



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN SISTEMAS MULTICIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN TIPO
SUPERMERCADO PARA LA PREVENCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTE EN LA
EMPRESA SERPRORE, ZONA 3, MIXCO, GUATEMALA**

Sergio Mauricio Xiloj Tzoc

Asesorado por el Maestro ing. Jaime Rodolfo Chocoy Cachín

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN SISTEMAS MULTICIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN TIPO
SUPERMERCADO PARA LA PREVENCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTE EN LA
EMPRESA SERPRORE, ZONA 3, MIXCO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO MAURICIO XILOJ TZOC

ASESORADO POR EL MAESTRO ING. JAIME RODOLFO CHOCOY CACHÍN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Maestra Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Maestro Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Maestro Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Maestro Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
EXAMINADOR	Ing. Victor Hugo Dardón Castillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN SISTEMAS MULTICIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN TIPO
SUPERMERCADO PARA LA PREVENCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTE EN LA
EMPRESA SERPRORE, ZONA 3, MIXCO, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 23 de julio de 2021.

Sergio Mauricio Xiloj Tzoc

Ref. EEPFI-0950-2021
Guatemala, 02 de agosto de 2021

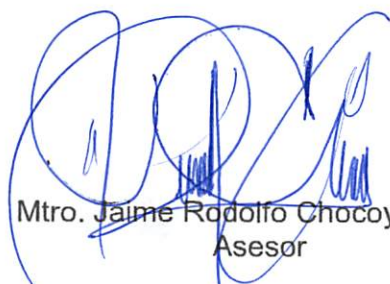
Director
Gilberto Morales Baiza
Escuela de Ingeniería Mecánica
Presente.

Estimado Ing. Morales:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN SISTEMAS MULTICIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN TIPO SUPERMERCADO PARA LA PREVENCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTE EN LA EMPRESA SERPRORE, ZONA 3, MIXCO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante **Sergio Mauricio Xiloj Tzoc** carné número **201513644**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,



Mtro. Jaime Rodolfo Chocoy Cachín
Asesor

Jaime Rodolfo Chocoy Cachin
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado No. 17,073

"Id y Enseñad a Todos"



Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinador de Maestría
Ingeniería de Mantenimiento



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



EEP-EIM-12-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería en Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN SISTEMAS MULTICIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN TIPO SUPERMERCADO PARA LA PREVENCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTE EN LA EMPRESA SERPRORE, ZONA 3, MIXCO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Mauricio Xiloj Tzoc**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

Firmado electrónicamente por el
Ing. Gilberto Morales, Director de
la Escuela de Ingeniería Mecánica

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'G. Morales Baiza'.



Ing. Gilberto Morales Baiza
Director

Escuela de Ingeniería en Mecánica

Guatemala, agosto de 2021




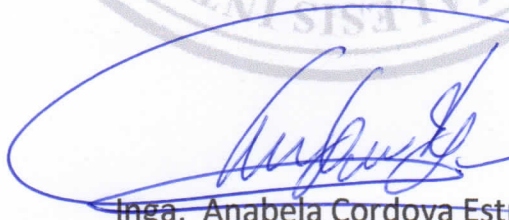
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 522.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN SISTEMAS MULTICIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN TIPO SUPERMERCADO PARA LA PREVENCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTE EN LA EMPRESA SERPRORE, ZONA 3, MIXCO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Sergio Mauricio Xiloj Tzoc**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, octubre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por brindarme el conocimiento y ser la guía de mi camino.
- Mis padres** Julia Tzoc y Mario Xiloj, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por haberme acompañado y brindado su apoyo durante la carrera.
- Mis hermanos** Mario, Viviana y Julia Xiloj, por estar presentes y por el apoyo moral que me han brindado a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme permitido obtener conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Mis amigos	Por su amistad, apoyo y solidaridad incondicional en todo momento de la formación académica.
Mi asesor	Maestro ing. Jaime Rodolfo Chocoy Cachín, por su colaboración en este trabajo.
SERPRORE	Por abrir sus puertas a la investigación y a sus métodos de inspección y trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción general.....	9
3.2. Definición del problema	10
3.2.1. Especificación del problema	10
3.2.2. Delimitación del problema	11
3.2.3. Pregunta principal de investigación	11
3.2.4. Preguntas complementarias de investigación	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
6. NECESIDADES A CUBRIR.....	17
6.1. Esquema solución	17
6.2. Ubicación del área y lugar de estudio.....	20
6.3. Localización del área o lugar de estudio.....	21

7.	MARCO TEÓRICO	23
7.1.	Mantenimiento.....	23
7.1.1.	Tipos de mantenimiento	24
7.1.1.1.	Mantenimiento correctivo	24
7.1.1.2.	Mantenimiento preventivo	25
7.2.	Gestión del mantenimiento.....	27
7.2.1.	Planificación del mantenimiento	29
7.2.1.1.	Plan de mantenimiento.....	30
7.2.1.2.	Programa de mantenimiento	31
7.2.1.3.	Gestión de repuestos	31
7.2.1.4.	Recursos físicos.....	32
7.2.1.5.	Recursos financieros.....	32
7.2.1.6.	Gestión de recursos humanos en mantenimiento.....	32
7.2.1.7.	Calidad de mantenimiento.....	33
7.2.1.8.	Gestión de la prevención de riesgos laborales.....	33
7.2.1.9.	Gestión de la información.....	34
7.2.1.10.	Gestión del cambio.....	34
7.2.2.	Organizar el mantenimiento	36
7.2.2.1.	Organigrama	37
7.2.3.	Ejecución del mantenimiento.....	37
7.2.4.	Control de mantenimiento	38
7.2.4.1.	Indicadores de la gestión del mantenimiento.....	38
7.3.	Refrigeración.....	42
7.3.1.	Sistemas de refrigeración.....	42
7.3.1.1.	Refrigeración por compresión	42

	7.3.1.2.	Refrigeración por absorción.....	43
	7.3.2.	Aplicaciones.....	43
	7.3.2.1.	Refrigeración comercial	43
	7.3.2.2.	Refrigeración industrial	44
	7.3.2.3.	Refrigeración doméstica	44
	7.3.2.4.	Acondicionamiento de aire para producir confort.....	45
	7.3.2.5.	Aire acondicionado industrial para procesos	45
	7.3.3.	Sistemas multicircuitos	45
	7.3.4.	Refrigerantes	46
	7.3.4.1.	Tipos de refrigerantes.....	46
7.4.		Criticidad.....	48
7.5.		Fugas de refrigerante	49
	7.5.1.	Causas	50
	7.5.2.	Efectos.....	51
	7.5.3.	Procedimientos para el control y detección	52
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	57
9.		MARCO METODOLÓGICO	61
	9.1.	Operativización de variables.....	61
	9.2.	Fases.....	63
	9.3.	Resultados esperados.....	64
	9.4.	Población y muestra	65
10.		TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	67
11.		CRONOGRAMA.....	69

12.	FACTIBILIDAD DE ESTUDIO.....	71
13.	REFERENCIAS	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de la solución.....	19
2.	Ubicación de área en estudio.....	20
3.	Localización de área en estudio.....	21
4.	Seis pasos para el control de fugas de refrigerante.....	53
5.	Cronograma.....	70

TABLAS

I.	Operativización de variables.....	62
II.	Tamaño de la muestra.....	65
III.	Costos del estudio.....	72

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°	Grados
°C	Grados Celsius
°C/h	Grados Celsius por hora
F	Grados Fahrenheit
h	Horas
=	Igual que
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
mm	Milímetro
'	Pies o minutos
%	Porcentaje
P	Potencia
“	Pulgadas o segundos
Q	Quetzales
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

Aporte	Se refiere a la transferencia de material del electrodo al rodete por medio de la soldadura.
AWS	Asociación Americana de Soldadura.
CFC	Clorofluorocarbonado.
Deshielo	Acción de deshelar o deshelarse, en especial la nieve y el hielo al aumentar la temperatura.
GWP	Potencial de calentamiento global.
Gestión	Operaciones realizadas para dirigir y administrar recursos.
HCFC´S	Hidro clorofluorocarburos.
HF	Hidrocarburos no halogenados.
HFC	Fluorocarbono.
KPI	Indicador clave de mantenimiento.
Energía cinética	Energía debida a un movimiento determinado.

Multicircuitos	Agrupación de grupos de compresión en una bancada.
PLC	Controlador lógico programable.
PSI	Libra por pulgada cuadrada.
RPM	Revoluciones por minuto.
Scroll	Tipo de compresor.
Semiherméticos	Motor que se encuentra fuera del flujo del gas de aspiración.
Transformador	Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.
VRF	Flujo de refrigerante variable.
VRV	Volumen de refrigerante variable.
ZAT	Zona afectada térmicamente.

RESUMEN

El presente trabajo plantea el diseño de investigación de la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo con enfoque en la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración comercial tipo supermercado.

Para abordar la problemática se trabajará en cuatro fases que comprenden la revisión documental de los procedimientos básicos de mantenimiento preventivo realizados a los sistemas de refrigeración comercial tipo supermercado, el análisis de criticidad de los equipos, dispositivos y elementos que componen los sistemas multicircuitos de refrigeración que puedan causar fugas de refrigerante en el sistema, establecer procedimientos básicos necesarios para la prevención de fugas de refrigerante en los sistemas de refrigeración y finalmente crear un plan de monitoreo e inspección de los puntos de posibles fugas en los circuitos de refrigeración.

Con la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento con enfoque en la prevención de fugas de refrigerante se obtendrá una herramienta que de ser implementada garantizará cumplir con los requisitos y características específicas que guían a la empresa en temas como seguridad, calidad y producción. Se tendrán procedimientos definidos para la prevención de fugas de refrigerante y la resolución de fallas en el sistema, mejorando la efectividad del personal y optimizando los recursos disponibles para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de refrigeración.

1. INTRODUCCIÓN

Con la necesidad de mantener equipos o activos en la máxima disponibilidad y confiabilidad, en las empresas se han implementado diferentes estrategias de mantenimiento. Toda estrategia de mantenimiento adoptada requiere de una gestión que posea una metodología que garantice cumplir con los requisitos y características que guían a la empresa en temas de calidad, seguridad y producción.

En la actualidad se siguen utilizando estrategias de mantenimiento basadas en acciones correctivas debido a distintas circunstancias. En la industria de la refrigeración no es posible utilizar este tipo de estrategias de mantenimiento debido a que la refrigeración se suele utilizar para aplicaciones de productos perecederos o cuerpos que necesitan permanecer a determinados valores de temperatura y humedad para su conservación y un cambio en alguno de estos parámetros afectará la integridad de los productos que se refrigeran. Es por ello que en la refrigeración se implementan estrategias preventivas basadas en condición, predictivas, entre otras o mezclas de diferentes técnicas para lograr la máxima disponibilidad y confiabilidad de los sistemas.

Para la realización de la presente investigación, se estudiarán las actividades de mantenimiento que se realizan a 12 sistemas de refrigeración tipo supermercado que la empresa SERPRORE tiene a su cargo, Se realizará una evaluación de la efectividad de la gestión actual y se propondrá una gestión de mantenimiento preventiva que cumpla con los objetivos del departamento de mantenimiento.

El presente trabajo es una innovación que consiste en la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo con enfoque en la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración comercial tipo supermercado. La propuesta se considera como una innovación debido a que la gestión de mantenimiento se enfoca en la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos.

El problema a resolver es el no poder prevenir fugas de refrigerante en los circuitos de refrigeración. Es un problema debido a que la gestión de mantenimiento de la empresa no posee una metodología eficaz para prevenir la pérdida de refrigerante en los sistemas multicircuitos, lo que conlleva a una disminución en la eficiencia del sistema y afecta la calidad del servicio prestado por el mismo, generando pérdidas económicas en producto, reparación, refrigerante y contaminación del medio ambiente por el refrigerante perdido hacia la atmósfera.

