

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Mecánica



TESIS

“Propuesta del modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos de refrigeración en un hipermercado”

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Elaborado por

Carlos Alberto Salazar Montes

 0009-0006-8859-5724

Asesor

Ing. Luis Clemente Bocanegra Ortiz

 0009-0009-2647-6369

LIMA – PERÚ
2025

RESUMEN

En el Perú las empresas especializadas en la distribución de productos de alimentos al por menor, tienen la constante preocupación de poder contar con una buena disponibilidad en sus equipos de refrigeración para la correcta conservación de estos, considerando que la mayoría no tiene una buena gestión de sus equipos, nace la necesidad de implementar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (Reliability-centered maintenance - RCM) para poder tener un mejor control de estos equipos. Por lo que el objetivo principal de esta tesis es proponer la aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los equipos de refrigeración del Hipermercado Tottus Huaylas, ubicado en el distrito de Chorrillos.

La implementación del modelo RCM en el ámbito de los equipos de refrigeración permitirá un aumento en la disponibilidad de estos, reducción de la frecuencia de fallas recurrentes, planificación apropiada de tareas de mantenimiento y un aumento en la productividad de la tienda al disminuir la merma de productos perecederos.

El presente trabajo de investigación contempla un análisis detallado de cada componente del sistema de frío del hipermercado Tottus Huaylas, identificando las fallas recurrentes y proponiendo a su vez un plan de mantenimiento bajo el modelo RCM adaptado a las necesidades del sistema de frío alimentario.

Palabras clave: Mantenimiento, confiabilidad, disponibilidad, refrigeración.

ABSTRACT

In Peru, the companies dedicated to the retail sale of food, have the constant concern of being able to have a good availability in their refrigeration equipment for the correct conservation of these, considering that the majority do not have a good management of their equipment, born the need to implement a reliability-centered maintenance (RCM) plan in order to have better control of this equipment. Therefore, the main objective of this thesis is to propose the application of the reliability-centered maintenance methodology to increase the availability of the refrigeration equipment of the Tottus Huaylas hypermarket, located in the Chorrillos district.

The implementation of RCM model in refrigeration equipment will lead to increased equipment availability, a reduction in the frequency of recurring faults, proper planning of maintenance tasks and the increment of retail store productivity by minimizing the spoilage of perishable products.

This research presents a detailed analysis of each component of the refrigeration system at the Tottus Huaylas hypermarket, identifying recurring failures and proposing at the same time a maintenance plan based on the RCM model, adapted to the specific needs of the food refrigeration system

Keywords: Maintenance, reliability, availability, refrigeration.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	viii
INTRODUCCIÓN	ix
CAPÍTULO I. GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes de la Investigación	1
1.1.1 Internacionales.....	1
1.1.2 Nacionales.....	2
1.2 Identificación y Descripción del Problema de Estudio.....	3
1.3 Formulación del Problema	5
1.3.1 Problema Principal	5
1.3.2 Problemas Específicos	5
1.4 Justificación e Importancia	5
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivos Específicos	6
1.6 Hipótesis	6
1.6.1 Hipótesis General	6
1.6.2 Hipótesis Específicas	6
1.7 Variables y Operacionalización de variables	7
1.7.1 Variables.....	7
1.7.2 Dimensiones	7
1.7.3 Indicadores	7
1.7.4 Operacionalización de variables	9
1.8 Metodología de la Investigación.....	10
1.8.1 Unidades de Análisis	10
1.8.2 Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación.....	10
1.8.3 Diseño de la Investigación.....	11
1.8.4 Fuentes de Información.....	11
1.8.5 Población y Muestra.....	11
1.8.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL	16

2.1. Bases Teóricas.....	16
2.1.1. Mantenimiento	16
2.1.1.1. Tipos de mantenimiento	16
2.1.1.2. Modelos de gestión de mantenimiento y confiabilidad.....	18
2.1.1.3. Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM)	29
2.1.1.4. Ventajas del RCM	30
2.1.1.5. Análisis de modo y efectos de falla	31
2.1.1.6. Indicadores de mantenimiento	32
2.2. Marco Conceptual	32
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	35
3.1. Evaluación de la disponibilidad	35
3.2. Identificación de fallas funcionales, modos de fallas y efectos de falla.....	37
3.3. Identificación de consecuencia de falla	47
3.4. Identificación de tareas.	48
3.5. Tareas de mantenimiento resultantes del RCM y aplicación.....	52
3.6. Análisis económico	56
3.6.1. Inversión estimada	56
CAPÍTULO IV. RESULTADOS, CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
4.1. Discusión de resultados	58
4.2 Contrastación de la hipótesis general.....	60
4.3 Contrastación de las hipótesis específicas	61
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS	66
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	1
Anexo 2: Imágenes de las máquinas en estudio.	3

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	9
Tabla 2 Matriz de consistencia	14
Tabla 3 Determinación de disponibilidad promedio de población en estudio	35
Tabla 4 Fallas funcionales, modo de falla y efecto de fallas en las máquinas.....	38
Tabla 5 Determinación de criticidad de población en estudio	45
Tabla 6 Tarea de mantenimiento como respuesta a las consecuencias	48
Tabla 7 Tareas de mantenimiento	52
Tabla 8 Presupuesta de inversión estimada para el mantenimiento preventivo	56
Tabla 9 Presupuesto de inversión para capacitaciones por día	57
Tabla 10 Presupuesto de inversión para Protección de Maquinarias.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de los tipos de mantenimiento.....	17
Figura 2 Diagrama mixto de las metodologías	30
Figura 3 Disponibilidad inicial	37
Figura 4 Diagrama de decisión RCM.....	47

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

- ✓ RCM: Reliability-centered maintenance – Mantenimiento centrado en la confiabilidad
- ✓ PMO: Project Management Office – Diseñado para mejorar la eficiencia y efectividad del mantenimiento planeado.
- ✓ TPM: Total Productive Maintenance – Mantenimiento productivo total.
- ✓ OEE: Overall Equipment Effectiveness – Eficacia Global de Equipos Productivos
- ✓ AMEF: Análisis de Modos y Efecto de Fallas
- ✓ MTTR: Mean Time To Repair – Tiempo medio de reparación
- ✓ MTBF: Mean Time Between Failure – Tiempo medio entre averías
- ✓ NRP: Número prioritario de riesgos
- ✓ VAN: Valor Actual Neto
- ✓ TIR: Tasa Interna de Retorno

INTRODUCCIÓN

Tottus es una empresa de origen chileno que se expande a través de sus cadenas de supermercados e hipermercados por todo el Perú, especializada en la venta al por menor (retail) de productos para el hogar, limpieza, alimentos, etc.; la cual actualmente está presentando problemas en el rendimiento de sistema de frío alimentario en la sede ubicada en Huaylas, por lo cual se origina la necesidad de tomar ciertas medidas para poder reducir las fallas presentadas y llevar un mejor control de los equipos.

Para ello se cree conveniente proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los equipos de refrigeración; entre los cuales tenemos exhibidores, evaporadores de aire forzado, compresores semiherméticos, equipos autocontenidos, un condensador remoto, unidades condensadoras independientes, entre otros. Debido a las constantes fallas presentadas, y las horas muertas que la avería de estos produce, se identificó un deficiente almacenamiento de los productos, lo que trae como consecuencias pérdidas en el stock y desperdicio de operaciones en movimiento al trasladar los productos de un equipo a otro.

La presente investigación plantea la incorporación de un plan de mantenimiento bajo el modelo RCM que permita disminuir la frecuencia de servicios correctivos en los equipos de refrigeración, utilizando mantenimientos preventivos se busca mejorar la disponibilidad y reducir las horas muertas de estos equipos. La investigación se estructura en cuatro secciones principales.

El capítulo I, muestra la investigación más relevante realizada con anterioridad sobre el tema planteado, se determina la problemática, objetivos e hipótesis. El capítulo II precisa los principales conceptos sobre mantenimiento, los tipos de mantenimiento, enfocándose en el modelo RCM indicando las ventajas, modos, herramientas e indicadores que este utiliza. En el capítulo III se expone el desarrollo de la presente investigación. En el capítulo IV se realiza el análisis y discusión de los resultados; asimismo se muestran las conclusiones del modelo RCM aplicado en la presente investigación.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes de la Investigación

1.1.1 Internacionales

Moscoso et al. (2019) en su investigación titulada “Integral Model of Maintenance Management Based on TPM and RCM Principles to Increase Machine Availability in a Manufacturing Company” se plantea el objetivo principal de aumentar la disponibilidad de los equipos en una empresa dedicada a la manufactura mediante la implementación de un modelo que se fundamenta en los principios del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). La metodología de investigación es de diseño experimental, de nivel explicativo tipo aplicada, en la cual se obtuvo como resultado una disponibilidad adicional de 30 horas de producción y un incremento del 15% en la disponibilidad de los equipos, lo cual implica una reducción del número de prioridad de riesgo de 231 a 210, es decir, una disminución del 10%. Concluyeron que la propuesta presentada para mejorar la gestión del mantenimiento logra alcanzar los objetivos establecidos bajo los tres principales indicadores de mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad).

khasanah et al. (2021) en su investigación “The Reliability-Centered Maintenance (RCM) effect on plant availability and downtime loss in the process industry” tuvo como finalidad analizar la relación de la práctica de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) con la disponibilidad y la pérdida de tiempo de inactividad. La metodología aplicada es de diseño experimental, tipo aplicada y nivel explicativo, como resultados obtuvieron una disminución en los tiempos perdidos de 14,230.6 en la planta de Ammonia K-3; 26,586.4 en la planta de Urea K-3; 24,445.8 en la planta de Ammonia K-4 y 98,462.8 en la planta de Urea K-4; además de un incremento de la disponibilidad de 1.86% en la planta de Ammonia K-3; 3% en la planta de Urea K-3; 8.19% en la planta de Ammonia K-4 y 25.12% en la planta de Urea K-4. Finalmente concluyó que la disponibilidad y confiabilidad

de las plantas mejoran al comparar el valor medio de cada variable antes de la implementación del modelo RCM y después de la misma.

González (2022) es un trabajo de investigación titulado “Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para maximizar la productividad del bombeo de aguas residuales en la empresa EP-MAPSE” presenta como principal objetivo proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad con el fin de aumentar la productividad del bombeo de aguas residuales. La investigación es de tipo descriptiva explicativa, como resultado obtuvo que utilizando la herramienta AMFEC, se determinaron diferentes sistemas críticos, de esta forma se halló que la empresa tuvo una pérdida económica de \$614 287,89 al año, por otro lado, se determinó que la propuesta posterior a su análisis económico se halló como rentable, esto se debe a que el TIR tuvo un valor de 26%, además que el VAN se mantuvo en positivo con un valor de \$75 690,32 y un Pay-back (Plazo de recuperación) en el sexto mes. Por lo que concluyó que utilizar la implementación de un plan de mantenimiento contribuye a incrementar la productividad de la empresa.

1.1.2 Nacionales

Andrade y Ramos (2020) en su tesis ““Propuesta de la metodología RCM en la gestión de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad de la Línea de Chancado Primario en una empresa minera” plantearon como finalidad tener una mejora en la disponibilidad de la Línea de Chancado Primario aplicando un modelo de gestión de mantenimiento. La investigación sigue un diseño no experimental, del tipo aplicada en la que obtuvo como resultados un aumento del 4.05% en la disponibilidad lo cual representa 50 horas, así mismo, los indicadores económicos arrojan un TIR de 20.69% y VAN de \$ 41,872.94; un índice de rentabilidad de 1.17 con un periodo de recuperación de la inversión de 2.72 años. Finalmente concluyeron que la propuesta del modelo RCM resulta económicamente viable y logra resultados adecuados en la disponibilidad.

Arévalo (2021) en su tesis “Diseño de un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad en la línea de producción de fideos de la empresa PERUPAST S.R.L.” propone como principal objetivo lograr una mejora en la productividad en el sistema de producción de fideos el modelo RCM como base para la gestión de mantenimiento. El diseño de la investigación es preexperimental y es del tipo aplicada, por lo que se tuvo como resultado que, en el primer análisis, en MTTF llegó al valor de 12,3 horas, MTTR llegó a un valor de 2,8 horas y la disponibilidad tuvo un valor de 81%, además que la productividad estuvo por debajo del 65%, considerando la propuesta, se llegó a un MTTR de 0,84 horas, un MTTF de 44,4 horas, una disponibilidad de 91,04% y se llegó a una productividad de 82,1%. Se concluye que al utilizar el modelo RCM se logró un aumento en la productividad, además de encontrar los puntos críticos a mejorar dentro del mantenimiento.

1.2 Identificación y Descripción del Problema de Estudio

En la época actual, la productividad de las empresas se ve impactada por diversos factores, sin embargo, se considera que la inexistencia o la mala gestión de mantenimiento es una de las más importantes. Esto se debe a la poca importancia que muchas entidades le muestran, especializándose únicamente en mantenimiento correctivo, dejando de lado tanto el preventivo como el predictivo. Sin embargo, a raíz de la globalización, diferentes empresas buscan formas de reducir costos a la vez de incrementar la productividad. A la vez de cumplir las políticas de calidad de lo producido (Canahua, 2021).

Por otro lado, se tiene conocimiento que la utilización de un plan de mantenimiento ayuda a mitigar las paradas imprevistas de las máquinas, además de lograr en los equipos una mejora en su vida útil e incrementar su disponibilidad. Reduciendo a la vez costos por reparación adicional a las pérdidas producidas por paradas de los equipos mencionados anteriormente (Guerra, 2018).

