díaz, Luis Anthony (ORCID: 0000-0003-0141-6035)
Pizan Tarazona, Edwin Alain (ORCID: 0000- 0002- 0887-6475)
Valladolid Alfaro, Edwin Jonathan (ORCID: 0000-0003-3429-6367)

ASESOR:

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID: 0000-0001-6743-6915)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento.

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

A nuestro Padre Celestial, por ser nuestro soporte espiritual, porque nos acompaña en este largo camino siempre de su mano, ayudándonos a superar cada dificultad presentada en nuestras vidas.

A nuestra alma mater, la Universidad Cesar vallejo, por la oportunidad que nos brinda para alcanzar uno de nuestros sueños más grandes que es ser ingenieros.

A nuestros padres, por ser piezas fundamentales, brindándonos su apoyo en este arduo camino de innumerables obstáculos.

A nuestros amigos y compañeros por ser las mejores críticas en cada cosa que hacemos, por ser únicos, como hermanos.

AGRADECIMIENTO

Nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad Cesar Vallejo por brindarnos la oportunidad de continuar con nuestro estudio superior, a todos aquellos que contribuyeron en la elaboración de este trabajo de investigación. Gracias a nuestros padres, esposas e hijos que nos han apoyado todo el tiempo, ustedes son nuestra fortaleza, nuestra mayor alegría y nuestra vida entera. Queremos extender nuestro agradecimiento a la escuela a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, en especial al Dr. Carranza Montenegro Daniel, quien en todo momento nos aportado con sus conocimientos durante este ciclo 2021-II.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. MÉTODO	6
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	6
3.2. Variables y operacionalización.....	7
3.3. Población, muestra, muestreo.....	8
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ..	8
3.5. Procedimiento	10
3.5.1. Fase 0 y 1 del RCM.....	10
3.5.2. Fase 2, 3 y 4 del RCM	13
3.6. Método de análisis de datos.	14
3.6.1. Fase 5 y 6 del RCM.....	14
3.7. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS	16
4.1. Resultados del análisis de criticidad	16
4.2. Resultados del Análisis de Modo y Efecto de Falla	17
4.3. Resultados de la hoja de decisión RCM.....	18
V. DISCUSIÓN.....	19
VI. CONCLUSIONES.....	22
VII. RECOMENDACIONES.....	23
REFERENCIAS	24
ANEXOS.....	27

RESUMEN

La tarea de investigación que a continuación se muestra, tiene como finalidad proponer un plan de mantenimiento para mejorar la confiabilidad del sistema de refrigeración (por amoniaco) de las cámaras de almacenamiento de una empresa empacadora de palta HASS ubicada en “La Libertad”, específicamente en la provincia de Virú . Para lograrlo se aplicó el procedimiento de “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, por lo que se seleccionaron y analizaron los equipos y tareas críticas que pueden ocasionar fallas inesperadas, que a su vez ocasionarán paradas de planta, comprometiendo la realización de su plan de producción. Se realizó el estudio de modo y efecto de falla (AMEF) , para lo cual fue preciso fijar tareas primarias como secundarias, sus modos de falla y efectos de falla, para luego analizar los datos con la ayuda del diagrama y hoja de decisión RCM.

Finalizada la implementación de la metodología, se obtuvo un total de 19 actividades de mantenimiento propuestas entre tipo predictivo y preventivo.

Palabras clave:

Mantenimiento centrado en la Confiabilidad, Confiabilidad, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, Sistema de Refrigeración, Palta HASS, Análisis de Criticidad.

ABSTRACT

The purpose of the research task shown below is to propose a maintenance plan to improve the reliability of the refrigeration system (using ammonia) of the storage chambers of a HASS avocado packing company located in "La Libertad", specifically in the province of Virú . To achieve this, the "Reliability Centered Maintenance" procedure was applied, so the equipment and critical tasks that can cause unexpected failures, which in turn will cause plant shutdowns, compromising the realization of its production plan, were selected and analyzed. The failure mode and effect study (FMEA) was carried out, for which it was necessary to determine primary and secondary tasks, their failure modes and failure effects, and then analyze the data with the help of the RCM diagram and decision sheet.

After the implementation of the methodology, a total of 19 proposed maintenance activities between predictive and preventive type were obtained.

Keywords:

Reliability Centered Maintenance, Reliability, Preventive Maintenance, Predictive Maintenance, Refrigeration System, HASS Avocado, Criticality Analysis.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la agroindustria se ha colocado en uno de los rubros más fundamentales de la economía peruana. El sector agroindustrial de nuestro país es productivo, diverso y con un enorme apogeo internacional, los productos agrícolas peruanos están presentes en todo el mundo, cumpliendo con cada uno de los estándares que garantizan su inocuidad, seguridad alimentaria y calidad.

Algunos de los principales productos agrícolas que se exportan en el Perú son: la uva, el arándano, el mango, la palta, el espárrago, el plátano, el kion, entre otros. Dentro de esta extensa lista, destaca la palta, que en los últimos años ha tenido un notorio crecimiento de exportación en comparación al resto, principalmente la palta tipo HASS, que se caracteriza por su textura suave, sabor inigualable y propiedades antienviejimiento. En un reporte del diario La Gestión (2021), indica que el Perú tiene previsto exportar alrededor de 473 000 TON de palta HASS en este 2021, lo que refleja un aumento considerable en comparación a las campañas anteriores.

Estudios han determinado que el manejo, el tipo de suelos y las condiciones climáticas tienen un efecto significativo sobre la calidad de la palta, por ello en los diferentes procesos desde su cosecha hasta su despacho, se deben tener en consideración ciertas variables, siendo una de las principales la temperatura.

“Los productos envasados y etiquetados se paletizan y entran a los túneles de preenfriamiento. El propósito de este proceso es bajar la temperatura de la fruta para retrasar su maduración natural. En el caso especial de las paltas, la temperatura final de preenfriamiento debe ser de 5 °C” (ASHRAE 2010: 332 citado en Saldívar, 2021).

Saldívar (2021) también afirma lo siguiente:

“Luego del proceso de preenfriamiento, las paltas deben mantener su temperatura final hasta el despacho, para ello se utiliza una cámara frigorífica a una temperatura promedio de 5 °C”.

Para cumplir con estos estándares, es necesario contar con un sistema de refrigeración industrial que permita mantener la temperatura y humedad dentro

de la cámara de almacenamiento, para que esto sea posible es necesario que cada uno de los equipos que conforman este sistema como el evaporador, condensador, entre otros, estén operativos y en buenas condiciones. En este caso, la realización de un buen mantenimiento permitirá conservarlos o restablecerlos a un estado ideal para que puedan trabajar. El mantenimiento es una labor que marca diferencia y que influye en los resultados económicos de las empresas.

Para este trabajo de investigación tomaremos como referencia una empresa empaquetadora de palta HASS ubicada en Virú, dicha empresa en sus cámaras de almacenamiento tiene un sistema de refrigeración industrial por amoníaco, el cual cuenta con un plan de mantenimiento preventivo quincenal, mensual, trimestral, anual y bianual, con el propósito de aumentar la confiabilidad de cada uno de los equipos, aun así, cada una de las ordenes de trabajo salen con actividades de mantenimiento muy generales, sin una descripción específica, ni con una duración planificada exacta. Por este motivo, nuestro equipo ha previsto como objetivo general proponer un proyecto de mantenimiento para su sistema frigorífico, con la intención de mejorar así su fiabilidad. Como objetivos específicos se aplicará la metodología de "Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad", para escoger las tareas no solo preventivas, sino también predictivas, que permitan asegurar así la fiabilidad de los equipos, es decir, analizar y disminuir el peligro de parada de las maquinas por fallas inesperadas que no cumplen con el plan de producción de la empresa, realizando adecuadamente el Análisis de Criticidad, Análisis de Modo y Efectos de Fallas (AMEF) y el llenado de la hoja de decisiones RCM.

"El RCM es un proceso de mejora continua que brinda políticas de mantenimiento confiables basadas en hechos y riesgos evaluados, ayudando así a limpiar la imagen que tradicionalmente se ha dado a este campo como mal necesario" (Medina, 2015).

Entonces, nuestra tarea de investigación se basa en la utilización de esta metodología, la cual hipotéticamente creemos que al complementarse con el

plan de mantenimiento que ya se tiene, ayudará a corregir el déficit que presenta la empresa empaquetadora en cuanto al mantenimiento del sistema de refrigeración industrial con el que cuentan.