Con la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento con enfoque en la prevención de fugas de refrigerante se obtendrá una herramienta que de ser implementada garantizará cumplir con los requisitos y características específicas que guían a la empresa en temas como seguridad, calidad y producción. Se tendrán procedimientos definidos para la prevención de fugas de refrigerante y la resolución de fallas en el sistema, mejorando la efectividad del personal y optimizando los recursos disponibles para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de refrigeración.

Se dará una propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración tipo supermercado. Para lograrlo se pretende realizarla en cuatro fases que comprenden la revisión documental de los procedimientos básicos de

mantenimiento preventivo realizados a los sistemas de refrigeración comercial tipo supermercado, el análisis de criticidad de los equipos, dispositivos y elementos que componen los sistemas multicircuitos de refrigeración que puedan causar fugas de refrigerante en el sistema, establecer procedimientos básicos necesarios para la prevención de fugas de refrigerante en los sistemas de refrigeración y finalmente crear un plan de monitoreo e inspección de los puntos de posibles fugas en los circuitos de refrigeración. Se considera factible la investigación ya que es solamente la propuesta de una gestión de mantenimiento y no requiere de una gran inversión.

El informe final se divide en capítulos. En el capítulo I marco teórico, se realizará la revisión documental sobre los antecedentes del problema, procedimientos de mantenimiento, descripción de los sistemas de refrigeración comercial tipo supermercado, métodos de prevención de fugas, determinación de criticidad de equipos, los procedimientos básicos de una gestión de mantenimiento para poder adquirir el conocimiento necesario, creación de un plan de monitoreo e inspección de los puntos posibles de fuga de refrigerante y proponer el sistema de gestión de mantenimiento que se adecue de mejor manera a lo que se pretende.

En el capítulo II, se hará el desarrollo de la investigación.

En el capítulo III, se hará el análisis y la presentación de resultados.

En el capítulo IV, se hará la discusión de resultados.

Por último, se presentan las conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

2. ANTECEDENTES

Pérez, O. (2012) realizó una investigación sobre las actividades de supervisión en las tareas de mantenimiento de un frigorífico, con enfoque en el análisis de riesgos y puntos críticos de control. El aporte metodológico de esta investigación a la propuesta es que él propone procedimientos para poder detectar fugas de refrigerante, para mejorarla y utilizar de complemento para los procedimientos que se desean proponer en esta investigación para la prevención de fugas de refrigerante. El resultado de su investigación es un documento bibliográfico que especifica el funcionamiento de los sistemas de refrigeración, sus componentes más expuestos al daño y cada elemento que lo compone. Los métodos y herramientas utilizados en su investigación fueron de asesoría y entrevistas a personal de la planta que laboraba en la empresa debido a su conocimiento sobre el tema.

Martínez, C. (2018) realizó una investigación que trata de un plan de mantenimiento con el objetivo de minimizar fugas de gas refrigerante en circuitos de refrigeración por compresión. El aporte metodológico de esta investigación a la propuesta resultado de esta investigación es el análisis de datos mediante herramientas estadísticas para la determinación de fugas de gas refrigerante, medición de las causas de mayor impacto que generan fugas de refrigerante en los sistemas y la generación de un plan de mantenimiento enfocado en reducir de fugas de gas refrigerante en equipos de refrigeración. El resultado de su investigación es que mediante la implementación de su programa de mantenimiento preventivos logró prevenir las fugas de refrigerante más comunes, si no también logró generar un ahorro económico para la empresa donde ambos aspectos obedecen a la misión y la visión de la misma. Los métodos y

herramientas utilizados en su investigación fueron la toma de datos y crear un historial para su posterior análisis mediante el uso del diagrama de Pareto y el de Ishikawa para determinar la causa raíz de las fugas de refrigerante.

Rendon, A. (2014) realizó una investigación sobre las actividades de mantenimiento en sistemas de refrigeración de cuartos fríos. El aporte metodológico de esta investigación a la propuesta es la elaboración de un manual que abarque a los sistemas de refrigeración, equipos y los elementos electrónicos de control, cumpliendo con normativos y los aspectos teóricos con el fin de capacitar al personal que realiza las distintas tareas de mantenimiento a estos sistemas. El resultado de su investigación es un manual de refrigeración utilizado para la capacitación del personal que manipula y realiza las distintas actividades de mantenimiento a los circuitos. En su investigación los métodos y herramientas utilizados fueron la elaboración de un banco de preguntas para medir el conocimiento sobre la temática del mantenimiento a sistemas de refrigeración con la finalidad de capacitar al personal involucrado en el mantenimiento de los circuitos de refrigeración.

Tacca, R. (2018) realizó una investigación sobre la mejora del mantenimiento preventivo en sistemas de refrigeración con el fin de reducir los costos de operación. El aporte metodológico de esta investigación a la propuesta es la mejora del mantenimiento preventivo en equipos de refrigeración para la reducción de costos operativos de la empresa en estudio. El resultado de la investigación es la mejora del plan de mantenimiento con la introducción de métodos para el control de herramientas y control de desembolsos. La investigación se desarrolló bajo una investigación pre-experimental aplicando una filosofía de cambio del mantenimiento preventivo. En la investigación los métodos y herramientas utilizados fueron la observación y recolección de registros, en *check list* de inspecciones diarias, *check list* de inspecciones

semanales y órdenes de trabajo que luego fueron analizados mediante tablas y gráficos.

Vilariño, C. y Rodrigo, J. (2007) realizaron una investigación sobre lo esencial para la gestión estratégica. Esta investigación plantea que para los intereses de toda empresa es importante tener conocimiento de donde radica su ventaja potencial aun estando presentes las restricciones del mercado, con la consideración de que la estrategia básica de la organización es necesaria para adquirir una ventaja competitiva. El aporte metodológico de esta investigación a la propuesta es que se señala que lo importante radica en las mejoras internas de la empresa, que es donde se da la interacción entre procesos y se consigue un efecto en conjunto para mejorar la competitividad de la organización, resultado de un previo diagnóstico de la gestión. Como resultado de la investigación ellos proponen lo siguiente: todo proceso debe ser asumido dialécticamente, es por ello que a partir del conocimiento de hacia dónde se quiere conducir la organización en su viaje al próximo futuro, debe ser concebido con las condicionantes de una prospección y previsión, análisis de los escenarios y revisión de las políticas junto al resultados de un buen análisis estratégico. En su investigación los métodos y herramientas utilizados fueron análisis de datos y síntesis para crear tendencias de las insuficiencias en la investigación de campo y método histórico lógico para establecer el desempeño de las empresas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se describen aspectos del problema de no poder prevenir fugas de refrigerante en los sistemas multicircuitos de refrigeración tipo supermercado.

3.1. Descripción general

La empresa SERPRORE presta el servicio de mantenimiento de sistemas de refrigeración para aplicaciones, industriales, comerciales, acondicionamiento de aire y proyectos de refrigeración por más de 25 años. Dentro de los sistemas comerciales una fuente de ingreso importante hacia la empresa son los sistemas tipo supermercado en rack de compresores semiherméticos. Actualmente la empresa presta servicio a 18 tiendas con sistemas de refrigeración tipo supermercado

La competencia en el sector de la refrigeración ha obligado a la empresa a ir ajustando los costos de mantenimiento para estas tiendas. Para el año 2021 la empresa realiza sus actividades de mantenimiento llevando registros de mantenimiento, estos registros no son evaluados y analizados para medir el rendimiento del departamento de mantenimiento y en el caso de fallas por fugas de refrigerante en los sistemas de refrigeración las acciones son puramente correctivas y no preventivas.

La gestión de mantenimiento de la empresa no cuenta con una metodología adecuada para prevenir la pérdida de refrigerante en los sistemas multicircuitos, lo que conlleva a una disminución en la eficiencia del sistema y afecta la calidad

del servicio prestado por el mismo, generando pérdidas en producto y contaminación del medio ambiente por el refrigerante perdido hacia la atmósfera.

3.2. Definición del problema

A continuación, se darán los aspectos que darán a conocer y delimitarán el problema a tratar en esta investigación.

3.2.1. Especificación del problema

El no contar con un sistema de gestión de mantenimiento adecuado es lo que no garantiza el correcto funcionamiento de los sistemas de refrigeración con el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, acorde a la misión, visión y los objetivos de la empresa. Al no contar con sistema de gestión de mantenimiento no será posible detectar las deficiencias y debilidades del departamento de mantenimiento, no se podría definir un plan de capacitaciones para el personal que lo integra.

La falta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo que sea capaz de prevenir fallas en los sistemas de refrigeración provoca que se utilice más tiempo de lo debido en acciones correctivas de mantenimiento, que implica tener recursos humanos, económicos y materiales para su realización que no están contemplados en el presupuesto del departamento.

Con la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento con enfoque en la prevención de fugas de refrigerante se obtendrá una herramienta que de ser implementada garantizará cumplir con los requisitos y características específicas que guían a la empresa en temas como seguridad, calidad y

producción. Se tendrán procedimientos definidos para la prevención de fugas de refrigerante y la resolución de fallas en el sistema, mejorando la efectividad del personal y optimizando los recursos disponibles para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de refrigeración.

A pesar del historial de fallas provocadas por bajo nivel de refrigerante en los circuitos no se cuenta con un plan de control y monitoreo de los puntos de posibles fugas, no se tienen indicadores para medir la eficiencia de departamento y el estado de los equipos, lo que implica tener fallas en los sistemas de manera inesperada y los efectos indeseados de estas mismas.

Lo anterior supone que la investigación dará una base práctica para la prevención de fugas de refrigerante y los efectos que esto implica en los sistemas de refrigeración tipo supermercado.

3.2.2. Delimitación del problema

El estudio se pretende realizar en el área mantenimiento de la empresa SERPRORE en el Municipio Mixco, Departamento Guatemala, durante los meses de febrero a agosto del año 2021, por medio de observación y recolección de datos.

3.2.3. Pregunta principal de investigación

¿Cuál es el sistema de gestión de mantenimiento adecuado para prevenir fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración tipo supermercado en la empresa SERPRORE, zona 3, Mixco, Guatemala?

3.2.4. Preguntas complementarias de investigación

- ¿Cuáles son los equipos, elementos, componentes y dispositivos críticos en la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración tipo supermercado?
- ¿Cuáles son las consecuencias de tener fugas de refrigerante en un sistema multicircuitos de refrigeración tipo supermercado?
- ¿Cuál es el plan de monitoreo e inspección de los puntos que pueden generar fugas de refrigerante en los sistemas multicircuitos?

4. JUSTIFICACIÓN

La investigación se fundamenta en la línea de investigación del área administrativa, específicamente en la administración del mantenimiento.

La importancia de realizar esta investigación es poder reducir la cantidad de recursos mal utilizados en atención de llamadas de emergencia provocadas por pérdidas de refrigerante o en su defecto un bajo nivel de refrigerante en los sistemas, reducir el impacto económico y ecológico por el gas refrigerante que se pierda hacia la atmósfera que son gases de efecto invernadero.

La falta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo que posea una metodología capaz de prevenir fallas en los sistemas de refrigeración provoca que se utilice más tiempo de lo debido en acciones correctivas de mantenimiento, que implica tener recursos humanos, económicos y materiales para su realización que no están contemplados en el presupuesto del departamento.

Se espera crear la propuesta de una guía para la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento con enfoque en la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración comercial tipo supermercado.