A nivel Perú, diferentes empresas buscan incrementar su productividad, compitiendo con el mercado que se presenta actualmente. Considerando al Ministerio de

Economía y Finanzas, la productividad nacional incrementó en un 2,2% en la última década, a pesar de ello, no se llegó al objetivo planteado, siendo este un valor por encima del 3%. Como uno de los factores clave que ejercen influencia en estos resultados, se resalta la falta del mantenimiento preventivo de los equipos y el abuso de los servicios correctivos, siendo el mencionado la última opción de utilización (Peñaranda, 2017).

Actualmente Tottus está experimentando problemas con el mantenimiento de sus máquinas, lo que puede tener como consecuencia tiempos de inactividad prolongados, costos excesivos por concepto de reparación y pérdida de productividad. (López et al., 2019)

Los enfoques reactivos para el mantenimiento que se están utilizando no hacen efecto ya que se realiza un mantenimiento en las máquinas solo después de que se hayan producido averías, en lugar de prevenir problemas a través de un mantenimiento programado y sistemático. (López et al., 2019)

Tottus es una empresa que presenta muchas tiendas a nivel nacional y se dedican a la comercialización de insumos de aseo personal, ropa, alimentación, limpieza, entre otros. Dentro de dichas tiendas se encuentra Tottus Huaylas en la que para conservar muchos de sus productos presentan diversos equipos de refrigeración, en los cuales se tienen un condensador remoto, unidades condensadoras independientes, autocontenidas, Visicoolers, compresores semiherméticos de pistón, evaporadores de aire forzado, evaporadores en murales/exhibidores de tienda, etc. Estos equipos presentan fallas que impiden el correcto almacenamiento de la mercancía del hipermercado Tottus, cuando suceden averías solo se detiene la cámara / mural que tiene el equipo que presenta la falla, con una cantidad de una a dos horas muertas, puesto que, en promedio ese es el de tiempo que toma solucionar un problema ante una moderada emergencia. Dicha problemática origina que los trabajadores tengan que trasladar la mercadería a otras cámaras frigoríficas para que las pérdidas sean las mínimas posibles, lo cual afecta a la empresa puesto que no solo presentan pérdidas, como ya se mencionó, sino que también los productos deben ser almacenados en cámaras frigoríficas, que probablemente no presenten ciertas

condiciones idóneas para cierto tipo de productos, llámese temperatura, capacidad, entre otros.

Con base en lo expuesto anteriormente, este estudio propone la aplicación de un enfoque de mantenimiento preventivo especialmente orientado a los equipos de refrigeración utilizando el modelo RCM, cuyo objetivo es incrementar la productividad de la compañía hipermercados Tottus en la sede de Huaylas, ubicada en el distrito de Chorrillos.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema Principal

- ¿Cuál es el nivel de disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos?

1.3.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la disponibilidad actual de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas?
- ¿Cuál es el comportamiento de la disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas?
- ¿Cómo varía la disponibilidad en los diversos equipos de refrigeración entre diferentes periodos de operación?
- ¿El plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM es viable?

1.4 Justificación e Importancia

La implementación del modelo RCM en el ámbito de los equipos de refrigeración permitirá un aumento en la disponibilidad, reducción de la frecuencia de fallas recurrentes,

tareas de mantenimiento apropiadamente asignadas y un aumento en la productividad de la tienda al disminuir la merma de productos perecederos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Proponer el diseño del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar el estado de la disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas a la fecha.
- Analizar las fallas presentadas en los equipos de refrigeración del Hipermercado Tottus Huaylas mediante el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).
- Comparar la disponibilidad de los equipos de refrigeración antes y después de aplicar el programa de mantenimiento bajo el modelo RCM.
- Realizar una lista de costos estimados del plan de mantenimiento preventivo.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

- La propuesta del diseño del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementará la disponibilidad en los equipos de refrigeración en el Hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- La determinación del estado de la disponibilidad de los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas a la fecha es inferior al valor deseado.

- La realización del análisis de modo y efecto fallas (AMEF) muestra los puntos críticos de cada equipo y permite identificar los componentes con mayores frecuencias de fallas.
- El plan de mantenimiento preventivo bajo el modelo RCM permite incrementar la disponibilidad en los equipos de refrigeración respecto a su estado actual.
- El análisis de los costos estimados demuestra que la aplicación del programa de mantenimiento bajo el modelo RCM es financieramente viable.

1.7 Variables y Operacionalización de variables

1.7.1 Variables

- Variable Independiente: Propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad
El modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad, o RCM, es un método utilizado para detectar fallas ocultas para que, de esta manera, los activos físicos continúen ejecutando las funciones operativas para las cuales fueron diseñados.
- Variable Dependiente: Incremento de la disponibilidad
La disponibilidad es el tiempo durante el cual un equipo está disponible en condiciones operativas. Se relaciona tanto con el tiempo medio de reparación junto con el tiempo medio de fallas.

1.7.2 Dimensiones

- Número prioritario del riesgo (NPR).
- Tiempo promedio entre fallas (MTBF).
- Tiempo promedio para reparar (MTTR).

1.7.3 Indicadores

- Índice de severidad.
- Índice de ocurrencia.
- Índice de detección.

- Tiempo medio entre fallas (MTBF).
- Tiempo medio de reparación (MTTR).

1.7.4 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Variable independiente: Propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad	El modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad, o RCM, es un método utilizado para detectar fallas ocultas para que, de esta manera, los activos físicos continúen ejecutando las funciones operativas para las cuales fueron diseñados.	En base al Análisis del Modo y Efectos de fallas (AMEF) se obtiene el Número prioritario del riesgo (NPR), el cual es el producto de los índices de severidad, detección y ocurrencia.	Número prioritario del riesgo (NPR)	Índice de severidad	Razón
				Índice de detección	Razón
				Índice de ocurrencia	Razón
Variable dependiente: Incremento de la disponibilidad	La disponibilidad es el tiempo durante el cual un equipo está disponible en condiciones operativas. Se relaciona tanto con el tiempo medio de reparación junto con el tiempo medio de fallas.	Se utilizan métricas como el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR)	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	$MTBF = \frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Número de reparaciones}}$	Razón
			Tiempo promedio para reparar (MTTR)	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de reparación}}$	Razón

1.8 Metodología de la Investigación

1.8.1 Unidades de Análisis

La unidad de análisis comprende los equipos de refrigeración de un hipermercado de 8000 m² perteneciente a la empresa Tottus, ubicado en el distrito de Chorrillos.

1.8.2 Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación

- **Tipo**

Este estudio corresponde a una investigación de tipo aplicada, puesto que utilizará conocimientos existentes de diferentes investigaciones, considerando como base la metodología RCM (Gallardo, 2017).

- **Enfoque**

Padilla y Arévalo (2021) mencionan que los métodos cuantitativos permiten asignar valores para analizar datos, ello mediante la utilización de estadísticas, pruebas de hipótesis e incluso la extrapolación o generalización de resultados a partir de una muestra representativa. En el presente estudio se realiza la investigación bajo un enfoque cuantitativo, basándose en la toma de datos y el análisis de los defectos de los equipos de refrigeración, para luego aplicarles un plan RCM.

- **Nivel**

Ramos (2020) señala que en el marco de esta investigación se busca analizar y comprender fenómenos mediante la identificación de explicaciones. En un enfoque cuantitativo, se puede utilizar la investigación predictiva para determinar relaciones causales entre las variables. Asimismo, se realiza la investigación de diversos modelos explicativos basados en ecuaciones estructurales, la cual propone una teoría para comprender un determinado fenómeno.

Por otra parte, la investigación experimental implica la manipulación intencionada de variables independientes y puede examinar hipótesis que buscan explicar el comportamiento de un fenómeno específico. En este estudio, se utilizó un enfoque de

investigación de carácter explicativo, debido a que se busca explicar cómo mejorar la presencia de recursos y herramientas en la compañía al aplicar un enfoque de mantenimiento bajo el modelo RCM.

Es explicativa debido a que busca determinar las relaciones de causa-efecto con los hechos, buscando el porqué de estos. Este tipo de estudio se centra en investigar las causas que contribuyen a un determinado fenómeno o problema, así como los efectos, utilizando la experimentación. Constituyendo un nivel de profundidad más alto con sus resultados.

1.8.3 Diseño de la Investigación

Arias y Covinos (2021) mencionan que, en este diseño, las variables de estudio no fueron objeto de manipulación experimental o estímulo específico, y los sujetos fueron evaluados en su entorno natural sin alteraciones. Se distinguen dos tipos de este diseño: el diseño paisaje y el diseño retrato, diferenciándose principalmente en el tiempo de ejecución o época en que se realizan.

Hernández (2018) menciona que el diseño considerado es no experimental descriptivo, esto se debe a que se observará la aplicación del modelo RCM en los equipos de refrigeración de la empresa.

1.8.4 Fuentes de Información

En esta investigación se emplearon los reportes de mantenimiento de los equipos de frío alimentario comprendidos entre los años 2020 y 2022 como principal fuente de información; así como la información recopilada durante visitas realizadas a la trastienda del hipermercado Tottus Huaylas, bajo la autorización del personal de mantenimiento de esta.

1.8.5 Población y Muestra

- **Población**

Condori (2020) determina como población a la unidad de análisis o los elementos accesibles, dichos equipos de la empresa Hipermercados Tottus Huaylas constituyen la población de estudio en el ámbito específico donde se lleva a cabo la investigación.

- **Muestra**

Hernández y Carpio (2019) la mencionan como una porción del total o una muestra representativa de la población en cuestión, constituida por unidades de muestreo como elementos de se utiliza el muestreo como una herramienta científica para determinar la porción de la población que será objeto de estudio. Su objetivo principal es seleccionar una muestra representativa de la población en cuestión

Como una porción o muestra representativa del conjunto total o universo de una población, compuesta a su vez por ciertas unidades de muestra que serán los elementos específicos que, a su vez, serán objeto de estudio. Se emplea la utilización del muestreo como una herramienta de investigación, cuyo objetivo primordial es seleccionar la porción o muestra de la población que se debe investigar de manera adecuada. En esta investigación la muestra tomada son los equipos de refrigeración de la empresa Hipermercados Tottus Huaylas. El análisis se realizó sobre los primeros 6 meses del año 2022.

1.8.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- **Técnicas**

Hernández y Duana (2020) mencionan que los métodos de recopilación de datos abarcan los procedimientos y actividades que posibilitan a los investigadores la obtención de información requerida para dar respuesta a las interrogantes planteadas durante la investigación de manera adecuada.

En esta investigación se emplearon técnicas observacionales y el análisis documentado, ya que consiste en el análisis de un objeto determinado de estudio en un determinado momento. De esta manera realizamos un informe de todas las fallas dadas en los equipos de refrigeración.

- **Instrumentos**

Alegre (2022) indica que las herramientas utilizadas deben funcionar como instrumentos que faciliten el proceso de obtención de datos y como mecanismos de cambio y alineación entre las metas y la realidad.

Los instrumentos utilizados para la recolección de información requeridos para la investigación científica pueden variar dependiendo del tipo de investigación, sus objetivos y la técnica seleccionada. En este estudio, se emplearán métodos para la recolección de información referente a las fallas de los equipos. Utilizamos AMEF, lo cual permitirá detectar las posibles fallas a futuro de los equipos de refrigeración.

- **Análisis y Procesamiento de Datos**

La obtención de datos fue realizada a través del empleo de técnicas y de instrumentos mostrados previamente, cuyo uso permitió identificar las fallas de cada equipo; estos datos se obtuvieron de la población ya señalada. Se emplearon hojas de cálculo Excel para procesar la información recopilada, así mismo para el registro de los desperfectos y desarrollo de las tareas de mantenimiento, así mismo se realizó el análisis económico. La información procesada está representada a través de tablas para un mejor entendimiento.

Tabla 2

Matriz de consistencia

Problema principal	Objetivo Principal	Hipótesis principal	Variables	Metodología
¿Cuál es el nivel de disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos?	Proponer el diseño del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos.	La propuesta del diseño del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementará la disponibilidad en los equipos de refrigeración en el Hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos.		Tipo de investigación: Aplicada Enfoque de investigación: Cuantitativa
Problema específico	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	INDEPENDIENTE:	
¿Cuál es la disponibilidad actual de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas?	Determinar el estado de la disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas a la fecha.	La determinación del estado de la disponibilidad de los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas a la fecha es inferior al valor deseado.	Propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Diseño de investigación: No experimental
¿Cuál es el comportamiento de la disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas?	Analizar las fallas presentadas en los equipos de refrigeración del Hipermercado Tottus Huaylas mediante el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).	La realización del análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) muestra los puntos críticos de cada equipo y permite identificar los componentes con mayores frecuencias de fallas.	DEPENDIENTE: Incremento de la disponibilidad	Población: Equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas ubicado en el distrito de Chorrillos
¿Cómo varía la disponibilidad en los diversos equipos de refrigeración entre diferentes periodos de operación?	Comparar la disponibilidad de los equipos de refrigeración antes y después de aplicar el programa de mantenimiento bajo el modelo RCM.	El plan de mantenimiento preventivo bajo el modelo RCM permite incrementar la disponibilidad en los equipos de refrigeración respecto a su estado actual.		Muestra:

¿El plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM es viable?	Realizar una lista de costos estimados del plan de mantenimiento preventivo.	El análisis de los costos estimados demuestra que la aplicación del programa de mantenimiento bajo el modelo RCM es financieramente viable.	Equipos que confrontan el rack de frío alimentario
--	--	---	--

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Mantenimiento

Se considera a los pasos a seguir o actividades necesarias para mantener un activo en un estado adecuado, a la vez que se optimicen los procedimientos de fabricación, teniendo en cuenta la calidad de los productos finales (González et al., 2018).

Arce & Moreno (2020) definen por mantenimiento a las labores y operaciones técnicas que se realizan para mejorar la preservación de los equipos manteniendo el mayor tiempo posible de funcionamiento teniendo en cuenta los menores costos.

