



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento

**REDISEÑO DEL EQUIPO DEL ÁREA DE REFRIGERACIÓN EN UN CUARTO FRÍO PARA
EL ALMACENAMIENTO DE PLÁTANO, EMPLEANDO LA NORMA ISO 1217-2009 Y EL
MANUAL DE INGENIERÍA BOHN, ISO 900-2000**

Ing. Josué Javier Ovalle Sal

Asesorado por Mtro. Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo

Guatemala, febrero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DEL EQUIPO DEL ÁREA DE REFRIGERACIÓN EN UN CUARTO FRÍO PARA
EL ALMACENAMIENTO DE PLÁTANO, EMPLEANDO LA NORMA ISO 1217-2009 Y EL
MANUAL DE INGENIERÍA BOHN, ISO 900-2000**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. JOSUÉ JAVIER OVALLE SAL

ASESORADO POR MTRO. ING. JORGE IVÁN CIFUENTES CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTE EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz Gonzáles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ LA DEFENSA DE TESIS

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADORA	Inga. Rocio Carolina Medina Galindo
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramirez
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:

**REDISEÑO DEL EQUIPO DEL ÁREA DE REFRIGERACIÓN EN UN CUARTO FRÍO PARA
EL ALMACENAMIENTO DE PLÁTANO, EMPLEANDO LA NORMA ISO 1217-2009 Y EL
MANUAL DE INGENIERÍA BOHN, ISO 900-2000**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha junio de 2018.

Ing. Josué Javier Ovalle Sal

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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **REDISEÑO DEL EQUIPO DEL ÁREA DE REFRIGERACIÓN EN UN CUARTO FRÍO PARA EL ALMACENAMIENTO DE PLÁTANO, EMPLEANDO LA NORMA ISO 1217-2009 Y EL MANUAL DE INGENIERÍA BOHN, ISO 900-2000**, presentado por: **Josué Javier Ovalle Sal**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, febrero de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, febrero de 2022

LNG.EEP.OI.091.2022

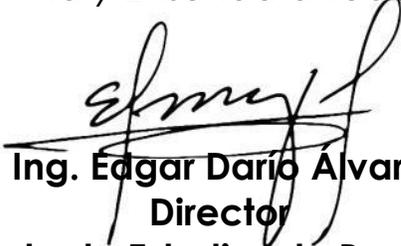
En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“REDISEÑO DEL EQUIPO DEL ÁREA DE REFRIGERACIÓN EN UN CUARTO FRÍO PARA EL ALMACENAMIENTO DE PLÁTANO, EMPLEANDO LA NORMA ISO 1217-2009 Y EL MANUAL DE INGENIERÍA BOHN, ISO 900-2000”

presentado por **Josué Javier Ovalle Sal** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala 21 de Julio 2021

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **Trabajo de Graduación** titulado: **“REDISEÑO DEL EQUIPO DEL ÁREA DE REFRIGERACIÓN EN UN CUARTO FRÍO PARA EL ALMACENAMIENTO DE PLÁTANO, EMPLEANDO LA NORMA ISO 1217-2009 Y EL MANUAL DE INGENIERÍA BOHN, ISO 9000-2000”** del estudiante **Ing. Josué Javier Ovalle Sal** quien se identifica con número de carné **201404266** del programa de **Maestría en Ingeniería de Mantenimiento**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

Mtra. Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinadora
Maestría en Ingeniería de Mantenimiento
Escuela de Estudios de Postgrado



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



FACULTAD DE INGENIERÍA-USAC
EF
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Guatemala, 19 de noviembre de 2019

M.A. Ingeniero –
Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Su despacho.

Distinguido Director:

Reciba un cordial saludo deseando que sus actividades administrativas y docentes se realicen exitosamente.

Por este medio informo que, en mi calidad de Asesor, he revisado y aprobado el trabajo de graduación presentado por el estudiante Josué Javier Ovalle Sal titulado "REDISEÑO DEL EQUIPO DEL ÁREA DE REFRIGERACIÓN EN UN CUARTO FRÍO PARA EL ALMACENAMIENTO DE PLÁTANO, EMPLEANDO LA NORMA ISO 1217-2009 Y EL MANUAL DE INGENIERÍA BOHN, ISO 900-20000", quien se identifica con carné 201404266, estudiante de la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento. Por lo que cumpliendo con los requisitos solicitados y presentados en el programa del curso apruebo el tema y trabajo correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente,

Jorge Iván Cifuentes Castillo
MSc. Ingeniero mecánico
Colegiado activo No. 3413

Jorge Iván Cifuentes Castillo
Máster en Ciencias Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 3413

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme dado la oportunidad de alcanzar uno de tantos sueños que ambos hemos planeado.

Mis padres

Miguel Ángel Ovalle y María Elisa Sal, que con sus palabras y actos me enseñaron quizá un poco más que cualquier libro que en algún momento haya leído.

Mis hermanos

Miguel Ángel y Brayan Orlando, que me apoyaron más de lo que cualquier persona podría imaginarse, por estar ahí cuando los necesitaba.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por ser el sitio en donde germinaron tantas anécdotas, tristezas, alegrías, amistades, por tener esa forma tan única de enseñar dentro y fuera de los salones, por haber sido mi segundo hogar.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos que hicieron posible alcanzar el título de ingeniero.

Amigos

Por haberme enseñado que un largo y duro camino siempre es más fácil de recorrerlo con personas que te ayudan, que no te dejan solo, que con una broma o un regaño solo tratan de decirte 'no te rindas'.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Industria del plátano	1
1.1.1. El plátano en Guatemala	2
1.1.2. Empresa analizada	5
1.2. Principios de funcionamiento en el sistema de refrigeración	6
1.2.1. Conceptos generales de termodinámica	6
1.2.2. Densidad	6
1.2.3. Presión	7
1.2.4. Viscosidad	7
1.2.5. Temperatura	7
1.2.6. Escalas de temperatura	8
1.2.7. Carga por transmisión	9
1.2.8. Líquido comprimido, saturado, sobrecalentado	10
1.2.8.1. Eficiencia térmica.....	11
1.2.9. Ciclo de refrigeración.....	12

1.2.10.	Compresores.....	13
1.2.11.	Evaporador.....	16
1.2.12.	Condensador.....	17
1.2.13.	Dispositivos de expansión	19
1.2.14.	Cuartos fríos.....	21
1.2.14.1.	Diseño de un cuarto frío	21
1.2.14.2.	Manejo de materiales	22
1.2.14.3.	Propagación lineal.....	22
1.2.14.4.	Representación matemática de una maximización utilizando programación lineal	22
1.2.14.5.	Instalación de cuartos fríos.....	23
1.2.14.6.	Localización y montaje de las unidades de condensador	244
1.2.14.7.	Localización y montaje de las unidades de evaporización.....	25
1.2.14.8.	Carga de refrigerante	26
1.3.	Conceptos generales de mantenimiento	27
1.3.1.	Definición del mantenimiento	28
1.3.2.	Mantenimiento correctivo	28
1.3.3.	Mantenimiento preventivo	29
1.3.3.1.	Pasos para el mantenimiento preventivo.....	31
1.3.3.2.	Orden de trabajo	33
1.3.4.	Mantenimiento predictivo.....	33
1.3.5.	Test de aceptación para compresores de desplazamiento	34
1.3.6.	Alcance.....	34

	1.3.6.1.	Equipos de medición, métodos de uso y exactitud.....	35
	1.3.7.	Procedimiento del test	36
1.4.		Manual de ingeniería BOHN.....	38
	1.4.1.	Cálculo de cargas térmicas en refrigeración comercial	38
	1.4.1.1.	Carga por cambios de aire	38
	1.4.1.2.	Cargas misceláneas	40
	1.4.1.3.	Carga del producto	41
2.		DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
2.1.		Análisis del estado de la empresa	43
2.2.		Uso del manual de ingeniería BOHN en la investigación	45
	2.2.1.	Carga por emisión de calor a través de paredes	48
	2.2.2.	Carga total por día	52
	2.2.3.	Carga por cambios de aire	53
	2.2.4.	Cargas misceláneas	57
	2.2.5.	Carga por personas	57
	2.2.5.1.	Motores.....	59
	2.2.5.2.	Iluminación.....	60
	2.2.5.3.	Carga total por misceláneas	61
	2.2.6.	Carga por producto.....	61
	2.2.6.1.	Ajuste de libras por hora.....	62
	2.2.6.2.	Enfriamiento de producto.....	63
	2.2.6.3.	Congelamiento del producto	63
	2.2.6.4.	Enfriamiento de producto congelado ...	64
	2.2.6.5.	Carga total equivalente por hora.....	65
	2.2.6.6.	Carga por día.....	65
2.3.		Carga total.....	66

3.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN	67
3.1.	Selección del equipo de refrigeración	67
3.1.1.	Unidad condensadora	67
3.1.2.	Unidad evaporadora	70
3.1.3.	Refrigerante.....	71
3.1.4.	Válvula de expansión	74
3.1.5.	Aislamiento.....	78
3.1.6.	Cuadro de precios	80
3.2.	Montaje del cuarto.....	80
3.2.1.	Almacenamiento.....	81
3.2.2.	Cimentación	82
3.2.3.	Construcción del cajón	82
3.2.4.	Instalación del equipo de refrigeración	82
3.2.5.	Soldadura	84
3.2.6.	Conexión eléctrica.....	84
3.2.7.	Pruebas de vacío y fugas	84
3.2.8.	Carga de refrigerante	85
3.2.9.	Pruebas finales.....	85
3.2.9.1.	Planos del cuarto frío	86
4.	PLAN DE MANTENIMIENTO.....	87
4.1.	Rutina de mantenimiento	87
4.1.1.	Diaria	87
4.1.2.	Mensual.....	91
4.1.3.	Anual	98
4.1.3.1.	Recomendaciones para la prueba.....	99
4.1.3.2.	Procedimiento	101
4.2.	Personal de mantenimiento.....	107

4.2.1.	Jefe de mantenimiento	112
4.2.2.	Supervisor de mantenimiento	113
4.2.3.	Técnico de mantenimiento.....	115
4.3.	Administración del mantenimiento	116
4.3.1.	Orden de trabajo.....	116
4.3.2.	Ficha de equipos	121
5.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	125
5.1.	Validez interna.....	125
5.2.	Validez externa.....	128
5.3.	Integración.....	131
	CONCLUSIONES	133
	RECOMENDACIONES	135
	REFERENCIAS	137
	APÉNDICES	143

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Segmentación de la producción de plátano a nivel mundial.....	2
2.	Situación del plátano en guatemala	3
3.	Mapa de la industria platanera para guatemala	4
4.	Distribución de la producción de plátano a nivel nacional (%)	5
5.	Formas genéricas de intercambio de calor	10
6.	Zonas de líquido: representación gráfica de las zonas de líquido comprimido, saturado y sobrecalentado	11
7.	Esquema y diagrama t-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	13
8.	Componentes de un compresor hermético	14
9.	Partes de un compresor semihermético.....	15
10.	Evaporador: ciclo del fluido de trabajo para un condensador evaporativo	17
11.	Condensador: descripción del comportamiento del refrigerante en distintas partes del condensador	18
12.	Tipos de válvula de expansión: dispositivos de estrangulación utilizados en refrigeración	20
13.	Método para seleccionar una válvula de expansión.....	20
14.	Planteamiento de un problema con progresión lineal	23
15.	Montaje de múltiples condensadores de forma horizontal	24
16.	Diagrama del montaje de un evaporador	25
17.	Carga de refrigerante en estado líquido.....	26

18.	Carga de refrigerante en estado gaseoso	27
19.	Unidad condensadora.....	68
20.	Unidad evaporadora	70
21.	Especificaciones de la válvula tipo s... ..	78
22.	Aislamiento	79
23.	Proceso de construcción de un cuarto frío	81

TABLAS

I.	Desviaciones máximas de valores especificados	37
II.	Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento arriba de 32°f (0°c) debido a la apertura de puertas e infiltración.....	39
III.	Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento abajo de 32°f (0°c) debido a la apertura de puertas e infiltración.....	40
IV.	Calor equivalente de motores eléctricos.....	41
V.	Cámaras para plátano-requerimientos de refrigeración.....	42
VI.	Características del cuarto frío	46
VII.	Propiedades del plátano	48
VIII.	Carga de transmisión de calor en paredes	49
IX.	Cálculo de carga de transmisión por muros	51
X.	Cambios de aire promedio en 24hr para cuartos de almacenamiento debajo de 32 °f (0°c) debido a la apertura de puertas de infiltración.....	54
XI.	Datos para carga por cambios de aire.....	55
XII.	Calor equivalente de ocupación.....	58
XIII.	Datos para carga por persona	59
XIV.	Propiedades del plátano	62

XV.	Resultados totales de cargas calculadas.....	66
XVI.	Características de la unidad condensadora.....	69
XVII.	Características de la unidad evaporadora	71
XVIII.	Características del refrigerante r-404a.....	72
XIX.	Comparación del refrigerante 404 a y 502.....	73
XX.	Carga termostática recomendada.....	75
XXI.	Especificaciones válvula S.....	76
XXII.	Cuadro de precios	80
XXIII.	Formato para mantenimiento diario	90
XXIV.	Formato para mantenimiento mensual	97
XXV.	Formato para mantenimiento anual	104
XXVI.	Máxima desviación de las variables especificadas.....	106
XXVII.	Desviación de variable especificada	107
XXVIII.	Formato para perfiles de puesto	108
XXIX.	Formato de orden de trabajo	117
XXX.	Formato para ficha de equipo	122

GLOSARIO

Adiabático	Se describe como el proceso termodinámico en donde no existen pérdidas de calor o transferencia de energía.
Amperaje	Medida utilizada en la industria para cuantificar el flujo de electrones a través de un conductor, en el sistema internacional sus dimensionales con amperios.
BTU	Medida utilizada en refrigeración para representar una unidad térmica representado por sus siglas en ingles British Thermal Unit.
Calor Latente	Se refiere al cambio de temperatura que produce un cambio de estado.
Calor sensible	tipo de calor que se caracteriza por producir un incremento en la temperatura.
Ciclo de enfriamiento	Proceso utilizado para remover el calor de los productos refrigerados o acondicionados.

Entropía	Medida del desorden de las cosas, utilizada en la termodinámica.
Flujo refrigerante	Sustancia utilizada en la refrigeración para remover el calor de los productos,
Isentrópico	Proceso termodinámico en el que la entropía permanece constante
Isotérmico	Procedimiento utilizado en la termodinámica en el que la temperatura permanece constante.
Presión de descarga	Medida de la fuerza por unidad de área en la salida del compresor.
Reciprocante	Término utilizado para aclarar que un proceso puede ser repetitivo.
Tasa de flujo	Volumen de una sustancia que pasa por un área determinada en un tiempo establecido.
Termodinámica	Rama de la física encargada del estudio de los fenómenos mecánicos que produce el calor.
Termografía	Técnica utilizada para determinar el nivel de calor que posee un equipo.

Voltaje

Medida utilizada para cuantificar la diferencia de potencial existente en un dispositivo eléctrico.

RESUMEN

El incremento de producto almacenado provocó que los equipos existentes como el compresor, condensador y tuberías sufrieran recalentamientos y a falta de un plan de mantenimiento que pudiera prever cualquier imprevisto se comenzaron a presentar interrupciones en el funcionamiento de compresor deteniendo así el ciclo de refrigeración y provocando que el plátano almacenado se viera afectado. Para resolver esta problemática se rediseñó el equipo del área de refrigeración empleando el manual de ingeniería BOHN y al mismo tiempo se propuso un plan de mantenimiento preventivo en el que se incluyen acciones tomadas de ISO 1217-2009.

Se logró analizar las variables que se encuentran presentes en el área de refrigeración haciendo uso del manual de ingeniería BOHN, para el cálculo correspondiente de las cargas caloríficas como el calor que permiten las paredes introducirse hacia el cuarto refrigerado, el calor que lleva consigo el aire de infiltración, al igual que el calor que los misceláneos y el producto transmiten al cuarto frío, logrando con esto poder plantear el diseño del cuarto refrigerado y los correspondientes elementos de refrigeración.

Al tener conocimiento de las características de los dispositivos que conforman el ciclo de refrigeración se logró proponer un plan de mantenimiento preventivo en el que se exponen los formatos pertinentes para las distintas actividades a realizarse un mantenimiento diario, mensual y anual.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

El sobrecalentamiento en el compresor, la unidad condensadora, así como en las tuberías de alta y baja presión han provocado que la unidad no operara con su máxima eficiencia durante el mes de agosto de 2018 y culminando en el mes de abril de 2019 lo que ha provocado que el producto no sea enfriado a la temperatura correspondiente.

La empresa exportadora de plátanos para el mercado nacional e internacional tienen el propósito de proveer un producto de calidad cumpliendo con los estándares requeridos para la industria alimenticia, para cumplir este objetivo se utiliza el sistema de refrigeración que está diseñado para remover el calor que se encuentre almacenado dentro de recinto.

Debido al incremento de producto que debía ser almacenado, preservado para luego ser exportado, el sistema de refrigeración se vio afectado; debido a que este no era capaz de generar la carga refrigerante que era necesaria para remover el calor que se encontraba almacenado. Conjunto a esto el no poseer un sistema de mantenimiento permitió que los equipos se mantuvieran en constante fallo, ya que al no tener los descansos pertinentes el equipo de refrigeración eleva su temperatura y los dispositivos de seguridad apagan el compresor y con ello todo el sistema de refrigeración, provocando con esto que la temperatura del cuarto refrigerado se eleve y haciendo que el producto se echará a perder haciendo que la empresa tuviera retrasos en la entrega del producto al igual que pérdidas económicas.

- Pregunta central

¿Cómo se puede mejorar el funcionamiento del área de refrigeración de un cuarto frío en una empresa para el almacenamiento de plátano?

- Preguntas auxiliares

- ¿Qué variables del entorno del área de refrigeración de un cuarto frío para el almacenamiento de plátanos, se deben readecuar para mejorar su funcionamiento?
- ¿Qué es posible mejorar en el plan de mantenimiento de un sistema de refrigeración de un cuarto frío para el almacenamiento de plátano?
- ¿Qué plan puede adaptarse a las necesidades de funcionamiento en la industria de refrigeración para el almacenamiento de plátano, basadas en la Norma ISO 1217-2009 y el manual de ingeniería BOHN, con base en ISO 9001-20000?

- Delimitación

La empresa se encuentra ubicada en el municipio de Guatemala, del departamento de Guatemala, y para la elaboración de la investigación se necesitaron de ocho meses iniciando en el mes de agosto de 2018 y culminando en el mes de abril de 2019, mientras que el objeto de estudio para esta investigación fue el sistema de refrigeración correspondiente al área de preservación de la compañía.

OBJETIVOS

General

Rediseñar el equipo, del área de refrigeración de un cuarto frío para el almacenamiento de plátano, empleando Norma ISO 1217-2009 y el manual de ingeniería BOHN, basado en, ISO 9001-20000.

Específicos

1. Analizar las variables del entorno del área de cuartos fríos para el rediseño del equipo de un sistema de refrigeración para almacenamiento de plátano.
2. Plantear el diseño de un cuarto frío y sus dispositivos de refrigeración que se adapte a las variables y entornos a los que se encuentra expuesto el sistema de almacenamiento de plátano.
3. Diseñar un plan de control y seguimiento del mantenimiento de un sistema de refrigeración para un cuarto frío que almacena y preserva plátanos.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se detallan brevemente los elementos que constituyen el marco metodológico de este estudio.

- Diseño de la investigación

El enfoque aplicado en la realización de este estudio fue de índole mixto debido a que se incluyeron variables cuantitativas como los son las cargas caloríficas que transfieren el calor que ellas poseen hacia el cuarto refrigerado y al mismo tiempo cualitativo ya que se consideran circunstancias de en la que se necesita conocer variables que no son contables como la condición de un equipo al estar o no conectado hacia la fuente de alimentación entre otros.

Para realizar el análisis cualitativo se hizo uso del manual de ingeniería BOHN el cual permite realizar el cálculo de las cargas por infiltración, transmisión de paredes, misceláneos y del producto obteniendo con esto la carga final que fue de utilidad para la selección de equipos en cambio el análisis cualitativo se realizó mediante los formatos establecidos en la propuesta de mantenimiento preventivo en la que se incluyeron actividades extraídas de la norma ISO 1217-2009 para complementar el programa de conservación para la maquinaria.

- Tipo de estudio

El tipo de estudio que se presenta es de índole explicativa ya que hace uso de la manipulación de variables que rodean el área de refrigeración para el

análisis de sus efectos y así realizar una selección de equipos efectiva y además que se encuentra en existencia mucha información en relación al campo de estudio pudiéndose encontrar libro, folletos y páginas web que permiten estudiar a fondo el sistema de refrigeración y sus variables al igual que trabajos universitarios que permiten realizar un análisis comparativo de las diferentes problemáticas y logros que se obtuvieron al realizar cada uno de estos estudios.

- Variable e indicadores

A continuación, se presentará las variables involucradas en el estudio al igual que los indicadores que servirán para medirlas.