La investigación será de utilidad para la empresa SERPRORE y las empresas a las que esta le presta sus servicios. Con la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento con enfoque en la prevención de fugas de

refrigerante se obtendrá una herramienta que de ser implementada garantizará cumplir con los requisitos y características específicas que guían a la empresa en temas como seguridad, calidad y producción. Se tendrán procedimientos definidos para la prevención de fugas de refrigerante y la resolución de fallas en el sistema, mejorando la efectividad del personal y optimizando los recursos disponibles para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de refrigeración.

La investigación dará una base práctica para la prevención de fugas de refrigerante y reducción de los efectos que esto implica en los sistemas de refrigeración tipo supermercado.

5. OBJETIVOS

General

Plantear un sistema de gestión de mantenimiento preventivo en sistemas multicircuitos de refrigeración tipo supermercado para la prevención de fugas de refrigerante en la empresa SERPRORE, zona 3, Mixco, Guatemala.

Específicos

- Definir los equipos, elementos, componentes y dispositivos críticos en la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración tipo supermercado.
- Enlistar las consecuencias de tener fugas de refrigerante en un sistema multicircuitos de refrigeración tipo supermercado.
- Generar un plan de monitoreo e inspección de los puntos que pueden generar fugas de refrigerante en los sistemas multicircuitos.

6. NECESIDADES A CUBRIR

La necesidad de realizar esta investigación es la de garantizar el buen funcionamiento de los sistemas de refrigeración debido a que la mayoría de los clientes a los que se presta el servicio de mantenimiento no cuentan con un sistema de back-up en caso de alguna avería grave.

Es necesaria porque los sistemas de refrigeración se consideran como críticos debido a la naturaleza de su función, que es mantener una temperatura adecuada para la preservación de los alimentos y productos almacenados en los equipos y lugares de almacenaje. La necesidad de reducir fugas de refrigerante ya que esto incurre en daños a los componentes del sistema de refrigeración, en pérdidas de producto almacenado, en el costo del refrigerante perdido, en utilizar más de los recursos necesarios para garantizar el buen funcionamiento de los sistemas y la contaminación del medio ambiente.

6.1. Esquema solución

El esquema de la solución del problema consta de cuatro fases:

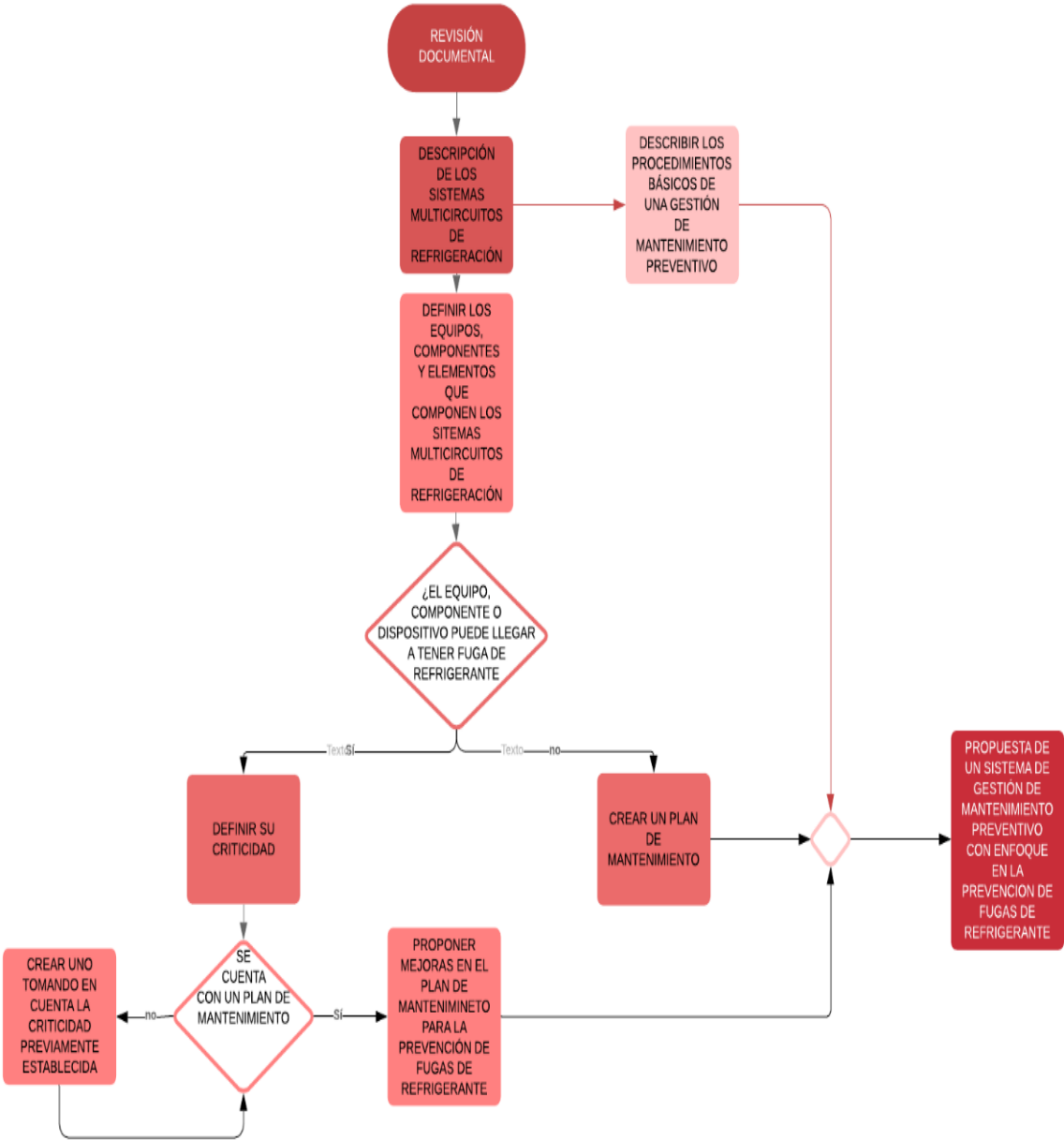
La primera fase es la revisión documental de la gestión del mantenimiento, sistemas de refrigeración y así conocer las características de los sistemas multicircuitos de refrigeración comercial.

La segunda fase será el análisis de criticidad de los equipos, componentes y elementos que componen los sistemas multicircuitos de refrigeración que puedan causar fugas de refrigerante en el sistema.

En la tercera fase se establecerán los procedimientos básicos necesarios para la prevención de fugas de refrigerante en los sistemas de refrigeración con ayuda del análisis de criticidad realizado en la segunda fase.

La cuarta fase será la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo con enfoque en la reducción de fugas de refrigerante a sistemas multicircuitos de refrigeración tipo supermercado.

Figura 1. Esquema de la solución



Fuente: elaboración propia.

6.2. Ubicación del área y lugar de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona 3 del Municipio Mixco, Departamento Guatemala.

Figura 2. Ubicación de área en estudio



Fuente: Google Earth. *Mapa de exploración de Google Earth*. Consultado el 5 de junio de 2021. Recuperado de <https://earth.google.com/web/@14.63737202,-90.58693826,1632.50884526a,127.54601638d,35y,0h,0t,0r>.

6.3. Localización del área o lugar de estudio

El área en estudio se encuentra localizada en la zona 3, Municipio Mixco, Departamento Guatemala, se encuentra a una altura de 1.633 metros sobre el nivel del mar, con una latitud $14^{\circ}38'14''$ norte y una longitud de $90^{\circ}35'13''$ oeste. En la dirección siguiente: 3a. Avenida 13-06, Zona 3 de Mixco, Col. El Rosario.

Figura 3. Localización de área en estudio



Fuente: Google Earth. *Mapa de exploración de Google Earth*. Consultado el 5 de junio de 2021. Recuperado de <https://earth.google.com/web/@14.63737202,-90.58693826,1632.50884526a,127.54601638d,35y,0h,0t,0r>.

7. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo presenta la base teórica en materia de gestión del mantenimiento preventivo y en materia de la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos tipo supermercado.

7.1. Mantenimiento

El mantenimiento puede definirse de distintas maneras, dependiendo del enfoque que se le dé, pretender una definición basada únicamente en uno los aspectos relacionados al mismo como lo pueden ser el económico, social y ambiental sería insuficiente.

Se define como mantenimiento al conjunto de actividades destinadas a la preservación y conservación de las máquinas e instalaciones de una empresa el mayor tiempo posible, buscando una disponibilidad alta y el rendimiento máximo que se pueda obtener de acuerdo al giro de negocio de la misma según García, S. (2010).

Según Rossi (2013) la competitividad de la industria genera la necesidad de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de producción, así como la de obtener la máxima disponibilidad. Esto ha generado una evolución del mantenimiento que inicia con métodos estáticos a métodos dinámicos, con el objetivo de predecir las averías en etapas incipientes e incluso determinar la causa del problema para tratar de erradicarla. En el apartado siguiente se presentarán generalidades del mantenimiento.

7.1.1. Tipos de mantenimiento

A medida que ha ido creciendo la complejidad de los equipos y la demanda de calidad en los productos, entregados bajo normas internacionales y tiempos contratados, el mantenimiento ha evolucionado en dependencia del desarrollo industrial y de las exigencias del mercado según Linares, L. (2012).

Debido a la necesidad de asegurar el buen funcionamiento de los sistemas, el mantenimiento ha evolucionado en diferentes estrategias de mantenimiento, cada una de ellas no mejor que la otra, pero sí complementarias para lograr el fin común de preservar los equipos. Los distintos tipos de mantenimiento se describen en los siguientes apartados, en la norma europea EN 13306: 2017 se establecen dos grupos de clasificación para los tipos de mantenimiento, el mantenimiento correctivo que realizado después de ocurrida la falla y el mantenimiento preventivo que se realiza antes que se presente la falla.

7.1.1.1. Mantenimiento correctivo

En el mantenimiento las acciones se consideran como correctivas cuando se actúa después de que ocurrió la avería en la máquina y esta puede ser de emergencia o de oportunidad, la primera de ellas es indeseable y no puede aplazarse en el tiempo, la otra es cuando se presenta una falla en la máquina, pero esta no afecta el fin principal del sistema y esta se puede aplazar en el tiempo programándola.

Según Linares, L. (2012) en el mantenimiento correctivo se realizan reparaciones efectivas ya que el equipo se encuentra parado, no se requiere de personal altamente capacitado, o se requiere de una gran infraestructura y suele

ser rentable si el equipo se encuentra fuera de producción. Pero si la máquina se encuentra paralizada y debería estar en producción el costo del mantenimiento se eleva y se determina con el tiempo sin producción, por el rendimiento total, por la producción. En la mayoría de ocasiones la efectividad de una reparación se ve afectada, porque se suele preferir la velocidad de la reparación en lugar de la calidad de reparación, por consiguiente, la mala calidad de la intervención crea un círculo de rotura que genera costos elevados de manutención de los sistemas y baja disponibilidad de estos mismos.

García, S. (2010) afirma que no es posible gestionar de manera adecuada un departamento de mantenimiento si no se establece un sistema que permita atender las necesidades del mantenimiento correctivo. De poco sirven los esfuerzos para tratar de evitar averías si cuando estas se producen no se es capaz de darles una solución adecuada. De acuerdo a lo que propone García es necesario ser capaz de darles solución a las fallas cuando estas ocurren y para esto es necesario tener una gestión de mantenimiento adecuada y así poder garantizar la conservación de la finalidad de los equipos.

7.1.1.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se suele realizar con una programación previa de las actividades, para evitar averías en máquinas, daños imprevistos, costos del mantenimiento y tiempos de paro.