II. MARCO TEÓRICO

“Las paltas son un alimento nutritivo y delicioso. Las que más consumimos en Perú son 3: Hass, nava y fuerte, que provienen de un cruce entre 2 o 3 variedades: México, Guatemala y Antillas. La mayoría de las paltas que exportamos es la Hass porque su cascara ayuda con el transporte y la conservación”. (Rebaza, 2020).

“La palta Hass fue desarrollado por Rudolf G. Hass en California, Estados Unidos. Su peso de fruta está entre 170 y 350 gramos, que es una palta redonda relativamente pequeña. Su cascara es más gruesa y más dura que la palta fuerte, por lo que es la más exportada ya que resiste el transporte. Es muy sabroso y contiene muy poca fibra. Su cultivo es muy adecuado para las condiciones de la costa y selva peruana. Tiene un sabor distintivo y una consistencia firme, lo que lo hace ideal para ensaladas y casi cualquier preparación que requiera palta.” (Rebaza, 2020).

“La palta Hass cultivada en Perú es un producto de exportación y se comercializa en la mayoría de los mercados internacionales. Su fama es tan alta que a los pobladores de Holanda y España les gusta casi como si les gustara su queso y su vino, respectivamente”. (PromPerú, 2020).

“La demanda de paltas peruanas está aumentando año a año, lo que beneficia a países productores como el nuestro. Así mismo, debido al gran tamaño del mercado y la capacidad de producción de las empresas exportadoras peruanas, los líderes de la industria del país ven a la palta como una excelente oportunidad para su propio desarrollo, y es extremadamente importante tener un control total sobre cada etapa de la cadena de producción”. (Nuñez Rojas, 2016).

Global Biodiversity Information Facility (2019) en uno de sus artículos mencionó lo siguiente: “Cultivo en Perú, la producción de palta 'Hass' en Perú

comprende miles de hectáreas en la zona del centro y oeste del Perú. Perú se ha convertido ahora en el más grande proveedor de palta importados a la Unión Europea, y el segundo más grande proveedor de Asia y EEUU. La ubicación que tiene el Perú cerca del ecuador y a lo largo del Océano Pacífico origina suaves temperaturas durante todo el año, lo que da consigo que la palta Hass de Perú esté disponible para los consumidores estacionalmente desde los meses de mayo a septiembre”.

Omar Díaz, funcionario de la empresa Westfalia Fruit Peru, comentó lo siguiente para PomPerú (2020) a sabiendas de que, en nuestro país la palta Hass se cultiva fundamentalmente en las regiones norteñas de La Libertad y Lambayeque, Áncash, así como en la región de Cusco, Apurímac y Huancavelica. “Este es un cultivo de sencillo manejo por parte de pequeños agricultores porque se da principalmente en zonas montañosas o es manejado por empresas medianas o grandes porque se da principalmente en zonas costeras”.

Alfonso Bartoli (2008) en el Manual Técnico del Cultivo de Aguacate HASS, menciona lo siguiente: “Una vez recolectada la fruta, debe transportarse a la planta de envasado para su preenfriamiento tan pronto como sea posible para anular el "calor del campo", retardar la fase de maduración y mantener la fruta fresca a baja temperatura. Idealmente, el tiempo entre la cosecha y el preenfriamiento no debe exceder las 6 horas, pero si esto no es posible, se debe evitar que la fruta alcance una temperatura interna superior a 26 ° C en el terreno y se traslade a la planta de envasado para su introducción en el cuarto frío. La temperatura de preenfriamiento se puede mantener de la misma forma, es decir, de 4.5 a 5.5 °C, durante un lapso de tiempo entre 8 y 12 horas, con un rango de humedad relativa entre 90 y 95%”.

Según Huamani (2017), “En nuestro país las pérdidas después de la cosecha se estiman entre 25% y 50%; la palta es un fruto que sigue madurando posterior a su recolección y que también tiene una alta tasa de respiración y transpiración, y una vida útil pequeña cuando no se almacena en buenas condiciones ambientales; por lo que es de suma importancia realizar un buen

manejo postcosecha de manera que se pueda garantizar una mayor vida útil del fruto”.

“Al mantener la calidad general en la cadena de suministro, incluidos parámetros como la textura, el sabor y los nutrientes, se puede extender la vida postcosecha de las paltas en almacenamiento en frío. La temperatura baja afecta directamente su tasa de respiración, que es un indicador de la frecuencia percedera. La vida útil de acopio es inversamente proporcional a la frecuencia respiratoria; en consecuencia, la duración de las paltas se acortará conforme la temperatura aumente.” (Thompson, 2010 citado en Escobedo Pacheco, 2020).

“En la actualidad, debido a la evolución tecnológica en los diferentes procesos de fabricación y la alta competitividad de las industrias, las está obligando a implementar mejores usos y estrategias en materia de mantenimiento de equipos. Por lo tanto, han surgido nuevas tecnologías en la gestión del mantenimiento, lo que constituye un método adecuado para lograr mejoras de equipos y maquinaria para lograr la mayor disponibilidad y confiabilidad, y la atención directa al uso del mantenimiento preventivo regular para obtener mayores fuerzas productivas y reducir costos.” (Prado Machacuay, 2018)

“La importancia de un trabajo de mantenimiento es que se debe garantizar que los equipos e instalaciones deben mantenerse en óptimas condiciones para así evitar cualquier pérdida dentro de la empresa u organización. Para que un mantenimiento se haga efectivo es necesario asegurar la productividad, asegurar el adecuado servicio de los equipos, la protección y conservación de estos; además de disminuir el costo de estacionamiento, optimizar la disponibilidad de equipos e instalaciones, y velar por la protección y seguridad de los mismos y del personal que los opera”. (Valbuena Rojas & Cortés Urrego, 2020).

“El sistema RCM es una herramienta de gestión de mantenimiento iniciada en 1951 por Genichi Taguchi, Japón, quien introdujo los términos de mantenibilidad y confiabilidad. De la misma manera, esta herramienta fue mejorada en el año 1950, cuando se produjeron más de 60 accidentes catastróficos por millón de vuelos en el sector de la aviación comercial, el 66%

de los cuales fueron causados por fallas en los equipos y la gravedad del accidente. Los expertos comenzaron a analizarlo. En 1961, el ingeniero japonés Shingo Shingo comenzó a realizar un sistema llamado Baka Yoke (Prueba de los tontos), que luego pasó se llamaría Poka Yoke; termino que ahora conocemos como “prueba de errores”. Pero esto no es suficiente, porque en el caso de la vida, independientemente de si el equipo tiene alta mantenibilidad o no, lograr el 100% de confiabilidad del equipo es fundamental”. (Layme Romero, 2014).

¿Pero qué es la confiabilidad? The Hindu (2019) indica que, "El termino confiabilidad de una máquina es la medida de la probabilidad de que un equipo opere a niveles óptimos durante su vida útil sin que exista el riesgo de que presente fallas en intervalos regulares".

“El concepto RCM utiliza mantenimiento preventivo integrado de la empresa, mantenimiento predictivo e inspección, mantenimiento reactivo y mantenimiento proactivo y otras tecnologías para aumentar la posibilidad de que los equipos funcionen de la manera requerida por el diseño y, al mismo tiempo, lograr un mantenimiento mínimo. El objetivo principal es reducir los costes de mantenimiento, garantizando al mismo tiempo la fiabilidad del sistema y la seguridad del equipo”. (Prado Machacuay, 2018).

“As more breakdowns are avoided operating costs benefit from reduced repairs overhauls and downtime. Safety and security are key considerations in RCM to avoid property damage and/or environmental damage while enhanced employee engagement and satisfaction.”. (MICROMAIN, 2021).

III. MÉTODO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación: Aplicada.

Diseño de investigación:

- Longitudinal
- Descriptiva.