El mantenimiento hace referencia a un grupo de acciones y actividades que se enfocan en el objetivo de lograr asegurar que los equipos, sistemas, instalaciones y otros activos funcionen eficientemente, de manera fiable y segura a lo largo de su vida útil. Existen diferentes tipos de mantenimiento, incluyendo el correctivo, que se realiza tras un evento de falla; el preventivo, que es realizado a intervalos programados para evitar fallas, y el predictivo, que utiliza datos y análisis para predecir fallas y tomar medidas preventivas. El mantenimiento es determinante para preservar la eficiencia, productividad y eficacia de las empresas y organizaciones en diferentes sectores, como la manufactura, la construcción, la aviación, la salud y la tecnología, entre otros.

2.1.1.1. Tipos de mantenimiento

Correctivo: tiene como fin realizar actividades correctivas en el momento en que los equipos fallen, o cuando se produzca una parada de planta; una de sus características principales es que se produce en cualquier momento y los gastos pueden tener grandes variaciones (González et al., 2018).

Cruz (2019) manifiesta que el mantenimiento correctivo permite que los equipos operen en un nivel aceptable sin importar la optimización de este, es decir, solo se realiza el mantenimiento hasta que el equipo presenta alguna falla.

Preventivo: tareas o actividades, las cuales se realizan en tiempos determinados de forma cíclica, antes de que ocurra alguna falla o algún equipo deje de funcionar. Usualmente tanto las actividades como el tiempo de las mismas están determinados por el manual de fabricante o especialista de mantenimiento (González et al., 2018).

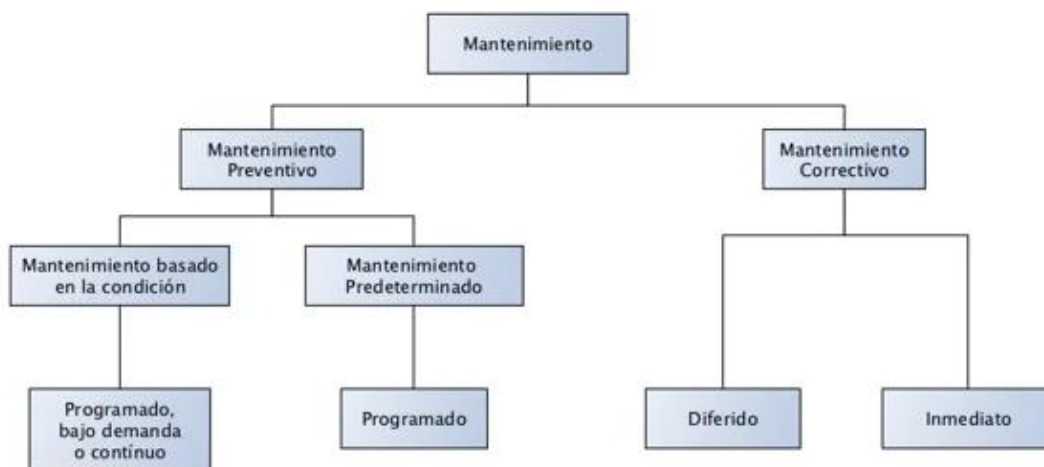
Cruz (2019) menciona que el mantenimiento preventivo es una técnica que prevé los medios que permitan las conservaciones de los equipos físicos de una organización, en cuanto a las condiciones de operar con eficiencia, seguridad y con la mínima afectación al medio ambiente. Así mismo, este se ha desarrollado con el propósito de prever posibles averías en los equipos.

Predictivo: se miden parámetros específicos para determinar la duración efectiva de los activos y predecir el intervalo de tiempo en el que fallaron, de esta forma se plantea realizar un mantenimiento antes de que esto ocurra (González et al., 2018).

Cruz (2019) manifiesta que el mantenimiento predictivo es una técnica que pronostica un futuro fallo en algún componente con la finalidad de que este se pueda reemplazar antes de que falle, permitiendo que el tiempo de vida útil del componente correspondiente se maximice y el tiempo muerto se reduzca.

Figura 1

Diagrama de los tipos de mantenimiento



Nota. Obtenido de Albornoz (2020)

2.1.1.2. Modelos de gestión de mantenimiento y confiabilidad

TPM

El TPM (Total Productive Maintenance) es una metodología de gestión que se orienta a preservar y potenciar la eficiencia de los equipos y procesos de producción en una organización. El TPM busca minimizar los eventos de avería, los tiempos muertos y los defectos en la producción, promoviendo la implicación activa de cada miembro del equipo en el proceso (Reynolds et al., 2023)

Existen diferentes enfoques y variaciones del Total Productive Maintenance (TPM) que se ajustan a los requisitos y particularidades de cada empresa, teniendo en cuenta sus necesidades y características específicas. A continuación, se mencionan algunos de los tipos de TPM más usuales (Kurup & Pitchaimani, 2023)

- **TPM Convencional:** Es el enfoque tradicional del TPM, su enfoque se dirige hacia mejorar la eficacia de los equipos mediante la realización de medidas de mantenimiento preventivo, la eliminación de las principales causas de pérdida de producción, así como la implicación activa de todos los trabajadores en iniciativas de mejora constante.
- **TPM Basado en el Equipo:** Este enfoque se enfoca en desarrollar equipos de trabajo autónomos y capacitados para realizar el mantenimiento y la administración de los equipos empleados para la producción. Dichos equipos son responsables de su propio rendimiento y trabajan de manera colaborativa para maximizar la eficiencia.
- **TPM Expandido:** Este tipo de TPM amplía su alcance más allá de la planta de producción y está enfocado en la mejora de todos los procesos de la organización, lo cual comprende áreas administrativas, logística y soporte. Busca optimizar toda la cadena de valor de la organización.
- **TPM en Servicios:** Se aplica en organizaciones de servicios en lugar de la producción. Se centra en optimizar la eficiencia de los procesos y, con ello, lograr

la satisfacción del cliente en ámbitos varios, tales como el servicio y trato al cliente, la gestión de proyectos y la logística de servicios.

- TPM Verde: Se centra en incrementar la eficiencia energética y disminuir el impacto ambiental generado por los procesos de producción. Busca la optimización del consumo de recursos, la reducción de los desperdicios y la promoción de prácticas sostenibles.

El Total Productive Maintenance (TPM) o Mantenimiento Productivo Total está comprendido en varias etapas que son ejecutadas para implementar eficazmente este enfoque en una organización. A continuación, se presentan las etapas típicas del TPM (Nabil & Bottaro, 2023):

- Planificación y preparación: En esta etapa inicial, se establecen los objetivos y se define el alcance del programa TPM. Se forma un equipo de implementación, así mismo, se realiza una exhaustiva evaluación de los diversos equipos y procesos actuales para obtener un análisis detallado. También se identifican las áreas prioritarias a mejorar y se establece un plan de implementación.
- Formación y concientización: En esta etapa, se brinda capacitación a los empleados en los principios y técnicas del TPM. Se crea una conciencia general sobre el TPM y se promueve la implicación activa de los miembros del equipo en la realización de tareas que se asignen.
- Establecimiento de equipos autónomos: Se forman equipos de trabajo autónomos encargados del mantenimiento y mejora de los equipos y procesos. Estos equipos son responsables de realizar actividades de mantenimiento preventivo, inspecciones, limpieza y ajustes.
- Mantenimiento autónomo: En esta etapa, los equipos autónomos asumen la responsabilidad del mantenimiento básico de los equipos. Se capacita a los operarios para que ejecuten labores de mantenimiento rutinarias, como limpieza, lubricación, inspección y ajustes menores.

- **Mejora de equipos y procesos:** Esta etapa está enfocada en el proceso constante de mejora de los equipos y procesos. Se implementan actividades de analizar causas fundamentales o raíz de un problema, se realizan modificaciones y mejoras en los equipos y se optimizan los procesos para reducir las pérdidas y maximizar la eficiencia.
- **Mantenimiento planificado:** Se establece un programa de mantenimiento planificado para realizar inspecciones periódicas, mantenimiento preventivo y reparaciones programadas. Se desarrolla un calendario de mantenimiento y se establecen procedimientos estandarizados para el mantenimiento de los equipos.
- **Control inicial y auditorías:** Se llevan a cabo auditorías y revisiones regulares para comprobar el avance y los logros del programa TPM. Se monitorean los indicadores clave de rendimiento y diversos ajustes y mejoras son realizados de acuerdo a las necesidades.
- **Expansión y replicación:** Una vez que se ha logrado el éxito en un área piloto, se busca expandir el TPM a otras áreas dentro de la organización. Se comparten las prácticas más destacadas y se replica el enfoque en diferentes equipos y procesos.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) proporciona una variedad de ventajas para las organizaciones. Algunas de las ventajas principales del TPM incluyen (Feng et al., 2022):

- **Mejora de la eficiencia:** El TPM permite aumentar la eficiencia y el aprovechamiento de los activos productivos al reducir las pérdidas relacionadas con el tiempo de inactividad, los cambios de configuración, los defectos y los desperdicios. Esto se logra a través de prácticas de mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo y optimización en los diversos procesos de producción.
- **Aumento de la productividad:** Mediante la optimización de los equipos y procesos de producción, el TPM contribuye a aumentar la productividad en la planta. Esto se

logra al eliminar fallas recurrentes, minimizar los tiempos de ajuste y cambio, elevar la calidad y disminuir los períodos de inactividad no planificados.

- Mayor confiabilidad de los equipos: El TPM está enfocado en la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo. Ello permite detectar y solucionar problemas evitando que los mismos deriven en fallos significativos. Ello conduce a una mayor confiabilidad de los equipos y reduce la probabilidad de ocurrencia de fallas significativas y costosas.
- Participación del personal: El TPM fomenta la involucración activa de los trabajadores en el mantenimiento y la mejora de procesos y equipos dentro de la empresa. Esto implica capacitar al personal en técnicas de mantenimiento autónomo, promover la responsabilidad compartida y establecer un ambiente laboral que fomente la participación e involucramiento de todos los colaboradores, asimismo estén comprometidos con la mejora continua.
- Mejora de la calidad: Al eliminar defectos y desperdicios a través de actividades de mantenimiento y mejora continua, el TPM contribuye a elevar el nivel de calidad de los productos, así como de los servicios ofrecidos.
- Reducción de costos: El TPM ayuda a la reducción de costos asociados con el mantenimiento correctivo, las reparaciones de emergencia, la reducción de los períodos de inactividad y las mermas de producción. Al optimizar los procesos y equipos, se minimizan los desperdicios y se maximiza el aumento de la eficiencia, lo cual da como resultado una reducción en los costos operativos.

A pesar de sus numerosas ventajas, el Mantenimiento Productivo Total (TPM) también presenta algunas posibles desventajas que deben tenerse en cuenta. Algunas de estas desventajas incluyen (Peng et al., 2022):

- Demandará dedicación de tiempo y asignación de recursos: La implementación del modelo TPM requiere de un compromiso significativo de tiempo, recursos y capacitación. Esto implica una inversión inicial en la formación del personal, la

adquisición de equipos y herramientas, y la planificación de las actividades de mantenimiento. Esta inversión puede ser un desafío para algunas organizaciones, especialmente aquellas con recursos limitados.

- Cambio cultural y resistencia al cambio: El TPM supone un cambio cultural en la manera en que se realizan los servicios de mantenimiento en los equipos y la gestión de los mismos. Debido a esto, es posible que los empleados muestren resistencia ante los cambios implementados y los equipos de trabajo establecidos. Es posible que se requiera un esfuerzo adicional para fomentar la participación activa, superar la resistencia y lograr una adopción completa del enfoque TPM.
- Requiere un compromiso de toda la empresa u organización: El éxito del TPM depende de la participación y requiere la implicación y compromiso de todas las jerarquías de la entidad, lo cual comprende desde las altas jefaturas y gerencias hasta los colaboradores de primera línea. Esto implica que todos los involucrados se comuniquen de manera clara y que se realicen coordinaciones efectivas entre los diferentes departamentos y funciones. Si no se logra un compromiso total, puede haber dificultades para implementar y mantener el TPM de manera efectiva.
- Posible impacto inicial en la producción: Durante la implementación del TPM, es posible que se requieran interrupciones en la producción con la finalidad de realizar las labores de mantenimiento y mejoras en los equipos. Esto puede generar cierta disrupción en la producción y, en algunos casos, afectar temporalmente la productividad antes de que se obtengan los beneficios a largo plazo.
- Requiere un enfoque sistemático y continuo: El TPM es un enfoque sistemático y continuo que requiere un seguimiento constante y una mejora continua. Esto implica establecer y mantener prácticas de mantenimiento preventivo, así como la realización del monitoreo, análisis regular del desempeño de los equipos y la realización de ajustes y mejoras periódicas. Si no se mantiene este enfoque disciplinado, los beneficios del TPM pueden disminuir con el tiempo.

RCM

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) es una metodología utilizada en la gestión del mantenimiento industrial enfocada en la optimización de la confiabilidad, disponibilidad y rendimiento de los activos tangibles pertenecientes a la organización. El RCM se basa en la realización de un análisis detallado de los equipos y sistemas para identificar las tareas de mantenimiento necesarias para prevenir fallas y optimizar la duración y aprovechamiento de los activos. (Wang et al., 2022). El enfoque de esta metodología se dirige hacia el análisis de los distintos modos de falla, sus implicancias y las estrategias de mantenimiento correspondientes más efectivas para prevenir o mitigar dichas fallas. Las etapas del RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) son las siguientes (Junker et al., 2023):

- **Identificación de los activos críticos:** En esta etapa, se identifican los equipos y sistemas vitales para el correcto funcionamiento de la organización, que tienen un impacto importante en la seguridad, la calidad o la producción.
- **Recopilación de datos y documentación:** Se recopila toda la información relevante sobre los activos, incluyendo manuales de operación, historiales de mantenimiento, registros de fallas y cualquier otra documentación relacionada.
- **Análisis de modos de falla:** Se analizan detalladamente los posibles modos de falla de cada activo, es decir, cómo y por qué podrían fallar. Se identifican las causas raíz de las fallas potenciales.
- **Evaluación de riesgos:** Se evalúan las consecuencias de las fallas potenciales, considerando aspectos como la seguridad, el impacto en la producción y los costos asociados. Se priorizan los modos de falla en función de su criticidad.
- **Determinación de estrategias de mantenimiento:** Se seleccionan las estrategias de mantenimiento de mayor efectividad con el fin de reducir y evitar los modos de falla identificados. Estas estrategias pueden englobar tareas de mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo.