- Variables

Las variables a considerar en el estudio son la temperatura y presión del sistema al igual que la del ambiente, las cargas de refrigeración por producto, por infiltración, por equipo e iluminación, así como variables que no tienen mayor impacto en el estudio pero que pueden dar más opciones para analizar el sistema.

- Indicadores

Los indicadores de la investigación se representan a través de los formatos expuestos en el plan de mantenimiento preventivo los cuales tienen como objetivo el brindar información de las variables, generando así una visión más clara del estado de los equipos.

- Fases de investigación

- Fase 1. Marco teórico

En esta fase se reúne la información teórica relacionada con todo lo pertinente al sistema de refrigeración, construcción de cuartos fríos y su mantenimiento.

- Fase 2. Desarrollo de la investigación

Se hace uso del manual de ingeniería BOHN y de tablas, factores y consideraciones que el manual brinda para la realización de las operaciones correspondientes al cálculo de las cargas caloríficas así mismo se hace uso de tablas, factores y consideraciones que el manual brinda para facilitar la tarea.

- Fase 3. Propuesta de solución

Selección de quipos basándose en los estándares establecidos en el capítulo anterior, en ella se incluye el análisis y la validación de los elementos.

- Fase 4. Plan de mantenimiento

Presentación de un plan de mantenimiento preventivo, en el que se muestran formatos que se deben utilizar al momento de realizar las rutinas de mantenimiento tanto diarias mensuales, anuales y selección del personal que conformará el equipo de mantenimiento preventivo

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio de investigación, se abordó un fenómeno relacionado con la sobrecarga de trabajo hacia los elementos de refrigeración que producía que estos dispositivos permanecieran en constante fallo, contando con la ayuda de la dirección general y con el propósito de mejorar el área de refrigeración se rediseñó el sistema de refrigeración del cuarto frío para almacenamiento de plátano y conjunto a esto se presentó un plan de mantenimiento preventivo que ayudará a extender la vida de los equipos.

Para solucionar este problema se acudió a un método basado en el manual de ingeniería BOHN que permite realizar los cálculos pertinentes para el rediseño de un cuarto frío, y de la norma ISO 1217-2009 para completar las actividades pertinentes al plan de mantenimiento preventivo.

Los resultados obtenidos muestran la manera en que se debe calcular las cargas caloríficas pertinentes a un cuarto de preservación de plátano, al igual que los equipos que ejecutaran la tarea correspondiente, basándose en los estándares establecidos, junto con esto se puede observar las características de un plan de mantenimiento preventivo para el área de refrigeración por lo que esta investigación puede ser tomada en cuenta para los futuros estudios en las áreas de refrigeración y mantenimiento preventivo.

Para la realización de este estudio se realizó una distribución a modo que el contenido expuesto fuese entendible y de esta forma facilitar la comprensión del método de solución expuesto, para ello se comenzó haciendo una revisión de

documentos literarios concernientes a las áreas de refrigeración, construcción de cuartos fríos, mantenimiento entre otros, con el objetivo de contar con la perspectiva de distintos autores en el área de estudio y con ello tener una visión más amplia de la investigación.

En el capítulo I se presenta toda la información teórica y técnica correspondiente a la investigación tal como las gráficas que esbozan el comportamiento del sistema de refrigeración. En el capítulo II se realizaron los cálculos correspondientes a las cargas caloríficas que se transmiten al recinto refrigerado, como el calor que es transferido desde el medio ambiente hacia el cuarto frío por las paredes, el calor que esta presenta en la infiltración de aire, en los misceláneos utilizados al igual que en el producto almacenado.

Seguido a esto se presenta en el capítulo III los elementos de refrigeración que han sido seleccionados, y las razones por las que esta maquinaria es la idónea para la ejecución de las tareas correspondientes al área de refrigeración

En el capítulo IV se presenta el plan de mantenimiento preventivo que está conformado por las actividades que se deben realizar en un mantenimiento diario, mensual y anual, al igual que los formatos establecidos para la selección del personal que conformará el equipo de mantenimiento preventivo, seguido a esto se presenta en el capítulo V la discusión de resultados en la que se realizó un análisis basado en la información recolectada, al mismo tiempo se evaluó la valides de los resultados obtenido y el impacto que tuvieron para el beneficio de la empresa.

Se puede concluir que haciendo uso del manual de ingeniería BOHN puede obtenerse resultados válidos para el diseño de un cuarto frío y haciendo uso de la norma ISO1217-2009 se pudo completar el plan de mantenimiento preventivo.

1. MARCO TEÓRICO

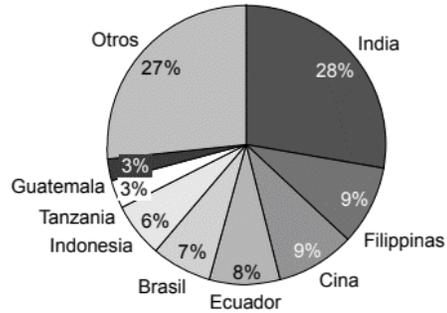
A continuación, se presenta toda la teoría recopilada concerniente a los sistemas de refrigeración, cuartos fríos y mantenimiento.

1.1. Industria del plátano

Tal como lo indica el ISDE en su publicación del 2011 el crecimiento entorno al mercado del plátano ha ido incrementándose a una tasa del 5 % cada año en diferentes sectores del mundo, en la siguiente grafica puede observarse la distribución en forma de porcentaje la producción que aporta cada país al mercado del plátano.

A diferencia de la actualidad el mercado del plátano en 1997 como lo indica Chinchilla (2004) era en su mayoría en el sector africano siendo Uganda el primer país de esta región que exporto este producto, esto se debe a que la base de alimentación en este continente se basa en el consumo de plátano entre otras frutas y verduras.

Figura 1. **Segmentación de la producción de plátano a nivel mundial**



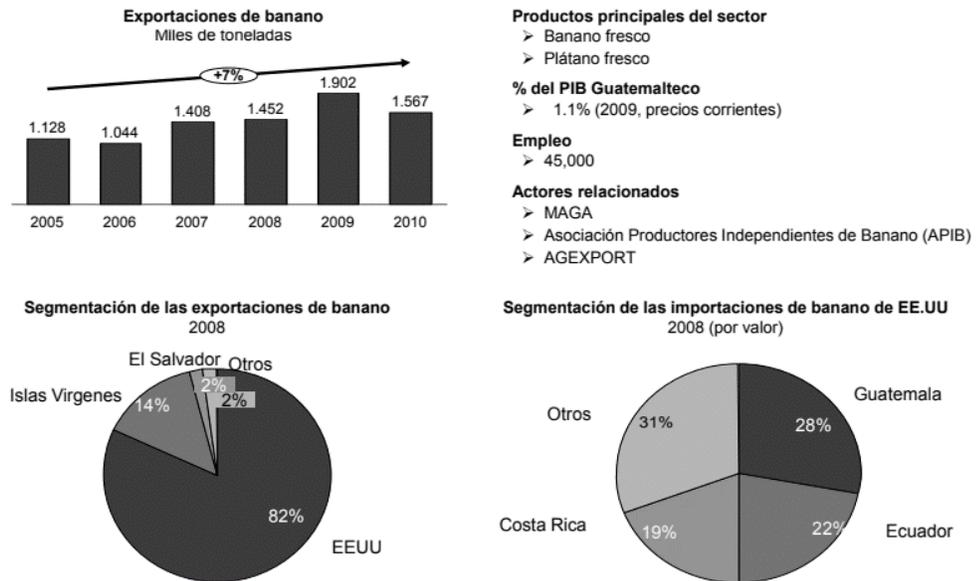
Fuente: IDSE (2011).

1.1.1. **El plátano en Guatemala**

ISDE (2011) indica que Guatemala se posiciona entre los ocho países que más produce este cultivo alrededor del mundo, teniendo un crecimiento del 7 % anual, esto se debe al estrecho mercado que existe entre EEUU y Guatemala puesto que el 28 % de las importaciones realizadas por estados unidos en la industria platanera provienen de Guatemala.

En la siguiente figura se muestra una serie de gráficas que describen el crecimiento que ha tenido el plátano en las áreas de exportaciones, en esta se muestra el crecimiento de las exportaciones del año 2005 al 2010, siendo su punto más alto en el año 2009, con una tasa promedio de exportación de 1902 miles de toneladas.

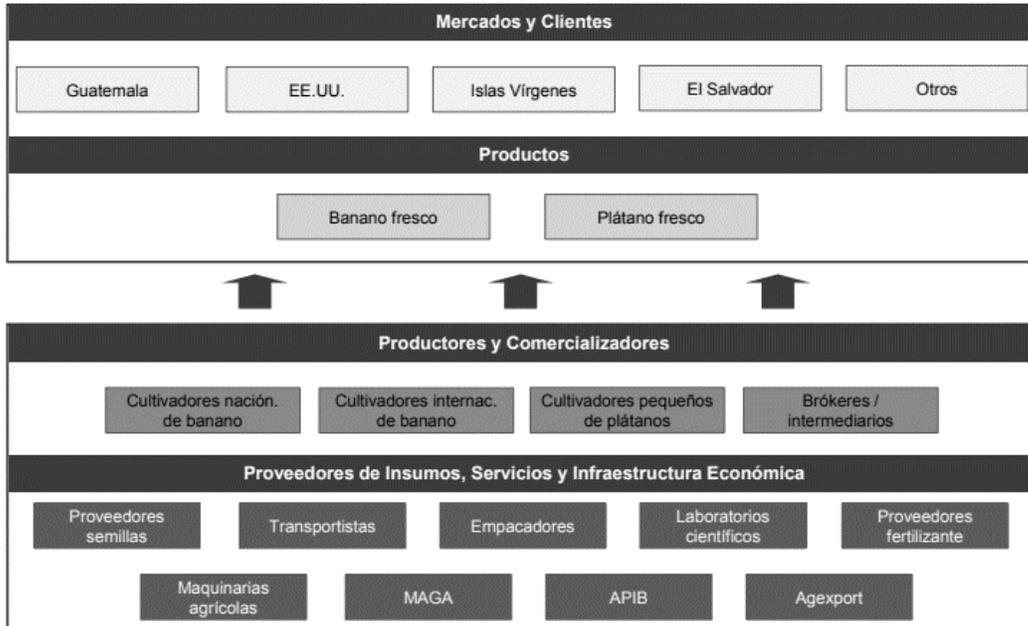
Figura 2. Situación del plátano en Guatemala



Fuente: ISDE (2011) p. 4.

A continuación, se presenta la conformación del mercado platanero en Guatemala desde las entidades que lo regulan, los proveedores de insumos, de servicios e infraestructura económica que hacen del mercado un sector que crece cada año, se muestra también lo sectores involucrados desde la siembra de este producto, distribuidores, exportadores y los mercados internacionales y nacionales a los que va dirigido el plátano.

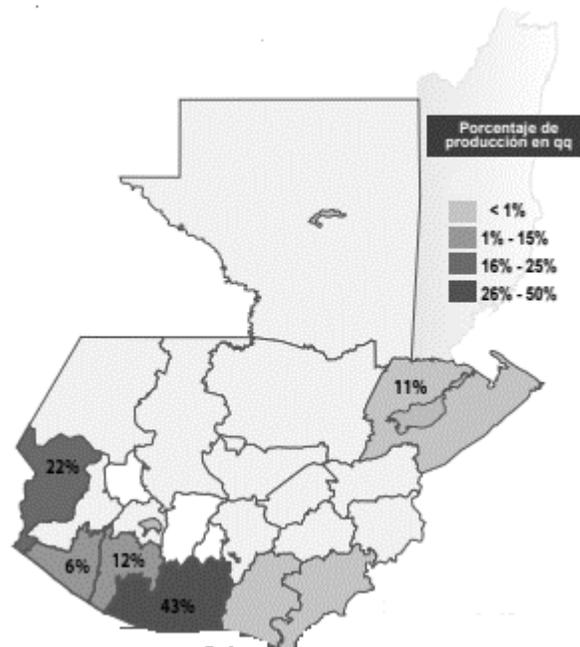
Figura 3. **Mapa de la industria platanera para Guatemala**



Fuente: IDSE (2011) p. 5.

El ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA (2016) en su informe acerca de los aspectos productivos del plátano indica que existen cuatro departamentos en los que la producción del plátano se presenta en un mayor porcentaje en el resto del país siendo estos, Escuintla con un 43 %, San Marcos 22 %, Suchitepéquez 12 % e Izabal con un 11 %.

Figura 4. **Distribución de la producción de plátano a nivel nacional (%)**



Fuente: MAGA (2016).

1.1.2. Empresa analizada

La empresa analizada se encuentra ubicada en el departamento de Guatemala, en la cabecera departamental de Guatemala, es una compañía que fue fundada en el año de 2017, dedicada a la exportación de plátano al igual que la venta y distribución local de este producto, siendo su mercado más fuerte de exportación el norteamericano encontrándose entre ello al mercado estadounidense y mexicano.

La corporación guatemalteca ha tenido un crecimiento importante en este sector desde su creación alcanzando un nivel de producción de 34 836 Kg al

mes, para tener la capacidad de exportación la empresa ha seleccionado puertos estratégicos para facilitar la transición, siendo el puerto quetzal localizado en el departamento de escuintla siendo su vía marítima el océano pacifico,

Para el mercado mexicano el puerto seleccionado es el de Manzanillo ubicado al sur de México y teniendo conexión directa con el puerto quetzal, para estados unidos el puerto es el de la ciudad de Seattle en el estado de Washington trazando con esto la ruta que el producto guatemalteco toma en el mercado internacional.

1.2. Principios de funcionamiento en el sistema de refrigeración

Seguidamente se presentan conceptos básicos sobre la refrigeración al igual que los elementos que hacen posible el ciclo de esta.

1.2.1. Conceptos generales de termodinámica

El estudio se fundamente en el análisis termodinámico de la transferencia de calor del producto refrigerado hacia el equipo de refrigeración tal como describe Zemansky (2013) de igual forma se describen los siguientes conceptos:

1.2.2. Densidad

El autor describe ciertas características acerca de los fluidos como por ejemplo la densidad, la cual se describe como la relación que existe entre la masa y el volumen de un material tal como se describe a continuación:

$$\rho = \frac{m}{v} \left(\frac{kg}{m^3} \right) [1]$$

1.2.3. Presión

Si un fluido se encuentra en reposo por naturaleza este tiende a ejercer una fuerza perpendicular contra cualquier superficie que permanezca en contacto con este, a dicho fenómeno se le denomina presión y está dado por la fuerza, por unidad de área que realiza un fluido, objeto, entre otros. Puede definirse de la siguiente manera:

$$P = \frac{F}{A} \left(\frac{N}{m^2} \right) [2]$$

1.2.4. Viscosidad

La viscosidad específica es la capacidad de un fluido de aferrarse a la superficie por donde fluye, los fluidos que tienen una mayor facilidad de transportarse por el conducto que los contiene poseen una menor viscosidad y esta depende de la temperatura, si aumenta la temperatura en un líquido este reduce su viscosidad y la aumenta al disminuir la temperatura.

1.2.5. Temperatura

El concepto de temperatura habitualmente se compara con la percepción del sentido del tacto hacia lo caliente o lo frío, sin embargo, este es un concepto muy simple para este fenómeno, estando presente en muchos materiales, mostrando propiedades diferentes y manifestándose como causa de la variación

de otros fenómenos como la presión, entalpía, o relacionada también con la energía cinética que presentan las moléculas.

1.2.6. Escalas de temperatura

Para su estudio, análisis y uso es necesario cuantificar esta propiedad para ello se hace uso de una escala de temperaturas. El mecanismo funciona de la siguiente manera, se coloca un líquido usualmente mercurio en un recipiente y se observa que al incrementar la temperatura el líquido se expande subiendo por el recipiente, en caso contrario al disminuir la temperatura el líquido se contrae. A señalizar el recipiente se genera una proporción de temperatura y cambio de distancia, esto puede repetirse con otro líquido generando así otra escala de temperaturas.

En la actualidad existen ciertos parámetros ya establecidos internacionalmente para medir la temperatura, siendo los más comunes Celsius y Kelvin para el Sistema Internacional y Fahrenheit y Rankin para el Sistema Inglés.

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32^\circ) \quad [3]$$

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ \quad [4]$$

$$T_K = T_C + 273.15 \quad [5]$$

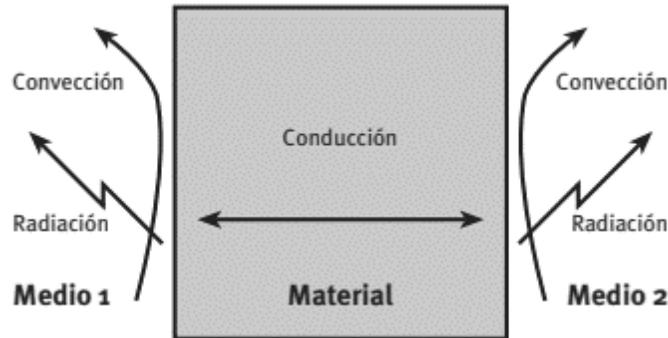
1.2.7. Carga por transmisión

Generalmente la transmisión de calor tal como lo indica la IDEA (2007) es un fenómeno que se encuentra presente cuando la temperatura habitualmente fuera de un contenedor pretende entrar al interior del mismo, atravesando con esto algún material perteneciente a la estructura provocando con esto un cambio de temperatura por parte del exterior al interior forzando a una estabilización de temperaturas.

Para que se tenga un concepto más claro y extendido de este fenómeno existen tres mecanismos típicos que lo representan, siendo el primero la conducción que puede definirse como la transmisión de energía utilizando a los materiales sólidos como medio de transporte normalmente este hecho se puede sentir en el calor que absorbe algún material al estar expuesto a temperaturas altas o bajas.

El siguiente mecanismo tiene la característica de transmitir la energía por medio de gases o líquido, más conocido como mecanismo de convección y a diferencia de los últimos dos métodos de transmisión el proceso de transferencia de calor por radiación no necesita de un medio para transmitir la energía, este actúa en medios que se encuentran en vacío, materiales que tengan transparencia o parte de ella.

Figura 5. **Formas genéricas de intercambio de calor**

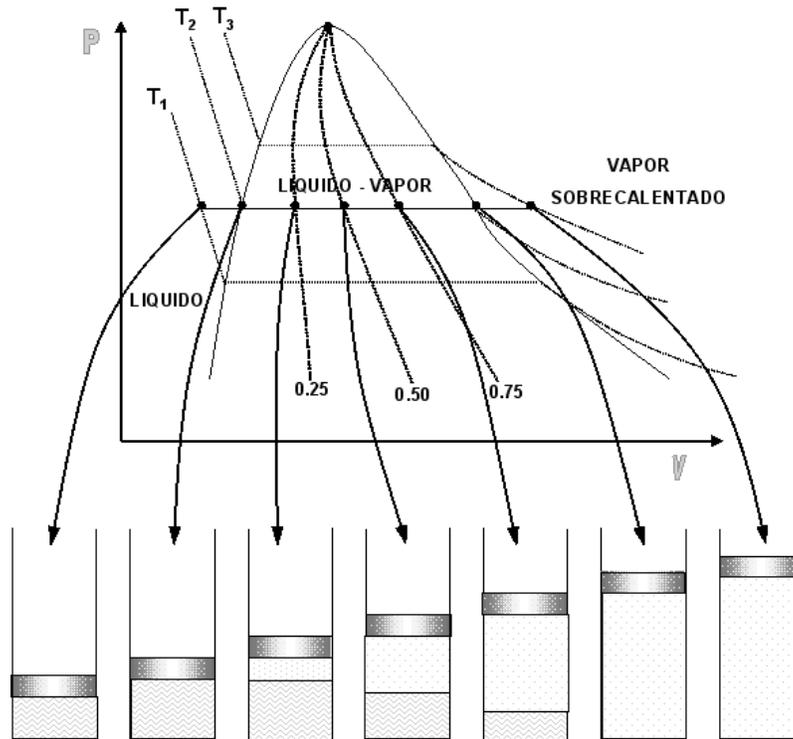


Fuente: IDEA (2017) p. 9

1.2.8. **Líquido comprimido, saturado, sobrecalentado**

Müller (2002) explica que al tener un recipiente con agua y al no transmitirle ningún tipo de energía como calor, este se encuentra como líquido comprimido o subenfriado, a medida que se le va inyectando más calor al sistema este llega a su punto de evaporación, si se mantiene a una presión constante o temperatura puede observarse una zona llamada líquido saturado, al pasar esta zona todo el líquido se transforma directamente en vapor a una temperatura y presión especificadas, siendo esta la zona de líquido sobrecalentado. En la figura 6 se observa Líquido subenfriado o comprimido.

Figura 6. **Zonas de líquido: representación gráfica de las zonas de líquido comprimido, saturado y sobrecalentado**



Fuente: Coromoto (2005). *Fenómenos de transporte*.