3.2. Variables y operacionalización

VARIABLE A ANALIZAR	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Plan para mantenimiento preventivo del sistema frigorífico	Proceso desarrollado para evaluar las condiciones de mantenimiento, historial de fallas y la información de los métodos fijos operacionales.	Para optimizar el plan, se hará, a través del promedio de fallas, impacto en operaciones, flexibilidad en operaciones y el costo promedio de mantenimiento.	PROMEDIO DE FALLAS	<ul style="list-style-type: none"> • \geq a 8 fallas / mes. • De 6 a 8 fallas / mes. • De 2 a 6 fallas / mes. • \leq a 1 falla / mes. 	NOMINAL
			IMPACTO EN OPERACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Detención inmediata de toda la planta de producción. • Impacta más del 50% a la producción. • Impacta menos del 50% a la producción. • No hay impacto a la producción. 	NOMINAL
			FLEXIBILIDAD EN OPERACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • No, dispone de otro equipo idéntico o similar. • Los equipos pueden Continuar en funcionamiento. • Se coloca a otro equipo idéntico o similar. 	NOMINAL
			COSTOS POR MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Más de \$12 000. • De \$6 000 a \$12 000. • Menos de \$6 000. 	NOMINAL
			SSOMA	<ul style="list-style-type: none"> • Impacta a la seguridad humana. • Impacta al medio ambiente de forma reversible. • Afecta Instalaciones severamente. • Daños menores. • No genera ningún daño. 	NOMINAL

3.3. Población, muestra, muestreo

“Nuestro foco de estudio, está en función de la totalidad de unidades que pueden formar parte de la investigación” (Medina, 2015).

En el presente proyecto como ya mencionamos anteriormente, nuestro trabajo se ha realizado tomando como referencia una empresa empaquetadora de plata HASS, la cual tiene toda su planta de proceso climatizada, por lo que, nuestra población fue todo su sistema de refrigeración industrial. Finalmente, aplicamos un muestreo no probabilístico por conveniencia, es decir, nuestra muestra fue seleccionada por nosotros mismos debido a la accesibilidad que tenemos a la misma, siendo específicamente el sistema de refrigeración de las cámaras de almacenamiento.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para poder cumplir, el objetivo principal de muestreo para el trabajo de investigación, utilizaremos la “metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)”, la cual es aplicada por las empresas generalmente a ciertos equipos seleccionados, los cuales reciben el título de “críticos”, ya que se busca que por ningún motivo fallen durante su operación.

Según Qualitymant (2017), el RCM tiene fases del 0 al 7, las cuales a continuación detallamos:

- Etapa 0: Realizar una taxonomía de equipos.
- Etapa 1: Descripción de las funciones y especificaciones de los equipos.
- Etapa 2: Determinación de fallas en funcionamiento.
- Etapa 3: Determinación de sucesos de fallas.
- Etapa 4: Análisis de criticidad de fallas.
- Etapa 5: Control de medidas preventivas.
- Etapa 6: Alcanzar la elaboración del plan de Mantenimiento y agrupación de medidas preventivas.
- Etapa 7: Puesta en circulación de las medidas preventivas obtenidas.

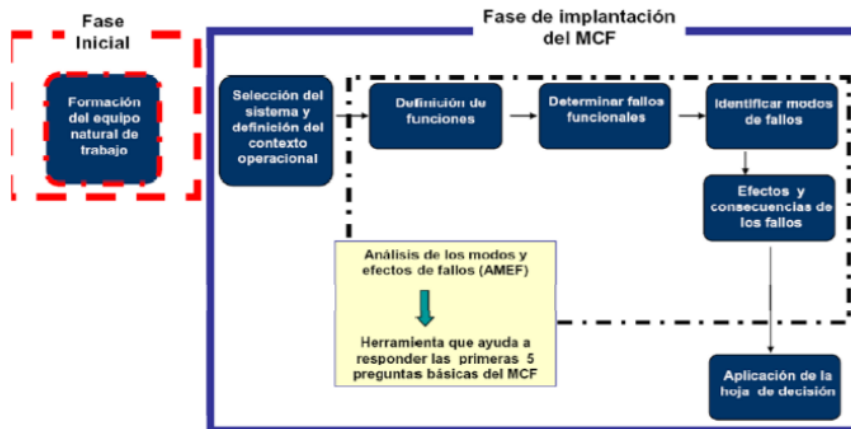


Figura N°01. Flujograma de implementación del RCM

Asimismo, durante el desarrollo de la metodología RCM, Moubray (2004) indica que se deben responder las siguientes 7 preguntas básicas.

1. ¿De qué manera son las funciones, parámetros de funcionamiento incluidos en el activo contexto operacional?
2. ¿Por qué falla y no satisface dichas necesidades?
3. ¿Cuál es el motivo de cada fallo funcional?
4. ¿En que perjudica cuando se presenta cada falla?
5. ¿Por qué es importante verificar las fallas?
6. ¿Qué se puede hacer antes que suceda una falla?
7. ¿Qué medidas se puede tomar si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Para poder responder las cinco primeras interrogantes básicas, utilizamos el AMEF que a su vez es parte de las fases 2, 3, 4. Mientras que las preguntas 6 y 7 serán respondidas en el punto 3.6 de método de análisis de datos, los cuales tienen que ver con la fase 5 y 6 de la metodología. En cuanto a la fase 0 y 1 usamos instrumentos de recolección de datos otorgados por la empaquetadora tomada como referencia para este trabajo de investigación. La fase 7 solo puede ser realizada por la misma empresa.

3.5. Procedimiento

3.5.1. Fase 0 y 1 del RCM

3.5.1.1. Listado y codificación de equipos

Siendo nuestra muestra el sistema frigorífico de las cámaras de almacenamiento de palta HASS de una empresa empaquetadora, a continuación, realizamos el listado de los equipos principales que la conforman, a los cuales se les designó un código único para mejor identificación dentro del informe, ya que en la empresa cuentan con un TAG diferente.

Tabla 01 – Equipos y codificación.

ÍTEM	EQUIPO	CÓDIGO
1	COMPRESOR	EPCOM01
2	CONDENSADOR	EPCON01
3	DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN	EPDEX01
4	EVAPORADOR	EPEVA01

3.5.1.2. Listado de funciones y especificaciones

A continuación, se indica las especificaciones y funciones de los componentes principales que conforman el sistema frigorífico de las cámaras de almacenamiento.

Tabla 02 – Funciones y especificaciones.

ÍTEM	EQUIPO	FUNCIONES	MARCA
1	EPCOM01	Comprimir el refrigerante en estado gaseoso que sale del evaporador y enviarlo al condensador	MYCOM
2	EPCON01	Realiza el intercambio de calor entre el refrigerante en estado gaseoso con el aire o agua para luego convertir el refrigerante en estado líquido a baja presión y temperatura	ISOTHERM
3	EPDEX01	Disminuye la presión y la temperatura del refrigerante en estado líquido para luego ser enviado al evaporador	DANFOSS
4	EPEVA01	Ayuda al refrigerante a absorber el calor concentrado de la cámara para luego convertir el refrigerante en gas y ser enviado a la succión del compresor	COLMAC COIL

3.5.1.3. Análisis de criticidad

Con la intención de definir la jerarquía de los equipos, realizamos el análisis de criticidad, para poder definir cuál de los cuatro activos necesita mayor atención, es decir aquellos que sean no críticos, no serán tomados en cuenta para las siguientes fases.

El cálculo de criticidad se realiza con la siguiente ecuación:

$$Criticidad = FR \times CN$$

Siendo la consecuencia:

$$CN = (IO \times FO) + CM + SG$$

- Frecuencia de fallas (FR):

Tabla 03 – Frecuencia de fallas.

Frecuencia	Ponderado
≥ a 8 fallas / mes	4
De 5 a 7 fallas / mes	3
De 2 a 4 fallas / mes	2
≤ a 1 falla / mes	1

- Impacto operacional (IO):

Tabla 04 – Impacto Operacional.

Impacto Operacional	Ponderado
Parada inmediata de toda la producción	10
Afecta más del 50% a la producción	7
Afecta menos del 50% a la producción	4
No afecta la producción	1

- Flexibilidad operacional (FO)

Tabla 05 – Flexibilidad operacional.

Flexibilidad Operacional	Ponderado
No se dispone de otro equipo igual o similar	4
El sistema puede seguir funcionando	2
Se dispone de otro equipo igual o similar	1

- Costo de mantenimiento (CM):

Tabla 06 – Costo de mantenimiento.

Costo de Mantenimiento	Ponderado
Más de \$10 000	3
De \$5 000 a \$10 000	2
Menos de \$5 000	1

- Seguridad y Medio Ambiente (SG):

Tabla 07 – Seguridad y Medio Ambiente.

Seguridad y Medio Ambiente	Ponderado
Afecta la seguridad humana	8
Afecta al medio ambiente de forma reversible	6
Afecta Instalaciones severamente	4
Daños menores – accidente e incidentes	2
Provoca daño ambiental poco severos	1
No genera ningún daño	0

Para determinar cuál son los niveles de criticidad, utilizamos la siguiente matriz.

Tabla 08 – Matriz de criticidad.