- Implementación de acciones: Se implementan las acciones de mantenimiento definidas en la etapa anterior. Esto implica establecer programas de mantenimiento, asignar recursos adecuados y realizar seguimiento de las tareas realizadas.
- Evaluación continua y mejora: Se realiza un seguimiento continuo del desempeño de los activos y de las estrategias de mantenimiento implementadas. Diversos ajustes y mejoras en el proceso de RCM son llevados a cabo, cuya finalidad es la maximización de la confiabilidad y, a su vez, de la disponibilidad de los activos.

POM

La Planificación y Operaciones de Manufactura (POM) es un área de estudio y práctica que se ocupa de la planificación y gestión de las operaciones de producción en una organización. Esta disciplina se centra en optimizar los procesos de fabricación y, de este modo, asegurar altos estándares de eficiencia y calidad en la fabricación de productos. La metodología POM abarca diferentes aspectos en referencia a gestión de la producción, incluyendo la planificación de la capacidad de producción, la programación de producción, la gestión de inventarios y de la cadena de suministro, el control de calidad, además de la mejora continua de los procesos (Roy, 2022). Las etapas de la Planificación y Operaciones de Manufactura (POM) pueden variar según el enfoque y la organización, pero generalmente incluyen las siguientes (Taylor et al., 2023):

- Pronóstico de la demanda: En esta etapa se estima la necesidad futura de los productos o servicios que se van a manufacturar. Se utilizan técnicas y modelos para prever la demanda y determinar las cantidades y fechas de producción necesarias.
- Planificación de la producción: Se establecen los planes detallados de producción, considerando la demanda estimada, los recursos disponibles, los tiempos de entrega y otros factores relevantes. Se determina la secuencia de producción, los volúmenes de producción y los plazos.

- Programación: En esta etapa se desarrolla un programa de producción que establece los períodos y secuencias específicas de las tareas de fabricación. Se asignan los insumos necesarios, se coordinan los flujos de trabajo y se establecen los cronogramas de producción.
- Adquisición de materiales: Se realiza el proceso de obtención de los materiales requeridos para el proceso de producción. Esto implica identificar de proveedores clave, negociar los contratos, gestionar los inventarios y coordinar la entrega de materiales en el momento adecuado.
- Control de la producción: Durante la presente etapa se realiza el monitoreo y control del proceso de producción; ello con el objetivo de que los planes y programas establecidos sean debidamente ejecutados. Se monitorean los tiempos de producción y se asegura la calidad del producto, el debido rendimiento de los materiales y recursos, y se toman acciones correctivas si es necesario.
- Control de calidad: Se realizan actividades de control de calidad, con la finalidad de que se garantice que los productos fabricados cumplan con los estándares de calidad. Se realizan procesos de inspección y auditorías, así como diversas pruebas con el fin de detectar y corregir adecuadamente todo problema de calidad o defectos de producto.
- Mejora continua: Esta etapa se enfoca en la identificación de oportunidades de mejora de los diversos procesos de manufactura. Se analizan los resultados, se recopilan datos, se realizan evaluaciones de desempeño y se implementan acciones correctivas y preventivas para optimizar la eficiencia, calidad y rentabilidad de los procesos en mención.

La Planificación y Operaciones de Manufactura (POM) engloba diferentes tipos o enfoques que se utilizan con la finalidad de lograr la optimización de los procesos de producción, incrementando así la eficiencia en una organización. Se presentan a continuación algunos de los tipos más usuales de POM (Samaraj et al., 2021):

- Planificación de la demanda: Este tipo de POM su enfoque se basa en predecir y gestionar la demanda de los productos o servicios provistos por una organización. Engloba la predicción de la demanda futura, la planificación de inventarios y la administración de las cadenas correspondientes de suministro para garantizar la disponibilidad de productos o servicios requeridos.
- Planificación de la capacidad: Se centra en determinar la capacidad productiva requerida para satisfacer la demanda esperada. Implica la asignación adecuada de recursos. Para programar la producción se requiere la organización y secuenciación de las tareas de producción, mientras que la gestión de la capacidad de los equipos se centra en la administración y optimización de la capacidad de producción de los activos disponibles y procesos para así lograr la optimización de la utilización de recursos a disposición de la empresa.
- Planificación de los recursos humanos: Este tipo de POM hace referencia a la administración de los recursos humanos requeridos para la producción. Incluye la programación adecuada de la mano de obra, la asignación de tareas, la organización de horarios y la administración del desempeño del personal para asegurar una fuerza laboral eficiente y competente.
- Gestión de la calidad: Se enfoca en garantizar la calidad de los productos o servicios durante todo el desarrollo de la producción. Ello implica la ejecución de prácticas de control de calidad, la búsqueda constante de mejoras y la gestión de la calidad del proveedor, asimismo la respuesta a problemas de calidad que puedan surgir.
- Mejora continua: La mejora continua es un enfoque fundamental en POM que busca identificar y eliminar las ineficiencias y los desperdicios en los procesos de producción. Se utilizan herramientas y técnicas como Lean Manufacturing, Six Sigma y Kaizen para identificar áreas de mejora y aplicar cambios que incrementen la eficiencia y la productividad.

La Planificación y Operaciones de Manufactura (POM) ofrece diversas ventajas para las organizaciones en el enfoque de la producción y la administración de operaciones. Algunas de las ventajas más destacadas son (Huang & Liu, 2023):

- Optimización de recursos: La POM permite optimizar la utilización de recursos disponibles, incluyendo asegurar la máxima productividad de la mano de obra disponible, materiales, equipos y espacio. Mediante una planificación eficiente, se pueden identificar y eliminar los puntos de congestión, reducir al mínimo los períodos de espera, así mismo maximizar la capacidad de la producción.
- Mejora de la eficiencia y productividad: Al planificar y coordinar las actividades de producción de manera efectiva, la POM ayuda a incrementar la eficiencia y productividad de los procedimientos. Esto se logra al eliminar actividades innecesarias, reduciendo así los tiempos de inactividad y, a su vez, se optimizan los flujos de trabajo y se minimizan los errores.
- Reducción de costos: La POM tiene como objetivo identificar y eliminar la pérdida innecesaria en los procesos de fabricación. Al optimizar la asignación de recursos y reducir los tiempos de espera al mínimo, es posible disminuir los costos de operación y aumentar la rentabilidad de la empresa.
- Mayor flexibilidad y capacidad de respuesta: La POM facilita la capacidad de adaptación ágil de las organizaciones ante todo cambio que pueda ocurrir en la demanda del mercado y las condiciones del entorno. Al contar con una planificación sólida, se pueden ajustar las operaciones de manera ágil y eficiente con el objetivo de lograr el cumplimiento de las demandas de los clientes y aprovechar nuevas posibilidades de negocio.
- Mejora de la calidad del producto: La POM incluye actividades de supervisión de calidad y garantía de calidad en los procesos de fabricación. Esto aporta al incremento de calidad en el producto final y reducción de defectos, garantizando así la satisfacción del cliente.

- Mayor coordinación y colaboración interna: La POM promueve la coordinación y colaboración entre las áreas funcionales que comprenden una empresa. Al establecer una comunicación fluida y una alineación de objetivos, se pueden minimizar los conflictos y maximizar la eficacia en la ejecución de las operaciones.

Si bien la Planificación y Operaciones de Manufactura (POM) proporciona numerosos beneficios, también puede presentar algunas desventajas que vale la pena considerar. Algunas de las posibles desventajas son (Patel & Sadasivan, 2021):

- Mayor complejidad: Implementar un sistema de POM puede requerir cambios significativos en los procesos existentes, lo que puede generar complejidad adicional. Esto implica un tiempo y esfuerzos adicionales para capacitación y adaptación por parte del personal involucrado.
- Altos costos iniciales: La implementación de un sistema de POM puede requerir inversiones considerables en tecnología, software y capacitación. Estos costos iniciales pueden ser prohibitivos para algunas organizaciones, especialmente para aquellas con recursos financieros limitados.
- Resistencia al cambio: El cambio en los procedimientos de fabricación y la implementación de nuevas metodologías, se puede encontrar resistencia por parte de los empleados. Algunos pueden ser reacios a abandonar los métodos tradicionales y adaptarse a nuevas formas de trabajar, lo que puede dificultar la implementación exitosa de la POM.
- Dependencia de la tecnología: La POM a menudo implica el uso de sistemas y herramientas tecnológicas avanzadas para el seguimiento, la programación y el monitoreo de las actividades operativas. Sin embargo, existe el riesgo de fallos técnicos, interrupciones del sistema o problemas de compatibilidad, lo que podría afectar la continuidad de las operaciones.
- Rigidez en entornos volátiles: Si bien la POM puede mejorar la eficiencia y la productividad, también puede resultar menos flexible en entornos empresariales

altamente volátiles o sujetos a cambios constantes. Los planes y las programaciones a largo plazo pueden no adaptarse rápidamente a las fluctuaciones de la demanda o a los cambios en el mercado.

- Pérdida de enfoque en la creatividad: En algunos casos, la implementación de la POM puede enfocarse tanto en la estandarización y eficiencia de los procesos que puede restringir el factor creativo e innovador en la empresa, lo cual puede impactar su capacidad para integrarse a nuevas tendencias. y oportunidades emergentes.

2.1.1.3. Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM)

Según Farshid et al. (2022), el mantenimiento centrado en la confiabilidad surgió como una poderosa herramienta para mitigar los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de disipación de energía, al tiempo que cumple con los requisitos.

Es considerado una técnica de planificación de mantenimiento la cual tiene como base la confiabilidad de los equipos, asegurando la aplicación de un programa efectivo de mantenimiento con la finalidad de establecer en los equipos niveles de confiabilidad altos o por encima de la media (Campos et al., 2019).

Cruz (2019) afirma que el mantenimiento basado en la confiabilidad presenta un enfoque sistemático fundamentado en el análisis de la probabilidad de funcionamiento en condiciones adecuadas de un equipo permitiendo que estos cumplan sus funciones operacionales.

Figura 2

Diagrama mixto de las metodologías



Nota. Obtenido de García (2003)

2.1.1.4. Ventajas del RCM

RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) es un modelo de mantenimiento cuyo objetivo es optimizar la eficacia de los equipos y sistemas al minimizar las fallas, los costos y el tiempo de inactividad. Las ventajas del RCM incluyen:

- Identificación temprana de problemas: El RCM utiliza un enfoque basado en el análisis para identificar posibles problemas e implementar medidas preventivas anticipadas para evitar fallos. Esto contribuye a reducir los gastos de reparación y disminuir el tiempo de inactividad.
- Priorización de acciones: El RCM permite priorizar las labores de mantenimiento en relación a su impacto en la protección, la excelencia, el medio ambiente y la rentabilidad económica. Esto ayuda a las empresas a enfocarse en las áreas más críticas y evitar gastos innecesarios.
- Mejora de la eficiencia: El RCM contribuye a optimizar la eficacia y el rendimiento de los equipos y sistemas al garantizar que se ejecute el servicio de mantenimiento

adecuado en el momento adecuado. Esto da como resultado una reducción en el tiempo de inactividad no programado y mejoras en la eficiencia operativa.

- Reducción de costos: El RCM reduce los costos mediante la minimización del tiempo de inactividad no programada, la optimización de los programas de mantenimiento y la reducción de la necesidad de reparaciones costosas.
- Mejora de la seguridad: El RCM aporta a la optimización de la seguridad mediante la identificación y eliminación de riesgos de seguridad directamente asociados a los equipos y sistemas. Esto disminuye la posibilidad de incidentes y lesiones en el entorno laboral.

2.1.1.5. Análisis de modo y efectos de falla

El análisis de modo y efectos de falla (AMEF) es una técnica sistemática utilizada para reconocer y evaluar los potenciales modos de falla y sus efectos en los sistemas y equipos. Esta técnica implica la recopilación de datos sobre modos de fallo con mayor probabilidad, así como su probabilidad y gravedad de impacto, para establecer el grado de riesgo relacionado con cada modo de fallo. El AMEF es de vital importancia para incrementar la confiabilidad y el desempeño de los sistemas y equipos, ya que permite a las empresas u organizaciones anticipar y tratar los problemas antes de que estos ocurran. Además, el AMEF puede utilizarse en diferentes sectores, como la industria, la aviación, la salud y la tecnología, entre otros, para mejorar la eficiencia y seguridad de los productos y servicios, así como la calidad de estos.

Se encarga de la identificación de cada efecto, así como de la consecuencia que pueden causar, de las fallas o modos de falla que se producen en cada activo o en cada equipo. Se evalúa mediante el número prioritario de riesgo (NPR), el cual indica si un modo de falla es considerado con un riesgo de fallo nulo, bajo, medio o alto (Silva et al., 2019).