1.2.8.1. Eficiencia térmica

La eficiencia es una característica que define qué tan bueno es el sistema que se está utilizando en termodinámica. Para obtener el cálculo de la eficiencia térmica se debe hallar la relación entre el trabajo o la energía que se está utilizando para hacerlo funcionar y el trabajo que nos está entregando al final del proceso.

$$\eta = \frac{\textit{Salida de trabajo neto}}{\textit{Entrada de calor total}} [6]$$

1.2.9. Ciclo de refrigeración

Cengel y Boles (2011) mencionan que el ciclo de refrigeración opera bajo el ciclo de Carnot invertido, que hace referencia a dos procesos isotérmicos reversibles los cuales están localizados en el condensador y el evaporador, y a dos procesos isentrópicos, los cuales se pueden representar con dispositivos como el compresor y la válvula de expansión o tubo capilar. El ciclo de refrigeración puede describirse de la siguiente manera:

1-2 Compresión isentrópica en un compresor.

2-3 Expulsión de calor al ambiente a temperatura constante por medio de un condensador

3-4 Generar un cambio radical de presión y temperatura a través de un dispositivo de expansión.

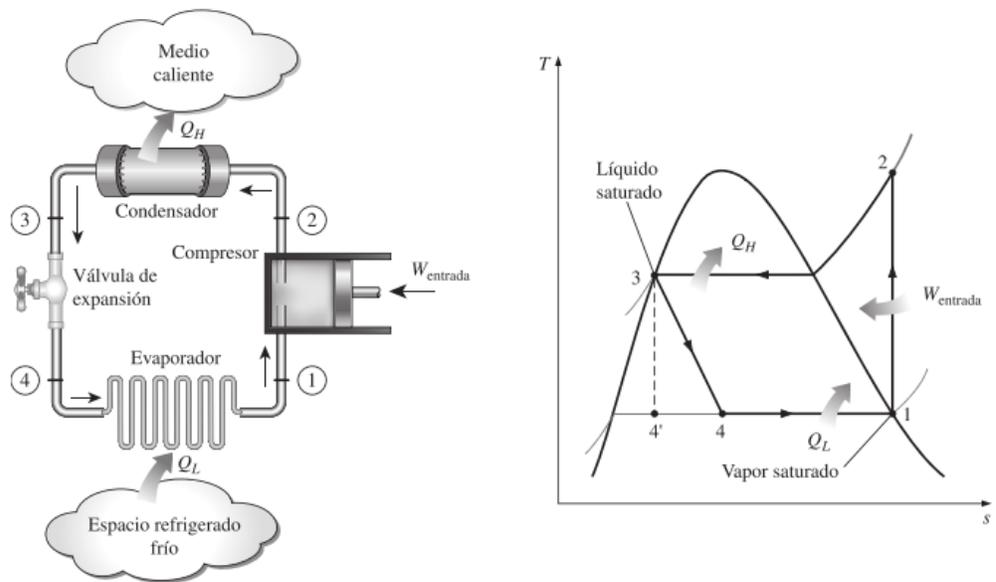
4-1 Transferencia de calor a temperatura constante por medio de un condensador.

Valdéz (2008) indica que la elevación en la temperatura al inicio y fin del evaporador: generalmente similar o muy parecida, determinando así que se está empleando el dispositivo a su plena capacidad y depende de la temperatura de evaporación del gas empleado.

También dice que el incremento en la temperatura de la tubería de succión del compresor depende de que se haya concluido con el ciclo de condensación en el interior del evaporador al igual que su trayectoria en la línea de succión.

Con el propósito de alcanzar una temperatura aceptable se suele hacer uso de un dispositivo que transfiera el calor que está situado entre el tubo capilar y el tubo de retorno desde el evaporador a la succión del compresor.

Figura 7. **Esquema y diagrama T - s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor**



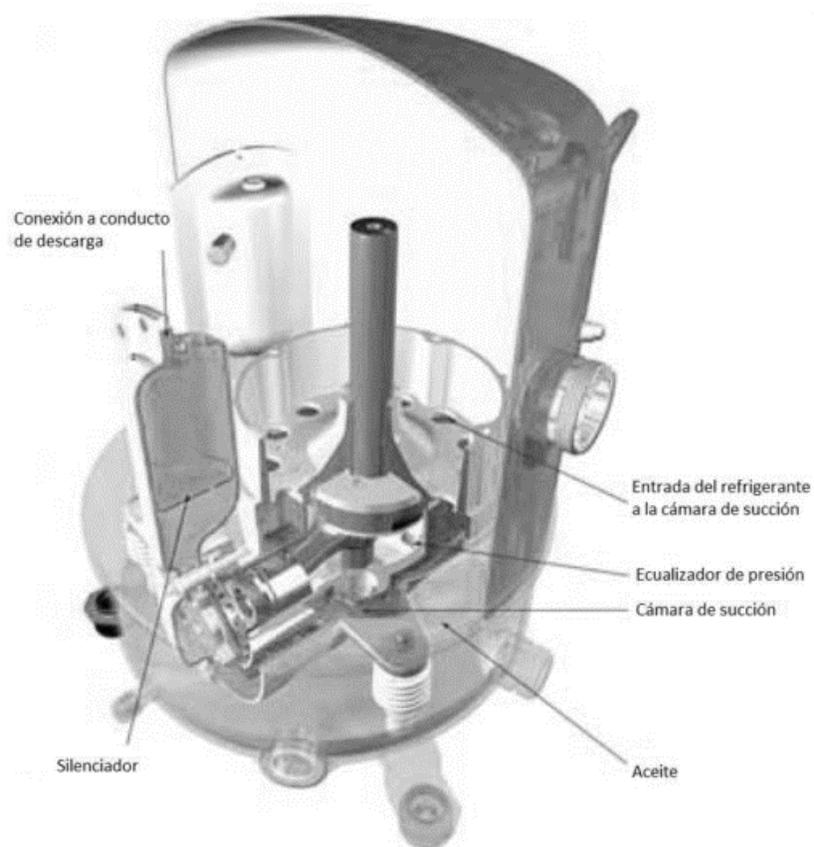
Fuente: Cengel; Boles (2010). Termodinámica: un aprovechamiento de la energía.

1.2.10. Compresores

Alonso (2012) señala que en el campo de la refrigeración existen dos tipos de compresores los cuales pueden clasificarse como herméticos y semihermético, clasificados desde el punto de vista del encapsulado en el que se encuentra el sistema interno pues estos poseen una clasificación general, por ejemplo: reciprocantes, rotativos, *scroll*.

El compresor hermético puede considerarse como reciprocante debido a que la presión que este genera se obtiene gracias a la acción lineal y repetitiva que ejecuta un pistón dentro de un cilindro creando con esto una reducción de volumen en el cilindro donde se deposita el gas.

Figura 8. **Componentes de un compresor hermético**

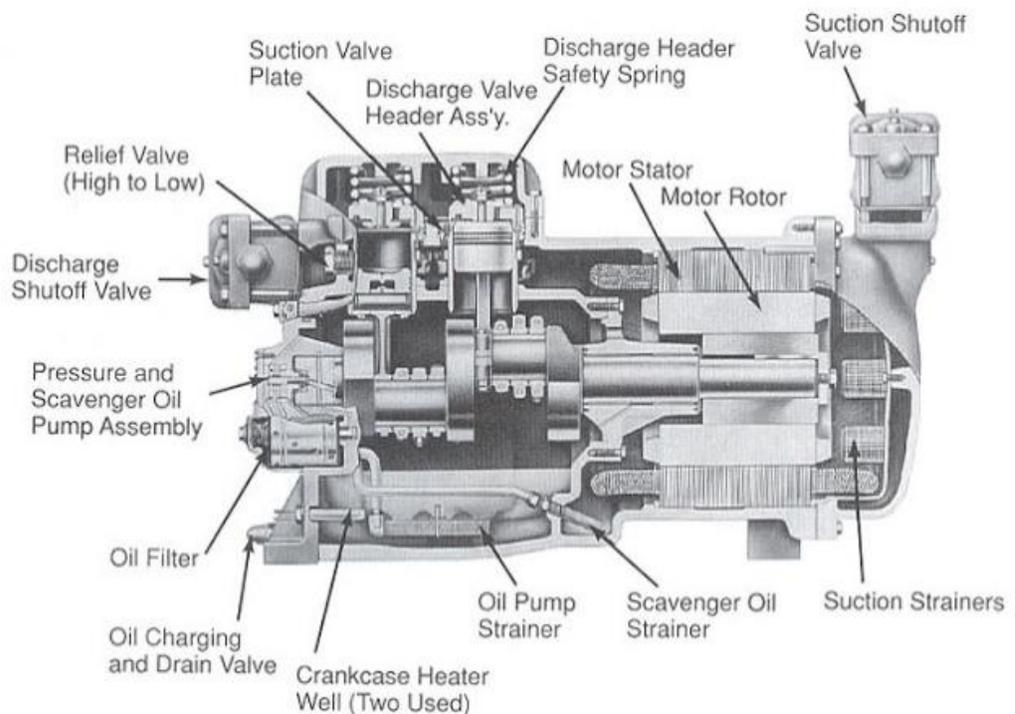


Fuente: Alonso (2012)

Pineda (2013) hace notar que los compresores herméticos y semihermético funcionan de manera similar, ya que utilizan el movimiento reciprocante de un pistón creando una diferencia de presiones la cual es aprovechada para el uso

que requiera el cliente, sin embargo, la principal diferencia es el encapsulado pues este último no se encuentra sellado, facilitando con esto su reparación y mantenimiento.

Figura 9. **Partes de un compresor semihermético**



Fuente: Pineda (2013). Dispositivos de flujo estable - estado estable.

Wang (2001) se enfoca en los compresores recíprocos refiriéndose a ellos como máquina que utiliza un ciclo repetitivo para brindarle energía a un fluido a fin de elevar su presión. Estos pueden utilizar distintas configuraciones de cilindros dependiendo de cuánta potencia se requiera.

1.2.11. Evaporador

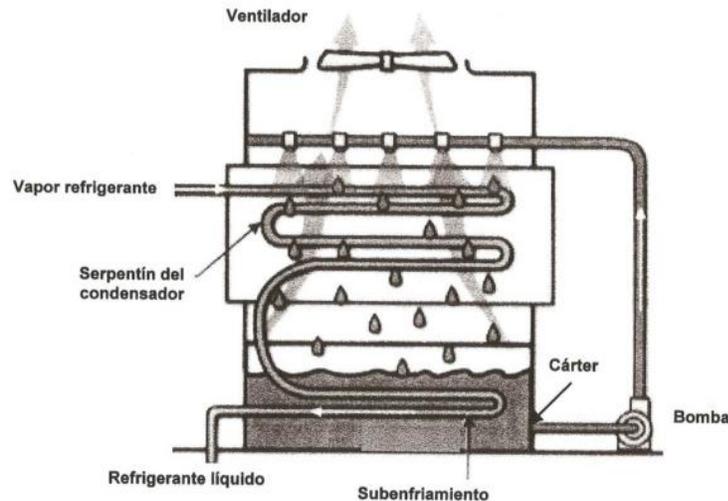
Salas (2012) resalta la importancia de los evaporadores dentro de la industria en la actualidad, así como las ventajas que proporcionan como el ahorro energético, la buena relación con el medio ambiente y la seguridad al momento de operar, al igual que el desarrollo llevado a cabo en estos dispositivos y la tecnología implementada para mejorar su eficiencia.

Padilla (2013) indica que un evaporador consta de un intercambiador de calor que se encarga de proporcionar una combinación de calor latente y sensible hacia otro dispositivo. Como un recurso para el enfriamiento del fluido y el separador que se encarga del desacoplamiento de calor del fluido en su estado líquido hacia otro sistema normalmente se utiliza el medio ambiente.

El principio de funcionamiento del evaporador es sencillo, pues consiste en transmitir al medio ambiente el calor excedente de los distintos procesos que puedan existir en la industria como las máquinas térmicas, utilizando la evaporación de una pequeña cantidad de líquido, dando como resultado un ahorro de energía y con las temperaturas bajas a las que el refrigerante trabaja se asegura el correcto funcionamiento del proceso.

La metodología se vuelve eficaz debido al sistema de transferencia de calor latente, lo que permite un removimiento ampliamente considerable de calor, en comparación con los métodos antiguos de transmisión de calor hacia el medio ambiente

Figura 10. **Evaporador: ciclo del fluido de trabajo para un condensador evaporativo**



Fuente: Hernández (2009). Análisis de cálculo, diseño y mantenimiento de una cámara de refrigeración utilizado en productos perecederos a 4°C.

1.2.12. Condensador

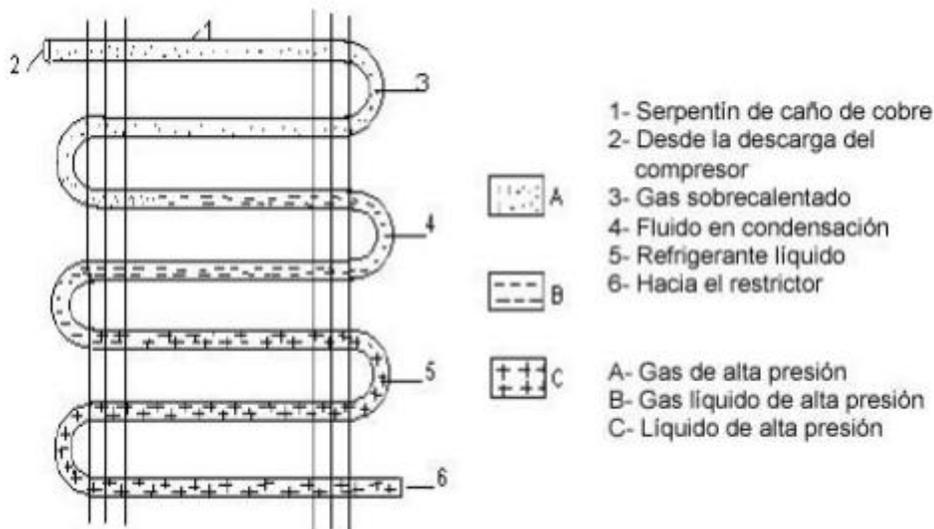
Isidro (2011) expone su opinión sobre los condensadores diciendo que estos son dispositivos empleados para la separación de vapores restantes a través de la saturación, incluyendo con esto un cambio de fase, para obtener este cambio de fase pueden utilizarse dos métodos: el primero señala un aumento de presión a una temperatura constante, mientras que el segundo aconseja disminuir la temperatura manteniendo la presión constante. Este método es comúnmente aplicable al campo de la refrigeración para obtener bajas temperatura debido a las eficiencias de remoción que se requiere.

También indica que un condensador es una herramienta importante en el ciclo de refrigeración, debido a que la concentración de entrada, en comparación

con la de saturación, es distinta, permitiendo que la estructura del refrigerante pueda lograr eficiencias de remoción del 90 % con refrigerantes simples y comúnmente usados, como el agua, amoníaco entre otros.

Coronel (2015) presenta al evaporador como una máquina que se encarga de transferir el calor del producto hacia sí mismo, en los sistemas de refrigeración esto sucede gracias a que el líquido refrigerante entra en el evaporador a una temperatura muy baja absorbiendo así el calor del producto.

Figura 11. **Condensador: descripción del comportamiento del refrigerante en distintas partes del condensador**



Fuente: Coronel (2015). Mejoramiento del sistema de enfriamiento, del condensador del minichiller del laboratorio de fluidos del AEIRNNR.

En el mercado de condensadores se puede encontrar usualmente dos tipos, los de superficie y los de contacto, en el primero el calor del medio ambiente no se encuentra en contacto con la corriente del gas refrigerante presente en el

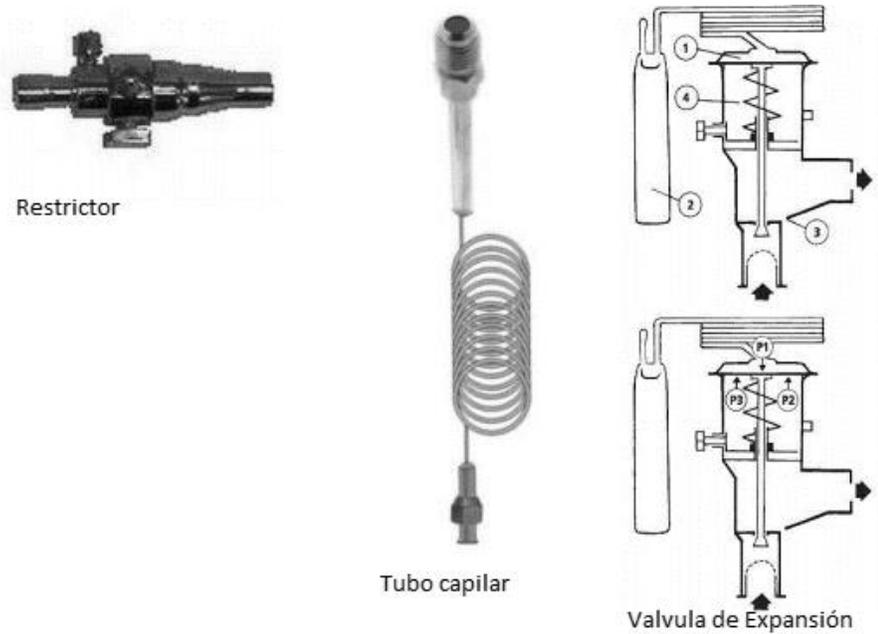
sistema, mientras que en los de contacto existe un condensador denominado de tubos y envoltura, en este el refrigerante circula alrededor de los tubos creando un recubrimiento en la superficie de menor temperatura provocando un cambio de fase a la entrada y luego drenándose hacia un tanque de almacenamiento.

1.2.13. Dispositivos de expansión

Cengel y Boiles (2011) describe un dispositivo de expansión como el instrumento encargado de restringir el paso de algún fluido o gas, ocasionando con esto una caída abrupta de temperatura, lo cual concuerda con lo que Rendón (2014) dice al indicar que una expansión en un ambiente con una temperatura menor evapora parcialmente el fluido disminuyendo su temperatura y absorbiendo calor latente del ambiente.

Estos dispositivos se caracterizan por ser pequeños y puede suponerse que el flujo en su interior es adiabático debido a que en el mecanismo no existe la suficiente área para producirse una transferencia de calor hacia el ambiente y tampoco se genera ningún tipo de trabajo por las dimensiones del instrumento. Los principales tipos de herramientas de estrangulación son válvulas de expansión, tubos capilares y el dispositivo que restringe.

Figura 12. Tipos de válvula de expansión: dispositivos de estrangulación utilizados en refrigeración



Fuente: Hernández (2009). Análisis de cálculo, diseño y mantenimiento de una cámara de refrigeración utilizado en productos perecederos a 4°C.

Figura 13. Método para seleccionar una válvula de expansión

S	V	E	5	GA	1/2" ODF Soldar	7/8" ODF Soldar	1/4" ODF Soldar	5'	
Tipo de Cuerpo	Código Sporlan - Refrigerante - Código de Color en Etiqueta de Elemento		"E" especifica ecualizador externo. Omisión de la letra "E" indica una válvula con ecualizador interno. Por Ejemplo: SV-5-C	Capacidad Nominal en tons	Carga Termostática	Tamaño y Estilo de Conexión de Entrada	Tamaño y Estilo de Conexión de Salida	Tamaño y Estilo de Conexión de Ecualizador Externo	Longitud del Tubo Capilar (pies o pulgadas)
	F para 12 - Amarillo E para 13 - Azul V para 22 - Verde G para 23 - Azul M para 124 - Azul J para 134a - Azul X para 401A - Rosa L para 402A - Arena S para 404A - Naranja	V para 407A - Verde N para 407C - Café S para 408A - Morado F para 409A - Amarillo Z para 410A - Rosa R para 502 - Morado W para 503 - Azul P para 507 - Azul Claro W para 508B - Azul A para 717 - Blanco							

Fuente: Hernández (2009).

1.2.14. Cuartos fríos

Yax (2009) describe que un cuarto frío puede clasificarse dentro de los sistemas de refrigeración industrial, argumentando que no se podría clasificar como un sistema domestico debido a las dimensiones que este podría tener, este sistema es utilizado normalmente para el almacenamiento, conservación y preservación de alimentos, carnes, verduras, helados, cervezas entre otras.

El autor indica que la capacidad de los sistemas refrigerados industriales usualmente es medida en toneladas de refrigeración, al mismo tiempo Yax puntualiza que esta medida es la encargada de remover el calor que el cuerpo retiene a una velocidad de 200 BTU/ min.

1.2.14.1. Diseño de un cuarto frío

Gonzales (2011) argumenta que para que un cuarto frío sea efectivo se debe de analizar en primer lugar las condiciones en las que este sistema operará, conociendo las características como temperatura ambiente, humedad relativa, o cambios que afecten el correcto funcionamiento de la cámara frigorífica, al mismo tiempo describe una serie de condiciones que deben de reunirse al momento de realizar la selección del material aislante para las paredes de la estructura.

Uno de los principales puntos en los que el autor se centra es el conocimiento del volumen con el que se cuenta, tanto del producto que se desea almacenar como el espacio físico dentro de las instituciones que están destinadas para la ubicación de las cámaras de refrigeración para realizar el balance y e ir generando el diseño exacto que se necesita para el caso en específico.