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

NC=No Critico	MC=Media Criticidad	C=Critico
----------------------	----------------------------	------------------

La tabla final con el análisis de criticidad se encuentra en el Anexo N° 3, obteniendo que, las siguientes fases del RCM tienen que realizarse a los 4 equipos. Revisar apartado de resultado.

3.5.2. Fase 2, 3 y 4 del RCM

3.5.2.1. Análisis de Modo y Efecto de Falla

Los pasos para desarrollar un buen AMEF son:

- a. Formación del equipo.
- b. Definir el alcance.
- c. Definir al cliente.
- d. Identificar las funciones.
- e. Fallas funcionales.
- f. Modos de falla.
- g. Efectos de falla.
- h. Identificar y evaluar riesgos.

Se evalúan de tres fuentes:

Tabla 09 - Escala de severidad, ocurrencia y detección.

Intervalo	Severidad	Ocurrencia	Detección
10-9	Efecto principal/ Muy alta severidad	Muy alta probabilidad de ocurrencia	Prácticamente imposible de detectar
8-6	Inconveniente mayor	Alta probabilidad de ocurrencia	Baja capacidad de detección
5-3	Inconveniente menor	Moderada probabilidad de ocurrencia	Alta capacidad de detección
2-1	Mínimo Efecto / Sin efecto	Baja probabilidad de ocurrencia	Muy alta Capacidad de detección

- i. Número de Prioridad de Riesgos (NPR).

Es el resultado de multiplicar la gravedad, el factor de probabilidad y la detección. Para nuestro caso, el valor máximo de riesgo NPR aceptable fue menor a 100.

El formato que utilizamos de nuestro AMEF se encuentra en el Anexo N° 1, en dicho formato se plasmó cada uno de los pasos que mencionamos anteriormente.

Conocidos cada uno de los componentes de este sistema y evaluada su criticidad, procedimos a realizar nuestro AMEF,

enumerando cada una de las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y efectos de falla de los equipos, para obtener así su Número de Prioridad de Riesgo. En el Anexo N° 4 se adjunta el AMEF completo.

Terminado el análisis, para cada uno de los modos de falla con un NPR elevado, definimos las acciones de mantenimiento predictivas o preventivas, según el diagrama de decisiones RCM.

3.6. Método de análisis de datos.

3.6.1. Fase 5 y 6 del RCM

Luego de desarrollar el Análisis de Modos y Efectos de Falla en el punto 3.5 y haber identificado los modos de falla de riesgo alto por el Número de Prioridad de Riesgos (NPR), se realizará el método de análisis de datos con la asistencia del diagrama de decisiones, con el que podremos colocar datos en la hoja de decisión RCM, para definir las tareas proactivas técnicamente factibles, la persona capacitada para realizar el trabajo y el intervalo de tiempo con el que se realizará, para esto se debe dar respuesta a las interrogantes enunciadas por el diagrama que se muestra en la imagen N° 2, en donde se manifiestan los resultados que conseguirían generar los modos de falla.

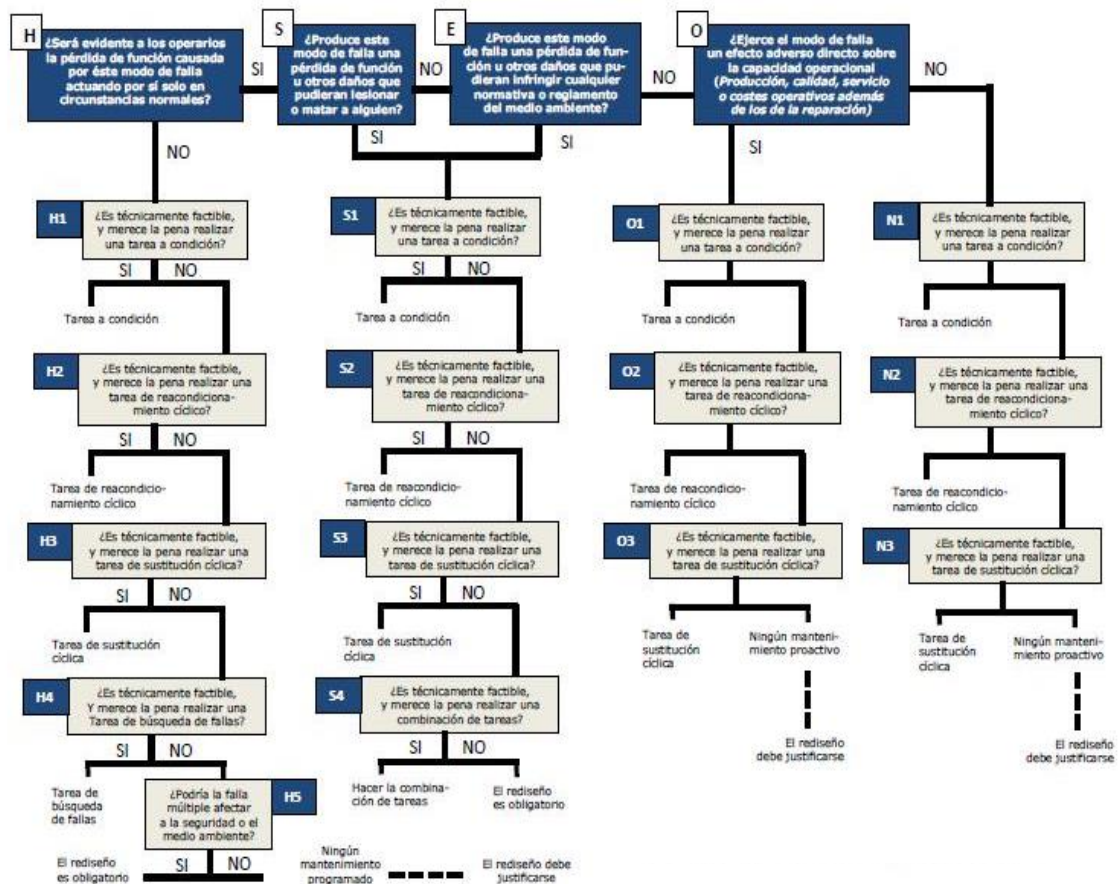


Figura N°02. Diagrama de decisión RCM.

La hoja de decisión RCM contiene la siguiente información.

a. Referencia de información, compuesta por:

- F, La función.
- FF, Falla funcional.
- MF, Modo de Falla.

b. Evaluación de las consecuencias, conformada por las columnas tituladas:

- H, Falla oculta.
- S, Seguridad.
- O, Operación.
- N, No operativa.

Se emplean para anotar las respuestas a las interrogantes sobre las consecuencias de cada uno de los modos de falla.

c. Las tres columnas que continúan, registran si se encuentran tareas proactivas y su tipo (falla oculta, seguridad u operación).

- d. Las columnas de tarea “a falta de” (H4, H5, S4), se registra en casos especiales.
- e. Por ultimo las columnas donde se registrará las tareas propuestas, la frecuencia inicial y quién realizará el trabajo.

En el Anexo N° 5 se puede apreciar el formato de la hoja de decisión RCM, con cada una de las partes descritas.

3.7. Aspectos éticos

Las referencias de autores mostradas en el presente trabajo están siendo citadas correctamente, de manera de garantizar la propiedad intelectual de los autores. Con respecto a la data obtenida, está fue recolectada de manera verídica, no se ha falseado información alguna. Se puede afirmar que lo mostrado en este trabajo ha sido realizado bajo los valores de la honestidad y veracidad.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del análisis de criticidad

Del análisis de criticidad en el punto 3.5.1.3., los resultados que obtuvimos se muestran en la tabla 10 como resumen del Anexo N° 3.

Tabla 10 – Resumen de análisis de criticidad.

EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD	CLASE DE CRITICIDAD
EPCOM01	1	49	49	CRÍTICO
EPCON01	1	49	49	CRÍTICO
EPDEX01	1	44	44	CRÍTICO
EPEVA01	1	49	49	CRÍTICO

En el siguiente gráfico de barras representa los niveles de criticidad de los cuatro equipos:

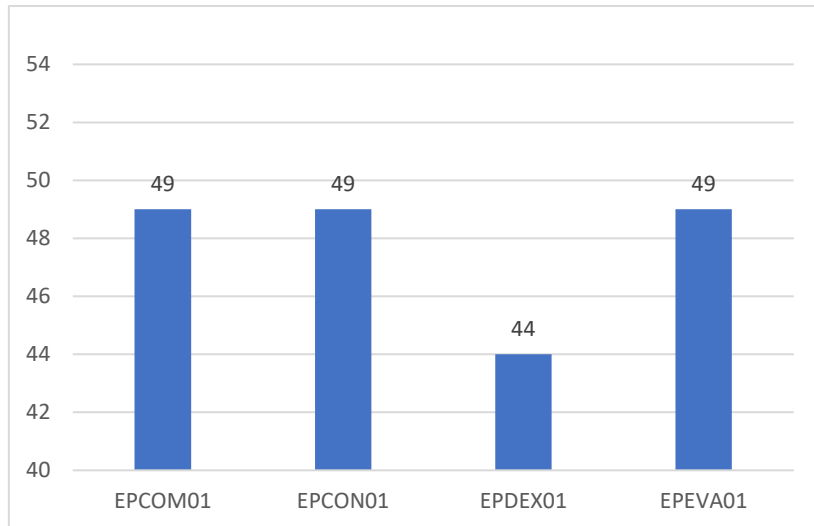


Gráfico 1 – Análisis de criticidad.

4.2. Resultados del Análisis de Modo y Efecto de Falla

Desarrollado nuestro AMEF, los modos de falla con alto riesgo (NPR) fueron los siguientes:

Tabla 11 - Escala de severidad, ocurrencia y detección.

ITEM	MODO DE FALLA	NPR
Compresor	Motor eléctrico en mal estado.	120
	Válvula solenoide con bobina quemada.	160
	Golpe de líquido.	280
	Pistones rotos.	360
	Arranque inundado.	280
	Obstrucción en filtro.	200
Condensador	Motor de ventiladores quemados.	120
	Válvula obstruida.	200
	Serpentín con fuga.	100
	Rodamientos rotos.	300
Dispositivo de expansión	Filtro secante tapado parcialmente	200
	Desgaste en bulbo sensor de válvula de expansión.	100
	Empaque de válvula rota.	140
	Filtro deshidratador bloqueado.	320
	Válvula de expansión obstruida.	280
Evaporador	Motor de ventiladores quemados	120
	Regulación de la válvula de expansión incorrecta.	300
	Rodamientos rotos.	300
	Mala compresión del compresor o falta de arrastre.	180

4.3. Resultados de la hoja de decisión RCM

Luego de realizar el análisis de criticidad, el Análisis de Modo y Efecto de Falla y la hoja de decisión RCM, a continuación, mostraremos nuestros resultados, que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 12 - Escala de severidad, ocurrencia y decisión.

ÍTEM	TAREAS PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO		TOTAL
	PREDICTIVA	PREVENTIVA	
Compresor	PREDICTIVA	3	6
	PREVENTIVA	3	
Condensador	PREDICTIVA	3	4
	PREVENTIVA	1	
Dispositivo de Expansión	PREDICTIVA	1	5
	PREVENTIVA	4	
Evaporador	PREDICTIVA	2	4
	PREVENTIVA	2	

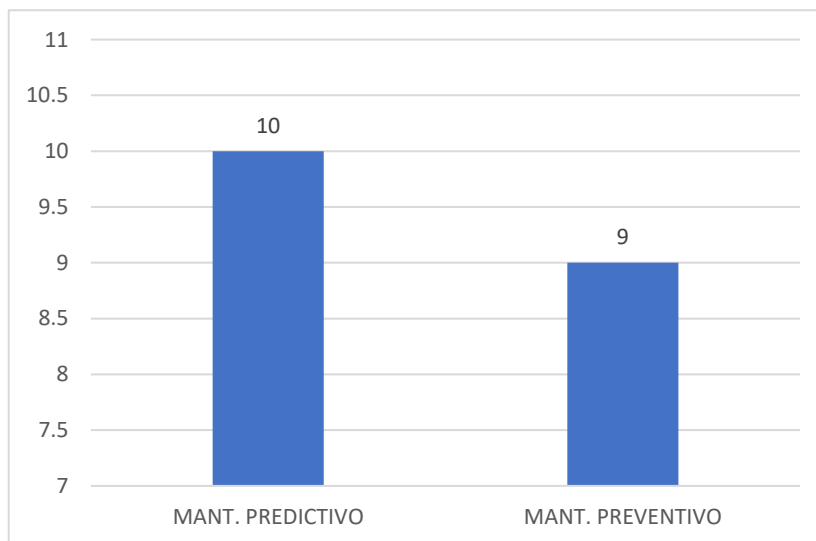


Gráfico 2 – Tipos de mantenimiento.

En total tenemos 19 actividades de mantenimiento propuestas entre tipo predictivo y preventivo. Cabe resaltar, que estas actividades son para poder contralar y sobre todo evitar que se produzcan aquellos modos de fallas con un NPR mayor a 100 dentro de este sistema de refrigeración de la cámara de almacenamiento de plata HASS.

V. DISCUSIÓN

Después de realizar cada una de las fases del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, en donde el Análisis de Criticidad, el Análisis de Modo y Efecto de Falla y la Hoja de Decisión RCM, entregaron datos que nos han permitido determinar el tipo de mantenimiento y la actividad específica a llevar a cabo, para evitar que los modos de falla con un nivel alto de riesgo sucedan.

La jerarquización de equipos basada en el Análisis de Criticidad, confirmó que, los cuatro componentes principales del sistema de refrigeración de las cámaras de almacenamiento, son críticos, a pesar de tener una frecuencia de falla de ponderado uno, esto debido a que, las consecuencias calculadas por el impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento, seguridad y medio ambiente estaban por encima de cuarenta. Estos valores reflejan cuan indispensables son cada uno de los cuatros componentes y es que cada uno depende del otro, principalmente por el cambio en las propiedades del refrigerante durante todo el ciclo, por ejemplo, a la salida del compresor este se encuentra en estado gaseoso a presión y temperatura elevada, mientras que a la salida del dispositivo de expansión este se encuentra en estado líquido con presión y temperatura reducida, y es que estos cambios no se realizan por si solos, es parte de la función de cada componente lograrlo, siendo de vital importancia evitar que los efectos de cada método de falla se produzcan, es por esto que cumplida la fase 0 y 1 del RCM, procedimos a realizar nuestro AMEF.

De acuerdo a Parra Márquez y Crespo Márquez (2012), la hoja de determinación “es una herramienta diseñada por el RCM que acceder escoger de forma excelente la actividad de mantenimiento más adecuada, para evitar los posibles efectos de cada método de falla”. Como equipo, estamos de acuerdo con Parra y Crespo, ya que, realizada nuestra investigación, efectivamente podemos asegurar que la hoja de decisión RCM es de mucha utilidad en la fase 5 y 6 de esta metodología, permitiéndonos definir un total de 10 tareas predictivas y 9 tareas preventivas para los 19 modos de falla con un NPR mayor o igual a 100, asimismo, se pudo definir a los encargados de hacer dicha labor de mantenimiento y su intervalo de tiempo. Cabe resaltar que, en

consenso de todo el equipo, aquellas tareas que involucran trabajos eléctricos se ha propuesto como responsables a técnicos mecánicos electricistas, ya que de alguna otra manera el trabajo mecánico está presente, aun así, un técnico netamente electricista también puede realizar dicha labor.

García (2016) en un artículo de Reporte Industrial, describe tanto las ventajas y desventajas del RCM, indicando que, “Una investigación a tan gran escala requiere tiempo y dedicación. Por ejemplo, un equipo de tres ingenieros a tiempo completo, un plan de mantenimiento completo basado en RCM para una planta industrial pueden tardar más de diez meses en completarlo, mientras que otras tecnologías pueden tardar solo dos meses”. Lo que menciona García es cierto, aplicar esta metodología no es fácil y requiere mucho tiempo para ser implementada en su totalidad, además de necesitar entrega total de parte de los planificadores, los cuales deben estar muy bien preparados. En estos cuatro meses de desarrollo del curso Metodología de la Investigación, todo el equipo ha puesto de su parte para realizar un buen trabajo, estudiando sobre el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y entendiendo cada una de sus fases, dentro de las cuales nos encontramos con más y más técnicas. Cabe resaltar que todos laboramos y el tiempo disponible fuera del trabajo es reducido. Asimismo, no contamos con autorización de la industria referencia para usar cierta información.