Los altos niveles de competitividad en las empresas han provocado la necesidad de implantar un sistema de mantenimiento preventivo que permita aumentar la eficiencia de la producción, el mantenimiento preventivo no es la solución para todos los problemas que se presentan en un proceso de

producción, sino que es una simple organización sistemática de las tareas básicas necesarias para mantener en buen estado las máquinas.

La norma europea EN 13306: 2017 clasifica el mantenimiento planificado, mantenimiento basado en condición y el predictivo entre los mantenimientos realizados previo a que ocurra la avería y que son subclasificaciones del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se puede considerar como:

- Rutinario: intervención menor, ajustes, limpieza y lubricación que puede ser llevada a cabo por el operario y no por personal altamente capacitado.
- Basado en el tiempo: debe ser realizado por el personal de mantenimiento, es realizado de acuerdo a algún contador de horas, kilómetros o por calendario.
- Predictivo: el mantenimiento predictivo es una herramienta del mantenimiento preventivo, este realiza un seguimiento de las variables relacionadas al funcionamiento de las máquinas para predecir posibles fallas y tomar decisiones correctivas en el momento adecuado. Utiliza los ensayos no destructivos para darle seguimiento al funcionamiento de los equipos para detectar signos de advertencia que den indicios del mal funcionamiento que pueda estar presentado un equipo.

Según Olarte, Botero y Cañon (2010) el mantenimiento preventivo es el encargado de detectar daños en los equipos antes de que ocurra una avería y se detenga la producción. Grandes industrias destinan una buena parte del

presupuesto de mantenimiento a las actividades predictivas debido a las grandes pérdidas que se tiene cuando un equipo se avería.

- **Monitoreo de condición:** según Peng, Dong y Zuo (2010) el mantenimiento basado en condición puede definirse como un método utilizado para reducir la incertidumbre de las tareas de mantenimiento con respecto a los requisitos indicados por el estado de la máquina. Existe mucha investigación sobre tecnologías y algoritmos que se consideran como el avance hacia el mantenimiento del pronóstico, estos son necesarios para respaldar las decisiones tomadas.

Las técnicas de monitoreo miden las variables físicas del funcionamiento del equipo para analizarlas y compararlas con un rango de valores normales para evaluar las condiciones de deterioro. El monitoreo de condición trata de identificar fallas mediante tendencias, esto con el estudio de la evolución de las variables o parámetros seleccionados en el tiempo.

- **Proactivo:** la filosofía de mantenimiento proactivo utiliza las mismas técnicas de un programa de monitoreo de condición y se enfoca en las causas de una avería y no en los efectos de la misma, a diferencia del mantenimiento predictivo.

7.2. Gestión del mantenimiento

Según Santoma, E. (2017) la gestión empresarial es una actividad que tiene como propósito el incrementar la productividad y la competencia de una organización, por medio de la planificación, implantación y dominio de tácticas y medidas vinculadas a procedimientos operativos y administrativos. Para lograr el

propósito esencial de mejorar resultados la gestión necesita de una estrategia, cultura, estructura y una ejecución.

Domínguez, P. (2008) indica que es necesario que la misión de una empresa defienda claramente sus objetivos, la preparación del personal que forma parte de la misma para que trabajen con eficiencia, con ayuda de la formación permanente y considera necesaria la existencia de una estructura que permita que las decisiones que se tomen sean las correctas para que conduzcan a acciones adecuadas. Una estructura en la cual la relación del personal que conforma la empresa pueda permitir una respuesta flexible a la demanda de los clientes, que tenga canales de comunicación bien definidos de manera interna en la empresa y externa con su mercado potencial.

La gestión de mantenimiento ayuda a alcanzar una garantía de la continuidad operativa de una empresa, evitando paros en procesos por fallas en los sistemas. Cuando las tareas de mantenimiento se efectúan de una manera eficaz se consigue uno de los aspectos que mayor impacto tienen para alcanzar la competitividad y la operatividad empresarial en el actual marco económico de competencia global.

García, O. (2012) afirma que una escasa complementación del área técnica con la utilización de recursos de gestión estratégica conlleva a una dependencia de los otros departamentos de una empresa como producción, ingeniería, técnico, relaciones industriales y compras. Por esta razón, es necesario tener una gestión que optimice los recursos disponibles y que sea fácilmente integrada a los demás departamentos de la organización.

Se considera gestión de mantenimiento a un proceso en el cual se planean las actividades por medio de procedimientos que poseen una secuencia lógica

con el objetivo de alcanzar la más alta confiabilidad y disponibilidad de las máquinas. A partir de esto, el objetivo ha sido incorporar las nuevas tendencias y técnicas de mantenimiento a los procesos productivos.

García, S. (2010) propone las siguientes cuatro razones del por qué gestionar el mantenimiento; porque la competencia en el mercado obliga a bajar costos, porque han aparecido múltiples técnicas necesarias que hay que analizar, porque los departamentos requieren de estrategias y directrices de acorde a los objetivos de una empresa y la última es porque la seguridad, calidad y las interacciones con el medio ambiente han tomado bastante valor en la gestión empresarial.

7.2.1. Planificación del mantenimiento

Se considera como planificación del mantenimiento al sistema de manejo y análisis de información. Con la información de entrada, genera una visión a futuro y a partir de ello crea una salida plasmada en un plan.

Según Rodríguez, A. (2012) se puede denominar planificación del mantenimiento a las técnicas que, con base a los requerimientos de mantenimiento, proporcionan una ruta de acción con oportunidades para satisfacerlos, determinando los recursos indispensables y estableciendo los métodos para garantizar su disponibilidad. En los siguientes apartados se muestran los aspectos que la planificación del mantenimiento debe cubrir.

7.2.1.1. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento que debe utilizar una organización se puede definir después de haber elaborado el inventario de equipos, su codificación y se ha analizado la técnica de mantenimiento que mejor se adecue a los equipos del universo de sistemas de la empresa según García, S. (2010).

La planeación de mantenimiento permite programar a mediano y largo plazo las tareas de mantenimiento preventivas y predictivas que garantizan que el funcionamiento de los sistemas se mantenga en la calidad deseada. Un plan de mantenimiento idóneo debe garantizar una alta disponibilidad de los sistemas y las partes que los componen, aumentando la fiabilidad, disminuyendo averías imprevistas con la menor utilización de recursos, reduciendo costos, disminuyendo inventarios, menor tiempo de paro de equipos, mejorando la productividad, con ahorro de costos y conservando el medio ambiente. El plan de mantenimiento se puede definir como el grupo de programas de mantenimiento de equipos y máquinas para el universo de equipos comprendidos dentro de una empresa.

Según García, S. (2010) un plan de mantenimiento tiene que ser realizable, si se elabora una lista de tareas enorme y exhaustiva, se agrupan de una manera que no sea práctica o si se intenta documentar cada aspecto de su realización por pequeño que sea, solamente se conseguirá un plan puramente teórico más no práctico que muy probablemente no se realice.

7.2.1.2. Programa de mantenimiento

Según Izquierdo, V. (2019) un programa de mantenimiento comprende la planificación y registro de las tareas de mantenimiento preventivas donde se establecen frecuencia y tiempos para su realización. Un programa de mantenimiento se crea para administrar de manera racional el mantenimiento que se le da a las máquinas, controlar los recursos disponibles del departamento, disponer de datos para poder crear una proyección del presupuesto necesario de mantenimiento y poder crear una planificación del empleo de los recursos.

7.2.1.3. Gestión de repuestos

Gato, M. (2010) indica que la gestión de repuestos implica dos aspectos importantes; la importancia del repuesto y la política a seguir. El objetivo de ambos aspectos es determinar cuándo se debe de enviar una orden para el reaprovisionamiento de los repuestos y en qué cantidad se debe solicitar para cubrir una restricción de servicio, de inventario medio o de coste.

Según García, S. (2010) el consumo de repuestos representa una de los costes más importantes del departamento de mantenimiento. El estricto control de los costes en una empresa ha implementado políticas más agresivas en la reducción del stock. Una planta se ve bastante afectada por un stock de repuesto adecuado.

Para una gestión de repuestos adecuada es necesario considerar las siguientes características: tipo de demanda, periodo de reaprovisionamiento, tasa de mortalidad de los inventarios y los objetivos perseguidos de acorde a la gestión empresarial.

7.2.1.4. Recursos físicos

Los recursos físicos en la planificación del mantenimiento son aquellos bienes físicos que la empresa debe tener para llevar a cabo sus actividades diarias y la operación de mantenimiento. Estos pueden variar según el tipo de negocio y pueden incluir maquinaria, edificios, plantas, entre otros. Los recursos físicos tienen diferentes niveles de mantenibilidad y esta gestión debe someter estos mismos a mantenimiento.

7.2.1.5. Recursos financieros

En la gestión de mantenimiento es necesario definir como la empresa financiará las operaciones de mantenimiento, definiendo la fuente de estos mismos y su disponibilidad. Son de suma importancia porque representan los parámetros para establecer las estrategias de mantenimiento a adoptar. Para administrar este recurso se necesita analizar la vida útil de las máquinas. Una adecuada gestión de mantenimiento debe incluir en ella la capacitación de los colaboradores que pertenezcan al departamento de mantenimiento y a los que se relacionan con este departamento.

7.2.1.6. Gestión de recursos humanos en mantenimiento

Para llevar una buena gestión de recursos humanos en mantenimiento hay que considerar si se tiene la cantidad de personal necesaria, si el personal tiene la formación adecuada para el puesto que desempeña, si se organiza el personal de manera adecuada y si el personal tiene el rendimiento adecuado según García, S. (2010).

Besseyre (1989); Cantera (1997) y Pérez (1999) mencionan que las políticas de gestión de recursos humanos en las empresas deben adoptar un enfoque basado en la adquisición, estímulo y desarrollo de competencias del personal.

7.2.1.7. Calidad de mantenimiento

La calidad se considera como las expectativas que se tienen del resultado final del servicio que presta una máquina, en el caso de la calidad del mantenimiento. La calidad de mantenimiento pretende lograr que las tareas y actividades de mantenimiento cumplan con la función de mantener los equipos en óptimas condiciones para alcanzar las expectativas del servicio que presta la misma.

Según García, S. (2010) la calidad en mantenimiento es máxima disponibilidad al mínimo coste, esto implica optimización de recursos tanto insumo, económicos y humanos. La calidad aplicada al mantenimiento se refiere a los métodos de ejecución, que son como los procedimientos y su documentación.

7.2.1.8. Gestión de la prevención de riesgos laborales

Moreno, F. y Godoy, E. (2012) afirman que el estudio de la gestión de riesgo ha sido un tema de gran relevancia desde la primera década del siglo XXI, los cambios en las organizaciones han provocado que los especialistas de la gerencia de recursos humanos le den un mayor interés a este campo el cual era reservado estrictamente a ingeniería industrial, seguridad industrial, protección civil, cuerpos de bomberos y otras dedicadas a los aspectos técnicos, que son

necesarios incluirlos en los procesos generales de la gerencia de una organización.

7.2.1.9. Gestión de la información

Según Quiroga, L. (2002) algunas organizaciones no son capaces de considerar a la información como un medio, un valor, activo o un recurso al igual que cualquier otro. La información vista como un recurso tiene propiedades que lo hacen diferente o similar a otro, es decir, que tiene un costo, es necesario el control de estos, posee valores, puede ser analizado y tiene un tiempo de vida.

7.2.1.10. Gestión del cambio

En la gestión del cambio hay que tomar en cuenta las siguientes interrogantes: ¿Por qué se quiere cambiar?, ¿Hacia dónde se quiere cambiar? Y ¿Cómo será el proceso del cambio? según García, S. (2010).