2.1.1.6. Indicadores de mantenimiento

Tiempo medio de reparación (MTTR)

Es considerada la relación entre el número de reparaciones y el tiempo que demora realizar los mantenimientos (Ocampo et al., 2020).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de reparación}}$$

Tiempo medio de fallas (MTBF)

Es la relación entre la cantidad de reparaciones necesarias en los activos y el tiempo promedio de funcionamiento (Ocampo et al., 2020).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Número de reparaciones}}$$

Disponibilidad

Periodo en el que un equipo está disponible para operar. Se relaciona tanto con el tiempo medio de reparación junto con el tiempo medio de fallas, dando de esta forma la disponibilidad de los equipos (Ribeiro et al. (2019).

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

2.2. Marco Conceptual

a) Equipo

Componente que forma parte integral de una instalación o máquina, ya sea en su totalidad o en parte.

b) Falla

Ocurre cuando el equipo presenta incapacidad de cumplir con un nivel de rendimiento o funcionamiento establecido como objetivo.

c) Tarea de mantenimiento

Conjunto de tareas o acciones que deben llevarse a cabo para mantener al sistema o equipo en funcionamiento.

d) Número prioritario de riesgo (NPR)

El índice se calcula al multiplicar la puntuación de gravedad de la falla, la probabilidad de que la misma ocurra y la facilidad para detectarla.

e) Severidad

Nivel de gravedad producida cuando un evento de falla toma lugar en el equipo.

f) Probabilidad de ocurrencia

Probabilidad de que se suscite un determinado tipo de falla durante la operación de un equipo.

g) Facilidad de detección

Indica el nivel de dificultad de que el personal que frecuenta un equipo pueda detectar cierto tipo de falla o condición anómala

h) Producción

Elaboración de uno o más productos por medio de un proceso de trabajo.

i) Utilidades De Empresa

Es la ganancia obtenida por la empresa luego de descontar impuestos e inversiones, también determinada como un porcentaje de la renta neta.

j) Indicadores

Dato que se utiliza para poder valorar o reconocer características, intensidad de un acontecimiento y determinar su futura evolución.

k) Valor Actual Neto (VAN)

Los indicadores financieros pueden evaluar la factibilidad o viabilidad del proyecto y, por lo tanto, el futuro de la inversión.

l) Tasa interna de retorno (TIR)

Es el porcentaje de ingresos obtenidos en un determinado periodo de tiempo a consecuencia de una inversión.

m) Análisis de modos y efecto de fallas (AMEF)

Es una herramienta que ayuda a analizar de manera eficaz permitiendo detectar potenciales problemas y sus efectos dentro de la realización de un ensamble, producto, servicio o proceso de fabricación.

CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Evaluación de la disponibilidad

Para realizar el estudio de la disponibilidad, se estimaron las horas laborables de la empresa TOTTUS basándose en sus operaciones. Se recopiló información que indicaba que la empresa opera las 24 horas del día. Se elaboraron tablas en los anexos del estudio, que mostraban las horas trabajadas mensuales de cada máquina durante un periodo de 6 meses.

Tabla 3

Determinación de disponibilidad promedio de población en estudio

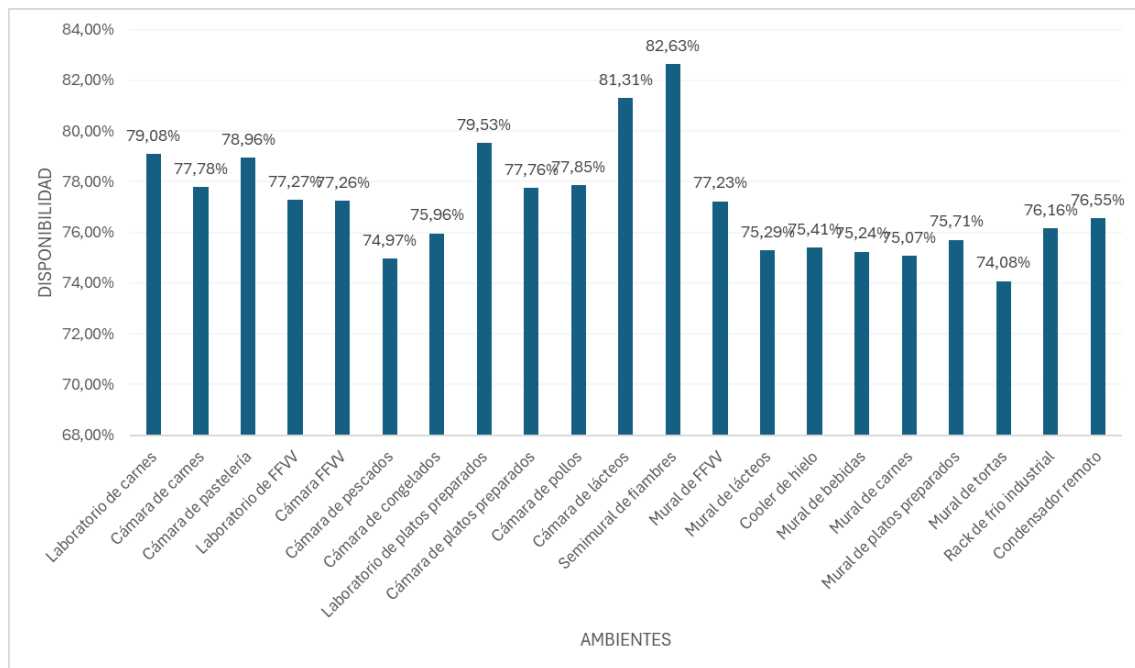
AMBIENTES	MTBF PROMEDIO	MTTR PROMEDIO	DISPONIBILIDAD PROMEDIO
Laboratorio de carnes	17.77	4.64	79.08%
Cámara de carnes	17.87	5.04	77.78%
Cámara de pastelería	21.15	5.58	78.96%
Laboratorio de FFVV	15.62	4.51	77.27%
Cámara FFVV	13.94	4.05	77.26%
Cámara de pescados	16.68	5.51	74.97%
Cámara de congelados	20.00	6.25	75.96%
Laboratorio de platos preparados	21.09	5.39	79.53%
Cámara de platos preparados	16.71	4.73	77.76%
Cámara de pollos	13.36	3.76	77.85%
Cámara de lácteos	16.44	3.75	81.31%
Semimural de fiambres	24.75	5.15	82.63%
Mural de FFVV	15.72	4.56	77.23%
Mural de lácteos	13.87	4.48	75.29%
Cooler de hielo	15.28	4.89	75.41%
Mural de bebidas	16.69	5.38	75.24%
Mural de carnes	16.18	5.25	75.07%
Mural de platos preparados	15.80	4.87	75.71%

Mural de tortas	14.54	4.99	74.08%
Rack de frío industrial	13.10	4.03	76.16%
Condensador remoto	10.79	3.27	76.55%

Durante el periodo de 6 meses, se pudo observar que la disponibilidad promedio de los diversos ambientes de tienda. Para la máquinas del laboratorio de carnes resultó ser del 79.08%; para la cámara de carnes es del 77.78%; para la cámara de pastelería es del 78.96%; para el laboratorio de FFVV (Frutas y Verduras) es del 77.27%, para la cámara FFVV es del 77.26%; para la cámara de pescados es del 74.97%; para la cámara de congelados es del 75.96%; para el laboratorio de platos preparados es del 79.53%; para la cámara de platos preparados es del 77.76%; para la cámara de pollos es del 77.85%; para la cámara de lácteos es del 81.31%; para el semimural de fiambres es del 82.63%; para el mural de FFVV es del 77.23%; para el mural de lácteos es del 75.29%; para el cooler de hielo es del 75.41%; para el mural de bebidas es del 75.24%; para el mural de carnes es del 75.07%; para el mural de platos preparados es del 75.71%; para el mural de tortas es del 74.08%; para los compresores del rack de frío industrial son del 76.16%; finalmente, para el condensador remoto es del 76.55%.

Figura 3

Disponibilidad inicial



Como se observa en la siguiente figura la máquina que presentó mayor disponibilidad en el tiempo de enero del 2022 a junio del 2022 fue el semimural de fiambres con un 82.63%, y la máquina que presentó menor disponibilidad fue la de mural de tortas con un 74.08%.

3.2. Identificación de fallas funcionales, modos de fallas y efectos de falla

Se recolectó información proveniente de la base de datos del hipermercado para realizar el análisis de las fallas ocurridas durante los primeros 6 meses del año 2022. Para identificar las fallas, se realizará un análisis de los componentes y actores que contribuyeron a su ocurrencia. Este enfoque permitirá comprender la función afectada y generar una lista de fallas funcionales.

Tabla 4*Fallo funcional, modo de falla y efecto de fallas en las máquinas*

Máquina	N°	Fallo Funcional	Modo de falla	Efectos de las Fallas
Laboratorio de carnes	1	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
	2	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	3	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	4	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
Cámara de carnes	5	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	6	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	7	Sensor de temperatura inoperativo	Vida útil	Elevación de temperatura en cámara por malos censos de temperatura
	8	Sensor de temperatura inoperativo	Vida útil	Avería de motores ventiladores de evaporador
Cámara de pastelería	9	Resistencia de deshielo inoperativa	Vida útil	Acumulación de hielo
	10	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
	11	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	12	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack

Laboratorio de FFVV	13	Sensor de temperatura inoperativo	Vida útil	Elevación de temperatura en cámara por malos censos de temperatura
	14	Acumulación de hielo	Puerta abierta	Elevación de temperatura
	15	Resistencia de deshielo inoperativa	Vida útil	Acumulación de hielo
	16	Condensado en piso de laboratorio	Deterioro	Merma de alimentos
	17	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
	18	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	19	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	20	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
	21	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	22	Motoventiladores inoperativos	Retorno de líquido en compresores del rack	Retorno de líquido en compresores del rack
Cámara FFVV	23	Sensor de temperatura inoperativo	Vida útil	Elevación de temperatura en cámara por malos censos de temperatura
	24	Acumulación de hielo	Puerta abierta	Elevación de temperatura
	25	Resistencia de deshielo inoperativa	Vida útil	Escarcha en el evaporador
	26	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
Cámara de pescados	27	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	28	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack

Cámara de congelados	29	Sensor de temperatura inoperativo	Vida útil	Elevación de temperatura en cámara por malos censos de temperatura
	30	Acumulación de hielo	Puerta abierta	Retorno de líquido en compresores del rack
	31	Resistencia de deshielo inoperativa	Vida útil	Acumulación de hielo
	32	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
	33	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	34	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	35	Sensor de temperatura inoperativo	Vida útil	Elevación de temperatura en cámara por malos censos de temperatura
	36	Acumulación de hielo	Puerta abierta	Retorno de líquido en compresores del rack
	37	Resistencia de deshielo inoperativa	Vida útil	Acumulación de hielo
	38	Condensado en piso de laboratorio	Rotura de manta	Merma de alimentos
Laboratorio de patos preparados	39	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
	40	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	41	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
Cámara de platos preparados	42	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
	43	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara

Cámara de pollos	44	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	45	Sensor de temperatura inoperativo	Vida útil	Elevación de temperatura en cámara por malos censos de temperatura
	46	Acumulación de hielo	Puerta abierta	Retorno de líquido en compresores del rack
	47	Resistencia de deshielo inoperativa	Vida útil	Acumulación de hielo
	48	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
	49	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	50	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	51	Sensor de temperatura inoperativo	Vida útil	Elevación de temperatura en cámara por malos censos de temperatura
	52	Acumulación de hielo	Puerta abierta	Retorno de líquido en compresores del rack
	53	Resistencia de deshielo inoperativa	Vida útil	Acumulación de hielo
	54	Elevación de temperatura en cámara	Puerta abierta	Merma de alimentos
	55	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	56	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	57	Sensor de temperatura inoperativo	Vida útil	Elevación de temperatura en cámara por malos censos de temperatura

Semimurales de fiambres	58	Acumulación de hielo	Puerta abierta	Retorno de líquido en compresores del rack
	59	Resistencia de deshielo inoperativa	Vida útil	Acumulación de hielo
	60	Elevación de temperatura en cámara	Motores ventiladores inoperativos	Merma de alimentos
	61	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	62	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	63	Acumulación de hielo	Motores ventiladores inoperativos	Retorno de líquido en compresores del rack
	64	Elevación de temperatura en cámara	Motores ventiladores inoperativos	Merma de alimentos
Mural de FFVV	65	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	66	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	67	Acumulación de hielo	Motores ventiladores inoperativos	Retorno de líquido en compresores del rack
	68	Elevación de temperatura en cámara	Motores ventiladores inoperativos	Merma de alimentos
Mural de lácteos	69	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	70	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	71	Acumulación de hielo	Motores ventiladores inoperativos	Retorno de líquido en compresores del rack
Cooler de Hielo	72	Elevación de temperatura en cámara	Motores ventiladores inoperativos	Merma de alimentos

Mural de bebidas	73	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	74	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	75	Acumulación de hielo	Motores ventiladores inoperativos	Retorno de líquido en compresores del rack
	76	Elevación de temperatura en cámara	Motores ventiladores inoperativos	Merma de alimentos
	77	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	78	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	79	Acumulación de hielo	Motores ventiladores inoperativos	Retorno de líquido en compresores del rack
	80	Elevación de temperatura en cámara	Motores ventiladores inoperativos	Merma de alimentos
Mural de carnes	81	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	82	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	83	Acumulación de hielo	Motores ventiladores inoperativos	Retorno de líquido en compresores del rack
	84	Elevación de temperatura en cámara	Motores ventiladores inoperativos	Motores ventiladores inoperativos
Mural de platos preparados	85	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	86	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	87	Acumulación de hielo	Motores ventiladores inoperativos	Retorno de líquido en compresores del rack

Mural de tortas	88	Elevación de temperatura en cámara	Motores ventiladores inoperativos	Merma de alimentos
	89	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura de cámara
	90	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Retorno de líquido en compresores del rack
	91	Acumulación de hielo	Motores ventiladores inoperativos	Retorno de líquido en compresores del rack
	92	Elevación de temperatura en cámaras y murales	Motores ventiladores inoperativos	Merma de alimentos
Rack de frío industrial	93	Fuga de gas refrigerante	Vida útil	Elevación de temperatura
	94	Compresores semiherméticos inoperativos	Vida útil	Elevación de temperatura en variedad de cámaras y murales dependientes del rack
	95	Deterioro de aceite	Falta de mantenimiento preventivo	Reducción del tiempo de vida de los motores compresores
	96	Presostatos inoperativos	Vida útil	Falta de protección ante fallas de elevación de temperatura
Condensador remoto	97	Motoventiladores inoperativos	Vida útil	Elevación de temperatura de condensación

Tabla 5*Determinación de criticidad de población en estudio*

AMBIENTES	N° DE FALLAS	DISPONIBILIDAD PROMEDIO	NIVEL DE CRITICIDAD
Laboratorio de carnes	199	79.08%	Media
Cámara de carnes	200	77.78%	Alta
Cámara de pastelería	171	78.96%	Alta
Laboratorio de FFVV	225	77.27%	Media
Cámara FFVV	252	77.26%	Alta
Cámara de pescados	202	74.97%	Alta
Cámara de congelados	170	75.96%	Muy Alta
Laboratorio de platos preparados	167	79.53%	Media
Cámara de platos preparados	208	77.76%	Alta
Cámara de pollos	258	77.85%	Alta
Cámara de lácteos	221	81.31%	Alta
Semimural de fiambres	149	82.63%	Media
Mural de FFVV	220	77.23%	Media
Mural de lácteos	246	75.29%	Media
Cooler de hielo	227	75.41%	Alta
Mural de bebidas	203	75.24%	Alta
Mural de carnes	209	75.07%	Media
Mural de platos preparados	222	75.71%	Media
Mural de tortas	228	74.08%	Media
Rack de frío industrial	260	76.16%	Crítica
Condensador remoto	316	76.55%	Crítica

El número de fallas se determinó a partir del periodo de estudio de la presente investigación, comprendido entre enero y junio de 2022.