1.2.14.2. Manejo de materiales

Muñoz (2009) expone que el precio de los materiales utilizados en la construcción de cuartos fríos se ha elevado debido a que los materiales son de origen extranjero por lo que se presentan el método de programación lineal para el manejo de materiales en la construcción de estas estructuras.

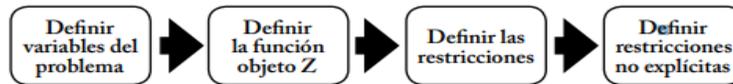
1.2.14.3. Propagación lineal

Puente y Gavilánez (2018) indican que la programación línea es un método matemático que busca la optimización de recursos cumpliendo con una serie de condicionamientos, como el objetivo, el cual puede ser la maximización de recursos o reducción de costos, una restringida cantidad de recursos, linealidad o relación que existen entre las variables, homogeneidad y divisibilidad.

1.2.14.4. Representación matemática de una maximización utilizando programación lineal

El procedimiento para plantear un problema utilizando la programación lineal se basa en cuatro pasos que se describen a continuación.

Figura 14. **Planteamiento de un problema con progresión lineal**



Fuente: Puente y Gavilanes (2018), p. 16.

1.2.14.5. Instalación de cuartos fríos

El manual Kolpak (2018) expone una serie de condiciones que deben cumplirse al momento de realizar una instalación de un sistema de refrigeración como lo son los cuartos fríos como la inspección de los materiales, localización de la unidad de condensado y de evaporación entre otras que se mencionan a continuación

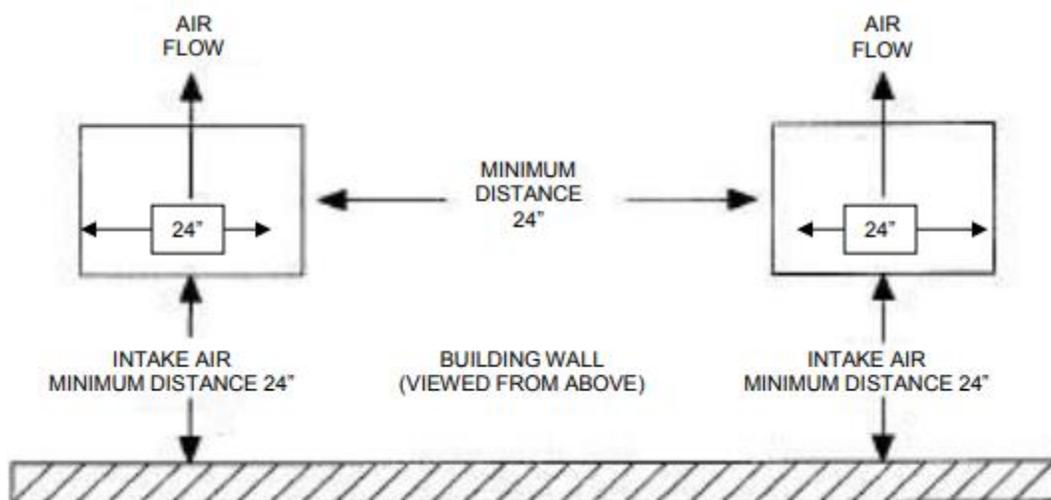
El manual recomienda que la instalación y el mantenimiento de los sistemas de refrigeración sean realizados por personal calificado que este familiarizado con el equipo a utilizar y las normas necesarias tanto de seguridad como de montaje, así mismo se recomienda desinstalar cualquier fuente de energía que pueda ser una amenaza para la integridad del personal.

La revisión de los materiales se debe hacer minuciosamente comparando cuidadosamente las especificaciones de cada elemento con la lista de materiales que se ha solicitado, anotando si se presenta cualquier tipo de imperfección, daño, deterioro o cualquier anomalía que pueda presentarse al momento de recibir los materiales.

1.2.14.6. Localización y montaje de las unidades de condensador

El equipo debe ser instalado en un espacio donde exista un ambiente que proporcione suficiente aire limpio, también donde la unidad sea capaz de descargar todo el aire removido del aire de condensado, tomar en cuenta que no se debe instalar múltiples equipos a una distancia corta uno de otro pues esto provocaría que el aire que está expulsando una unidad afecte el rendimiento de las otras unidades cercanas a ella.

Figura 15. **Montaje de múltiples condensadores de forma horizontal**



Fuente: Kolpak (2018), (p. 5)

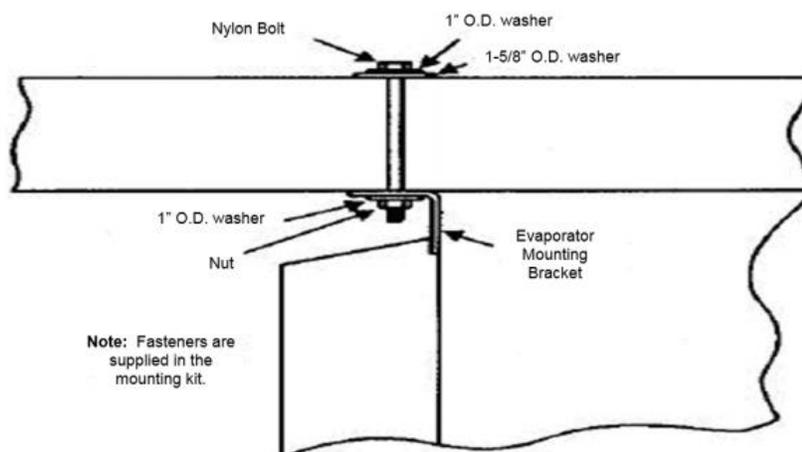
Se debe asegurar que la estructura pueda soportar el peso de la unidad de condensado para evitar cualquier daño al equipo, también debe verificarse que el entorno en el que se ubicada la unidad se encuentre libre de polvo y ambientes corrosivos como la humedad.

Al momento de montar el equipo utilice el mecanismo de deslizamiento que el condensador posee y no remueva este dispositivo hasta que la unidad de se encuentre en la ubicación deseada, también utilice almohadillas amortiguadoras para sujetar el condensador en la estructura.

1.2.14.7. Localización y montaje de las unidades de evaporización

El evaporador no debe de ser instalado sobre cualquier entrada que posea la instalación esto evitará problemas de formación de hielo, también se aconseja dejar suficiente espacio entre la bobina para que el flujo de aire sea eficiente. Ya que la ubicación del evaporador debe de ser alta, se necesita realizar unas perforaciones en la parte superior de la estructura, y con unos pernos y arandelas sujetar la unidad asegurándose de que estos soporten el peso del evaporador con el fin de evitar cualquier percance dentro del cuarto frío.

Figura 16. Diagrama del montaje de un evaporador



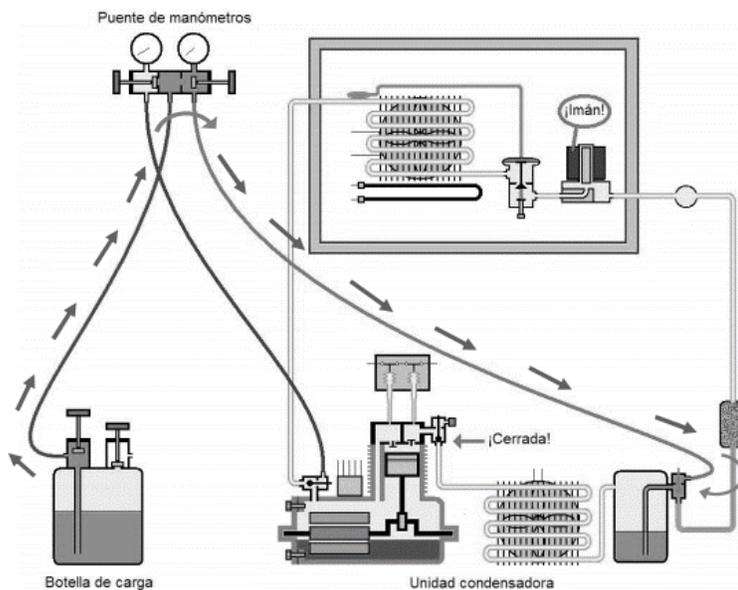
Fuente: Kolpak (2018)

1.2.14.8. Carga de refrigerante

Diaz (2011) indica que antes de realizar la carga de refrigerante en el sistema se debe de haber dejado en vacío el mismo, el tipo de refrigerante a utilizar depende del sistema que se esté utilizando, una manera sencilla de averiguar el tipo de refrigerante es observar la válvula de expansión en ella se encuentra grabada el tipo de gas que se debe utilizar.

Existen dos métodos al momento de cargar el refrigerante al sistema los cuales son los más utilizados, el primer procedimiento se basa en insertar el refrigerante en su forma líquida en la línea de alta presión del compresor, ya que el sistema se encuentra en vacío este método es bastante rápido.

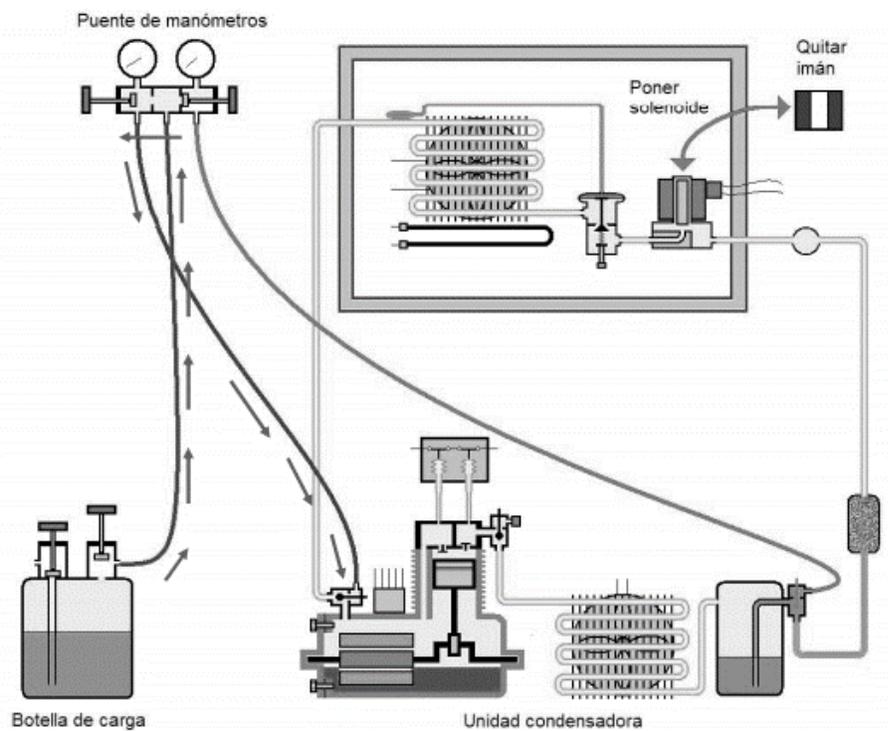
Figura 17. Carga de refrigerante en estado líquido



Fuente: Diaz, E. (2011)

Mientras que el otro procedimiento debe de realizarse mientras el compresor se encuentre trabajando, ya que el refrigerante se introduce en el sistema en su estado gaseoso y en la tubería de baja presión, esta técnica se torna un poco más lenta debido a la aspiración que debe realizar el compresor.

Figura 18. **Carga de refrigerante en estado gaseoso**



Fuente: Diaz, E. (2011)

1.3. **Conceptos generales de mantenimiento**

En seguida se presentan conceptos básicos sobre el mantenimiento, los cuales son importantes para la comprensión de este documento.

1.3.1. Definición del mantenimiento

Rendón (2014) indica que el mantenimiento puede definirse como la inspección de las instalaciones donde se encuentra ubicado el equipo, al mismo tiempo indica que se trata de una verificación constante del correcto funcionamiento de un sistema. Junto con esto expone que el objetivo principal del mantenimiento es alargar la vida útil de los elementos dentro de una industria con herramientas como gráficas comparativas de desempeño, ensayos no destructivos, análisis de indicadores entre otros.

Córdova (2018) describe al mantenimiento como un conjunto de actividades aplicados a la maquinaria que pueda presentarse en una industria, como vehículos, instrumentación y demás dispositivos relacionados a este para alargar su vida útil, concordando con García (2007) quien afirma que el objetivo principal del mantenimiento es estudiar la razón del envejecimiento de los dispositivos para identificar las mejoras que puedan aplicarse.

El deterioro de las herramientas, maquinaria y demás dispositivos es un proceso difícil de interrumpir, sin embargo, se trata de controlar por medio del mantenimiento debido a que este se encarga de analizar las razones que aceleran el desarrollo del envejecimiento, extendiendo con esto la disponibilidad de los equipos.

1.3.2. Mantenimiento correctivo

El más básico de todos los mantenimientos es el correctivo, ya que consiste en la simple sustitución y reparación de elementos desgastados los cuales se presentan al ocurrir un fallo tal como lo menciona García (2009), quien al mismo tiempo expone que la existencia de este mantenimiento en equipos críticos

dentro de la planta revela una carencia de control sobre los dispositivos, sin embargo, al existir muchos equipos puede considerarse este para elementos no críticos dentro de la planta.

Torres (2010) presenta al mantenimiento correctivo como un conjunto que puede componerse de tres actividades iniciando por la inspección visual, que consiste en el uso de la visión para la detección de fallas, el segundo aspecto mencionado es la lubricación y las características que hacen de esta actividad una de las más importantes dentro del mantenimiento, por último, se refiere a la reparación de las fallas ocurrentes.

Monterroso (2005) centra su concepto del mantenimiento correctivo en el modo en que sucede la falla, siendo inesperada o imprevista, provocando que las acciones que se deben tomar sean inmediatas y dependiendo del grado del defecto, así será el tiempo que la reparación dure lo que representa una pérdida para la empresa involucrada.

El mantenimiento correctivo es un estado en el que se tiene una máquina por distintas razones como situaciones financieras, en circunstancias en que se está dispuesto a permitir ciertos niveles de fallas sabiendo que la atención a las mismas debe ser inmediata y debe durar el menor tiempo posible para no repercutir en los procesos que la industria esté realizando.

1.3.3. Mantenimiento preventivo

Morales (2008) manifiesta que el mantenimiento preventivo es caracterizado por poseer programas que ayudan a la reducción de fallos, reduciendo su frecuencia, pero aumentando el tiempo entre los fallos que tenga

el dispositivo. Lo que busca esta técnica es establecer la vida útil de un elemento, determinar qué tipo de trabajos u operaciones hay que efectuarle y agrupar estos trabajos como parte de una planificación, sin embargo, al inicio de su implementación genera algunos inconvenientes con la operación, costes en inventarios.

Sierra (2004) presenta al mantenimiento preventivo como un conjunto de inspecciones programadas que se deben realizar a ciertos activos existentes dentro de una empresa siendo el propósito de esta la localización de desperfectos discontinuidades o cualquier desajuste que no se encuentre dentro de los parámetros iniciales del sistema.

Veras (2009) sostiene que uno de los pilares importantes en el mantenimiento preventivo es la programación de actividades que detecten las fallas antes de que estas sucedan, entre las actividades se menciona la inspección visual, lubricación y la comprometida colaboración de todo el personal dentro de la planta para seguir las instrucciones y con la ayuda de manuales y fichas técnicas anticiparse a cualquier problema.

El mantenimiento preventivo toma como herramientas actividades simples y cotidianas dentro de la industria, por ejemplo, inspección del nivel de aceite en cualquier equipo, voltaje, amperaje y otros aspectos eléctricos como la potencia en los equipos, a fin de adelantarse a cualquier fallo que se pueda presentar.

Álvarez (2004) concentra su análisis sobre el mantenimiento preventivo a la revisión constante de los equipos que se encuentran fijos en la empresa, también como los elementos que los componen, con el fin de prevenir un paro inesperado que pueda afectar el rendimiento de las máquinas y con ello la producción o el servicio que la empresa este ofreciendo.

Al mismo tiempo Alvares presenta los beneficios que pueden obtenerse al implementar un sistema preventivo en las compañías modernas, indicando que la seguridad es uno de los beneficios que se obtienen al tener este sistema funcionando, debido a que se conoce el estado actual de las maquinas en operación.

otros aspectos que se obtienen al tener un mantenimiento preventivo funcionando es el alargamiento de la vida útil, los costos de reparación se ven disminuidos y más organizados, quizá el inventario de repuestos se vea incrementado al principio sin embargo este se estabiliza a medida que el proceso se perfecciona.

1.3.3.1. Pasos para el mantenimiento preventivo

Alvares (2004) indica que un mantenimiento preventivo no puede ser idéntico a otro puesto que ninguna planta es igual a otra sin importar que estas se dediquen al mismo mercado, por lo tanto, debe considerarse los elementos que hacen vital el proceso de cada compañía que satisfacen el objetivo primordial de estas.

En primer lugar, se debe de reunir al cuerpo de trabajo que se encargará de esta división, se debe ser objetivo al momento de seleccionar a los elementos que conformaran el equipo de mantenimiento preventivo para que ellos puedan ejecutar las tareas con la mayor precisión posible y eliminar con esto la mayor cantidad de erros que puedan generarse al momento de recolectar los datos.

El siguiente paso es el levantamiento de equipos que se refiere a la toma de datos de cada equipo perteneciente al área analizada, incluyendo, tamaño, capacidad, función y todas las especificaciones que fueran necesarias para darle una mejor atención al momento de cualquier reparación o mantenimiento. Para facilitar este proceso se utiliza la herramienta de codificación de equipos que consiste en asignarle un código interno a cada máquina con el objetivo de estandarizar los procesos y hacer más fácil la búsqueda y organización de los mismos.

Luego de haber realizado el inventario de los equipos se procede a la investigación de todo lo concerniente a cada elemento de las maquinarias, como fichas técnicas, manual de uso, planes de mantenimiento realizados con anterioridad, es decir todos los documentos que le permitan conocer a fondo cada elemento del equipo y sea más fácil realizar el plan de mantenimiento.

Posteriormente se procede a realizar el plan de mantenimiento para cada equipo, ya teniendo reunida toda la información que tenga que ver con nuestra maquinaria, este paso se realiza luego de la recolección de información con el objetivo de saber cuáles son los elementos que le pertenecen a cada máquina, a si se sabrá qué tipo de repuestos, consumibles, aceites se deben tener en el inventario unido a esto se selecciona al personal que realizara las rutinas de mantenimiento, indicándoles que se debe medir y como se deben tomar esas mediciones.

Para realizar el control y análisis de las fallas consencientes a cada elemento se debe conocer la variable que provoca el desgaste y reduce la vida del equipo, en muchos casos el estudio se realiza en base al tiempo que tarda el desgaste en producir un paro, esto será de utilidad para trazar la frecuencia a la

que se realizaran las rutinas de mantenimiento, para desarrollar e ir mejorando los tiempos de paros para realizar reparaciones.

1.3.3.2. Orden de trabajo

Las órdenes de trabajo tal como lo expone Tavares (2010) son parte de la administración del mantenimiento debido a que son una herramienta para documentar los procesos que se realizan hacia una maquinaria y sus elementos, conteniendo información del equipo y especificaciones de sus componentes, al igual que la descripción del trabajo o acciones que se realizarán hacia la máquina, estos y demás aspectos serán expuestos en el capítulo 4.

1.3.4. Mantenimiento predictivo

La esencia de este método es anticiparse a los fallos, mediante la implementación de técnicas de predicción tal como lo revela Sánchez (2017). En el campo industrial existen ciertos ensayos no destructivos que se utilizan como herramienta para este mantenimiento, estos proporcionan información del estado actual de la máquina y si esta presenta alguna desviación de lo establecido.

Marín (2014) remarca que la velocidad de fallo en un equipo se desarrolla muy lentamente, presentándose ciertas irregularidades en su funcionamiento, detectables con equipo especializado como ultrasonido, termografía, radiografía industrial y análisis de vibraciones, con el objetivo de establecer la fecha de su reparación

Huertas (2007) basa su concepto del mantenimiento predictivo en los elementos que componen a la técnica VOSO la cual se apoya de los cinco sentidos para la detección de fallas. El método consiste en detectar discontinuidades con la vista y tacto, ruidos distintos al de operación y olores fuera de lo normal con el fin de anticiparse a cualquier desastre.

Siguiendo el fin del mantenimiento, el predictivo pretende extender la vida útil de los equipos con herramientas que le ayudan a predecir el momento del fallo antes que este suceda, sin embargo, alcanzar ese objetivo requiere de una gran coordinación y capacitación al momento de efectuar algún ensayo, la inversión en este método es mayor a la de las otras técnicas mencionadas, pero su beneficio es igual de alto.

A continuación, se presenta la síntesis de la norma para la aceptación de pruebas a realizarse en compresores de desplazamiento.

1.3.5. Test de aceptación para compresores de desplazamiento

La ISO es la Organización Internacional de Estandarización, su trabajo es normalizar todas las técnicas o ensayos que se realicen a nivel mundial, su principal objetivo es difundir esta información a los asociados de la organización y demás interesados en conocer algún método que les sea de gran ayuda.