Por el lado positivo, Parra Márquez y Crespo Márquez (2012) indican que, “el RCM se puede utilizar como guía para identificar las actividades de mantenimiento de los activos más importantes en el entorno operativo y sus respectivas frecuencias. Esta no es una fórmula matemática. Su éxito se basa principalmente en el análisis eficaz de los activos de un determinado entorno operativo, ejecutado por un equipo de trabajo natural. Las rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo propuestas en este trabajo de investigación se basan en la programación inicial, por lo que al implementarlos es necesario agregar rutinas que ayuden o colaboren para operar mejor este mantenimiento, el objetivo es cubrir todas estas áreas más críticas. Mediante un mantenimiento cuidadosamente planificado, es posible reducir los costos de personal y máquinas, el desperdicio de material, la compra de repuestos

innecesarios, el incumplimiento de los objetivos de producción, la insatisfacción del cliente, la baja productividad, los altos costos y la baja calidad del producto resultante.

VI. CONCLUSIONES

- La implementación de la metodología de RCM yo determino las tareas de mantenimiento idóneas que permitan mejorar la confiabilidad del sistema de refrigeración de una empresa empaquetadora de palta HASS, ha sido muy útil. Cada una de las fases con las que cuenta nos ayudó a cumplir con nuestro principal objetivo, el cual es proponer un plan de mantenimiento que se complemente al ya se tiene, y es que de la poca información con la que se cuenta, la limpieza e inspección visual son por lo general las actividades que se realizan antes del mantenimiento anual o bianual, en comparación a lo que estamos proponiendo como equipo, puesto que no solo se está considerando actividades preventivas, si no también predictivas, algo que le sumará mucho a su plan.
- Realizar el análisis de criticidad ha sido de vital importancia para poder determinar así que tan crítico son los factores que conforman el procedimiento de refrigeración, tomando en cuenta criterios como la frecuencia de falla y las consecuencias de las mismas en la operatividad, flexibilidad, costos, seguridad y ambiente, concluyendo así, que los cuatro componentes principales tienen un nivel alto de criticidad.
- Una vez determinada la criticidad de los equipos, desarrollamos el AMEF, herramienta con la que pudimos definir las fallas funcionales, método y efectos de falla. Los métodos de falla que según su severidad, ocurrencia y detección tienen un número de precedencia de riesgo mayor o igual que 100 han sido para este trabajo de investigación de mayor prioridad.
- En total se obtuvo 19 métodos de falla con un alto nivel de riesgo, para determinamos cual es el tipo de mantenimiento más apropiado a fijar, que actividad específicamente se debe realizar, cada qué periodo y el responsable. Todo esto fue posible gracias al diagrama y hoja de decisión RCM. Ver la sección de resultados.
- Finalmente concluimos que, de implementarse las medidas preventivas y predictivas obtenidas en la empresa, permitirá que los niveles de confiabilidad de este sistema suban, con resultados muy buenos que serán reflejados económicamente principalmente.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio económico, tomando como referencia los costos de mantenimiento y operación, a fin de conocer el monto en dinero perdido que ocasiona cada parada del sistema frigorífico.
- Calcular M T B F y M T T R, para mayor precisión al momento de llevar a cabo el análisis de los diferentes modos de fallas detectados con el AMEF.
- Formar un comité encargado de la metodología RCM en la empresa, conformado por ingenieros y técnicos del área de operaciones, ingeniería y mantenimiento.
- Crear formatos que faciliten la realización de cada una de las actividades preventivas y predictivas, tales con check list por ejemplo, para que el personal de mantenimiento pueda guardar toda la data con el respecto a las actividades que se realizan, los repuestos que utilizaron y la fecha que se intervino el equipo.

REFERENCIAS

Alfonso Bartoli, J. (2008). *Manual Técnico del Cultivo del aguacate HASS (Persea americana L.)*. Fundación Hondureña de Investigación. Obtenido de <https://www.avocadosource.com/books/AlfonsoJose2008.pdf>

Escobedo Pacheco, E. (2020). *Influencia de la Aplicación de Recubrimientos Biodegradables a Base de Mucílago De Nopal y la Temperatura de Almacenamiento en la Conservación de la Palta (Persea Americana Mill) Variedad HASS [Tesis para título, Universidad Nacional de Moquegua]*. Repositorio institucional, Moquegua, Perú. Obtenido de https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/180/D095_45251178_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García , S. (21 de octubre de 2016). *VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA APLICACIÓN DE RCM*. Obtenido de <https://www.reporteroindustrial.com/blogs/Ventajas-e-inconvenientes-de-la-aplicacion-de-RCM+115969>

Global Biodiversity Information Facility. (2019). *Persea americana Mill*. Obtenido de <https://www.gbif.org/fr/species/144106700>

Global Electronic Services. (2019). *The Many Benefits of Performing a Failure Modes and Effects Analysis - Global Electronic Services*. Obtenido de <https://gesrepair.com/the-many-benefits-of-performing-a-failure-modes-and-effects-analysis/>

Huamani Rivera, L. (2017). *Temperatura de Almacenamiento en el Comportamiento de la Madurez Poscosecha de la Palta cv HASS (Persea Americana) [Tesis para título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]*. Repositorio institucional, Ayacucho, Perú. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/2655/TESIS%20AG1159_Hua.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Layme Romero, R. D. (2014). *Propuesta de mejora del plan de Mantenimiento basado en el RCM en la línea de Extrusión 1 [Tesis para título, Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas]*. Repositorio institucional, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/336943>

Medina, J. (27 de junio de 2015). *Confiabilidad RCM - Blog especializado en la Confiabilidad Operativa y su implementación en México*. Obtenido de <https://confiabilidadrcm.wordpress.com/2015/06/27/para-que-sirve-el-rcm-que-beneficios-ofrece/>

MICROMAIN. (22 de mayo de 2021). *The Reliability Centered Maintenance*. Obtenido de <https://www.micromain.com/reliability-centered-maintenance/>

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* (Segunda edición ed.). Argentina: Bidles Ltd.

Núñez Rojas, W. E. (2016). Impacto de estrategias de mercado para la exportación de palta orgánica (*Persea americana*), de la Región Junín a Estados Unidos [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2828>. Repositorio institucional, Perú .

Parra Márquez, C. A., & Crespo Márquez, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. España: Ingeman.

Prado Machacuay, N. J. (2018). *Aplicación del RCM para mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa Industrias del papel S.A, Chaclacayo, 2018 [Tesis para título, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio institucional, Lima, Perú. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33110/Prado_MNJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y

PromPerú. (21 de octubre de 2020). *Perú Info*. Obtenido de <https://peru.info/es-pe/gastronomia/noticias/2/12/la-mejor-palta-del-mundo-viene-de-peru-y-se-llama-hass>

Qualitymant. (octubre de 2017). *RCM: Metodología del trabajo que mejora el rendimiento de la fábrica*. Obtenido de <https://qualitymant.com/que-es->

Rebaza, S. (21 de setiembre de 2020). *Buenazo*. Obtenido de <https://buenazo.pe/notas/2020/09/21/cuales-son-variedades-palta-sus-caracteristicas-164>

Redacción Gestión. (21 de junio de 2021). *Gestión*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/peru-apunta-a-exportar-473000-toneladas-de-palta-hass-en-campana-2021-prohass-noticia/>