Rodríguez, A. (2012) indica que en la planificación de las tareas de mantenimiento se deben de dar los siguientes 8 pasos:

Detectar la oportunidad: es necesario detectar las oportunidades internas y externas, representan el inicio de la planeación, aunque esta se realice después de la planeación.

Establecimiento de objetivos: radica en establecer las metas a corto plazo, medio plazo o a largo plazo del departamento acordes a las políticas de la organización. En el departamento de mantenimiento los objetivos no son un destino de la gestión sino un punto fijado para facilitar el alcance de las metas de

una empresa y estos determinan el camino que el departamento de mantenimiento deberá seguir según García, S. (2010).

Considerar las bases de la planeación: se debe establecer, obtener consenso y difundir lo que se considera como bases de la planeación que son las políticas básicas, pronósticos y planes existentes.

Identificación de alternativas: consiste en definir y evaluar las alternativas de ejecución, incluso las que no son del todo evidentes. Siempre deben existir alternativas razonables en un plan.

Comparar las alternativas respecto a los objetivos deseados: después de buscar y examinar las alternativas es necesario evaluarlas contra las metas establecidas previamente. Para tomar las decisiones más adecuadas es necesario tener bien establecidas las premisas de planeación que son las que indican hacia donde se deben enfocar las alternativas y bajo qué condiciones.

Definir la alternativa a elegir: suele ocurrir que dos alternativas de acción sean convenientes para una empresa con una gestión de mantenimiento.

Creación de planes de soporte: cuando es necesario tomar decisiones no siempre se dispone de una completa planeación, es por eso que se requiere de elaborar planes alternativos que respalden la planeación básica.

Creación del presupuesto para definir de manera numérica el plan de mantenimiento: el paso final luego de definir los planes y la toma de decisiones es necesario asignar un presupuesto que deberá corresponder a la cantidad que

logre satisfacer las necesidades y las metas definidas del departamento de mantenimiento.

7.2.2. Organizar el mantenimiento

Se debe organizar el mantenimiento de una manera que este logre garantizar la disponibilidad de las máquinas utilizando de una manera eficiente los recursos del departamento.

Rodríguez, A. (2012) indica que según diversos autores es fundamental que, en el departamento de mantenimiento se analice su organigrama y la estructura de este mismo. Con ello se establece la jerarquía que posee el departamento de mantenimiento con respecto a la empresa y es necesaria que personas profesionales lideren cada uno de los departamentos y sub áreas que comprenden a la empresa.

Se considera como un sistema a la organización del mantenimiento que está diseñado para que los recursos económicos, humanos, de información, técnicos y otros logren determinados fines de una manera ordenada y coordinada.

Generalmente en el organigrama de una empresa suele aparecer en la misma posición jerárquica el departamento de mantenimiento o sus subdivisiones con respecto a otros departamentos principales o subordinado a una de ellas como puede ser el departamento de ingeniería o de producción.

7.2.2.1. Organigrama

Un organigrama es la representación gráfica de la estructura orgánica de una empresa, que de una manera esquemática refleja la posición de las áreas que la integran y sus niveles jerárquicos según Thompson, I. (2009). Estos se pueden clasificar por su objetivo ya sean estructurales o funcionales, por el área si son generales o departamentales y por su conocimiento si son esquemáticos o analíticos.

Según Pérez, M. (2016) el organigrama permite examinar la organización existente y detectar los posibles fallos en la asignación de funciones, también representa una cara al exterior, ya que tanto clientes como instituciones pueden conocer las interacciones dentro de la organización desde el punto de vista de su organización.

7.2.3. Ejecución del mantenimiento

Las actividades de mantenimiento generalmente se realizan por medios propios, tercerización o de una manera mixta que suele ser la más utilizada en las empresas, esta última suele utilizarse cuando se requieren de tareas muy específicas o que requieren de un conocimiento más elevado. Para esta investigación se tomará como una ejecución mixta ya que es una organización que presta servicios de mantenimiento donde se adquiere el mantenimiento únicamente de los elementos mecánicos más no de los dispositivos electrónicos.

7.2.4. Control de mantenimiento

Según Rodríguez, A. (2012) el control de mantenimiento es donde se tiene el mayor grado de interrelación entre las funciones de la dirección y el objetivo del mantenimiento. Se debe evaluar si las actividades de mantenimiento en un momento determinado coinciden con lo planificado, para poder efectuar las correcciones necesarias para apegarse a lo previsto.

Para que un sistema de control se ejecute de manera correcta es necesario partir del objetivo y después de ello definir los equipos a ser monitoreados, los puntos, las técnicas, la estrategia de control, los instrumentos y la manera de realizarlo según Rodríguez, A. (2012).

7.2.4.1. Indicadores de la gestión del mantenimiento

Según Zambrano, Prieto y Castillo (2015) los indicadores de mantenimiento tienen la finalidad de comprobar que las tareas de mantenimiento se estén realizando de la manera esperada, la toma de datos se utiliza para establecer un control y verificar que el mantenimiento cumple con los requerimientos previamente establecidos para saber si la estrategia de mantenimiento adoptada es la más adecuada.

Un indicador es un parámetro que permite determinar si se está cumpliendo la misión, visión y objetivos que forman parte de la planeación estratégica de las empresas. A continuación, se enlistan los indicadores básicos utilizados para administrar el mantenimiento.

Calidad del servicio: según Clemenza, B. (2010) los indicadores de calidad de servicio se utilizan para reconocer la percepción de los clientes internos y externos sobre la gestión que se lleva de mantenimiento.

Para poder obtener este parámetro se suele recolectar la información mediante entrevistas o encuestas al cliente interno y externo del área de mantenimiento, considerando al personal que necesite del mantenimiento tanto como el consumidor final como las otras áreas que conforman a la empresa y se interrelacionan con el área de mantenimiento.

Disponibilidad: Duffua, Raouf y Campbell (2010) definen la disponibilidad como la capacidad que posee un equipo, máquina o sistema para llevar a cabo una tarea en una cantidad de tiempo específico en un momento específico con los requerimientos previamente establecidos. Esta se puede determinar con la siguiente expresión:

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPDR}$$

donde:

D = Disponibilidad

TPDR = Tiempo medio de reparación

TPEF = Tiempo medio entre fallas

Confiabilidad: Zambrano *et al.* (2015) indican que la confiabilidad de un equipo, es directamente proporcional a las buenas prácticas de mantenimiento y su diseño adecuado para satisfacer las necesidades del departamento de producción, es decir, que para tener una alta confiabilidad el mantenimiento se debe diseñar de acuerdo al plan de producción o en su defecto a la calidad deseada del servicio prestado por el equipo o máquina.

La confiabilidad se puede determinar con la siguiente expresión.

$$TPEF = \frac{\text{Horas totales de servicio}}{\text{Cantidad de fallas reportadas}}$$

Donde:

Rf= Número de fallos / Total de horas en servicio.

Ps= 1-Rf

Costos: Duffua *et al.* (2010) sugieren que los costos deben estar incluidos en las órdenes de trabajo y que estos deben evidenciar un resumen mensual de los costos de las actividades de mantenimiento.

En general se podría decir que son los indicadores más requeridos para su análisis a nivel gerencial porque son los que dan una pauta de la eficiencia de la utilización del recurso económico de la empresa. A continuación, se presentan los indicadores de costos más comunes a emplear en la gestión del mantenimiento.

- Indicador de costo total del mantenimiento, se puede determinar con la siguiente expresión:

$$\text{Costo de mantenimiento} = \left(\frac{CTM}{\text{Costo total de sistema de producción}} \right) \times 100$$

- Indicador de costo de mano de obra, obtenido con la siguiente expresión:

$$\text{Costo del personal de mantenimiento} = \left(\frac{\text{Costo del personal de mantenimiento}}{CTM} \right) \times 100$$

- Indicador del costo de actividades correctivas, determinado con la siguiente expresión:

$$\text{Mantenimiento correctivo} = \left(\frac{\text{Costo del mantenimiento correctivo}}{CTM} \right) \times 100$$

- Costo de repuestos y materiales, se determina con la siguiente expresión:

$$\text{Costo de materiales y repuestos} = \left(\frac{\text{Costo de materiales y repuestos}}{CTM} \right)$$

- Indicador del costo promedio de órdenes de trabajo, se determina con la siguiente expresión:

$$\text{Costo promedio de ordenes de trabajo} = \frac{\text{Costo total de OT}}{\text{Número total de OT}}$$

7.3. Refrigeración

Según Hernández, E. (2009) la refrigeración es la rama de la ciencia que estudia la reducción y el mantenimiento de una baja temperatura con respecto a su entorno, un lugar o un producto.

7.3.1. Sistemas de refrigeración

Según Bonilla, Castelo, Orozco y Jácome (2018) los sistemas de refrigeración pueden ser por absorción o por compresión. Los sistemas por compresión son los más utilizados y el sistema por absorción se utiliza únicamente cuando existe una fuente de calor excedente o barata como lo es la trigeneración.

7.3.1.1. Refrigeración por compresión

Según Dhakane y Joshi (2014) los ciclos básicos de refrigeración por compresión consisten de cuatro procesos térmicos principales; compresión, condensación, expansión y evaporación. Los equipos de refrigeración por compresión son los sistemas más utilizados y cada sistema emplea como mínimo un compresor.

Los circuitos de refrigeración por compresión tienen como parte básica del sistema el compresor; que está diseñado para comprimir el gas refrigerante hasta que este alcanza la temperatura de condensación. El condensador es el encargado de bajar la temperatura del gas refrigerante comprimido y llevarlo del estado gaseoso a estado líquido. El evaporador es el elemento encargado de extraer el calor del medio a refrigerar. Los dispositivos de expansión se utilizan

para expandir el refrigerante desde una alta presión a una baja presión y temperatura respectivamente del refrigerante utilizado.

7.3.1.2. Refrigeración por absorción

Según Bonilla *et al.* (2018) la refrigeración por absorción es un sistema que implica la absorción de una sustancia refrigerante por un medio de transporte, el amoníaco y el agua es el sistema más utilizado en la refrigeración por absorción.

Una forma prometedora de uso del calor residual de los procesos industriales son los circuitos de refrigeración por absorción. Estos circuitos por absorción de agua y amoníaco se utilizan comúnmente para aplicaciones de congelación con temperaturas menores a 0 °C.

7.3.2. Aplicaciones

La refrigeración tiene distintas aplicaciones y estas se pueden clasificar como se muestra a continuación:

7.3.2.1. Refrigeración comercial

Esta aplicación de refrigeración se refiere al mantenimiento, preservación, diseño e instalación de sistemas utilizados en centros comerciales para almacenar productos perecederos a la venta al público. Estos son utilizados para almacenamiento o muestra de productos perecederos, estos pueden ser abiertos con cortinas de frío o cerrados de puertas.

Los refrigerantes utilizados en estos sistemas son de tipo freones y los sistemas de expansión pueden ser electrónicos o sistemas todo/nada. Las instalaciones suelen contener compresores del tipo semiherméticos de tornillo o alternativo según las necesidades en cuanto a capacidad de refrigeración, puede haber sistemas de 3 a 6 compresores por central.

7.3.2.2. Refrigeración industrial

La refrigeración industrial abarca aplicaciones de muy baja, baja y mediana temperatura, con circuitos de refrigeración por compresión mecánica. Suelen ser aplicaciones más grandes que las comerciales y requieren de mayor cantidad de equipos o de mayor potencia y con mayor cantidad de elementos de protección para garantizar que el funcionamiento de estos sistemas no se vea afectado.