Entre los diversos equipos y componentes que conforman el sistema de frío alimentario de cada ambiente, la falla de al menos un componente de cada sistema implica que el ambiente no será apto para la conservación de sus productos correspondientes hasta que un mantenimiento correctivo sea ejecutado.

En caso el sistema de frío alimentario de los ambientes del sistema de frío alimentario falle, las criticidades se determinaron en base a los siguientes criterios:

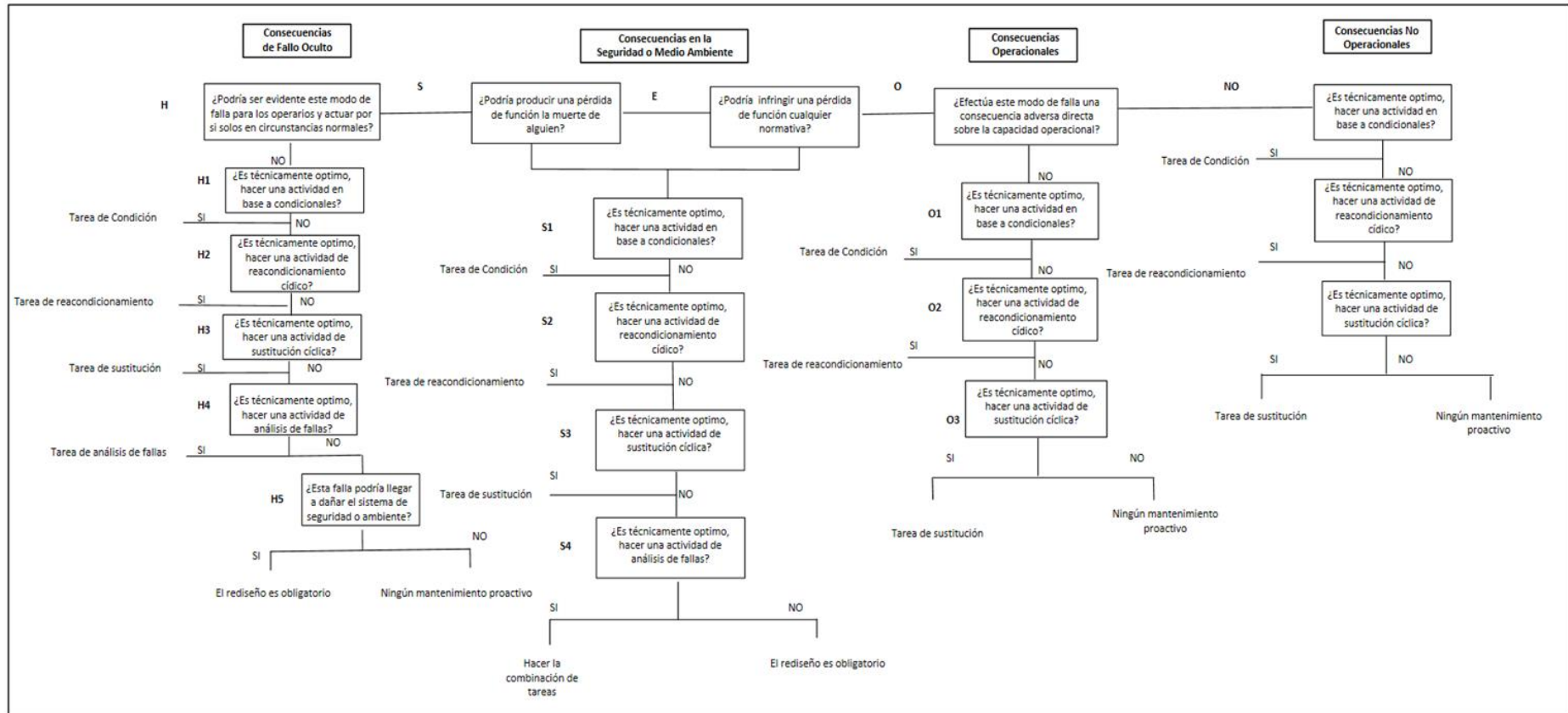
- Media: En caso de falla, los productos almacenados en el ambiente pueden ser transferidos a cámaras y/o laboratorios siempre que se cuente con el espacio suficiente y la temperatura adecuada.
- Alta: En caso de falla, los productos almacenados en el ambiente pueden ser transferidos a otro diferente siempre que se cumplan las condiciones para preservar el producto de manera adecuada. Sin embargo, las posibilidades de encontrar un ambiente adecuado son menores.
- Muy Alta: En caso de falla, los productos almacenados en el ambiente no pueden ser transferidos a otro diferente debido a que no existe alguno con las condiciones óptimas para preservar el producto y, en caso haya ambientes, serían escasos y se corre el riesgo de que no haya espacio suficiente para transferir todo el producto.
- Crítica: En caso de falla, el sistema de frío de múltiples ambientes en simultáneo se vería comprometido y se requeriría atención inmediata de un técnico frigorista.

Como se observa, los ambientes Rack de frío industrial y Condensador remoto presentan criticidad “Crítica” debido a su impacto simultáneo en múltiples ambientes. Por su parte, la Cámara de congelados, al ser una Cámara de Baja Temperatura (-20°C a -18°C) y al no existir más cámaras con estas características en el hipermercado Tottus Huaylas, presenta criticidad “Muy Alta”.

3.3. Identificación de consecuencia de falla

Figura 4

Diagrama de decisión RCM



3.4. Identificación de tareas.

La determinación de las tareas y la identificación de las fallas se basaron en el diagrama de decisión de RCM, que sirvió como referencia para la determinación de actividades a ejecutar en función de cada falla, categorizándolas como actividades programadas.

Tabla 6

Tarea de mantenimiento como respuesta a las consecuencias

REFERENCIA	Consecuencia Evaluación				H1, S1, E1,	H2, S2, E2,	H3, S3, E3,	H4, S4	H5
	H	S	E	O	O1	O2	O3		
1	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
2	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
3	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
4	Si	No	No	Si	No	Si	No	No	No
5	No	No	No	Si	No	No	Si	No	No
6	No	No	No	Si	No	Si	No	No	No
7	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
8	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
9	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
10	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
11	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
12	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
13	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
14	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
15	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
16	Si	No	No	Si	No	Si	No	No	No
17	No	No	No	Si	No	No	Si	No	No
18	No	No	No	Si	No	Si	No	No	No

18	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
20	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
21	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
22	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
23	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
24	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
25	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
26	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
27	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
28	Si	No	No	Si	No	Si	No	No	No
29	No	No	No	Si	No	No	Si	No	No
30	No	No	No	Si	No	Si	No	No	No
31	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
32	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
33	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
34	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
35	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
36	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
37	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
38	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
39	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
40	Si	No	No	Si	No	Si	No	No	No
41	No	No	No	Si	No	No	Si	No	No
42	No	No	No	Si	No	Si	No	No	No
43	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
44	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
45	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
46	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No

47	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
48	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
49	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
50	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
51	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
52	Si	No	No	Si	No	Si	No	No	No
53	No	No	No	Si	No	No	Si	No	No
54	No	No	No	Si	No	Si	No	No	No
55	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
56	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
57	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
58	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
59	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
60	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
61	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
62	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
63	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
64	Si	No	No	Si	No	Si	No	No	No
65	No	No	No	Si	No	No	Si	No	No
66	No	No	No	Si	No	Si	No	No	No
67	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
68	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
69	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
70	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
71	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
72	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
73	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
74	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No

75	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
76	Si	No	No	Si	No	Si	No	No	No
77	No	No	No	Si	No	No	Si	No	No
78	No	No	No	Si	No	Si	No	No	No
79	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
80	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
81	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
82	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
83	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
84	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
85	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
86	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
87	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
88	Si	No	No	Si	No	Si	No	No	No
89	No	No	No	Si	No	No	Si	No	No
90	No	No	No	Si	No	Si	No	No	No
91	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
92	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
93	Si	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
94	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No
95	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
96	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No
97	No	No	Si	Si	No	No	No	No	No

3.5. Tareas de mantenimiento resultantes del RCM y aplicación

La nueva propuesta de mantenimiento engloba tareas periódicas que comprenden desde revisiones básicas hasta labores complejas. La implementación de este nuevo programa ha sido facilitada por la estructura y definición de actividades rutinarias bajo las propuestas realizadas.

Tabla 7

Tareas de mantenimiento

Referencia	Tarea de Mantenimiento	Frecuencia
1	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
2	Recarga de gas refrigerante de acuerdo con lecturas de temperatura y presión	Anual
3	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
4	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
5	Recarga de gas refrigerante de acuerdo con lecturas de temperatura y presión	Anual
6	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
7	Cambio de sensor de temperatura	Anual
8	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
9	Cambio de resistencia de deshielo	Anual
10	Buenas prácticas de personal de Tottus	Mensual
11	Búsqueda de fugas	Anual
12	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
13	Cambio de sensor de temperatura	Anual
14	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
15	Cambio de resistencia de deshielo	Anual
16	Identificación y cambio de manta aislante	Anual
17	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
18	Búsqueda de fugas	Anual

18	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
20	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
21	Búsqueda de fugas	Anual
22	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
23	Cambio de sensor de temperatura	Anual
24	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
25	Cambio de resistencia de deshielo	Anual
26	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
27	Búsqueda de fugas	Anual
28	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
29	Cambio de sensor de temperatura	Anual
30	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
31	Cambio de resistencia de deshielo	Anual
32	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
33	Búsqueda de fugas	Anual
34	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
35	Cambio de sensor de temperatura	Anual
36	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
37	Cambio de resistencia de deshielo	Anual
38	Identificación y cambio de manta aislante	Anual
39	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
40	Búsqueda de fugas	Anual
41	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
42	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
43	Búsqueda de fugas	Anual
44	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
45	Cambio de sensor de temperatura	Anual
46	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
47	Cambio de resistencia de deshielo	Anual

48	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
49	Búsqueda de fugas	Anual
50	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
51	Cambio de sensor de temperatura	Anual
52	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
53	Cambio de resistencia de deshielo	Anual
54	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
55	Búsqueda de fugas	Anual
56	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
57	Elevación de temperatura en cámara por malos censos de temperatura	Anual
58	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
59	Cambio de resistencia de deshielo	Anual
60	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
61	Búsqueda de fugas	Anual
62	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
63	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
64	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
65	Búsqueda de fugas	Anual
66	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
67	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
68	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
69	Búsqueda de fugas	Anual
70	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
71	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
72	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
73	Búsqueda de fugas	Anual
74	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
75	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal

76	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
77	Búsqueda de fugas	Anual
78	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
79	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
80	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
81	Búsqueda de fugas	Anual
82	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
83	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
84	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
85	Búsqueda de fugas	Anual
86	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
87	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
88	Ejecución de mantenimiento preventivo en evaporadores	Mensual
89	Búsqueda de fugas	Anual
90	Cambio de motores ventiladores averiados	Anual
91	Limpieza de serpentín y hélices de ventiladores	Semanal
92	Dimensionar y cambiar condensador remoto	Mensual
93	Búsqueda de fugas	Anual
94	Cambio o reparación de motores compresores	Anual
95	Ejecución de cambio de aceite anual como parte del programa de mantenimiento preventivo	Anual
96	Cambio de presostatos	Anual
97	Cambio de motores ventiladores averiados	Bianual

La frecuencia de tareas de mantenimiento se determinó en función a la frecuencia de fallas identificadas durante el periodo del estudio.