1.3.6. Alcance

ISO especifica métodos de aceptación para volumen, tasa de flujo, potencia requerida y desplazamiento del compresor de la misma manera que el tipo de

refrigerante que debe utilizarse. También toma lugar el cumplimiento de las especificaciones de operación y pruebas de condiciones, así como la tolerancia requerida en la medición de cada una de las variables mencionadas con anterioridad.

En la investigación a desarrollar se analizan parámetros establecidos por la Norma ISO1217, como presiones y temperaturas a las cuales se encuentra operando el equipo, humedad, tasa de flujo, potencia, energía y algunos otros parámetros que, aunque no se encuentren mencionados en la norma son esenciales para poseer una visión más amplia del estado del sistema, como la lubricación de dimensiones de la estructura que se desea refrigerar y la temperatura del ambiente.

1.3.6.1. Equipos de medición, métodos de uso y exactitud

Para la medición de presión en las tuberías debe de asegurarse que no existan ningún tipo de fugas, esto para evitar cualquier bloque por polvo suciedad o líquido condensado, al momento de realizar la medición el instrumento debe de montarse al mismo nivel que el punto de medición esto con el fin de que la columna del líquido no ejerza ninguna distorsión en la medición.

Los instrumentos deben de ser instalados en un área donde no sean afectados por la influencia de cualquier fenómeno vibratorio, estos instrumentos deben poseer una tolerancia menor a 1 %, si la amplitud en la frecuencia de las ondas ubicadas en la tubería de entrada o salida tienen un exceso mayor al 10 % de la presión media absoluta, la instalación deberá de ser corregida antes de proseguir.

Transmisores y medidores deben ser calibrados bajo las mismas condiciones de presión y temperatura a las que se efectuará el test, usando un peso muerto o un equipo eléctrico que posea la misma certeza.

La presión atmosférica tendrá que medirse con un barómetro y el dispositivo deberá poseer una mejor exactitud que $\pm 0.15\%$, mientras que la temperatura puede ser medida con cualquier instrumento certificado como termómetro digital, análogo o termistor con una exactitud de $\pm 1\text{ K}$.

Para realizar la medición de temperatura dentro de la tubería el termómetro debe de introducirse a una distancia de 100 mm o un tercio del diámetro de la tubería.

Si el gas contiene humedad la humedad debe de ser chequeada durante la prueba en la tubería de entrada de gas, con un instrumento que contenga una exactitud de $\pm 0.5\%$ o mejor.

1.3.7. Procedimiento del test

Antes de que comiencen las pruebas de aceptación, se debe examinar el compresor para determinar si se encuentra o no en condiciones de aceptación, mientras que las fugas deben eliminarse en la medida de lo posible, para ello deben revisarse las tuberías, acoples y válvulas. Al mismo tiempo todos los elementos que puedan acumular líquido refrigerante deberán limpiarse.

Los arreglos de prueba son los siguientes.

- Las pruebas preliminares se pueden ejecutar para instrumentos de verificación, y personal de formación.
- No es factible probar una máquina con el gas que se pretende usar con el compresor bajo prueba
- El mecanismo de gobierno deberá mantenerse en su condición normal de operación.
- Durante la prueba, el lubricante y la velocidad de alimentación deben cumplir con las instrucciones de operación.
- Durante la prueba, no se requieren ajustes distintos a los requeridos para mantener las condiciones de prueba.
- Antes de tomar las lecturas, el compresor debe funcionar durante el tiempo suficiente para garantizar el estado estable
- Las lecturas están sujetas a grandes variaciones, luego se aumentará el número de lecturas.
- Para cada carga, se debe tomar un número suficiente de lecturas para indicar que las condiciones del estado son estables.
- Después de la prueba, el compresor y el equipo de medición deben ser inspeccionados.

Tabla I. **Desviaciones máximas de valores especificados**

Variable a medir	Desviación máxima permisible	Tolerancia
Entrada de presión	±10	±1
Presión de descarga	Sin especificar	±1
Temperatura de entrada	No especificado	±2K
Humedad absoluta de entrada	No especificada	±5%

Fuente: ISO 1217-2009.

1.4. Manual de ingeniería BOHN

La reciente publicación del manual de ingeniería Frigus BOHN ha sido diseñada para suplir las necesidades en cuanto al cálculo de cargas térmicas en las aplicaciones comerciales tanto en cuartos de refrigeración como congelados, el objetivo principal de este manual es orientar al ingeniero o cualquier interesado a realizar un cálculo de las cargas sencillo y preciso.

1.4.1. Cálculo de cargas térmicas en refrigeración comercial

El manual ha considerado cuatro principales razones por las que la carga térmica dentro de los cuartos refrigerados y congelados aumenta siendo estas por transmisión, por el cambio de aire que existe en las entradas de las instalaciones, misceláneas que se encuentren funcionando dentro del cuarto y por último la carga que genera el calor del producto.

1.4.1.1. Carga por cambios de aire

La principal razón de este fenómeno yace en el tiempo en que las entradas de la instalación permanecen abiertas, debido a que provoca que una cantidad de aire proveniente del medio ambiente a la misma temperatura que este se introduzca en el cuarto refrigerado generando con esto que el equipo tenga que expulsar el calor proveniente del aire.

Tabla II. Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento arriba de 32°F (0°C) debido a la apertura de puertas e infiltración

Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

Fuente: manual de ingeniería BOHN (2005).

Tabla III. **Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento abajo de 32°F (0°C) debido a la apertura de puertas e infiltración**

Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

Fuente: Manual de ingeniería BOHN (2005).

1.4.1.2. Cargas misceláneas

Las cargas misceláneas más comunes dentro de la industria de refrigeración son los motores y la iluminación que se utilice dentro de la instalación, en algunos casos pueden considerarse también los montacargas si es que estos ingresan al recinto, al igual que las baterías y cualquier equipo eléctrico que genere calor, sin embargo, el personal también es considerado dentro de esta sección, se debe considerar el tiempo y la cantidad de individuos que permanecen dentro de la fundación.

Tabla IV. **Calor Equivalente de Motores Eléctricos**

Motor HP	BTU por (HP)(Hr)		
	Relacionado con la carga dentro del espacio refrigerado	Perdida del motor fuera del espacio refrigerado	Relacionado con la carga exterior exterior del espacio refrigerado.
1/8 a 1/2	4250	2545	1700
½ a 3	3000	2545	1150
3 a 20	2950	2545	400

Fuente: Manual de ingeniería BOHN (2005).

1.4.1.3. **Carga del producto**

El sistema de refrigeración tiene un funcionamiento simple y básico, estabilizar la temperatura dentro del recinto para ello debe de extraer todo el calor que generan el producto almacenado, para determinar la cantidad de calor que genera cierto producto el manual provee tablas para establecer con exactitud este valor.

Tabla V. **Cámaras para Plátano-Requerimientos de Refrigeración**

Tamaño de la Cámara	Cantidad de Cajas del Producto	BTU del Evaporador por 10°F de DT	Volumen Aprox de Aire PCM	Calor Eléctrico de Entrada
½ carga	432	3600	6000	6KW
1 carga	432	7200	1200	12KW
2 cargas	1728	144000	24000	24KW

Fuente: manual de ingeniería BOHN (2005).

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la investigación se hizo uso de herramientas para el análisis de las variables que rodean el entorno refrigerado las cuales se muestran a continuación.

2.1. Análisis del estado de la empresa

Tomando como base el primer anexo se realizó la recolección de datos los que brindan una perspectiva clara y concisa de la condición de funcionamiento de los elementos existentes en el área de refrigeración con lo que se presenta a continuación el análisis realizado.

El modelo de entrevista fue estructurado de la siguiente manera, primero se presenta un espacio que deber ser llenado con el nombre del sujeto a entrevistar seguidamente, la fecha y el lugar de realización de la visita, luego se presentan preguntas correspondientes a las características específicas del producto.

El formato de entrevista utilizado presenta en su parte superior el nombre de la persona entrevistada al igual que la fecha y el lugar que se realizó la misma tal como se muestra en el anexo uno, de la misma manera en la casilla que le precede se encuentran cinco enunciados que tienen el propósito de conocer el tipo de producto que el cuarto frío preserva, al igual que la cantidad de producto, la temperatura y la humedad relativa del mismo, al igual que la temperatura de operación del cuarto refrigerado.

Seguidamente muestra un recuadro que tienen por objetivo comprender como se encuentra conformada la estructura, cuáles son las dimensiones con la que esta cuenta, así mismo se brinda un espacio para que el entrevistado brinde más información correspondiente específicamente a la estructura de la empresa en particular y por último se realiza una interrogante acerca de la disposición de la empresa hacia la sustitución de algún elemento de refrigeración.

Luego de esto se presenta un apartado correspondiente al mantenimiento que posee la empresa, con el motivo de conocer la técnica de implementación que se tendrá que ejecutar si la empresa no contase con ningún tipo de mantenimiento y como se adaptaría el mantenimiento propuesto al ya existente si este fuese el caso.

Por último, se muestran una serie de fallas que son recurrentes en los equipos de refrigeración y que están normalmente ligadas al funcionamiento, ambientes o tipo de trabajo al que estas están expuestas, siendo la esencia principal la de prevenir los mismos fallos en el nuevo sistema.

En la industria platanera la refrigeración cuenta un papel muy importante ya que de ella depende la preservación del producto para que este conserve todas sus propiedades y requerimientos que el mercado internacional solicita, sin embargo, la empresa en estudio no había considerado la demanda del mercado.

El aumento en la solicitud del producto ocasiono que el almacenamiento de plátano se viera afectado, sin embargo, la carga de trabajo que se acoplaba al viejo diseño no era capaz de mantener la calidad del producto ya que el diseño se encontraba por debajo de la energía requerida.

Como parte del esquema que complementa el sistema de refrigeración se han creado dispositivos que protegen al compresor de cualquier sobrecarga eléctrica o sobrecalentamiento, estas anomalías son generadas en su mayor parte por el diseño herrado de la energía que debe ser removida dentro del recinto refrigerado.

La empresa al encontrarse en esta situación se vio en la necesidad de rediseñar el área de refrigeración y mudar de un sistema moderado a uno más robusto, que pueda conservar la cantidad de producto que el mercado está demandando, al mismo tiempo se han convencido de que un plan de mantenimiento para preservar los equipos y reducir los fallos es la solución más eficiente.

2.2. Uso del manual de ingeniería BOHN en la investigación

Para la recolección de datos el manual de ingeniería BOHN proporciona un formato para estimar la carga de refrigeración para cuartos fríos tanto de refrigeración como congelación, en la que de una manera sencilla y didáctica se solicitan las variables necesarias para el cálculo de cada carga este formulario puede encontrarse en la sección de anexos.

En la tabla II se observan todas las particularidades que rodean el entono de un cuarto frío, en la mayoría de industria el área destinada para la estructura ya se encuentra predeterminada, por lo que no es una variable que se pueda controlar, así mismo se presentan las condiciones ambientales en la se encuentra la empresa como la temperatura ambiente, humedad específica, humedad relativa entre otras, estos datos ayudaran al cálculo del sistema de refrigeración como se presenta más adelante.

Las variables restantes que se presenta en la tabla II corresponden a los aspectos que conciernen a las condiciones en las que trabajará en cuarto frío en su interior, como la temperatura de bulbo seco que representa la temperatura de operación, y por último se presentan las características del aislamiento.

Tabla VI. **Características del cuarto frío**

Dimensiones de la cámara	
Largo	5 m - 16,4 pies
Ancho	7 m – 22,9 pies
Alto	3 m – 9,84 pies
Dimensiones de la puerta	
Alto	2.5m – 8.20 pies
Ancho	2m – 6.56 pies
Condiciones ambientales del exterior	
Temperatura de bulbo seco para paredes	Promedio de 25 °C -77°F
Temperatura bulbo seco para el techo	Promedio de 36°C- 97°F
Temperatura bulbo seco para el suelo	Promedio de 10°C- 50°F
Humedad relativa	Promedio de 65 %
Temperatura de bulbo húmedo	Promedio de 20.27°C – 68.5°F
Condiciones ambientales dentro del cuarto frío	
Temperatura de bulbo seco	-10 °C – 14°F
Humedad relativa	Promedio de 90 %
Temperatura Bulbo húmedo	-10.34 – 13°F
Aislamiento	
Material	Poliuretano
Espesor	4 plg (10.16cm)
Coeficiente $U_{Poliuretano}$	0,208 $\frac{BTU}{hr-p^2-^{\circ}F}$

Fuente: elaboración propia.

El propósito principal de un cuarto refrigerado es el de la preservación de alimentos entre los que se pueden mencionar a las verduras y carnes en su mayoría sin embargo también pueden ser almacenadas las bebidas y productos lácteos, a pesar de que un puede ser posible el almacenamiento que estos elementos el sistema es característico en cada uno de ellos debido al calor de evolución que presenta cada producto.

El calor latente indica a que temperatura se genera un cambio de fase, para un producto como el plátano este dato es importante ya que nos permite conocer la cantidad de carga mínima de refrigeración se debe tener en el sistema para mantener al plátano en las condiciones deseadas, este dato se puede combinar con el tipo de maduración y la vida aproximada de almacenamiento para estimar el tiempo necesario que debe permanecer el plátano dentro de la estructura.

Tabla VII. **Propiedades del plátano**

Tipo de maduración	1-2 semanas
Calor de evolución	8400 BTU/ton- 24hr
Respiración	25-110 mg CO_2 Kg.hr
Calor latente	108 BTU/lb
Calor específico bajo el punto de congelación	0,42 BTU/lb-°F
Calor específico bajo la temperatura congelación	0,80 BTU/lb-°F
Humedad relativa de almacenamiento	85 % - 95 %
Temperatura de almacenamiento	55- 58 °F/ 12,7- 14°C
Calor específico	0,81 BTU/lb-°F
Contenido de agua	74 %
Vida media del almacenaje	2 semanas
Punto de congelación algo	30 °F , -0,77°C

Fuente: elaboración propia.

2.2.1. **Carga por emisión de calor a través de paredes**

Esta operación se fundamenta en la cantidad de calor que es transferido al interior del cuarto frío usando como medio de transporte las paredes, para ello el manual nos brinda información de estudios previos o recopilación de normas a fin de que la selección sea más sencilla.

La tabla IV muestra un extracto del formato presentado en el manual para el cálculo de cargas por transmisión en la paredes, esto con el objetivo de resaltar

lo que para este cálculo resulta más importante, que es el coeficiente de transmisión térmica, que se ve afectado según el material que se utilice tal como se muestra el corcho posee un coeficiente de 0.3 W/ m-k mientras que el poliuretano que es el material seleccionado posee un coeficiente de 0.16 W/m-k, lo que representa que su conductividad es menor, en otras palabras es una material que aísla y que no permite que el calor se transmita con facilidad.

Tabla VIII. **Carga de transmisión de calor en paredes**

Corcho o lana mineral K= 0,30	Fibra de vidrio o poliestireno K= 0.26	Poliuretano esperado K= 0.16	Poliuretano Aplicación en el lugar K= 0.12	Resistencia térmica R
	1			4
	2			8
4	3	2		12.6
5	4		2	16.4
6	5	3		19.6
8	6	4	3	25
10	8	6	4	33
	10			38,7
			6	50

Fuente: manual de ingeniería BOHN (2005, p. 14).

El manual de ingeniería es una herramienta que hace uso de recursos matemáticos comunes en el ámbito de la refrigeración, en el caso específico del cálculo de la carga que produce la transmisión de energía través de las paredes el manual propone la solución matemática que se presenta a continuación, este involucra al área de cada pared , la diferencia de temperatura que existe en el interior y exterior del sistema y el coeficiente global de transferencia de calor, lo

que representa esta ecuación que tanto calor permite el aislante que entre en el sistema que se está delimitando.

$$Q_{tran} = A(\text{pie}^2) * DT * U * 24hr [7]$$

Q_{tran} = Carga por transmisión de una pared

A = área en pies cuadrados

DT = divergencia entre la temperatura del exterior e interior ver tabla II

U = Coeficiente general de propagación de calor BTU por hr /por $\text{pie}^2/^\circ\text{F}$, dato postulado por el manual 0.04

Los datos correspondientes a la tabla VII que contiene la magnitud de calor que cada pared transmite al interior del cuarto, la disimilitud existente entre las temperaturas en la mayoría de paredes es de 63°F que resulta de la sustracción de la temperatura ambiente, generalmente en esta zona 77°F y la temperatura interna o de operación del cuarto refrigerado 14°F, no obstante para el caso particular del techo y el piso las temperaturas cambian, para el caso particular del techo la temperatura se eleva debido a que se encuentra más cercana el techo del edificio principal el cual esta echo de lámina que provoca que esta magnitud se eleve, el caso contrario se ve en el suelo de la habitación que no tiene un contacto directo con el ambiente ni la humedad, lo que permite que esta diferencia sea menor.

$$\text{Carga por transmisión} = A * DT * U [8]$$

Tabla IX. Cálculo de carga de transmisión por muros

Estructura	Largo (pies)	Ancho (pies)	Área (Pie^2)	Diferencia de temperatura DT	Resistencia R	Valor U	Carga por transmisión BTU
Techo	22.9	16.4	375.56	83	25	0.04	29924.6208
Piso	22.9	16.4	375.56	36	25	0.04	12979.3536
Pared Oeste	16.4	9.84	161.376	63	25	0.04	9760.02048
Pared Este	16.4	9.84	161.376	63	25	0.04	9760.02048
Pared Norte	22.9	9.84	225.336	63	25	0.04	13628.32128
Pared Sur	22.9	9.84	225.336	63	25	0.04	13628.32128
Carga total por transmisión BTU/hr							89680.65792

Fuente: elaboración propia.

El producto alcanzado en la tabla IX representa la adición total de las cargas pertenecientes a las paredes ubicadas en los distintos puntos de la instalación, el valor de este cálculo es elevado a causa de la diferencia de temperatura existente en la atmosfera exterior y la interior es considerablemente superior lo que provoca que el resultado final se incremente, este dato brinda la conducta de la estructura bajo las condiciones expuestas y será de utilidad para el cálculo de los elementos que conforman el modelo esperado.

2.2.2. Carga total por día

Al disponer de la medida absoluta I de energía que se emite por las paredes, se procede a establecer un tiempo de regularización, el objetivo de estandarizar la dimensión de las cargas de refrigeración para entender cuál será el requerimiento del poder refrigerante en un tiempo estimado.

Este dato será de gran utilidad al momento de establecer los rangos de operación que debe tener el equipo y que no cuente con ningún inconveniente por sobrecarga de trabajo, unido a esto el factor de seguridad es un elemento fundamental para el bosquejo de equipos, que representa el sobredimensionamiento de los mismos con el objetivo de disponer con la menor cantidad de inconvenientes al sobrepasar la capacidad teórica del sistema.

Carga total por transmisión de paredes = 89680.65792 BTU

Factor de seguridad = 10 %

$$Carga\ por\ día = (Carga\ total * 1.1) \frac{BTU}{24hr} [9]$$

$$Carga\ por\ día = 98,648 \frac{BTU}{24hr}$$

Obteniendo así la cantidad total de calor generado en un día de trabajo por la transmisión que permiten las paredes, y al haberse aplicado la ecuación correspondiente de una mane correcta y habiéndose aplicado el factor de seguridad este valor forma parte del resultado total para la selección de equipos.

2.2.3. Carga por cambios de aire

Este fenómeno se genera por el efecto de abrir la entrada de acceso a las instalaciones refrigeradas, permitiendo con esto que se filtren cantidades de aire que contienen las mismas características a la que se encuentra el medio exterior incluyendo temperatura y humedad específica que se considerarían las dos variables que afectan con mayor fuerza a la carga refrigerante que genera el sistema.

En la tabla X se presentan la magnitud de calor que genera una definida cantidad de volumen, tal como se puede observar esta tabla es utilizada específicamente para cuartos refrigerados que operan a una temperatura menor a los 32°F, en otras palabras esta tabla es utilizada para los cálculos de infiltración de aire en cuartos congelados, si se deseará conocer el equivalente de calor para un volumen en un cuarto refrigerado es decir que su temperatura de operación este sobre el punto de congelación del agua 32°F se debe de revisar el manual de ingeniería BOHN el cual provee esta información.

Tabla X. **Cambios de aire promedio en 24hr para cuartos de almacenamiento debajo de 32 °F (0°C) debido a la apertura de puertas de infiltración**

Volume n pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volume n pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volume n pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

Fuente: manual de ingeniería BOHN (2005).

En la tabla XI dan a conocer las cifras principales para el cálculo de la carga por infiltración o alteraciones de aire en los que se puede encontrar el volumen de la cámara, el cual resulta de multiplicar el ancho, largo y alto del cuarto, el factor de cambios por de aire el cual puede obtenerse en la tabla VI debe ser interpolado dado que el volumen no es un resultado entero, para el factor estándar el manual recomienda que sea 2, del mismo modo que recomienda el volumen específico de aire infiltrado y el cambio de entalpia del aire infiltrado.