7.3.2.3. Refrigeración doméstica

La refrigeración doméstica está limitada a congeladores y refrigeradores domésticos, estos representan una gran parte de la fabricación de equipos de refrigeración debido a que están relacionados al uso habitual diario en la vida del ser humano.

Los compresores de estos equipos son de tipo hermético de pistones o rotativos, la evaporación y condensación se realizan por gravedad en la parte trasera de los refrigeradores o congeladores, se realiza la expansión directa mediante tubo capilar. Las capacidades de estos equipos no suelen ser mayores a 2CV.

7.3.2.4. Acondicionamiento de aire para producir confort

Estos sistemas tienen como finalidad el acondicionar aire en un área o recinto. En estos sistemas se involucra no solo el control y monitoreo de la temperatura, sino que también de humedad, limpieza y flujo del aire.

Los sistemas de refrigeración más utilizados de este tipo son los VRV, con compresores de tipo scroll de etapas y capacidad fijas.

7.3.2.5. Aire acondicionado industrial para procesos

Los sistemas de aire acondicionado industrial son transferencias térmicas mezcladas con humidificación o deshumidificación, de distintas formas, dimensiones, temperaturas, condiciones de operación y diseños. Entre algunas de sus aplicaciones se encuentran los secaderos de productos como jamones, pieles, pescado, enfriamiento de agua de procesos térmicos, enfriamiento de plásticos de inyección, etc.

7.3.3. Sistemas multicircuitos

Los sistemas de refrigeración multicircuitos están compuestos por grupos de compresión en un rack o bancada con condensadores externos comunes a los distintos circuitos, los condensadores se dividen internamente en circuitos dependiendo de la cantidad de sistemas de compresión que existan en la instalación.

7.3.4. Refrigerantes

Según Plazas, J. (2012) se define como refrigerante a aquella sustancia que actúa como elemento de absorción de calor para poder reducir la temperatura de otro objeto. El refrigerante es el medio de transporte de calor al evaporarse, a baja presión y temperatura y luego desprende este mismo cuando el refrigerante se condensa a presión y temperatura alta.

Según Puebla, J. (2005) los refrigerantes son fluidos de transporte que conducen la energía calorífica desde un nivel a baja temperatura, evaporador, al nivel a alta temperatura, condensador, donde pueden ceder su calor.

Se han desarrollado refrigerantes que permiten efectuar una selección adecuada para alguna aplicación específica. Los factores a tomar en cuenta para la correcta elección de un gas refrigerante son: las propiedades termodinámicas, física y químicas, capacidad requerida por el sistema, tipo de compresor y la temperatura deseada.

7.3.4.1. Tipos de refrigerantes

A continuación, se presenta la clasificación de los refrigerantes.

- Refrigerantes orgánicos puros

Los refrigerantes utilizados a partir del año 2010 son hidrocarburos, la clasificación de estos según Miranda y Rodríguez (2010) es:

CFC: Clorofluorocarbonado totalmente halogenado, no contiene hidrógeno en su molécula química y por lo tanto es muy estable. Su fabricación está prohibida desde el año 1995.

HFC: Es un Fluorocarbono sin cloro con átomos de hidrógeno sin potencial destructor del ozono debido a que no contiene cloro.

HC: Hidrocarburos no Halogenados, compuesto por hidrógeno y carbono, su principal inconveniente es su inflamabilidad, pero poseen buen comportamiento medioambiental.

- Mezclas zeotrópicas

Mezcla de refrigerantes puros con distinta volatilidad. Cuando estos se evaporan o condensan en un circuito de refrigeración estos modifican su temperatura de saturación y cambian de composición.

Estos refrigerantes son transitorios, se desarrollaron para sustituir a los refrigerantes HCFC's, como el R12, R22 y el R502.

- Mezclas Azeotrópicas

Son mezclas de dos o más componentes de diferente volatilidad. Al ser utilizadas en un circuito de refrigeración a diferencia de las mezclas zeotropicas estas se condensan a presión constante y no cambian de composición.

Un aspecto negativo de la utilización de las mezclas azeotrópicas es que modifica su composición al estar en contacto con otra mezcla, es decir, si existiera una fuga de este refrigerante el refrigerante en el sistema ya no serviría por tener alterada su composición. Estas mezclas surgieron como alternativas para los HCFC's.

7.4. Criticidad

El análisis de criticidad se utiliza para tomar decisiones que sean efectivas y acertadas para direccionar esfuerzos y recursos para garantizar la confiabilidad de las máquinas, por medio de establecer jerarquías o aspectos críticos de los procesos, máquinas y sistemas.

Según Aguilar, Torres y Magaña (2010) la planeación del mantenimiento ha cambiado a fin de incorporar aspectos de riesgo y confiabilidad. Por tal razón se han utilizado estrategias para el análisis fallas y efectos de criticidad, con el objetivo de definir la tarea de mantenimiento que más se adecúe al modo de falla que represente un mayor riesgo en la producción.

La criticidad es la característica de un sistema, que representa el impacto que tiene una falla en cuanto a producción, ambiente y seguridad en el proceso al cual pertenece. Dicha característica puede ser catalogada como alta, media o baja en los costos de mantenimiento, reparación y confiabilidad según Castillo, Brito y Fraga (2009).

El análisis se debe realizar definiendo un alcance y un propósito para el mismo, estableciendo criterios de importancia y seleccionando un método para jerarquizar los componentes del sistema de estudio.

Los criterios básicos a considerar para poder establecer la jerarquía deben ser seguridad, ambiente, producción, costo de mantenimiento y operaciones, frecuencia de falla, tiempo medio de reparación y otros indicadores que puedan ayudar a realizar una adecuada evaluación de criticidad para así poder garantizar la calidad de las actividades o procedimientos de mantenimiento seleccionados según la evaluación previa de criticidad.

Según Castillo *et al.* (2009) para poder definir la criticidad de un sistema o de las partes que componen un sistema es necesario aplicar un criterio determinístico que permita transformar las características cualitativas a un valor numérico para clasificar los componentes o sistemas objetivamente en relación a los demás. Los análisis de criticidad se suelen realizar cuando se tiene que establecer prioridades en aplicaciones complejas, en la administración de escasos recursos, para crear mejoras y determinar el impacto que estos tienen en una organización.

7.5. Fugas de refrigerante

Según Embraco (2015) los técnicos de refrigeración encuentran fugas de refrigerante, y este es un problema que debe ser evitado, no solo por los perjuicios económicos que estas provocan, sino que también por los daños ambientales.

Con el aumento del costo de refrigerantes la detección, reducción y prevención de fugas de gas refrigerante se han convertido en prácticas de gran necesidad para supermercados, plantas de procesamiento de alimentos, instalaciones de almacenamiento en frío, plantas de refrigeración e instalaciones de aire acondicionado de gran dimensión según Ayres, J. (2020).

Para ello es necesario llevar una gestión del refrigerante que contemple la detección de fugas del mismo y el seguimiento de su estado o nivel. Una gestión que tenga la finalidad de detectar pequeñas fugas de refrigerante con un alto potencial de avería o falla en los sistemas de refrigeración.

7.5.1. Causas

Martínez, C. (2018) en su investigación llega a la conclusión por medio de la toma de datos y análisis de causa raíz para determinar que las principales causas que provocan fugas de refrigerante en los circuitos por compresión son un mantenimiento insuficiente y capacitación inadecuada de las personas involucradas en el mantenimiento.

Según Ayres, J. (2020) las fugas de gas refrigerante suelen ocurrir en los dispositivos donde se dan cambios de presión, temperatura o que existe vibración como lo pueden ser las juntas de tubería, reducciones, válvulas y compresores. Las fugas de refrigerante a menudo suelen ser causadas por malas prácticas de mantenimiento o una instalación deficiente en la que se ven afectados los puntos o mecanismos en los que existe un cambio de presión, temperatura o vibración.

Los dispositivos o partes de un circuito de refrigeración que no se encuentren aislados de una manera adecuada también son puntos posibles de fugas de refrigerante, en ocasiones estas son provocadas por daños no intencionados de un usuario o tercero.

Con la experiencia adquirida en el campo de la refrigeración, se puede decir que gran porcentaje de las fugas de refrigerante se deben a una pequeña fuga

de gas refrigerante que ha existido por un largo período y que por lo general no son fáciles de detectar.

Ayres, J. (2020) menciona que, en un estudio en el que se analizan millones de eventos de fugas de refrigerante, se determinó que las fugas de refrigerante tienden a ser progresivas en las uniones mecánicas y que comienzan en cantidades insignificantes hasta ser fugas con alto potencial de provocar averías en los circuitos. Las fugas son ocasionadas a menudo por el envejecimiento de los sistemas y suele ser por fallas en los sellos o en las juntas mecánicas. Existen casos en los que los cambios de presión, temperatura o las vibraciones en los sistemas de refrigeración provocan que las fugas de refrigerante aparezcan y desaparezcan, provocando así mayor complejidad y demora para su detección.

7.5.2. Efectos

Los efectos ambientales provocados por el gas refrigerante liberado a la atmósfera de una manera no deseada, es que estos crean un desequilibrio provocando daños en la capa de ozono, teniendo como consecuencia, el derretimiento de polos y calentamiento global afectando a distintos ecosistemas.

Según Orozco, C. (2008) la contaminación atmosférica es la impurificación de la atmósfera por permanencia temporal de materia gaseosa, líquida, sólida o radiaciones de una composición no natural en ella.

El impacto económico de tener fugas de gas refrigerante en los sistemas comprende tanto los recursos necesarios para solucionar la avería o falla, como la reposición del refrigerante al circuito para que este vuelva a operar en óptimas condiciones o en condiciones estables después de reparar la fuga.

Según Ayres, J. (2020) ha aumentado el costo de los refrigerantes HFC de un 275 a un 700 % desde el año 2017 al 2020. Los compuestos más antiguos con alto GWP se han ido desplazando de manera gradual a favor de refrigerantes más recientes con un GWP menor, pero de un costo más alto.

Con el incremento de los precios de refrigerante se ha ido adquiriendo la política de detección y control de fugas de refrigerantes, los sistemas de refrigeración modernos cuentan con dispositivos de detección de fugas de refrigerantes, por ello es necesaria la implementación de una gestión para el refrigerante de los sistemas.

Con la tendencia de aumento del precio de los refrigerantes es más costosa la reposición del refrigerante que la mano de obra del técnico para la localización y reparación de fugas. También se afecta a los costos de inventario, se crea un aumento de utilización de servicio público, daños en los sistemas y sobre esfuerzo de las máquinas.

7.5.3. Procedimientos para el control y detección

AEFYT Asociación de empresas de frío y sus tecnologías (2015) propone el siguiente diagrama que contiene seis pasos para el control de fugas de refrigerante con arreglo al Reglamento (UE) No 517/2014.

Figura 4. Seis pasos para el control de fugas de refrigerante



Fuente: AEFYT (2015). *Control estándar de fugas con arreglo al reglamento (CE) no.1516/2007*

EMBRACO (2015) propone que el mantenimiento constante ayuda a prevenir el problema o a identificarlo en su inicio y enlista que los principales síntomas de que se tienen fugas de refrigerante en los circuitos son:

- Pérdida de rendimiento del sistema, con compresor funcionando.
- Humedad en los compresores.

- Aceite en las cercanías de una válvula de acceso, una conexión y demás dispositivos.