3.6. Análisis económico

3.6.1. Inversión estimada

Mediante el análisis económico basado en costos estimados determinamos que, como inversión inicial, se necesita un aproximado de S/90,000 por concepto de los siguientes ítems:

- Herramientas y consumibles requeridos para la ejecución de labores de mantenimiento de los diversos equipos de refrigeración.
- Repuestos críticos para cada equipo: Motores ventiladores, sensores de temperatura, motocompresores, manta aislante, gas refrigerante, aceite POE32, etc.
- Material administrativo para el personal asignado a la gestión de mantenimiento, así como Equipo de Protección Personal.
- Capacitación del personal de mantenimiento del hipermercado Tottus Huaylas. Se consideró la capacitación de 3 operarios asignados a los activos correspondientes a la muestra del presente estudio.

En las tablas adjuntas, los costos se presentan como estimación aproximada y tienen carácter referencial, pues este estudio está centrado en la propuesta de un plan de mantenimiento y no en la ejecución de inversión real.

Tabla 8

Presupuesta de inversión estimada para el mantenimiento preventivo

Ítem	Cantidad (und)	Precio	Total
Laptop	1	S/2,500.00	S/2,500.00
Papel bond millar	2	S/17.50	S/35.00
Frigorista: Mano de obra y EPP	1	S/4,500.00	S/4,500.00
Atornillador inalámbrico	1	S/550.00	S/550.00
Motor de ventilador	119	S/320.00	S/38,080.00
Sensor de temperatura	61	S/120.00	S/7,320.00
Motocompresor Semihermético	8	S/3,650.00	S/29,200.00
Gas refrigerante R22 (13,6Kg)	5	S/319.00	S/1,595.00

Aceite POE32	10	S/250.00	S/2,500.00
TOTAL	194		S/86,280.00

Cabe resaltar que la presente tabla solo comprende repuestos críticos basados en la información recopilada durante la realización del presente estudio.

Tabla 9

Presupuesto de inversión para capacitaciones por día

Ítem	Cantidad (und)	Precio	Total
Capacitación	3	S/195.00	S/585.00
TOTAL	3		S/585.00

Se consideró la capacitación de 3 operarios asignados a los activos correspondientes a la muestra del presente estudio

Tabla 10

Presupuesto de inversión para Protección de Maquinarias

Ítem	Cantidad (und)	Precio	Total
Manta aislante térmica: Cámara FFVV	1	S/78.00	S/78.00
Manta aislante térmica: Laboratorio de platos preparados	1	S/78.00	S/78.00
TOTAL	2		S/156.00

Se consideró la protección térmica para la cámara FFVV y el Laboratorio de platos preparados, cuyas mantas aislantes se encontraron deterioradas durante la realización del presente estudio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS, CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Discusión de resultados

En esta investigación se ha llegado a conocer que el estado actual de disponibilidad de los diversos equipos de refrigeración de la empresa es del 77.20%, por otro lado, Roa et al. (2023) en su tesis señala que el promedio de disponibilidad actual que tiene es del 89.3% y para que esta sea factible para la empresa debe ser superior al 95%.

Con base en ello, para nuestro estudio la disponibilidad factible también debe ser superior al 95% o presentar una tendencia positiva que se acerque a aquel objetivo. Para ello, los ambientes deben permanecer en condiciones operativas durante todo el día. Ello se debe a la importancia de que los alimentos a almacenar y exhibir permanezcan en condiciones aptas para el consumidor.

Asimismo, Arévalo (2021) en su tesis indica que la disponibilidad inicial de sus equipos es del 81%. De igual manera, Gonzales (2022) en su investigación menciona que en el año 2021 sus bombas tienen una disponibilidad promedio del 75%. Por lo que, revisando antecedentes, podemos asumir que la productividad actual de equipos es deficiente, lo que genera mermas en las utilidades de la empresa.

El análisis concluyente de los desperfectos presentados en los equipos (AMEF) muestra que las fallas que se presentan son la elevación de la temperatura, fuga de gases, motoventiladores inoperativos, elevación de temperatura en cámara, sensor de temperatura inoperativo, acumulación de hielo, resistencia de deshielo inoperativa y condensado de piso en laboratorios. Asimismo, Arévalo (2021) en su tesis menciona que las fallas presentadas en los equipos son en subsistemas: cortador, extrusor, amasador, mezclador, eléctrico y dosificador; lo que origina paradas de proceso y genera pérdidas económicas. Por otro lado, Guerrero (2021) señala que todas las paradas que ocurran en

la empresa perjudican a la planificación de la producción, generando así un costo adicional debido a que se deben emplear horas extras para cumplir con lo planeado. De igual manera Cortés y Valbuena (2020) en su tesis menciona la incurrancia de fallas en equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud, con 29 fallas, siendo la de mayor frecuencia la falla del compresor, seguida de las fallas del kits de arranque y otros desperfectos por actividades inapropiadas (apertura de la puerta, sobrecarga de la unidad, omitir proceso de deshielo según sea necesario y cambiar las configuraciones de la temperatura). Por lo que podemos asumir que las fallas ocurridas en los equipos tienen un impacto negativo directo en los procesos de producción de las empresas, por lo que se busca mitigarlas para mejorar las utilidades de la empresa.

El plan diseñado a base del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) determinó tareas de mantenimiento que deben realizarse de acuerdo con la estructuración y definición de actividades que deben ser practicadas periódicamente, entre estas tenemos la ejecución de mantenimientos preventivos, recarga de gas refrigerante, cambio de motores a ventiladores averiados, cambio de sensores de temperatura, buenas prácticas del personal de Tottus, entre otros.

Por otro lado, Khasanah et al. (2021) en su investigación concluyeron que la disponibilidad y confiabilidad de las plantas mejoran al realizar la comparación del valor medio de cada variable previa y posteriormente a la implementación del RCM.

Asimismo, Arévalo (2021) en su tesis concluye que al utilizar la metodología RCM se logró un aumento en la productividad, además de encontrar los puntos críticos a mejorar dentro del mantenimiento. Faya (2020) en su tesis señala que la empresa Agroindustrias AIB S.A., tras aplicar el RCM, obtuvo como resultado una mejoría en la organización y control de los activos correspondientes a la línea de congelados. Por lo que podemos asumir que los resultados esperados coinciden con las anteriores investigaciones mostradas en los antecedentes. El implementar un plan de mantenimiento basado en el modelo RCM mejora la viabilidad de la empresa.

El análisis económico del plan de mantenimiento RCV indica que la inversión estimada de aproximadamente S/90,000 para repuestos críticos, herramientas, materiales de protección y capacitación del personal genera beneficios al reducir los costos por paradas de equipos y mantenimiento correctivo, contribuyendo a la eficiencia operativa del hipermercado Tottus Huaylas. De manera ilustrativa, los costos de implementación se compensan rápidamente con los ahorros derivados de la reducción de la frecuencia de fallas y la mejora en la disponibilidad de los activos, lo que evidencia la rentabilidad y viabilidad del plan.

Asimismo, Faya (2020) en su tesis señala que la evaluación económica da como resultado un VAN positivo y una TIR superior al interés en el plazo de 5 años, indicando sostenibilidad del proyecto. Andrade y Ramos (2020), en su tesis, se evidencian mejoras económicas tras aplicar modelos de gestión de mantenimiento. Similarmente, Guerrero (2021) en su tesis se expone que la implementación de mantenimiento predictivo y preventivo genera relaciones beneficio-costos superiores a 1, reforzando la viabilidad del plan.

En consecuencia, podemos afirmar que la aplicación del plan del mantenimiento RCM es económicamente viable, contribuyendo así a la mejora de la operatividad y sostenibilidad de la empresa como lo sería en el caso del hipermercado Tottus Huaylas.

4.2 Contrastación de la hipótesis general

La hipótesis general planteó que el diseñar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementará la disponibilidad de los equipos de refrigeración en el Hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos.

Los resultados muestran que la disponibilidad inicial de dichos equipos fue de 77.20%, nivel inferior al valor operacional considerado aceptable (>95%).

Tras el diseño del plan de mantenimiento con el modelo RCM, se identificaron las fallas críticas mediante el AMEF y se plantearon tareas preventivas específicas que

permitieron aumentar la disponibilidad de los equipos, reduciendo tiempos de parada y mejorando la continuidad operacional. Asimismo, la evaluación económica evidenció que el plan es viable al disminuir costos por mantenimientos correctivos y fallas inesperadas.

Por lo tanto, se confirma la hipótesis general, dado que la implementación del plan de mantenimiento basado en el modelo RCM contribuye a incrementar la disponibilidad de los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas

4.3 Contrastación de las hipótesis específicas

Las siguientes hipótesis específicas fueron planteadas durante la presente investigación:

- La determinación del estado de la disponibilidad de los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas a la fecha es inferior al valor deseado
- La realización del análisis de modo y efecto fallas (AMEF) muestra los puntos críticos de cada equipo y permite identificar los componentes con mayores frecuencias de fallas.
- El plan de mantenimiento preventivo bajo el modelo RCM permite incrementar la disponibilidad en los equipos de refrigeración respecto a su estado actual.
- El análisis de los costos estimados demuestra que la aplicación del programa de mantenimiento bajo el modelo RCM es financieramente viable.

En esta investigación se ha llegado a conocer que el estado actual de disponibilidad de los equipos de refrigeración de la empresa es del 77.20%, lo cual confirma la primera hipótesis específica.

A través del análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) se identificaron los puntos y repuestos críticos de cada equipo del sistema de frío alimentario, tales como motores

ventiladores, sensores de temperatura, entre otros; lo cual confirma la segunda hipótesis específica.

La implementación del plan de mantenimiento preventivo bajo la metodología RCM permitió definir tareas específicas y, de este modo, se garantiza la reducción de horas muertas y la frecuencia de fallas. Basándose en los antecedentes históricos de las diversas aplicaciones de la metodología RCM, se proyecta que la disponibilidad de los equipos de refrigeración de Tottus Huaylas podría incrementarse entre 8 y 15% respecto al valor inicial de 77.20%, lo que evidenciaría una mejora significativa de la operatividad y confirmaría el impacto positivo del plan. De este modo, se confirma la tercera hipótesis.

Finalmente, el análisis de los costos estimados evidenció que la inversión requerida es compensada por la reducción de costos asociados a fallas y mantenimientos correctivos, demostrando así que la aplicación del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad es financieramente viable y confirmando así la cuarta hipótesis específica.

CONCLUSIONES

La implementación del plan de mantenimiento basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas influye de manera positiva, reduciendo el tiempo promedio entre falla (MTBF) y el tiempo promedio para reparar (MTTR), mejorando así la capacidad de disponibilidad y continuidad de trabajo de estos equipos, concluyendo que es un proyecto viable ya que permitirá aumentar las utilidades que genera la empresa.

Los resultados que se muestran en esta investigación son basados en el análisis de las fallas de los equipos de refrigeración indicando una disponibilidad inicial, lo cual permitió identificar mediante un diagrama de RCM las fallas y su causa-efecto presentadas en los equipos. Como podemos observar en nuestro marco teórico, el aplicar un mantenimiento centrado en la confiabilidad permite la disminución de costos de operación y mantenimientos a los equipos, permitiendo un trabajo más autónomo de los equipos.

Así mismo como parte de los resultados tenemos la determinación de tareas resultantes del plan de mantenimiento RCM aplicado, estas tareas van desde las más simples hasta las más complejas, planificadas de manera periódica y cíclica, ya sea con una frecuencia semanal, mensual o anual, con lo que obtendremos una disponibilidad más continua de los activos en la empresa.

El empleo del diagrama de decisión RCM aportará orden y claridad al presente proyecto al permitir la comparación de opciones, la priorización de estrategias y la comunicación efectiva de decisiones. Su principal función radica en simplificar la toma de decisiones informadas, lo cual se detalló en la tabla de tareas de mantenimiento como respuesta a las consecuencias. Así, logramos mejorar la eficacia del análisis RCM.

Podemos asegurar que el implementar el plan de mantenimiento con el modelo RCM, diseñado específicamente para los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas, contribuirá a la mitigación de las mermas de la empresa al reducir las horas

muertas en los equipos, al haber reemplazado los mantenimientos correctivos por mantenimientos preventivos.

Con respecto a los resultados de nuestro análisis económico, determinamos que la inversión estimada en repuestos críticos, herramientas, materiales de protección y capacitación del personal se ve ampliamente compensada por la reducción de costos asociados a fallas y mantenimientos correctivos. Ello contribuye a mejorar la eficiencia operativa, la disponibilidad de los equipos de refrigeración. De este modo, podemos concluir que la implementación del plan es económicamente viable para el hipermercado Tottus Huaylas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda identificar las fallas y la causa-efecto de los equipos de refrigeración mediante un análisis de sus componentes y factores que la originaron, mediante el análisis de Modos y Efecto de Fallas (AMEF).

Se recomienda determinar el estado actual de la disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas.

Se recomienda analizar las fallas incurridas en los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas mediante el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).

Se recomienda diseñar el plan con la metodología RCM para determinar las actividades de mantenimiento más adecuadas y óptimas para los equipos de refrigeración en la empresa Hipermercados Tottus Huaylas.

Se recomienda realizar el análisis económico del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para poder determinar su rentabilidad y viabilidad.

REFERENCIAS

- Alegre, M. Á. (2022). Aspectos relevantes en las técnicas e instrumentos de recolección de datos en la investigación cualitativa. Una reflexión conceptual. *Población y desarrollo*, 28(54), 93-100. <https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2022.028.54.093>
- Andrade, R. H., & Ramos, M. A. (2020). *Propuesta de la metodología RCM en la gestión de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad de la Línea de Chancado Primario en una empresa minera*. <http://hdl.handle.net/10757/655036>
- Arce, G., & Moreno, J. C. (2020). *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en la empresa cool lider tech s.a.c.*
- Arévalo, H. (2021). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad en la línea de producción de fideos de la empresa PERUPAST S.R.L.* https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4286/1/TM_ArevaloFernandezHeinz.pdf
- Arias, J. L., & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting EIRL. <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2260>
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51-59. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/61458265006.pdf>
- Canahua, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Revista Industrial Data*, 1(24), 49-62. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Condori, P. (2020). *Universo, población y muestra*. <https://www.aacademica.org/cporfirio/18.pdf>
- Cortés, Á. G., & Valbuena, J. L. (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*. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/964>
- Cruz, C. S. (2019). *El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de las unidades de la flota vehicular municipalidad de San Miguel - Callao 2018*.