Tabla XI. **Datos para carga por cambios de aire**

Volumen de la cámara (<i>pie</i> ³)	3695.5104
Factor tabla VI (CA)	6.7
Factor de uso estándar	Recomendó 2
Volumen específico del aire infiltrado	13.81
Cambio de entalpia del aire infiltrado	27.9
Alto de la puerta	2.5m – 8.20 pies
Ancho de la puerta	2m – 6.56 pies
Número de veces que se abre la puerta por hora	2
Duración de la apertura	2 min
Efectividad de la cortina	100 %

Fuente: elaboración propia.

Para este cálculo el manual plantea una ecuación que involucra los cambios de aire en promedio, factor de uso, cambios de entalpia y volumen específico, obteniendo con esto la energía calorífica que se está filtrando cada 24 hr por en un volumen predeterminado, aunque se expuesto que este fenómeno ocurre por la apertura e incide en el tiempo en el que esta se mantenga abierta.

Se debe considerar que cualquier grieta en la estructura puede provocar una infiltración de aire debido al fenómeno de diferencia de presión, ya que el aire del ambiente se encuentra a una mayor temperatura que provoca que la densidad del aire sea menor lo que permite que la infiltración sea más sencilla.

$$Q_{aire} = V * (CA) * (FU) * \left(\frac{DH}{DV}\right) [10]$$

Q_{aire} = Carga por infiltración de aire

V = Volumen de la cámara (*pies*³)

CA = Cambios de aire promedio en 24hr para cuartos de almacenamiento debajo de 32 °F (0°C) debido a la apertura de puertas de infiltración ver tabal VI

FU= Factor de Uso

DH= Cambio de entalpia del aire infiltrado (BTU)

DV= Volumen especifico de aire infiltrado

$$Q_{aire} = (3695.5104)(6.7)(2) \left(\frac{27.9}{13.81} \right) [11]$$

$$Q_{aire} = 100,044 \text{ BTU}/24\text{hr}$$

Aplicando factor de seguridad del 10 %

$$Q_{aire} = \left(100,044 \frac{\text{BTU}}{24\text{hr}} \right) (1.1)$$

$$Q_{aire} = 110,048 \text{ BTU}/24\text{hr}$$

Alcanzando así el resultado que representa a la carga de infiltración que se producen en un día de trabajo, se debe resaltar que este valor pertenece al caso remoto de mantener las puertas abiertas, permitiendo que el cuarto se sature con el aire del exterior y el sistema tenga que trabajar con estas condiciones por el lapso de un día, este cálculo se realiza de esta manera para prever cualquier imprevisto en el fallo de los sellos en las puertas o cualquier infiltración que pueda presentar la estructura dando, posibilitando con esto que el producto permanezca con las condiciones requeridas de preservación.

2.2.4. Cargas misceláneas

Dentro de la cámara refrigerada existen elementos que son necesarios para facilitar el monitores, inspecciones o transportes del material, sin embargo estos elementos poseen características caloríficas que dependes de situaciones ambientales del exterior como la presencia de las personas, en cambio existen otros equipos que generan calor a medida que se usan y que su origen es no depende de condiciones exteriores, tal es el caso de las lámpara y motores que puedan existir dentro del cuarto frío.

En este apartado se analizarán los elementos considerados como misceláneos y el efecto que provocan en el sistema de preservación, considerando en cada caso en específico las variables que generan el incremento perteneciente a este elemento y afecte directamente al resultado final.

2.2.5. Carga por personas

El cuerpo humano tiende a retener la energía equivalente a la del entorno en el que se halla, refiriéndose a que cualquier trabajador que ingrese al cuarto refrigerado posee la temperatura del exterior, por lo que representaría una carga al sistema, ya que este tendría que remover el calor proveniente de estos individuos para estabilizar la estructura por esa razón se recomienda no permitir el acceso de muchos empleados para evitar excesos de carga.

A diferencia de otras variables el cuerpo humano no podría medirse con un simple termómetro, debido que este presenta distintas magnitudes de temperatura dependiendo del lugar donde se toma la medida, para facilitar este cálculo el manual de ingeniería, proporciona la tabla XII , donde se especifica la

temperatura de acción del recinto y la energía que cada persona emitiría hacia las instalaciones, en el proyecto expuesto se trabajará con 1 persona y el circuito estará a 14°F, interpolando en con los resultados exteriorizados en la tabla VIII se obtiene que el valor es 27,360 BTU/24hr .

Tabla XII. **Calor equivalente de ocupación**

Temperatura del Refrigerador °F	Calor Equivalente/Persona BTU/24Hrs.
50	17,280
40	20,160
30	22,800
20	25,200
10	28,800
0	31,200
-10	33,600

Fuente: Manual de ingeniería BOHN (2005, p,25).

En la tabla XIII se presenta los datos pertinentes que deberán ser usados en el cálculo del calor que genera una persona y el cual debe ser removido por el sistema de refrigeración, entre ellos figura la cantidad de personas que se provee estarán en contacto con el cuarto frío al igual que la temperatura a la que esta estará operando y la interpolación obtenida de la tabla XII.

Tabla XIII. **Datos para carga por persona**

Número de personas	1
Temperatura de operación	14 °F
Factor Tabla VIII	27,360 BTU/24 hr

Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned} \text{Carga por pesonas} &= 1 * 27,360 \text{ BTU}24\text{hr} [12] \\ &= 27,360 \frac{\text{BTU}}{24\text{hr}} \end{aligned}$$

Alcanzando así la cantidad de calor que un cuerpo transmite al ambiente refrigerado durante un lapso de 24 horas, este resultado puede ser multiplicado por el número de personas que se desee estén en contacto con el sistema, dependiendo del caso y las condiciones específicas de cada cuarto frío.

2.2.5.1. Motores

Los motores tienen un efecto que produce calor al momento de estar funcionando conocido como efecto joule, para estandarizar todas las cargas el manual proporciona un factor de conversión para la potencia de los motores 75000 BTH/24hr, para este caso se utiliza un motor de 0.5 HP.

La característica más importante a resaltar en este modelo matemático es que aunque solo se trate de una conversión de unidades para interpretar de una manera estandarizada la magnitud de la potencia hacia el calor que genera este elemento, se puede observar que siempre se mantendría una tendencia de

incremento, ya que se trata de una relación directamente proporcional, es decir que a mayor potencia de un motor mayor es la cantidad de energía reflejada en calor que esta emite al medio ambiente.

$$\begin{aligned} \text{Carga de motor} &= 0,2\text{HP} * 75000 \frac{\text{BTU}}{24\text{hr}} \quad [13] \\ &= 15000 \text{ BTU}/24\text{hr} \end{aligned}$$

Consiguiendo con este resultado la magnitud que un motor de 0.2 Hp transmite hacia el medio refrigerado, si se contase con más motores que desempeñen una función dentro de la estructura se debe seguir el mismo procedimiento sin embargo para el caso presentado solo se hace uso de uno de estos elementos por lo tanto sólo se realiza este cálculo una vez.

2.2.5.2. Iluminación

En las bombillas tradicionales se utilizaba un filamento que era el responsable de generar el efecto de incandescencia, lo que hacía que se visualizara luz en estos elementos, sin embargo, esta tecnología hacía que este componente emitiera mucho calor y este se transmitiera a la estructura que lo encapsulaba, no obstante, hoy en día la tecnología ha permitido que se desarrollen nuevas formas de producir luz sin emitir demasiado calor, tal es el caso de las lámparas led.

Se utilizarán 6 lámparas de 50 watts cada una con el motivo de tener una mejor iluminación dentro del cuarto frío, el manual nos da un coeficiente por el cual multiplicar la potencia de las lámparas para convertir su carga en BTU/hr el cual en este caso es 82.

$$\begin{aligned} \text{iluminación} &= 6 * 25 * 82 \\ &60 \end{aligned}$$

$$Iluminación = 12300 \frac{BTU}{24hr}$$

Al obtener este resultado se puede observar que el calor que las lámparas transmiten al cuarto refrigerado no es un valor extremadamente grande sin embargo este valor se podría reducir, eligiendo elementos de iluminación que presenten una potencia de consumo menor como lo son las lámparas de tecnología LED que brindan la misma luminosidad, pero con una menor potencia de consumo.

2.2.5.3. Carga total por misceláneas

A fin de alcanzar el resultado final de la carga total generada por los misceláneos involucrados se realiza una de las herramientas más básicas en el ámbito de la matemática siendo esta la suma, se debe enfatizar que si existieran más elementos que los descritos en esta sección también deben ser incluidos en el cálculo y por ende en la suma final.

$$Carga\ por\ misceláneas = (12,300 + 27,360 + 15,000)BTU/24hr$$

$$Carga\ por\ misceláneas = 54,660\ BTU/24hr$$

2.2.6. Carga por producto

Como se ha expuesto en las distintas secciones de este capítulo, la carga representa la cantidad de calor cuantificada que transfiere un material, elemento, persona entre otras hacia el ambiente que lo rodea, el mismo caso se presenta con el producto que se está analizando, el plátano en particular es una fruto que

crece en zonas tropicales con un alto índice de humedad, lo contrastante de esto es que la velocidad a la que este artículo madura es rápida, siendo esta de una a dos semanas y la vida promedio en la que puede permanecer en un estado de almacenamiento tiene un límite de dos semanas, puesto que el producto debe ser preservado a 55-58 °F tal como se expone en la tabla XIV

Tabla XIV. **Propiedades del plátano**

Libras de almacenamiento	500
Punto de congelación	30.6°F
Calor específico ≥32°F	0.8
Calor específico ≤32°F	0.42
Calor latente de fusión	108
Calor de respiración	108

Fuente: elaboración propia.

2.2.6.1. **Ajuste de libras por hora**

Para efecto de la investigación y calcular con mayor facilidad los datos que prosiguen a este se requiere que las libras de plátano almacenado tomen un valor entendible en el análisis por lo que se procede a ser dividido por factor de 24 horas para tener expresado la cantidad de libras que se preservan en un lapso de un día.

$$\text{Ajuste de libras por hora} = \frac{500\text{lb}}{24\text{hr}}$$

$$\text{libras por hora} = 20.8333 \text{ lb/hr}$$

2.2.6.2. Enfriamiento de producto

Para preservar un producto con la mejor calidad se deben hacer un recorrido por ciertas fases del enfriamiento dado que el producto llega a la empresa teniendo una temperatura proveniente el ambiente, de tal forma que el modelo de refrigeración debe de comenzar la remoción de calor proveniente del producto hacia el ambiente, este valor se obtiene al multiplicar el promedio de libras por hora con el factor de calor específico propio del plátano y con el residuo de temperaturas que el producto tiene al momento de entrar a la cámara refrigerada y la temperatura de operación a la que se desea preservar el producto.

Libras por hora = 20.83333lb/hr

Cp después de congelado = 0.8 BTU/lb*°F

Caida de temperatura = 29 °F

$$Carga\ de\ enfriamiento\ del\ producto = \left(\frac{20.83333lb}{hr}\right) * \left(\frac{0.8BTU}{lb * F}\right) * 29^{\circ}F$$

$$Carga\ de\ enfriamiento = 490\ BTU/hr$$

2.2.6.3. Congelamiento del producto

Luego de haber disminuido la magnitud de calor perteneciente al producto desde la temperatura que posee al momento de ser transportado o de haber permanecido en reposo se procede a llevar la mercancía al punto de congelamiento, con el objetivo de tener un mejor control sobre la preservación del plátano, si se mantiene esta medida se tendrá un rango manejable de

temperatura para transportar el plátano del recinto hacia cualquier punto antes de que esta sufra cualquier descomposición.

Libras por hora = 20.8333lb/hr

Calor latente de fusión = 108 BTU/lb

$$Carga\ por\ congelamiento = \left(\frac{20.8333lb}{hr}\right) * \left(\frac{108BTU}{lb}\right)$$

$$Carga\ por\ congelameitno = \frac{2250BTU}{hr}$$

2.2.6.4. Enfriamiento de producto congelado

Posteriormente de haber removido el calor del producto hasta una temperatura de congelamiento se debe mantener una temperatura constante para que no existan variaciones en el resultado final de la calidad del plátano, este cálculo se diferencia del anterior ya que el enfriamiento de producto congelado es la energía que el sistema de refrigeración utilizara para mantener esta temperatura durante el horario de operación en cambio la carga por congelamiento es la energía que el sistema utilizara para reducir la temperatura desde el punto de enfriamiento hasta el punto de congelación.

Libras por hora = 20.8333lb/hr

Cp por debajo del congelamiento = 0.42 BTU/lb* °F

Caída de temperatura = 16°F

$$Carga\ congelada = \left(\frac{20.8333lb}{hr}\right) * \left(\frac{0.42BTU}{lb * °F}\right) * (16 °F)$$

$$Carga\ congelada = 145.25 \frac{BTU}{hr}$$

2.2.6.5. Carga total equivalente por hora

Para idealizar el proceder del calor que el producto transfiere al ambiente refrigerado se efectúa una operación que permite analizar cual deberá ser el monto de calor que el proceso deberá remover en un lapso de una hora, permitiendo así poder establecer cuál es el tiempo necesario que la maquinaria debe estar operando para mantener la temperatura de operación estable.

Carga de enfriamiento = 490 BTU/hr

Carga de congelación = 2250 BTU/hr

Carga congelada = 145.25 BTU/hr

$$Carga\ total = (490 + 2250 + 145.25) \frac{BTU}{hr}$$

$$Carga\ total = 2885.25 \frac{BTU}{hr}$$

2.2.6.6. Carga por día

La carga por día se realiza para estandarizar los resultados y tener una sola unidad con la que permita unificar todos los resultados, esto facilita comprender la cantidad de calor que el producto le transfiere al cuarto refrigerado en un lapso de 24 horas.

Carga total por hora = 2885.25 BTU/hr

Horas de operación = 24 hr

Horas por día = 24hr

Factor de Seguridad = 10 %

$$Carga\ total\ por\ dia = \left(\frac{2885.25}{24} * 1.1 \right) BTU/24hr$$

$$Carga\ por\ día = 135,570 \frac{BTU}{24hr}$$

2.3. Carga total

La carga total de refrigeración representa la recopilación de una secuencia de cálculos sobre el calor que imiten ciertos cuerpos hacia el equipo, para ello se debe de realizar una suma de los totales correspondientes a las cargas por transmisión en los muros de la estructura, la infiltración o cambios de aire que puedan presentarse en el entorno de la cámara, las herramientas o misceláneos que puedan ser útiles en el proceso y la carga que el producto pueda generar en sus distintas fases, estos resultados se ven reflejados en la tabla XI

Tabla XV. **Resultados totales de cargas calculadas**

Tipo de Carga	BTU/ 24 hr
Misceláneas	54,660
Transmisión de calor cambios de aire	98,648
Producto	135,570
Carga total	398,926

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

A continuación, se realizarán los procedimientos para la lección de la maquinaria.

3.1. Selección del equipo de refrigeración

En este apartado se presentará los equipos seleccionados utilizando los cálculos obtenidos en la sección de desarrollo de la investigación.

3.1.1. Unidad condensadora

En muchas ocasiones podría confundirse al pensar que la unidad condensadora está conformada únicamente por el condensador, a pesar de ello esto no es totalmente cierto, ya que está constituido del compresor, el serpentín y el ventilador del condensador, esto con el propósito de unificar los datos del equipo.

Para la realización del proceso matemático debe de contarse con ciertos factores de conversión que el manual de ingeniería nos brinda, para establecer las condiciones de trabajando el equipo, por ejemplo, la manipulación del factor para seleccionar la unidad de condensación deberá ser 12,000 BTU/hr -hp, si se tratará de un recinto refrigerado entre 0 a -10 °C la constante es 8 000 BTU/hr - hp por otra parte para una cámara de congelación considerada en un rango de -20°C en adelante el factor será 4 000 BTU/hr- hp

Carga total = 398 926 BTU/24hr

Carga por hora = $\frac{398,926}{24}$ BTU/hr

Carga por hora = 16 621 BTU/hr

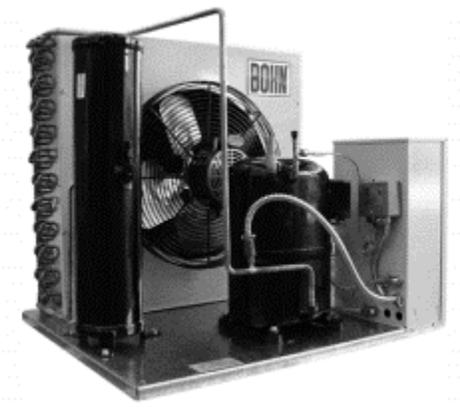
Factor de conversión 8 000 BTU/hr-hp

Potencia de la unidad de condensado $\frac{16,621 BTU/hr}{\frac{8,000 BTU}{hr*hp}}$

Potencia de la unidad de condensado = 2.00 hp

Para la unidad condensadora se decidió elegir el equipo de condensación con modelo CH201M6C, teniendo en cuenta que los cálculos realizados con anterioridad requieren un equipo capaz de generar por lo menos una carga de refrigeración de 16 621 BTU/hr y una potencia de condensado de 2HP, y como se puede apreciar en la tabla XII la capacidad de este equipo es de 20 000 BTU/hr y una potencia de 2hp, por lo tanto este equipo es el idóneo para ejecutar a la perfección la tarea.

Figura 19. **Unidad condensadora**



Fuente: BOHN (2018), catálogo de equipo p, 5.

Tabla XVI. **Características de la unidad condensadora**

Modelo	CH201M6C
Tipo de refrigerante	404 A
Temperatura de evaporación	14°F
Capacidad	20,000 BTU/hr
Potencia de consumo eléctrico	1.46 KWatt
Corriente	4.63 A
Dimensiones	
Largo	96.4 cm
Ancho	56.0 cm
Alto	48.6 cm
Datos del compresor	
Compresor	CS12K6E
Potencia	2 HP
FLA	7.7
MCA	9.375
MOPD	16
Voltaje	230v
RLA	6.7
LRA	51
Catos del ventilador	
Potencia	1/15
Cantidad	2
Conexión de tuberías	
Succión	¾ pulgada
Líquido	½ Pulgada
Capacidad del recibidor	90 %, 11 lb

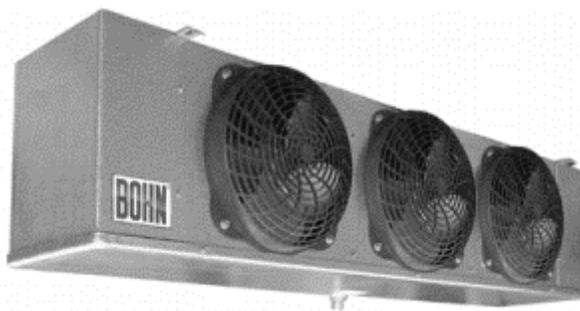
Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Unidad evaporadora

Tal como se ha explicado anteriormente el evaporador es el encargado del suministro de aire refrigerado dentro de la instalación, este puede tener desde un ventilador hasta cinco en un mismo módulo, este mecanismo es el encargado de remover la energía proveniente del cuarto frío, tomando así el valor obtenido en la sección anterior 16 621 BTU/hr y con esto seleccionar el dispositivo necesario.

A continuación se presenta en la tabla XIII las características que satisfacen los requerimientos encontrados en la sección anterior, presentando así lo más relevante del equipo desde los aspectos físicos como el largo, ancho y ancho que permiten al diseñador planificar estratégicamente la ubicación que incremente la eficiencia del sistema, al igual que los aspectos eléctricos que posee este equipo el cual ayudara a la realización del plan de mantenimiento y conocer con esto el tipo de repuesto correspondiente a este elemento.

Figura 20. **Unidad Evaporadora**



Fuente: BOHN (2018) catálogo de equipo p.6.

Tabla XVII. **Características de la unidad evaporadora**

Descripción	Valor
Modelo	HGT204UC
Familia	LET
Perfil	BAJO
Deshielo	ELECTRICO
Capacidad (Miles de BTU/h)	18
Aletas por Pulgada (APP)	6
CFM Ventilador	2,600
Capacidad	20,000 BTU/hr
No. Ventiladores	3
Tipo de Motor	ESTANDAR
Whatts del Motor (W)	252
Voltaje del Motor (V)	230/1/60
Amperaje del Motor (A)	1.12
KW Resistencia de deshielo eléctrico	3.6
Voltaje Resistencia de deshielo eléctrico	230/1/60
Amperaje Resistencia de deshielo eléctrico	15.7
Largo	197 cm
Alto	37 cm
Ancho	38 cm
Peso	39 Kg

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Refrigerante

En la tabla XVIII se presentan las características más generales que pueden encontrarse en la composición física del refrigerante 404 A, en ella se puede encontrar valores importantes para la conservación o almacenamiento en la bodega como la temperatura crítica que en este caso específico sería 72.07°C lo

que quiere decir que este gas puede presentar algunos problemas al sobrepasar este límite.