La verificación se debe hacer detenidamente en las áreas o dispositivos donde las fugas de refrigerante ocurren con mayor frecuencia:

- Sellos.
- Acoples o secciones de tubo a lo largo de la instalación.
- Secciones soldadas (ocasionadas por soldaduras defectuosas o por el uso de un material de aporte inadecuado durante el proceso de soldadura de la tubería).
- En las vueltas de la tubería o desviaciones del trayecto (el espesor de las paredes de los codos en el área del pliegue suele ser más delgado en los materiales proporcionados por algunos fabricantes, lo que puede generar pequeñas fisuras o daños cuando el material o equipo es transportado hacia su lugar de utilización).
- Válvulas y dispositivos del sistema donde suelen ocurrir cambios de presión, temperatura y existan vibraciones. Estas suelen ser manipuladas constantemente para acciones correctivas o mantenimientos rutinarios.
- En el caso de los sistemas multicircuitos los puntos más críticos suelen estar en el área de compresores debido a las vibraciones producidas por los mismos.

Según EMBRACO (2015) para constatar fugas de refrigerante, los métodos más utilizados son las pruebas por inmersión o con burbujas de jabón y el uso de detectores electrónicos.

Ayres, J. (2020) menciona que los sistemas modernos incluyen dispositivos que emiten alertas mediante los parámetros obtenidos con el monitoreo continuo. Con los softwares más recientes se pueden determinar patrones mediante la lectura de parámetros para determinar cuál puede ser el dispositivo que provoca la fuga de refrigerante en los sistemas.

Con la obtención de estos patrones se alcanza una mejora de eficiencia energética y la efectividad de los sistemas de refrigeración, donde el índice de fugas es una advertencia inicial para un mayor control de refrigerante y en la cual la eficiencia de los sistemas de gestión del refrigerante es definida por el índice de fugas del refrigerante. Esto con el objetivo de reducir la tasa de fuga de refrigerante en los sistemas.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Mantenimiento

1.1.1. Tipos de mantenimiento

1.1.1.1. Mantenimiento correctivo

1.1.1.2. Mantenimiento preventivo

1.2. Gestión del mantenimiento

1.2.1. Planificación del mantenimiento

1.2.1.1. Plan de mantenimiento

1.2.1.2. Programa de mantenimiento

1.2.1.3. Gestión de repuestos

1.2.1.4. Recursos físicos

1.2.1.5. Recursos financieros

1.2.1.6. Gestión de recursos humanos en
mantenimiento

1.2.1.7. Calidad de mantenimiento

- 1.2.1.8. Gestión de la prevención de riesgos laborales
 - 1.2.1.9. Gestión de la información
 - 1.2.1.10. Gestión del cambio
 - 1.2.2. Organizar el mantenimiento
 - 1.2.2.1. Organigrama
 - 1.2.3. Ejecución del mantenimiento
 - 1.2.4. Control de mantenimiento
 - 1.2.4.1. Indicadores de la gestión del mantenimiento
- 1.3. Refrigeración
 - 1.3.1. Sistemas de refrigeración
 - 1.3.1.1. Refrigeración por compresión
 - 1.3.1.2. Refrigeración por absorción
 - 1.3.2. Aplicaciones
 - 1.3.2.1. Refrigeración comercial
 - 1.3.2.2. Refrigeración industrial
 - 1.3.2.3. Refrigeración doméstica
 - 1.3.2.4. Acondicionamiento de aire para producir confort
 - 1.3.2.5. Aire acondicionado industrial para procesos
 - 1.3.3. Sistemas multicircuitos
 - 1.3.4. Refrigerantes
 - 1.3.4.1. Tipos de refrigerantes
- 1.4. Criticidad
- 1.5. Fugas de refrigerante
 - 1.5.1. Causas
 - 1.5.2. Efectos

1.5.3. Procedimientos para el control y detección

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. MARCO METODOLÓGICO

El enfoque de la investigación es mixto debido a que se cuantificarán los elementos que pueden producir fuga de refrigerante en un sistema de refrigeración, se obtendrán de una muestra de 12 circuitos diferentes y cualitativos porque se realizará la revisión documental necesaria y se definirán procesos.

El diseño de investigación es no experimental porque únicamente se realizará la revisión documental necesaria para proponer procedimientos de una gestión de mantenimiento preventivo con enfoque en la reducción de fugas de refrigerante.

El tipo de estudio es descriptivo porque solamente se describirán los procedimientos necesarios para la prevención de fugas de refrigerante.

El alcance metodológico es descriptivo porque no se realizará alguna implementación y solamente se pretende proponer un sistema de gestión de mantenimiento preventivo.

9.1. Operativización de variables

Las variables a estudiar durante el proceso de esta investigación serán las siguientes con el fin de obtener resultados para el análisis de la investigación. Las definiciones pueden observarse en la Tabla I.

Tabla I. **Operativización de variables**

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Describir los procedimientos básicos de una gestión de mantenimiento preventivo.	Reportes y rutinas de mantenimiento preventivo de los sistemas de refrigeración	Independiente Cualitativo Nominal	Recopilación de información	Fotografías, diagramas, procedimientos, diagramas de flujo	La recopilación de la información se hará en reportes
Definir los equipos, elementos, mecanismos y componentes críticos en la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración	Fotografías, tabla de clasificación de los componentes según su criticidad en la prevención de fugas. Los equipos y componentes que conforman los sistemas multicircuitos de refrigeración.	Independiente Cuantitativo Ordinal	Nivel de refrigerante	Fotografías, generar tablas de clasificación y descripción de los elementos que componen los sistemas multicircuitos de refrigeración	Informe de los componentes y la tabla no. 2 de anexos para la clasificación según la criticidad de los equipos

Continuación tabla I.

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Enlistar las consecuencias de tener fugas de refrigerante en un sistema multicircuitos de refrigeración tipo supermercado	Recursos perdidos a causa de fugas de refrigerante	Dependiente Cuantitativo Nominal	Costos de mano de obra, materiales y productos.	Fotografías, y análisis de causa y efecto, análisis de causa raíz	Listado de las consecuencias de tener fugas de refrigerante o en su defecto bajo nivel de refrigerante
Generar un plan de monitoreo e inspección de los puntos que pueden generar fugas de refrigerante en los sistemas multicircuitos	Nivel de refrigerante en los circuitos de refrigeración tipo supermercado.	Cuantitativa Nominal	Nivel de refrigerante	Fotografías, procedimientos y diagramas de flujo	La recopilación de información se realizará mediante reportes de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

9.2. Fases

Fase 1: revisión documental para la realización de los antecedentes y el marco teórico.

Fase 2: definir los equipos, elementos, mecanismos y componentes críticos en la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración.

Fase 3: enlistar las consecuencias de tener fugas de refrigerante en un sistema multicircuitos de refrigeración tipo supermercado

Fase 4: proponer un plan de monitoreo e inspección de los puntos que pueden generar fugas de refrigerante en los sistemas multicircuitos.

9.3. Resultados esperados

Diagnóstico de la gestión de mantenimiento actual y describir los procedimientos básicos de una gestión de mantenimiento preventivo.

Se espera obtener la clasificación de los equipos, componentes y dispositivos que conforman un sistema multicircuitos de refrigeración según su criticidad en la prevención de fugas de refrigerante.

Se espera crear un listado que contenga todas las consecuencias posibles de tener fugas de refrigerante en los circuitos y una manera para poder medirlas.

Se espera definir un plan de inspección y monitoreo de los puntos de posibles fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración tipo supermercado.

Se espera crear la propuesta de una guía para la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento con enfoque en la prevención de fugas de

refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración comercial tipo supermercado.

9.4. Población y muestra

En el trabajo se analizarán 12 sistemas de un total de 18.

Tabla II. **Tamaño de la muestra**

Tipo de indicador	Servicio	¿Qué mide?
Tamaño de la muestra según la población de estudio	Sistemas multicircuitos de refrigeración	La muestra necesaria para realizar el análisis funcional
$n = \frac{N * Z_{\sigma}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\sigma}^2 * p * q}$ $\frac{18 * 1.96 * 1.96 * 0.05 * 0.95}{0.05 * 0.05 * (18 - 1) + (1.96 * 1.96 * 0.05 * 0.95)} = 11.88$		

Fuente: elaboración propia.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En la primera fase se analizará la información obtenida en la revisión documental para determinar la utilidad que esta tenga para alcanzar los objetivos de la investigación.

En la segunda fase se definirán los diferentes equipos, elementos y mecanismos que componen un sistema multicircuitos de refrigeración para determinar su criticidad en la prevención de fugas de refrigerante con la ayuda del historial de ordenes de trabajo, informes de pérdida de refrigerante, manuales de fabricantes y el conocimiento de personas experimentadas en el área.

En la tercera fase se enlistarán los efectos en el departamento de mantenimiento de tener fugas de refrigerante en los circuitos y los efectos en la calidad del servicio que prestan los sistemas que es el de mantener la cadena de frío para la preservación de productos.

En la cuarta fase se describirán los procedimientos de un plan de monitoreo e inspección a seguir para la prevención de fugas de refrigerante con base en los resultados obtenidos en la fase dos y las consideraciones necesarias de los resultados de la fase tres.

En la quinta fase se utilizará la información y el conocimiento adquirido en las anteriores fases para proponer procedimientos de una gestión de mantenimiento preventivo con enfoque en la prevención de fugas de refrigerante, los procedimientos se representarán en diagramas para una mejor comprensión.

Se contará con la participación de técnicos y supervisores y personas con experiencia en el tema con el propósito de validar y que agreguen valor a la gestión de mantenimiento propuesta.

11. CRONOGRAMA

El presente capítulo presenta la organización cronológica del proceso de solución, organizado por semanas, abarcando una duración total de 31 semanas, desde el inicio hasta la presentación del informe final.

La primera fase de la investigación es la revisión documental, en la que se realizará la búsqueda de investigaciones relacionadas o similares a la propuesta con una duración de 5 semanas.