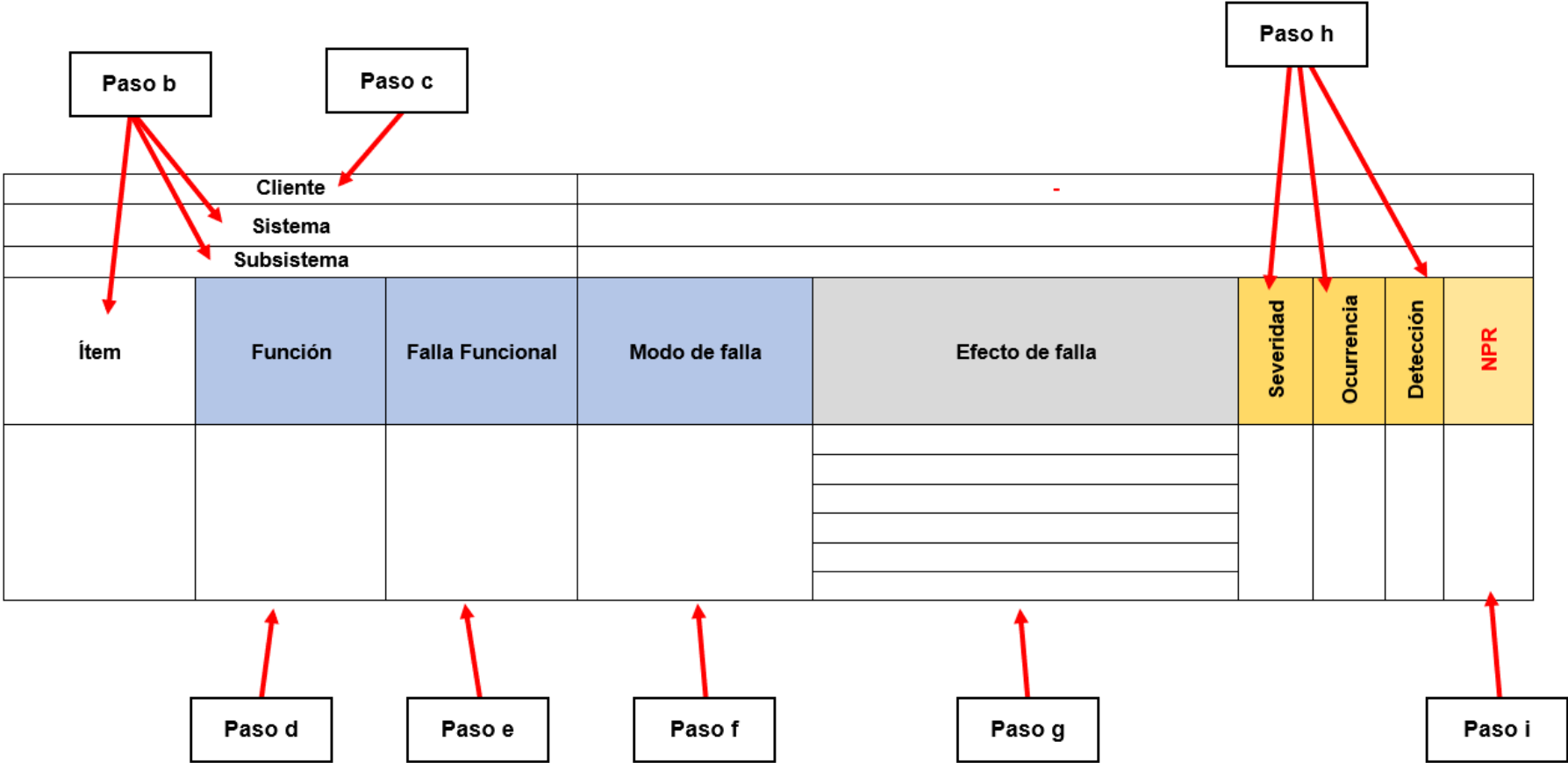
Saldívar Galarza, R. J. (2021). *Implementación de una cámara de refrigeración para almacenamiento de palta hass con una capacidad de 1680 toneladas [Tesis para título, Pontificia Universidad Católica del Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18721>

The Hindu. (2019). *Machine reliability can lower costs, increase profitability. Here's how*. Obtenido de <https://www.thehindu.com/brandhub/machine-reliability-can-lower-costs-increase-profitability-heres-how/article29785154.ece>

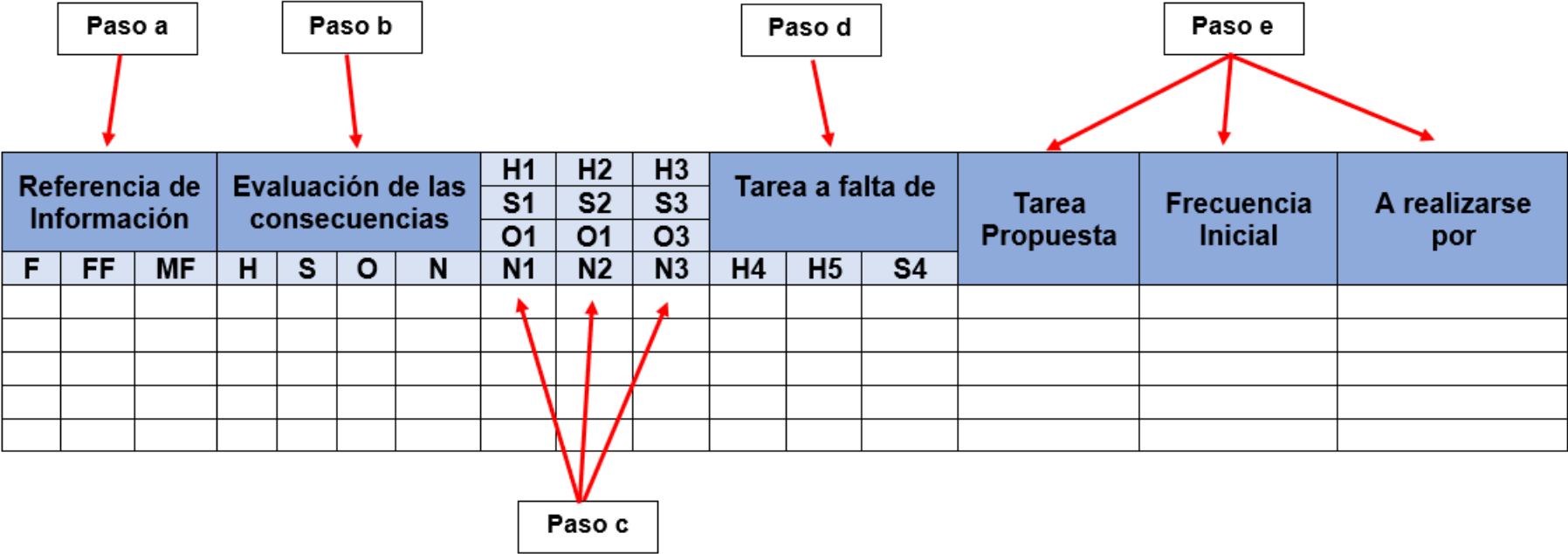
Valbuena Rojas, J. L., & Cortés Urrego, Á. G. (2020). *Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud [Trabajo de grado, Universidad ECCI]*. Repositorio institucional, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/964>

ANEXOS

ANEXO N° 1

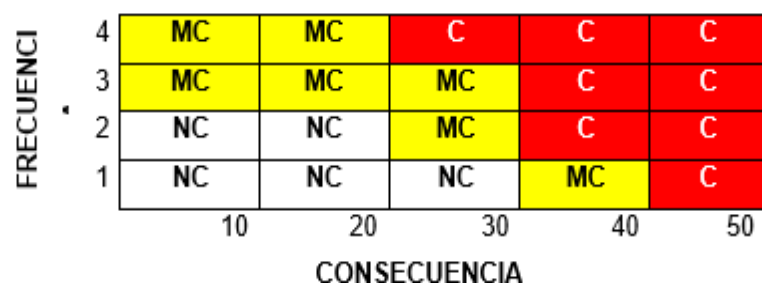


ANEXO N° 2



ANEXO N° 3

ANÁLISIS DE CRITICIDAD										
EQUIPO	ÁREA	CÓDIGO DE EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLAS	CONSECUENCIA					NIVEL DE CRITICIDAD	CLASE DE CRITICIDAD
				Impacto Operacional	Flexibilidad operacional	Costo de Mantenimiento	Seguridad y medio ambiente	RESULTADO DE CONSECUENCIA		
Compresor	Cámara de almacenamiento	EPCOM01	1	10	4	3	6	49	49	CRITICO
Condensador	Cámara de almacenamiento	EPCON01	1	10	4	3	6	49	49	CRITICO
Dispositivo de expansión	Cámara de almacenamiento	EPDEX01	1	10	4	2	2	44	44	CRITICO
Evaporador	Cámara de almacenamiento	EPEVA01	1	10	4	3	6	49	49	CRITICO



ANEXO N° 4

Cliente			Empresa empaquetadora de palta					
Sistema			Refrigeración industrial					
Subsistema			Refrigeración de cámara de almacenamiento					
Ítem	Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Compresor	Comprimir el refrigerante en estado gaseoso que sale del evaporador y enviarlo al condensador	Incapaz de comprimir gas refrigerante	Motor eléctrico está en mal estado	Elevación de temperatura	10	4	3	120
				Consumo excesivo de corriente				
				Perdida de torque				
				RPM reducido				
			Válvula solenoide con bobina quemada	Muelle sin voltaje	10	4	4	160
				Aumento de corriente				
				Émbolo trabado				
			Válvula de admisión pegada y cerrada	Émbolo trabado	10	3	3	90
				Muelle sin voltaje				
			Tubos de control con fuga	Cambios de presión repetitivos	10	1	4	40
				Cambios de temperaturas				
				Altas vibraciones				
			Válvula de descarga con fuga	Altas vibraciones	10	1	4	40
				Ruido anómalo				
Golpe de líquido	Pernos de descarga flojos	10	4	7	280			
	Válvula de expansión mal ajustada							
Pistones rotos	Aumento de carga de gas refrigerante	10	4	9	360			
	Flujo de líquido inadecuado							
Faja desgastada	Perdida de tensión	5	6	1	36			
	Deslizamiento de la faja							