Tabla XVIII. **Características del refrigerante R-404A**

PROPIEDADES FISICAS	UNIDADES	R-404 A
Peso molecular	(g/mol)	97.61
Temperatura ebullición a (1,013 bar)	(°C)	-46.45
Deslizamiento temperatura de ebullición (a 1,013 bar)	(K)	0.7
Temperatura crítica	(°C)	72.07
Presión crítica	(bar abs)	37.31
Densidad crítica	(Kg/m ³)	484
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/m ³)	1048
Densidad del líquido (-25°C)	(Kg/m ³)	1236
Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar)	(Kg/m ³)	5.41
Presión del vapor (25°C)	(bar abs)	12.42
Presión del vapor (-25°C)	(bar abs)	2.49
Calor latente de vaporización (a 1,013 bar)	(KJ/Kg)	200
Calor específico del líquido (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg.K)	1.64
Calor específico del vapor (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg.K)	0.88
Conductibilidad térmica del líquido (25°C)	(W/mk)	0.064
Conductibilidad térmica del vapor (1,013 bar)	(W/mk)	0.0143
Solubilidad con el agua (25°C)	(ppm)	Despreciable
Límite de inflamabilidad (25°C)	(% vol)	Ninguno
Toxicidad (AEL)	(ppm)	1000
ODP	-	0
PCA (GWP)	-	3922 *

Fuente: Gasservei (2019) ficha técnica refrigerante 404A (p.3).

Existen refrigerantes que poseen características idénticas uno de otro tal es el caso de 404A y el 502, en la tabla XIX se realiza una comparativa de ciertas variables para determinar las diferencias que existen entre estos dos gases, en

esta tabla se puede observar que la diferencia entre presiones de evaporación es mínima de la misma forma en que las de condensación lo son, esto nos clarifica que la composición de estos dos gases es muy similar.

Tabla XIX. **Comparación del refrigerante 404 A y 502**

Ejemplo de un ciclo de refrigeración comercial	R-404A	R-502
Represión de evaporación (bar)	2.54	2.4
Presión de condensación (bar)	20.36	18.72
Trabajo de compresión	8	7.8
Temperatura de descarga (°C)	95	102
COP	1.8	1.9
Capacidad neta de refrigeración (KJ/Kg)	97	95
Capacidad volumétrica de refrig. (KJ/Kg)	1027	1039
Temperatura deslizamiento (evap.) (°C)	0.5	0
Temperatura deslizamiento (cond.) (°C)	0.3	0

Fuente: Gasservei (2019) ficha técnica 404 A (p, 4).

Una de la consideración para elegir el R404a es el coeficiente de rendimiento que expresa la potencia que se debe consumir para generar un trabajo de remoción de temperatura, y al ser el COP menor nos indica que habrá un consumo menor de energía eléctrica.

3.1.4. Válvula de expansión

Para el cálculo del dispositivo de expansión se debe hacer uso de una conversión para trabajar con unidades en las que este dispositivo es comercializada La conversión a utilizar es 1ton de refrigeración es igual a 12, 000 BTU/hr.

$$VTE \frac{\text{carga por hora}}{12000 \text{ BTU/hr}} \quad [14]$$

$$VTE = \frac{16,621 \text{ BTU/hr}}{12,000 \text{ BTU/hr}}$$

$$VTE = 1.38 \text{ TR}$$

Para una mayor facilidad al momento de seleccionar la válvula de expansión Sportlan (2018) brinda una solución sencilla de utilizar y comprender, en este artículo se pueden encontrar formatos como la tabla XX, que permite seleccionar un dispositivo en función del tipo de refrigerante a utilizar y la temperatura a la que se estará operando.

Tabla XX. **Carga termostática recomendada**

APLICACIÓN	Refrigerante									CARGA TERMOSTÁTIC A REAL	
	12, 409A	22, 422D, 407A	410A	134a	401A	402 A	404A, 408A	407C	502		50 7
	FCP6 0	–	–	JCP6 0	XCP6 0	–	–	–	–	–	FCP60
Aire Acondiona do	–	VCP10 0	–	–	–	–	–	NCP10 0	–	–	VCP100
	–	–	ZCP18 0	–	–	–	–	–	–	–	ZCP180
	–	VGA	–	–	–	–	–	NGA	–	–	VGA
	–	–	–	–	–	–	SCP11 5	–	RCP11 5	–	SCP115
	–	–	ZGA	–	–	–	–	–	–	–	ZGA
Refrigeración Comercial 10°C a -25°C	FC	–	–	JC	XC	–	–	–	–	–	JC
	–	VC	–	–	–	–	–	NC	–	–	VC
	–	–	–	–	–	–	SC	–	RC	–	SC
	–	–	–	–	–	LC	–	–	–	–	PC PC
	FZ	–	–	–	–	–	–	–	–	–	JZ
Refrigeración de Baja Temperatura -20°C a -40°C	FZP	–	–	–	–	–	–	–	–	–	JZP
	–	VZ	–	–	–	–	–	–	–	–	VZ
	–	VZP40	–	–	–	–	–	–	–	–	VZP40
	–	–	–	–	–	LZ	SZ	–	RZ	PZ	SZ
	–	–	–	–	–	LZP	SZP	–	RZP	PZ	SZP
											P
Refrigeración de Extrema Baja Temp. -40°C a -75°C	–	VX	–	–	–	–	–	–	–	–	VX
	–	–	–	–	–	LX	SX	–	RX	PX	SX

Fuente Sporland (2018, p. 3).

Tomando en cuenta lo propuesto por la guía se toma en consideración la válvula tipo SC, debido a que el refrigerante que se utiliza en este elemento es el 404A siendo este el seleccionado para esta investigación al igual que el rango de

Continuación tabla XXI.

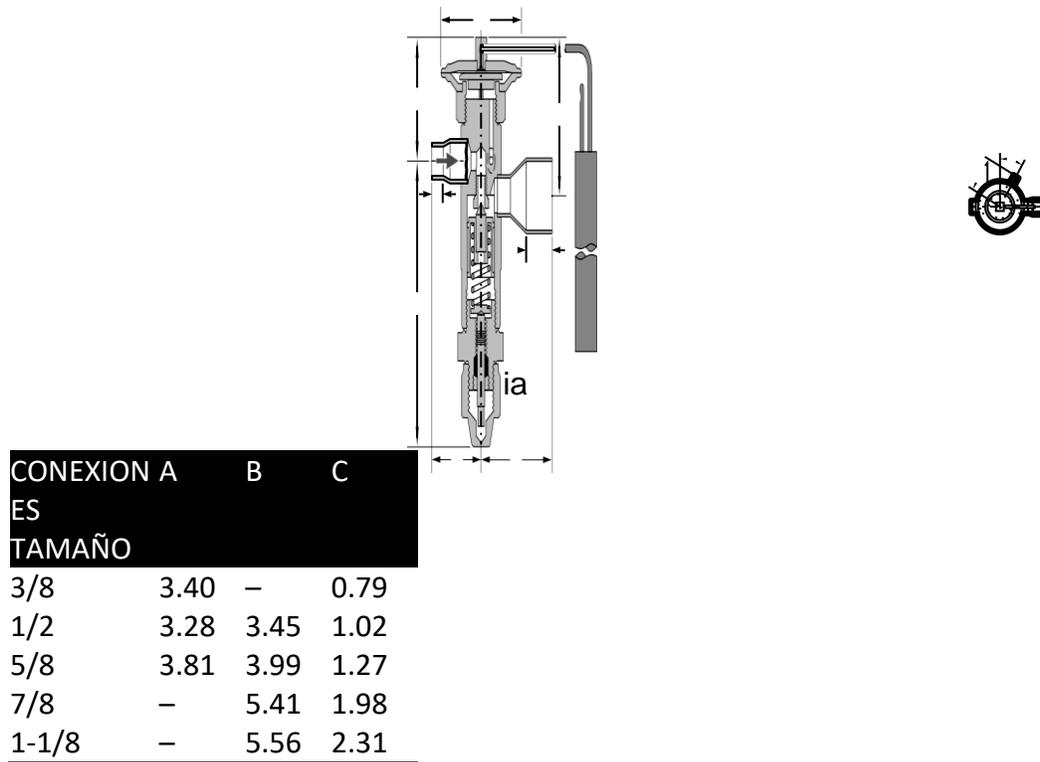
404A (S) 502 (R) 408A (R)	SS-2	SSE-2	2	3/8 ó 5/8, 1/2	7/8 ó 1- 1/8
	SS-3	SSE-3	3	1/2	5/8,
	SS-4	SSE-4	4		7/8 ó 1- 1/8
507 (P) 402A (L)	–	SSE-6	6	5/8	7/8 ó 1- 1/8
	–	SSE-7	7		1/8
	SP-2	SPE-2	2	3/8 ó 5/8, 1/2	7/8 ó 1- 1/8
	SP-3	SPE-3	3	1/2	5/8,
	SP-4	SPE-4	4		7/8 ó 1- 1/8
	–	SPE-6	6	5/8	7/8 ó 1- 1/8
	–	SPE-7	7		1/8

Fuente Sporland (2018, p. 3).

La capacidad nominal de la válvula de expansión para el equipo seleccionado debe ser por lo menos 1.38 toneladas de refrigeración como se indica al inicio de la sección, y tal como se observa en la tabla XXI la válvula tipo S tiene una capacidad nominal de 2 toneladas por lo que es seguro hacer uso de este dispositivo.

En la figura 21 se presentan las especificaciones de la válvula seleccionada al igual que una ilustración que ayudarán a la visualización del dispositivo, sus componentes y dimensiones.

Figura 21. **Especificaciones de la válvula tipo S**



Fuente Sporland (2018, p. 24).

3.1.5. Aislamiento

El aislamiento es un método utilizado para evitar transmisión de energía de un ambiente a otro, haciendo uso de materiales como el poliuretano, poliestireno y la fibra de vidrio.

Figura 22. **Aislamiento**

Aislamiento (Pulg.)				
Corcho o Lana Mineral	Fibra de Vidrio o Poliestireno	Uretano Espreado	Uretano Aplicado en el lugar	R
K=0.30	K=0.26	K=0.16	K=0.12	
	1			4
	2			8
4	3	2		12.6
5	4		2	16.4
6	5	3		19.6
8	6	4	3	25
10	8		4	33
	10	6		38.7
			6	50
Ventana de vidrio sencilla				9
Ventana de vidrio doble				2.2
Ventana de vidrio triple				3.4
Piso de concreto de 6"				4.8

Fuente: manual de ingeniería BOHN (2018).

En la figura 22 se muestra una tabla extraída del manual de ingeniería BOHN en la que se realiza una comparación del valor del coeficiente de aislamiento representado con K el cual depende directamente de la conductividad termina es decir de que tanto calor permite el aislante pasar y dependiendo del grosor de la pared indicada en pulgadas se obtiene la resistencia térmica (R),

Por lo tanto, se puede observar que el poliuretano tiene un coeficiente de aislamiento de 0.16 se debe resaltar que cuanto menor sea el coeficiente mayor y mejor será el aislamiento y tomando un espesor de 4 pulgadas se obtiene un equilibrio entre el espesor de las paredes y la conductividad termina y aislamiento para preservar el producto.

3.1.6. Cuadro de precios

A continuación, se presenta un cuadro en el que se describe el precio unitario de los equipos antes mencionados.

Tabla XXII. Cuadro de precios

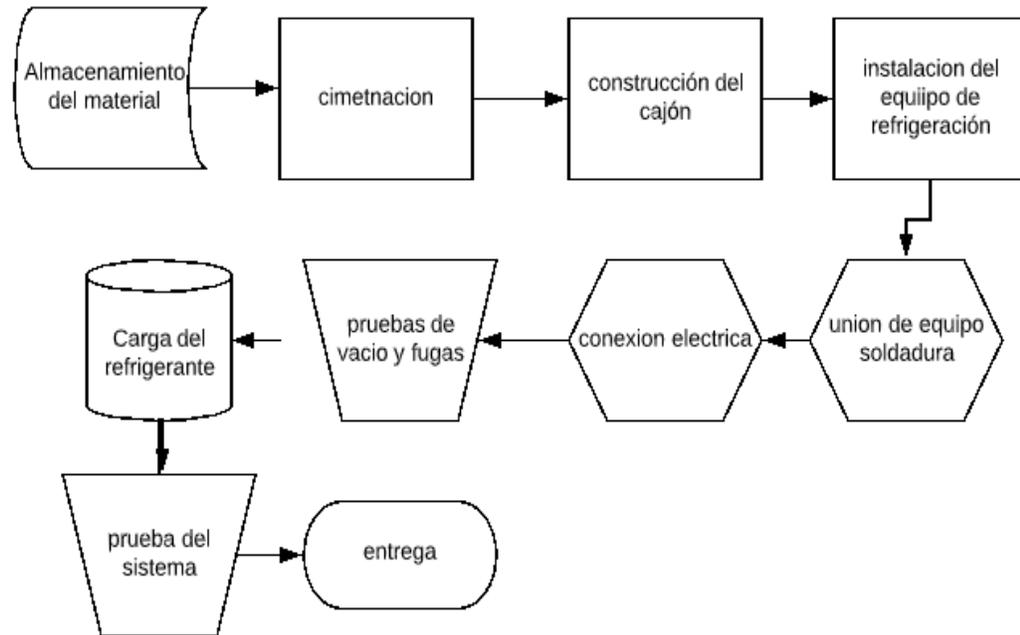
Cantidad	Equipo	Descripción	Precio
1	Unidad condensadora	CH201M6C	Q 28,367.10
1	Unidad Evaporadora	HGT204UC	Q 21,285.00
1	Válvula de expansión	Tipo S	Q 1,941.11
28	Varillas de plata 15 %	N/A	Q 836.54
1	Refrigerante 404A 25lb	N/A	Q 1,043.66
	Total		Q 53,473.42

Fuente: BOHN (2019). Lista de precios, p. 13., 48.

3.2. Montaje del cuarto

A continuación, se presenta la metodología utilizada para la edificación de un espacio refrigerado.

Figura 23. **Proceso de construcción de un cuarto frío**



Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Almacenamiento

Para que e inicie el proceso de construcción de un cuarto frío se debe tener un lugar estipulado para el almacenamiento de los materiales e instrumentos a utilizar durante la construcción, para ello se requiere de un lugar libre de humedad y suciedad, protegiendo en todo momento materiales como el sistema de refrigeración para evitar cualquier inconveniente, al igual que la tubería para evitar que se filtre cualquier tipo de suciedad dentro del sistema y así provocar un decremento en la eficiencia del equipo.

3.2.2. Cimentación

Seguidamente se realiza la cimentación del sobre el cual estará situada la estructura, se recomienda que esta parte de la estructura sea realizada por personal capacitado en el área de cimentaciones, de otro modo la filtración de humedad y calor afectara al funcionamiento del sistema, en muchos casos se utiliza el concreto revestido con porcelana o piso, sin embargo para aumentar la eficiencia y evitar la transferencia de calor se ha dispuesto a utilizar poliuretano en el piso al igual que en las paredes.

3.2.3. Construcción del cajón

La construcción del cajón se refiere a la armadura que contendrá el producto para su preservación esto quiere decir las cuatro paredes que delimitan el área de refrigeración, las paredes seccionadas son de poliuretano, las paredes cuentan con un sistema de acoplamiento que facilita el montaje, para evitar que se separen estas paredes se hace uso pegamento industrial, el cual es aplicado en la unión de cada pared, si el largo del panel fuese insuficiente se deberá unir dos o más con el objetivo de cumplir con las medidas especificadas.

3.2.4. Instalación del equipo de refrigeración

Para el montaje del elemento de condensación se debe de tener un lugar alto y apartado de la humedad y de la suciedad considerando que este espacio debe ser de fácil acceso para la medición de presiones y temperaturas correspondientes al compresor, se debe contar con una base donde pueda

sujetarse la estructura del condensador e instalando bajo de él, amortiguadores de caucho con el propósito de minimizar la vibración.

El mecanismo de evaporación debe de estar ubicada dentro del recinto en la parte alta del recinto, provocando así que la densidad del aire frío sea mayor y descienda por lo tanto el aire restante suba hacienda directo al evaporador removiendo con esto todo el calor, la unidad debe estar frente a la entrada de acceso si se tratará solo de un cuarto con una sola puerta y en medio si este tuviera dos puertas.

La válvula de expansión debe estar ubicada después del compresor en la misma línea donde circula el refrigerante a alta presión, dependiendo del tipo de acoplamiento que la válvula posee así será la conexión que se deberá realizar, si se contara con una unión roscada se deberá roscar la tubería de entrada y salida o adquirir uniones roscadas, sin embargo si la válvula no posee unión rosca se deberá de hacer uso de soldadura utilizando oxiacetileno y una aleación de cobre y latón como material de aporte, siempre teniendo en cuenta que la tubería no debe sobrepasar los 100 °C por lo que se deberá controlar esta temperatura haciendo uso de un trapo húmedo.

La válvula deberá generar un ángulo de 90° con la tubería del evaporador con el fin de dejar fluir con mayor facilidad el líquido y que este no tenga ninguna perdida de flujo por vueltas o equinas, mientras que a la salida de la máquina de evaporación se debe asentar el bulbo termostático conjunto al equilibrador de presión.

3.2.5. Soldadura

Para realizar la conexión entre componentes se hace uso de la soldadura oxiacetilénica, la cual consiste en dos cilindros que contienen oxígeno y acetileno respectivamente lo cuales provocan una llama que calienta la cañería de cobre y se utiliza como elemento complementario una aleación de latón y aluminio.

3.2.6. Conexión eléctrica

El cableado eléctrico debe corresponder a las necesidades que el equipo requiera según la potencia que de necesite consumir y el amperaje que esta potencia genere, se debe contar con una caja de flipones que pertenezca principalmente al sistema de refrigeración para evitar cualquier inconveniente con el sistema eléctrico de la empresa, e debe aislar cualquier conexión que se realice dentro y fuera de la estructura.

3.2.7. Pruebas de vacío y fugas

Para garantizar el buen funcionamiento del equipo se debe presurizar el sistema, la metodología de este procedimiento se basa en la verificación de presiones en dispositivos análogos o digitales y constatar que esta mantenga una lectura estable por un lapso de 24 horas.

Para las pruebas en vacío se utilizan las bombas de succión que se encargan de remover todo el gas existente dentro del sistema, ya que este esquema representa un circuito cerrado el aire sigue un curso unidireccional, con lo que se debe conectar la bomba con válvulas auxiliares del compresor.

Se debe analizar para obtener el punto en el que se ha realizado una buena prueba de vacío utilizando equipo especializado como el vacuómetro que es el encargado de medir las presiones en vacío, sin embargo, si no se contase con los instrumentos se utilizará un manómetro, junto con la bomba hasta que el manómetro marque presiones bajo cero y dejar funcionando en este estado por un lapso de 10 a 15 minutos. Luego de esto el sistema debe permanecer en vacío por un periodo de una hora y corroborando la inexistencia de cambios de presión con esto se podrá tener un indicio de fugas.

3.2.8. Carga de refrigerante

El método empleado para introducir el gas dentro del sistema es simple y requiere de pocas herramientas como un manómetro y el respectivo gas refrigerante correspondiente al cuarto frío, para introducir el gas existen dos métodos el primero consiste en introducir el refrigerante en su condición líquida y con el equipo desconectado y sin funcionar el conducto que transporta baja presión en la válvula auxiliar que posee la máquina compresora para realizar esta operación, la segunda metodología consiste en insertar el refrigerante en la cañería que conduce alta presión sin embargo el equipo debe estar en marcha y el refrigerante debe estar en su estado gaseoso para ser bombeado directamente al sistema.

3.2.9. Pruebas finales

Por último se deben hacer prueba para para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura , permitiendo que alcance la temperatura de operación máxima y manteniendo este estado durante una hora, inmediatamente

examinar que las temperaturas y presiones cumplan con los rangos previstos, se debe realizar una segunda inspección en todas las uniones y soldaduras constatando que no exista ningún riesgo de fuga, al terminar la acción se da por concluida la tarea y el cuarto frío está listo para ser entregado.

3.2.9.1. Planos del cuarto frío

Con el fin de tener una mejor orientación del espacio geográfico que ocupara el cuarto frío se presenta en la sección de anexos el plano correspondiente a la estructura, indicando específicamente en el anexo 2 las dimensiones del área que ocupara el cuarto refrigerado y esbozando cual será la distancia a la que se encontrara dentro del área predeterminada.

En el anexo 3 se presentan los planos pertenecientes al esquema de cañerías y conexiones eléctricas para el modelo planteado, representando a la tubería de alta presión con color azul y esta se dirige desde el equipo de condensación principalmente del compresor hasta la unidad evaporadora y recorriendo una de la paredes del cuarto frío, mientras que la línea de baja presión se esboza con un color rojo y de igual manera se dirige de la unidad evaporadora en dirección a la máquina condensadora, mientras que la línea verde representa la línea eléctrica que conecta a los equipos tanto al compresor, evaporador y condensador, así mismo se dirige hacia un interruptor ubicado al inicio del circuito y luego con una línea amarilla se representan a los retornos que se dirigen a cada lámpara.

4. PLAN DE MANTENIMIENTO

En el próximo apartado se exhiben el plan de mantenimiento preventivo basado en los datos alcanzados en las secciones anteriores y más herramientas necesarias para realizar la planificación de mantenimiento.