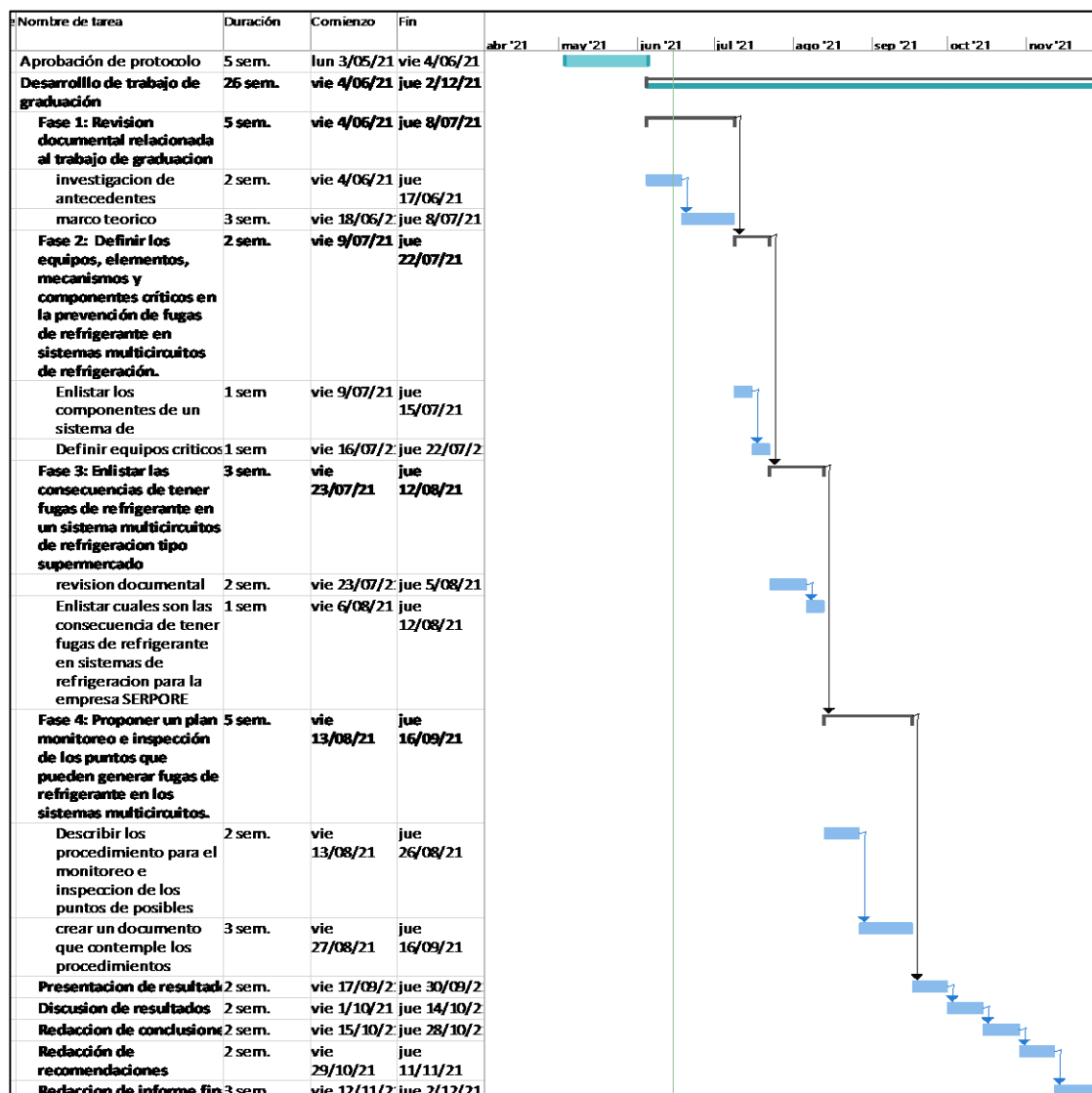
La segunda fase será definir los equipos, elementos y componentes críticos en la prevención de fugas de refrigerante en sistemas multicircuitos de refrigeración, con una duración de 2 semanas, para lo cual se enlistarán todos los componentes de un sistema de refrigeración y luego se procederá a definir su criticidad en la prevención de fugas.

La tercera fase requerirá de tres semanas en las cuales se enlistarán las consecuencias de tener fugas de refrigerante en los sistemas multicircuitos de refrigeración tipo supermercado en la empresa SERPRORE.

En la cuarta fase se propondrá un plan de monitoreo e inspección de los puntos que pueden generar fugas de refrigerante en los sistemas multicircuitos, describiendo los procedimientos y creando un documento que contemple dichos procedimientos, esto se realizará en un periodo de 3 semanas.

En las siguientes 8 semanas se realizará la presentación de resultados, la discusión de resultados, redacción de conclusiones y la redacción de las recomendaciones. En las últimas 3 semanas de la investigación se realizará la redacción y corrección del informe final.

Figura 5. Cronograma



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DE ESTUDIO

La investigación será financiada por el investigador; dentro de los recursos humanos necesarios se encontrará el tiempo necesario del investigador y la intervención de un asesor de campo de trabajo de investigación.

Dentro de los recursos físicos necesarios para la investigación está la designación de un área en la empresa para el análisis y la recolección de datos de historial de mantenimiento.

Dentro de los materiales necesarios para llevar a cabo la investigación está el ordenador del investigador, papelería y útiles, una cámara fotográfica, una impresora, la alimentación, el transporte de ser necesaria una visita técnica a la ubicación de los sistemas de refrigeración y los de telefonía e internet.

Tabla III. **Costos del estudio**

	Materiales	Presupuesto
Humano	Investigador	Q 8,000.00
	Asesor de campo de trabajo de investigación	Q 2,000.00
Físicos	Oficina en el área de la investigación	Q 0.00
Materiales	Computadora personal	Q 2,000.00
	Cámara Fotográfica	Q 1,500.00
	Impresiones	Q 450.00
	Sistema de inyección de tinta	Q 150.00
	2 resmas de hojas carta	Q 80.00
	5 juegos lapiceros (rojo negro azul)	Q 25.00
	5 folder con gancho	Q 12.50
	10 encuadernados	Q 200.00
	Alimentación	Q 3,500.00
	Transporte	Q 2,000.00
	Servicios Telefonía Móvil e internet	Q 2,500.00
	Gastos imprevistos	Q 1000.00
Financieros	Financiada por el investigador	Q23,417.50
	TOTAL	Q 23,417.50

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. AEFYT Asociación de empresas de frío y sus tecnologías. (17 de noviembre de 2015). *Los seis pasos para el control de fugas de refrigerantes*. Obtenido de RGV Refrigeración: <https://www.rgvrefrigeracion.es/los-seis-pasos-para-el-control-de-fugas-de-refrigerantes>
2. Aguilar, Torres y Magaña (2010). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Tecnología, Ciencia, Educación, 15-26.
3. Ayres, J. (22 de mayo de 2020). *Detener fugas de refrigerante antes de que inicien*. (D. Chaverra, Ed.) ACR Latinoamérica, 1.
4. Bonilla, Castelo, Orozco y Jácome (2018). Análisis del funcionamiento de sistemas de refrigeración por compresión y absorción. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 20.
5. Cámara Chilena de Refrigeración y climatización A. G. (2011). *Buenas prácticas en sistemas de refrigeración y climatización*. Chile: Ministerio del Medio Ambiente.
6. Castillo, Brito y Fraga (diciembre de 2009). Análisis de criticidad personalizados. *Ingeniería Mecánica*, 12(3), 1-12.

7. Dhakane y Joshi (2014). *Diseño de un sistema de refrigeración de compresión de vapor en dos etapas con intercooler de agua*. Maharashtra, India: Department of Mechanical Engineering Walchand College of Engineering.
8. Domínguez, P. (2006). *Introducción a la gestión empresarial*. Madrid: Instituto Europeo de Gestión empresarial.
9. EMBRACO. (03 de septiembre de 2015). *¿Cómo prevenir fugas de fluidos refrigerantes?* Obtenido de EMBRACO Club de la refrigeración: <https://refrigerationclub.com/es-es/como-prevenir-fugas-de-fluidos-refrigerantes/>
10. Feo, L. (2015). *Normatividad del mantenimiento*. Bogotá: Escuela tecnológica instituto técnico central, Facultad de posgrados, Especialización en mantenimiento industrial.
11. García, O. (2012). Gestión moderna del mantenimiento industrial. En O. García, *Gestión moderna del mantenimiento industrial* (pág. 170). Bogotá: Ediciones de la U.
12. Garcia, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento* (Primera ed.). Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos S. A.
13. Gato, Cardós, Babiloni, y Guijarro (2010). Revisión de modelos de inventarios para repuestos reparables. *XIV Congreso de ingeniería de Organización* (pág. 7). Dostonia, San Sebastián: Dpto. de administración de empresas Universidad politécnica de Valencia Camino de Vera.

14. Girón, R. (2019). *Desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento predictivo utilizando herramientas de gestión ISO 50001 para reducir las fallas por mala calidad de energía eléctrica*. (E. d. Postgrado, Ed.) Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
15. González, F. (2004). *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*. Madrid: FC Editorial.
16. Gutiérrez, F. (2004). *Gestión de la Calidad en la empresa SEIMALSA, basado en la norma ISO 9001:2000*. (F. d. ingeniería, Ed.) Ecuador, Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5486/1/indsutrial%20%203011.pdf>
17. Hernández, E. (2009). *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*. México: Limusa.
18. Huerta, R. (2000). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. *Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica* (pág. 7). Habana: Exploración y Producción Occidente.
19. Linares, L. (2012). Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. *Centro Azúcar*, 7-14.
20. Martínez, C. (2018). *Diseño de un plan de mantenimiento que permita minimizar fugas de gas refrigerante en equipos de refrigeración por compresión*. México, Puebla, México: Benemérita Universidad

Autónoma de Puebla. Obtenido de
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/8658>

21. Ministerio de industria, Comercio y Turismo (4 de febrero de 2013). Real Decreto 138/2011, *Guía técnica de aplicación del reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias*. España.
22. Miranda y Rodríguez (2010). *Instalaciones Frigoríficas*. Bamio: Centro Nacional de Formación Marítima de Bamio.
23. Mora, A. (2008). *Mantenimiento estratégico para empresas generales o de servicio*. Medellín: Ediciones AMG.
24. Moreno y Godoy (2012). Riesgos Laborales un Nuevo Desafío para la Gerencia. *Daena: Internal Journal o Good Conscience*, 38-56.
25. Neto, E. (2008). *Mantenimiento Industrial*. Macas, Ecuador.
26. Olarte, Botero y Cañon (2010). *Técnicas de mantenimiento utilizadas en la industria*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira: Scientia et Technica.
27. Ortiz, Izquierdo y Rodríguez (enero-marzo de 2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista Venezolana de Gerencia*, 18(61), 88-104. Recuperado el 01 de octubre de 2019, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29026161004>

28. Peng, Dong y Zuo. (2010). *Current status of machine prognostics in condition-based maintenance: a review*. República Popular China: Int J Adv Manuf Technol. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-009-2482-0>
29. Pérez, A. (2016). Prevención de fugas en instalaciones (I): seguridad en. *Ministerio de trabajo y asuntos sociales España*, 7.
30. Pérez, O. (2012). *Supervisión de las actividades de mantenimiento del frigorífico FOGASA S.A.S en Aguachica Cesar, Basado en el sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP)*. Ocaña, Colombia: Universidad Franciscode Paula Santander Ocaña.
31. Plazas, J. (2012). *Los refrigerantes y el medio ambiente*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya Facultad de Náutica de Barcelona.
32. Puebla, J. (2005). *Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración*. Caracas, Venezuela: Fondo de Reversión Industrial FONDOIN.
33. Quiroga, L. (2002). *Gestión de información, gestión del conocimiento y gestión de la calidad en las organizaciones* (Vol. 10). La Habana: ACIMED.
34. Rendón, A. (2014). *Procedimientos de mantenimiento para sistemas de refrigeración en cuartos fríos*. Pereira, Colombia: Universidad tecnológica de Pereira. Obtenido de

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4969/62156R397.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

35. Rodríguez, A. (2012). *Manual de gestión de mantenimiento*. Santa Clara, Cuba: Universidad Central “Marta Abreu”. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/5574/Antonio%20Rodr%C3%ADguez%20Machado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
36. Sánchez, P. (2010). *La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento*. La Habana: Instituto Superior Politécnico.
37. Santoma, E. (2017). Tipos de gestión. *Revista educativa tipos de organigrama*. 1.
38. Tacca, R. (2018). *Mejora del mantenimiento preventivo en equipos de refrigeración para reducir los costos operativos de la empresa candy market campoy, 2018*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21767/Tacca_ZR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
39. Torres y Rivero (mayo-agosto de 2004). Gestión de Mantenimiento Orientada a la Seguridad. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 7(2), 7-15.
40. Vilariño, C. y Rodrigo, J. (octubre - diciembre de 2007). Las estrategias competitivas: lo esencial para la Gestión Estratégica. *Ciencia*

Holguín, XIII (4), 1 - 13. Recuperado el 5 de octubre de 2019, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181517998002>

41. Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera y Crespo (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138.
42. Yagual, L. (2016). *Control y prevención en el sistema de refrigeración para prevenir accidentes laborales y enfermedades ocupacionales ocasionado por la fuga de amoníaco en la empresa NIRSA S.A. ubicada en la parroquia Posorja Provincia del Guayas*. La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
43. Zambrano, Prieto y Castillo (marzo de 2015). *Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas*. *Telos*, 17(3), 495-511.