- Farshid , K., Mina , M., Azim , H., & Afef , F. (2022). A budget allocation and programming-based RCM approach to improve the reliability of power distribution networks. *Informes de energía*, 5591-5602.
- Faya, J. C. (2020). *Propuesta de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad en la línea congelados de la empresa Agroindustrias AIB S.A - Motupe para mejorar sus indicadores*. <https://orcid.org/0000-0002-3318-2782>
- Feng, Y., Huang, T., Gong, Y., & Jia, P. (2022). Stiffness optimization design for TPMS architected cellular materials. *Materials & Design*, 222, 111078. Stiffness optimization design for TPMS architected cellular materials
- Gallardo, E. (2017). *Metodología de la Investigación*. Universidad Continental.
- Garcia, O., & Álvaro, H. (2003). *Modelo mixto de confiabilidad basado en estadística para la optimización del mantenimiento industrial*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1289>
- González, J., Loyo, J., López, M., Pérez, P., & Cruz, A. (2018). Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE. *Revista de ingeniería industrial*, 17(3), 209-226. <https://doi.org/doi.org/10.22320/S07179103/2018.12>
- González, M. (2022). *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para maximizar la productividad del bombeo de aguas residuales en la empresa EP-MAPSE*. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/60664/1/GONZALEZ%20RENGIFO%20MARIANO%20CESAR.pdf>
- Guerra. (2018). Esmilka. *Boletín de Ciencias de la Tierra*(45), 14-21. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rbct.n45.68711>
- Guerrero, M. Y. (2021). *Elaboración de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para aumentar las utilidades de la empresa Tablenorte SAC*. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4782>
- Hernández, C., & Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *ALERTA Revista científica del insituto nacional de salud*, 2(1), 1-4. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/419/4191907012/>
- Hernández, S. L., & Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(17). <https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>
- Hernández, R. (2018). *Metodología de la investigación* . McGraw Hill.
- Huang, X., & Liu, X. (2023). Strategies for enhancing hole utilization on organic-POM hybrid materials and photocatalytic degradation of neonicotinoid insecticides.

- Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 435, 114299.
<https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2022.114299>
- Junker, M., Fal, M., & Kircher, J. (2023). Biometrics and three-dimensional alignment of the acromioclavicular joint. A biomechanical proof of concept study using the “reversed cadaver model”(RCM). *11*, 100114.
<https://doi.org/10.1016/j.stlm.2023.100114>
- Khasanah, R., Sodikin, I., Penirewod, A. P., Rachmad, B., & Pratama, N. (2021). The Reliability-Centered Maintenance (RCM) effect on plant availability and downtime loss in the process industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1072(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1072/1/012054>
- Kurup, M., & Pitchaimani, J. (2023). Aeroelastic flutter of triply periodic minimal surface (TPMS) beams. *10*, 100349. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2023.100349>
- Moscoso, C., Fernandez, A., Viacava, G., & Raymundo, C. (2019). Integral Model of Maintenance Management Based on TPM and RCM Principles to Increase Machine Availability in a Manufacturing Company. *International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies*, 878–884.
https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6_137
- Nabil, E., & Bottaro, A. (2023). Flow through porous metamaterials formed by TPMS-based unit cells: Effects of advection. *European Journal of Mechanics - B/Fluids*, 100, 202-207. <https://doi.org/10.1016/j.euromechflu.2023.04.002>
- Ocampo, R., De la Cruz, C., & Ortiz, F. (2020). Análisis de confiabilidad y riesgo para programar el mantenimiento en equipos electromecánicos. *XIX Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y de sistemas* .
- Padilla, C. A., & Marroquín, C. (2021). Enfoques de Investigación en Odontología: Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. *Estomatológica Herediana*, 338-340.
<http://dx.doi.org/10.20453/reh.v31i4.4104>
- Patel, A., & Sadasivan, R. (2021). Modified Mn substituted POMs: Synthetic strategies, structural diversity to applications. *Progress in Materials Science*, 118, 100759.
<https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2020.100759>
- Peng, C., Farhana, N., & Elyna, N. (2022). Promoting employee participation in operation and maintenance of green office building by adopting the total productive maintenance (TPM) concept. *Journal of Cleaner Production*, 352, 131608. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131608>
- Peñaranda, C. (2017). *Perú lideró crecimiento de productividad laboral en la región*.
https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r774_1/informeeconomico_773.pdf

- Ramos, C. A. (2020). Los Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1-6.
<http://orcid.org/0000-0001-5614-1994>
- Reynolds, B., Fee, C., Morison, K., & Holland, D. (2023). Characterisation of Heat Transfer within 3D Printed TPMS Heat Exchangers. 212, 124264.
<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124264>
- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F., & Matias, J. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38, 1574-1581.
<https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.128>
- Roa, A. F., Moreno, A., & Gavilán, P. E. (2023). *Propuesta plan de mejora para incrementar la disponibilidad de los cargadores Caterpillar en una empresa productora de concreto en la ciudad de Bogotá*.
<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3352>
- Roy, S. (2022). On soft-oxometalates (SOMs) and crystallization of polyoxometalates (POMs). 99, 100385. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100385>
- Samaraj, E., Balaraman, E., & Manickam, S. (2021). Functional POM-catalyst for selective oxidative dehydrogenative couplings under aerobic conditions. *Molecular Catalysis*, 502, 111396. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2021.111396>
- Silva, I., Rodríguez, M., Acosta, R., & Gómez, P. (2019). Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF. *Mundo Fesc*, 9(18), 36-46.
<https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/446/518>
- Taylor, S., Joules, E., & Harding, A. (2023). Implementation of a pragmatic emergency department patients' own medications (POM) procedure to improve medication safety: An interrupted time series. <https://doi.org/10.1016/j.auec.2023.02.004>
- Wang, Z., Zhang, W., & Ding, X. (2022). A family of RCM mechanisms: Type synthesis and kinematics analysis. 231, 107590.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2022.107590>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Problema principal	Objetivo Principal	Hipótesis principal	Variables	Metodología
¿Cuál es el nivel de disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos?	Proponer el diseño del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos.	La propuesta del diseño del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementará la disponibilidad en los equipos de refrigeración en el Hipermercado Tottus Huaylas, Chorrillos.	INDEPENDIENTE:	Tipo de investigación: Aplicada
				Enfoque de investigación: Cuantitativa
Problema específico	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		
¿Cuál es la disponibilidad actual de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas?	Determinar el estado de la disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas a la fecha.	La determinación del estado de la disponibilidad de los equipos de refrigeración del hipermercado Tottus Huaylas a la fecha es inferior al 90%.	Propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Diseño de investigación: No experimental
			DEPENDIENTE:	Población:
¿Cuál es el comportamiento de la disponibilidad de los equipos de refrigeración en el hipermercado Tottus Huaylas?	Analizar las fallas presentadas en los equipos de refrigeración del Hipermercado Tottus Huaylas mediante el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).	La realización del análisis de modo y efecto fallas (AMEF) muestra los puntos críticos de cada equipo y permite identificar los componentes con mayores frecuencias de fallas.	Incremento de la disponibilidad	Equipos de refrigeración en un hipermercado Tottus Huaylas ubicado en el distrito de Chorrillos
¿Cómo varía la disponibilidad en los diversos equipos de refrigeración	Comparar la disponibilidad de los equipos de refrigeración antes y	El plan de mantenimiento preventivo bajo el modelo RCM permite incrementar la disponibilidad en los		

entre diferentes periodos de operación?	después de aplicar el programa de mantenimiento bajo el modelo RCM.	equipos de refrigeración respecto a su estado actual.	Muestra: Equipos que confrontan el rack de frío alimentario
¿El plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM es viable?	Realizar una lista de costos estimados del plan de mantenimiento preventivo.	El análisis de los costos estimados demuestra que la aplicación del programa de mantenimiento bajo el modelo RCM es financieramente viable.	

Anexo 2: Imágenes de las máquinas en estudio.

Imágenes de las máquinas en estudio	
Máquina	Fotos
Laboratorio de carnes	
Cámara de carnes	
Cámara de pastelería	
Laboratorio de FFVV	

**CÁMARA
FFVV**



**Cámara de
pescados**



**Cámara de
congelados**



**Laboratorio de
platos
preparados**



**Cámara de
platos
preparados**



**Cámara de
pollos**



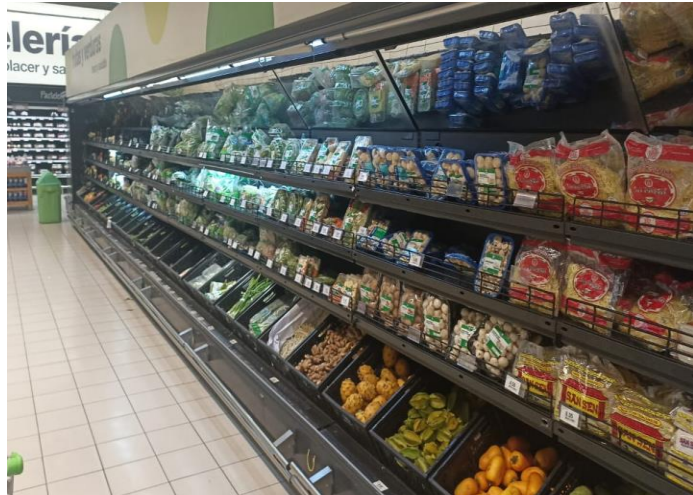
**Cámara de
lácteos**



**Semimurales
de
fiambres**



**Mural de frutas
y verduras**



**Mural de
lácteos**



**Cooler de
hielo**



**Mural de
bebidas**



**Mural de
carnes**



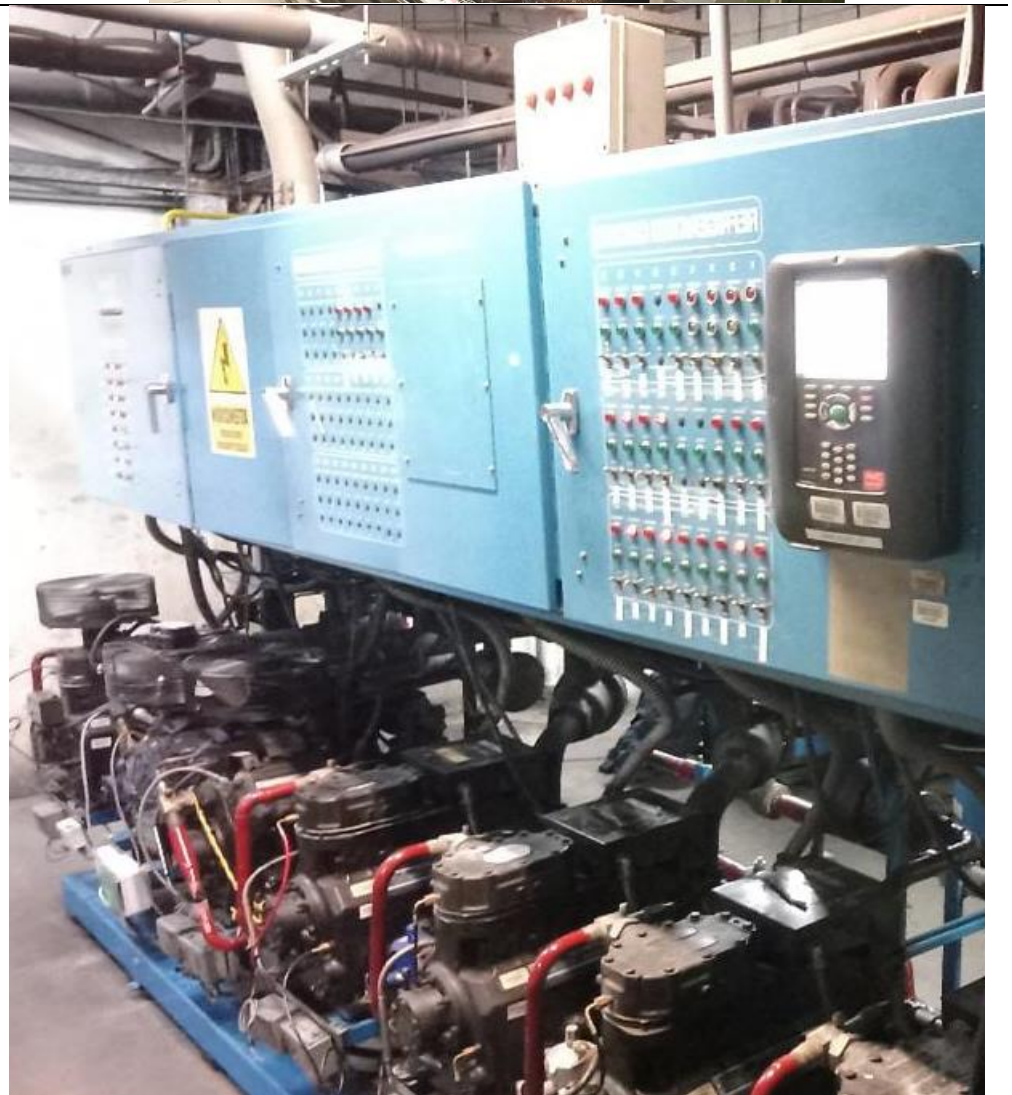
**Mural de
platos
preparados**



Mural de tortas



Rack de frío industrial



**Condensador
frigorífico**