				Ruido anómalo	10	5	9	450				
				Correa con grietas								
				Elevada temperatura en lado de descarga								
				Perdida de potencia								
				Perdida de película lubricante								
				Anillo de pistón gastados								
				Red de suministro con fuga					10	1	6	60
				Manchas de lubricante								
				Ruido anómalo								
				Desgaste en bujes					10	4	7	280
				Desgaste pistones								
				Desgaste cigüeñal y bielas								
				Baja de presión en el filtro					8	5	5	200
Obstrucción en filtro												
Condensador con alta temperatura												
Capa de hielo alrededor del filtro												
Condensador	Realiza el intercambio de calor entre el refrigerante en estado gaseoso con el aire o agua para luego convertir el refrigerante en estado líquido a baja presión y temperatura	No disponible para intercambio de calor	Motor de ventiladores quemados	Presencia de humo	10	4	3	120				
				RPM reducido								
				Aumento de la corriente								
				Temperatura elevada								
			Rotura de serpentín	No llega refrigerante al acumulador	10	2	3	60				
				Refrigerante no se evapora								
			Válvula obstruida	Elevada temperatura en condensador	8	5	5	200				
				Aumento brusco de presión								
			Serpentín con fuga	Perdida de carga de refrigerante	10	2	5	100				
				Ruido anómalo								
			Rodamientos rotos	Ruido anómalo	10	6	5	300				
				Altas vibraciones								
			Gas no condensable	Refrigerante no cambia de estado	10	1	3	30				
Gas refrigerante no baja temperatura en evaporador												
Condensador sucio	Elevada temperatura en condensador	7	6	2	84							

				Aumento de presión en condensador				
Dispositivo de expansión	Disminuye la presión y la temperatura del refrigerante en estado líquido para luego ser enviado al evaporador	Filtrado imperfecto	Filtro secante tapado parcialmente	Baja temperatura en filtro	8	5	5	200
				Baja de presión en lado de descarga				
				Escarcha alrededor de filtro				
		Control de paso ineficiente	Desgaste en bulbo sensor de válvula de expansión	Elevada temperatura en evaporador	10	2	5	100
				Alimentación de refrigerante descontrolada (muy alta o muy baja)				
				Perdida de sobrecalentamiento constante en salida de evaporador				
			Picadura en vástago interno de válvula de expansión	Presión descontrolada	10	1	8	80
				Alimentación de refrigerante descontrolada				
			Rotura de membrana interna de válvula de expansión	Aumento de temperatura en evaporador	10	1	8	80
		Sobrecalentamiento						
		Acumulación defectuosa de líquido	Acumulador presenta fuga	Goteo de lubricante	10	1	7	70
				Manchas de lubricante				
			Válvula de alivio rota	Aumento de presión	10	1	7	70
				Demasiado esfuerzo al operar				
			Empaque de válvula rota.	Goteo de lubricante	10	2	7	140
Manchas de lubricante alrededor de válvula								
Incapacitado para cambiar estado	Filtro deshidratador bloqueado	Baja presión en evaporador	10	4	8	320		
		Aumento de temperatura en descarga						

				Presión de vacío en lado de descarga				
				Paradas y arranques de compresor reiterativas				
			Válvula de expansión obstruida	Elevación de temperatura en evaporador	10	4	7	280
				Baja de presión en evaporador				
				Baja alimentación de refrigerante al evaporador				
			Capilar de bulbo sensor roto	Alimentación de refrigerante descontrolada (muy alta o muy baja)	10	2	4	80
				Perdida de sobrecalentamiento constante en salida de evaporador				
Evaporador	Ayuda al refrigerante a absorber el calor concentrado de la cámara para luego convertir el refrigerante en gas y ser enviado a la succión del compresor	Imposibilitado para producir cambio de fase.	Motor de ventiladores quemados	Presencia de humo	10	4	3	120
				RPM reducido				
				Aumento de la corriente				
				Temperatura elevada				
			Fusibles quemados	Ventilador detenido	9	4	2	72
				Aumento de corriente				
		Rotura serpentín	Refrigerante no evapora	10	2	3	60	
			Compresor sin alimentación de gas refrigerante					
		Calefactores de deshielo rotos	Bloqueo de alimentación de refrigerante	8	1	4	32	
			Exceso de hielo en serpentín					
		Cambio de fase incompleto.	Regulación de la válvula de expansión incorrecta	Elevación de temperatura en evaporador	10	6	5	300
				Sobrecalentamiento en evaporador				
				Escarcha en serpentín				
Rodamientos rotos	Ruido anómalo		10	6	5	300		
	Altas vibraciones							
Evaporador sucio o congelado	Baja presión en evaporador	7	6	2	84			
	Salida de evaporador con líquido							
	Elevación de la temperatura							

			Mala compresión del compresor o falta de arrastre	Ausencia de vapor refrigerante	10	3	6	180
				Presión de baja alta				
				Temperatura de descarga muy baja				

ANEXO N° 5

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tarea a falta de				Tarea Propuesta	Frecuencia Inicial	A realizarse por		
							S1	S2	S3									
F	FF	MF	H	S	O	N	O1	O1	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	S		S									Inspeccionar estado del motor, medir parámetros, realizar megado, termografía y análisis vibracional.	Mensual	Mecánico electricista
		2	N				N	N	S							Inspeccionar estado de bobinas eléctricas, en caso de ser necesario realizar reemplazo de bobina.	Trimestral	Mecánico electricista
		6	S	N	S		S									Medir y regular el sobrecalentamiento en el compresor y evaporador.	Quincenal	Mecánico
		7	N				N	N	S							Reemplazar aceite refrigerante.	Anual	Mecánico
	B	3	N				S									Inspeccionar la operación del calefactor del cárter.	Semanal	Mecánico
		4	S	N	S		N	N	S							Reemplazar filtro de compresor	Semestral	Mecánico
2	A	1	S	N	S		S									Inspeccionar estado del motor, medir parámetros, realizar megado, termografía y análisis vibracional.	Mensual	Mecánico electricista
		3	S	N	S		S									Verificar parámetros de gas refrigerante, termografía y revisar presión de condensador.	Quincenal	Mecánico
	B	1	S	N	S		S									Inspección visual y auditiva en serpentín.	Semanal	Mecánico
		2	S	N	S		N	N	S							Reemplazar rodamientos.	Anual	Mecánico
3	A	1	S	N	S		N	S								Limpieza de filtro de acumulador.	Mensual	Mecánico
	B	2	S	N	S		S									Comprobar parámetros de líquido refrigerante en el controlador de flujo.	Semanal	Mecánico

	C	3	S	N	S		N	N	S				Cambiar empaque de la válvula.	Anual	Mecánico
	D	1	S	N	S		N	N	S				Reemplazar filtro deshidratador.	Anual	Mecánico
		2	S	N	S		S	S					Limpieza de válvula de expansión.	Trimestral	Mecánico
4	A	1	S	N	S		S						Inspeccionar estado del motor, medir parámetros, realizar megado, termografía y análisis vibracional.	Mensual	Mecánico electricista
	B	1	S	N	S		N	S					Inspeccionar y de ser necesario calibrar ajuste de válvula de expansión.	Mensual	Mecánico
		2	S	N	S		N	N	S				Reemplazar rodamientos.	Anual	Mecánico
		4	S	N	S		S						Verificar parámetros de presión, en manómetro de baja.	Quincenal	Mecánico



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CARRANZA MONTENEGRO DANIEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO DE SISTEMA FRIGORÍFICO DE UNA EMPRESA EMPAQUETADORA DE PALTA HASS, PARA MEJORAR SU CONFIABILIDAD", cuyos autores son PIZAN TARAZONA EDWIN ALAIN, LEON DIAZ LUIS ANTHONY, CUEVAS RIOS ENISAI NATANAEL, VALLADOLID ALFARO EDWIN JONATHAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 19 de Diciembre del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CARRANZA MONTENEGRO DANIEL DNI: 16477153 ORCID: 0000-0001-6743-6915	Firmado electrónicamente por: CCARRANZAMO1758 el 19-12-2021 12:48:49

Código documento Trilce: TRI - 0234612