4.1. Rutina de mantenimiento

Las rutinas de mantenimiento son una herramienta muy útil en el mantenimiento preventivo, la cual se basa en la supervisión diaria de variables y valores establecidos al igual que la realización de actividades simples pero que con vitales para la preservación de un equipo, desde una actividad de limpieza hasta el cambio de algún elemento son considerados en esta categoría.

4.1.1. Diaria

Estas actividades son consideradas como tareas de fácil realización ya que su simpleza no requiere tanta experiencia ni herramienta para ser ejecutada con certeza, sin embargo, son una parte vital para que el mantenimiento sea efectivo, a continuación, se presentaran actividades que se deben realizar en la rutina diaria para el sistema de refrigeración expuesto en este trabajo.

1. Barrer las instalaciones donde está ubicada el cuarto frío y trapear el mismo sector para evitar la acumulación del polvo alrededor de la estructura.

2. Con un trapo húmedo se debe remover el polvo que se encuentre reposando en la superficie del compresor al igual que en la unidad de evaporación.
3. Inspeccionar que los elementos del sistema de refrigeración se encuentren conectados al sistema eléctrico.
4. Constatar que la rendija la cual cubre la parte trasera de la unidad condensadora se encuentre libre de cualquier material objeto que pueda obstruir las salidas del aire.
5. Corroborar que la distribución dentro del recinto se la más eficiente a modo de permitir la distribución del aire hacia todos los sectores del cuarto frío permitiendo así que se enfríen cada uno de los elementos uniformemente.
6. Inspeccionar que no exista ninguna perturbación en el sonido que genera el equipo de refrigeración, si se presentase alguna anomalía se debe reportar.
7. Chequear que las puertas de acceso al recinto se encuentren correctamente cerradas para evitar cualquier infiltración de aire que no esté contemplada.
8. Examinar el correcto funcionamiento de los ciclos de trabajo del sistema de refrigeración.
9. Constatar que los ventiladores de la unidad evaporadora se encuentren funcionando correctamente.

10. Verificar los elementos de iluminación se encuentren generando la luz necesaria para realizar los trabajos necesarios dentro del cuarto frío.
11. Confirmar que la temperatura de operación sea la predeterminada y que no existan variaciones que afecten el producto.

A continuación, se presenta en la tabla XXIII el formato propuesto para la realización de los mantenimientos diarios, el procedimiento a seguir es el siguiente, en el encabezado se encuentra una serie de enunciados como la fecha, el nombre de la empresa, el nombre de la persona que realizará el mantenimiento, extensión telefónica y ubicación del equipo, seguidamente la hora en la que se inicia el mantenimiento y la hora en la que termina la actividad, luego de esto se presenta los datos pertenecientes al equipo que se está estudiando, a continuación se presentan las actividades rutinarias que se realizan en un mantenimiento diario, al igual que se puede encontrar un espacio para describir los repuesto y todo lo pertinente a ellos, y por último se presenta todo lo correspondiente a la mano de obra y las firmas de los involucrados.

Tabla XXIII. **Formato para mantenimiento diario**

Mantenimiento diario				
Fecha _No. orden:____ Empresa _____ Teléfono:_____ Nombre de la Persona : _____				
Ubicación:_____				
Hora de ejecución:____ Hora de terminación: _				
Datos del equipo:				
Código:_____ Marca:_____ Modelo:_____ No. Serie:_____				
Barrer instalaciones				
Remover polvo				
Inspeccionar cable de alimentación				
Revisar rendija del condensador				
Distribución de aire dentro del cuarto				
Revisión de ruido				
Revisión de puetas de acceso				
Ciclos de trabajo				
Temperatura de operación				
Repuestos y materiales				
Código	Descripción	cantidad	Precio unidad	Precio total

Continuación tabla XXIII.

Mano de obra		
Tiempo Estimado	Tiempo Real	Descripción

Técnico de mantenimiento Vo.Bo. Encagado Supervisor de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Mensual

Las rutinas de mantenimiento mensuales son actividades que poseen un grado de importancia mayor que las diarias debido a que estas se centran en realizar ajustes directamente a los elementos que afectan el sistema de refrigeración, como la sustitución de algún dispositivo vital, o la toma de alguna variable directamente involucrado en el ciclo de refrigeración para luego realizar el análisis correspondiente y con esto constatar el estado actual en el que se encuentra operando el cuarto frío, a continuación se presentan actividades que son consideradas para la realización de una rutina mensual.

Un aspecto importante para resaltar en la realización de las rutinas mensuales es la selección del personal que ejecutara estas tareas, este debe tener conocimiento del funcionamiento de cada elemento involucrado en el ciclo

de refrigeración, al igual que de la instrumentación correspondiente a la medición de cada variable.

1. Se debe notificar al personal que realizara el mantenimiento con al menos un día de anticipación otorgando al personal la instrumentación y equipo listo antes de realizarse las tareas.
2. Entrevistar al operario y demás personal involucrado o encargado de la maquinaria ya que ellos tienen contacto diario con el equipo y pueden brindar información importante que concierna al funcionamiento la máquina.
3. Con la ayuda de un termómetro ya sea análogo, digital o de tecnología láser se debe de verificar que la temperatura dentro del cuarto frío se encuentre en un rango de -5°C a -10°C , para los termómetros de contacto como lo son los análogos, se deben de colocar dentro del recinto por un lapso de 10 a 15 minutos y luego deben ser retirados, para el caso de los termómetros laser se deben de realizar una toma de temperatura cada 5 minutos durante media hora.
4. Se debe de verificar la temperatura existente en el medio ambiente, la misma puede ser medida con un termómetro común, esta temperatura es variable dependiente del lugar conde se encuentre ubicado el cuarto frío.
5. Verificar que la unidad condensadora se encuentre libre de polvo, limpiar cada elemento del equipo de condensado.
6. Para la toma de medición de presiones tanto en la línea de alta presión como en la de baja, se debe utilizar un juego de manómetros que reflejen

la magnitud de la medición que se desea medir, esta puede estar en psi o MPa.

7. Comprobar que las mangueras pertenecientes al manómetro no cuenten con ningún tipo de daño superficial, como rajadura, cortaduras y demás lesiones que pueden presentar estos dispositivos.
8. Acople de las mangueras de alta y baja presión.
9. Luego de haber instalado correctamente los manómetros en el lugar correspondiente a cada dispositivo se debe abrir la llave de paso que conecta a la manguera del manómetro a la línea de baja presión para medir la presión presente en esta tubería.
10. Anotar la lectura correspondiente a esta sección
11. Seguidamente se debe obstruir la válvula de acceso del manómetro de baja presión.
12. Abrir la llave de la manguera que se encuentra conectado al conducto que transporta el gas de alta presión.
13. Anotar la lectura que el dispositivo muestra.
14. Cerrar la llave de alta presión perteneciente al manómetro correspondiente.
15. Constatar el rango de baja presión entre 30 a 32 psi y una lectura de 125 a 130 psi en alta presión.

16. Si la medición fuera mayor a la antes mostrada se debe retirar gas del sistema de con el uso de los manómetros.
17. Si el caso fuera una disminución de presión se debe recargar de gas refrigerante y notificar para que se realice una inspección de fugas.
18. Por último, se debe desconectar los manómetros de las válvulas correspondientes teniendo cuidado de no dañar el equipo.
19. Comprobar que el funcionamiento de los ventiladores correspondientes a la unidad de evaporación se encuentre trabajando correctamente, girando y expulsando el aire que proveniente del serpentín del evaporador, que no genere ningún tipo de ruido y que no posea desalineamiento que genere vibración.
20. Para realizar la lectura de corriente y voltaje en la instalación se debe utilizar un amperímetro de gancho.
21. La lectura de corriente se debe tomar en una de las líneas de entrada de energía a las cuales está conectado el compresor, esta medida debe de 20 a 25 amperios.
22. Se debe de comprobar el correcto funcionamiento del termostato variando la temperatura del cuarto frío y verificando que este desconecte el equipo en la temperatura seleccionada.

23. Para la protección del personal y así evitar cualquier riesgo de que ocurra un accidente se debe desconectar todo el equipo de refrigeración del sistema eléctrico.
24. Se debe desmontar las parrillas pertenecientes a la unidad condensadora, lavar con jabón y luego se procede a secar al terminar esta tarea se debe montar de nuevo.
25. Lavar las aspas del motor ventilador y secarlas adecuadamente verificando que no exista humedad en el embobinado del motor.
26. Lavar y limpiar las aspas de los motores ventiladores pertenecientes a la unidad evaporadora, cuidando que no exista humedad dentro del embobinado del motor.
27. Desmontar la parte frontal del evaporador para dejar descubierto los motores ventiladores.
28. Cubrir con impermeable la parte posterior de los motores ventiladores, donde se encuentra el embobinado.
29. Lavar la parte posterior del evaporador donde se acumula polvo, se debe tener extremo cuidado al realizar esta actividad ya que el serpentín del evaporador posee una lamina que le ayudan a transmitir mejor la temperatura y estas pueden tener filo y pueden provocar cortaduras.
30. Verificar que la tubería de desagüe se encuentre libre de cualquier elemento que pueda obstruir el paso del líquido generado por la evaporación.

31. Armar la unidad evaporadora y verificar que se encuentre ajustada y sujeta a los pernos correspondientes.
32. Limpiar el área interna del cuarto frío teniendo cuidado de eliminar cualquier residuo de detergente generado por la limpieza de los evaporadores.
33. Verificar que las puertas de acceso cierren herméticamente.
34. Constatar que las cortinas termostáticas se encuentren en buen estado, de no ser así sustituirlas.
35. Conectar el equipo de refrigeración al sistema eléctrico, corroborando que todos los elementos del ciclo estén funcionando correctamente, incluyendo presiones, temperaturas y mediciones eléctricas mencionadas anteriormente.
36. Limpiar y recoger todas las herramientas utilizadas en el proceso del mantenimiento.

A continuación, se presenta en la Tabla XXIV el formato a utilizar en el mantenimiento mensual, mostrando en la parte superior los datos pertinentes al registro que se lleva sobre estos documentos, al igual que el nombre de la persona que realizará el mantenimiento entre otros datos, seguido de esto se presenta la hora en la que el mantenimiento dio inicio y la hora en la que esta finalizó, así mismo se presenta a continuación el código interno que posee la máquina, al igual que la marca modelo y número de serie.

De la misma manera se presentan actividades que se presentaron anteriormente de modo que se tomen en cuenta en el mantenimiento, seguido se muestra un espacio para colocar los repuestos que se utilizaron al igual que las especificaciones de mano de obra.

Tabla XXIV. Formato para mantenimiento mensual

Mantenimiento mensual

Fecha _No. de orden : _____ Empresa _____ Teléfono: _____ Persona solicitante: _____
 Ubicación: _____

Hora de ejecución: _____ Hora de terminación: _____

Datos del equipo:

Código: _____ Marca: _____ Modelo: _____ No. Serie: _____

Notificar al personal	
Entrevistar al operario	
Toma de temperatura	
Temperatura medio ambiente	
Verificar unidad condensadora	
Medición de presiones	
Funcionamiento de ventiladores	
Medir corrientes y voltajes	
Revisión de termostato	
Limpieza de ventiladores	

Repuestos y materiales

Continuación tabla XXIV.

Código	Descripción	cantidad	Precio unidad	Precio total

Mano de obra		
Tiempo Estimado	Tiempo Real	Descripción
Técnico de mantenimiento Vo.Bo. Encagado Supervisor de mantenimiento		

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Anual

Para la realización del mantenimiento preventivo anual se tomará como parámetro de referencia la norma ISO 12172009 la cual se basa en efectuar un test para compresores de desplazamiento positivo o de pistón.

Previo a la evaluación de aceptación, se examinará el elemento de compresión

para establecer el cumplimiento de condiciones adecuadas para someterse a la prueba, las fugas externas se deberán eliminar, para esto se deben verificar los sistemas de tuberías, particularmente los enfriadores, deberán ser limpiadas por completo.

4.1.3.1. Recomendaciones para la prueba

Para la ejecución de las pruebas se deben seguir los siguientes pasos que la norma ISO proporciona para que no exista inconveniente en los resultados a obtener.

1. Las pruebas preliminares pueden ejecutarse para, instrumentos de control y formación de personal.
2. Una prueba preliminar puede considerarse como prueba de aceptación, siempre que se hayan cumplido todos los requisitos que esta requiere.
3. Durante el ensayo, se llevarán a cabo todas las mediciones que tengan alguna relación con el rendimiento.
4. Para la disposición de la prueba deben ser lo más cercanas posible a las condiciones de garantía; las desviaciones de estos no excederán los límites especificados en la Tabla XXV y XXVI.
5. Cuando no sea factible probar una máquina con el gas destinado a ser utilizado con el compresor bajo prueba o dentro de las limitaciones especificadas en la Tabla XXV y XXVI se identificarán condiciones de prueba o correcciones alternativas.

6. El mecanismo principal se mantendrá en estado regular de funcionamiento.
7. Durante el ensayo, tanto como el líquido lubricante deben cumplir con las instrucciones de funcionamiento.
8. En el proceso se recomienda no realizar ajustes ajenos a los establecidos para mantener las condiciones de operación normal, como se indica en el manual de instrucciones.
9. Previo a la toma de lecturas, el compresor se mantendrá funcionando lo suficiente como para garantizar que se alcancen las condiciones de estado estable para que no ocurran cambios sistemáticos en las lecturas del instrumento durante la prueba.
10. Sin embargo, si las situaciones en la que se encuentra la prueba son tales que no se pueden evitar los cambios sistemáticos, o si las lecturas individuales están sujetas a grandes variaciones, entonces se aumentará el número de lecturas.
11. En cada caso, una determinada cantidad de medidas para indicar que se han alcanzado las condiciones estacionarias. El número de lecturas y los intervalos se elegirán para obtener la precisión requerida.
12. Al terminar la evaluación, se inspeccionarán la planta de compresores y el equipo de medición. Si se encontraran fallas que puedan haber afectado los resultados de la prueba, se ejecutará una prueba adicional después de que estas se hayan corregido.

4.1.3.2. Procedimiento

A continuación, se presenta el procedimiento que se debe realizar al momento de ejecutar un mantenimiento anual.

1. Conecte los manómetros en cualquiera de las válvulas de acceso al compresor para vaciar el sistema retirando todo el refrigerante del sistema.
2. Para efectuar el test, desconectar las tuberías correspondientes a la alta y baja presión, desoldando estas conexiones con gas oxiacetileno y cuidando que las tuberías no sean dañadas ni deformadas por causa de la alta temperatura.
3. Se debe constatar que las tuberías correspondientes a alta y baja presión sean cubiertas para omitir contaminación, humedad o cualquier otro fenómeno que pueda afectar el rendimiento del sistema.
4. Percatarse de colocar el compresor en un lugar libre de polvo y humedad para evitar afectar el rendimiento de la máquina.
5. Se deben soldar válvulas en las tuberías de alta y baja correspondientes al compresor de forma que puedan conectarse los manómetros.
6. Constatar que las válvulas no se hallan dañado por efecto de la soldadura.
7. Verificar que las válvulas correspondientes a los manómetros se encuentren cerradas.

8. Verificar que las mangueras de los manómetros se encuentren en buen estado, sin que presenten ningún tipo de rasguño o rajadura.
9. Constatar que las uniones correspondientes a las mangueras posean los sellos que impiden al refrigerante regresar e impedir que exista una fuga en esta conexión.
10. Conectar la manguera perteneciente al manómetro que tenga el rango de presiones más extendido en la válvula del compresor que tenga el menor diámetro, para realizar la lectura de presión.
11. Abrir la llave del manómetro utilizado para evitar que exista un choque de presiones al momento de encender el compresor y crear un fallo dentro del sistema.
12. Conectar el compresor a la energía eléctrica evitando la sobrecarga o corto circuito, aislando el área de trabajo.
13. Cerrar la llave de paso correspondiente al manómetro para que el compresor comience a ejercer presión sobre el equipo y así conseguir una lectura.
14. Aguardar hasta que el manómetro alcance una presión de 300 psi y luego abrir la llave para descargar la presión encerrada en el circuito cerrado antes creado.
15. Realizar este procedimiento cinco veces luego dejar reposar el compresor por un lapso de media hora, luego continuar con el mismo procedimiento. Se debe ejecutar esta secuencia un mínimo de tres veces.

16. Para hallar el caudal se debe restringir el flujo del manómetro correspondiente, mantener cerrada la llave por un lapso de 10 segundos, luego abrir rápidamente la llave de paso para despresurizar el sistema.
17. Anotar la lectura máxima que el manómetro muestra al terminar el lapso de 10 segundos.
18. Realizar este procedimiento por treinta veces para tener un rango amplio de lecturas.
19. Obtener un rango promedio que esboce el comportamiento de los datos.
20. Determinar el del flujo con la ecuación $P = \sqrt{\frac{2P}{\rho}} * A$ donde ρ es la densidad del refrigerante “P” es la presión del manómetro y “A” es el área del conducto.
21. Comparar el caudal resultante con el perteneciente a la ficha técnica de cada compresor.
22. Instalar de nuevo el compresor, realizar las pertinentes soldaduras en las tuberías correspondientes y verificar que no exista ningún tipo de daño en las tuberías y soldaduras.

Tabla XXV. **Formato para mantenimiento anual**

Mantenimiento anual ½ Fecha _No. De orden__ Empresa _____ Teléfono: _____ Nombre de la persona: _____ Ubicación: _____																																													
Hora de ejecución: _____ Hora de terminación: _____ Datos del equipo: Código: _____ Marca: _Modelo: _____ No. Serie: _____																																													
Marque con un cheque cunado haya realizado la tarea y anote las lecturas correspondientes.																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Descarga del sistema</td><td style="width: 50px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Desoldar tuberías</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Cubrir tuberías</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Limpiar área de trabajo</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Soldar válvulas al compresor</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Revisión de soldadura y válvula</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Cerrar llave de manómetros</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Estado de mangueras</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Sellos de mangueras</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Conexión de mangueras</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Abrir llaves de manómetros</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Conectar el compresor a energía eléctrica</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Cerrar llave de paso</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Esperar que el manómetro marque 300 psi</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Realizar 5 veces descansado ½ hr</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">cerrar la válvula durante 10 s y luego abrir</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Anotar presión</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Calcular caudal</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Instalar compresor</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Soldar tuberías</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Cargar refrigerante y verificar fugas</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Pruebas de operación del cuarto frío</td><td></td></tr> </table>	Descarga del sistema		Desoldar tuberías		Cubrir tuberías		Limpiar área de trabajo		Soldar válvulas al compresor		Revisión de soldadura y válvula		Cerrar llave de manómetros		Estado de mangueras		Sellos de mangueras		Conexión de mangueras		Abrir llaves de manómetros		Conectar el compresor a energía eléctrica		Cerrar llave de paso		Esperar que el manómetro marque 300 psi		Realizar 5 veces descansado ½ hr		cerrar la válvula durante 10 s y luego abrir		Anotar presión		Calcular caudal		Instalar compresor		Soldar tuberías		Cargar refrigerante y verificar fugas		Pruebas de operación del cuarto frío		
Descarga del sistema																																													
Desoldar tuberías																																													
Cubrir tuberías																																													
Limpiar área de trabajo																																													
Soldar válvulas al compresor																																													
Revisión de soldadura y válvula																																													
Cerrar llave de manómetros																																													
Estado de mangueras																																													
Sellos de mangueras																																													
Conexión de mangueras																																													
Abrir llaves de manómetros																																													
Conectar el compresor a energía eléctrica																																													
Cerrar llave de paso																																													
Esperar que el manómetro marque 300 psi																																													
Realizar 5 veces descansado ½ hr																																													
cerrar la válvula durante 10 s y luego abrir																																													
Anotar presión																																													
Calcular caudal																																													
Instalar compresor																																													
Soldar tuberías																																													
Cargar refrigerante y verificar fugas																																													
Pruebas de operación del cuarto frío																																													

Continuación tabla XXVI.

Repuestos y materiales				
Código	Descripción	cantidad	Precio unidad	Precio total

Mano de obra		
Tiempo Estimado	Tiempo Real	Descripción

_____	_____ Técnico de mantenimiento	Vo.Bo.
Encargado	Supervisor de mantenimiento	

Fuente: elaboración propia

En la Tabla XXVI se presenta un formato para la ejecución del mantenimiento anual, mostrándose en la parte superior datos relevantes para el control interno del mantenimiento como la fecha, la persona que realizará el mantenimiento, la fecha de realización entre otros aspectos, seguidamente se presentan la hora tanto de inicio como de finalización de las actividades al igual que las características del equipo estudiado como marca, serie y modelo, seguido de esto se presentan las actividades a realizarse en el manteamiento anual las cuales fueron basadas en la ISO 1217-2009, mientras que en la segunda parte del formato se muestra todo lo pertinente a los repuestos su codificación, precio cantidad entre otras al igual que las características de la mano de obra y sus descripciones, por último se presenta un espacio perteneciente a las firmas de los involucrados en la realización y supervisión del mantenimiento

En la tabla XXVII se presentan los datos que fueron extraídos de la norma ISO 1217-2009 los cuales representan a la máxima desviación que se puede presentar en la ejecución del mantenimiento anual en las distintas variables analizadas, esto quiere decir que los equipos a utilizar deben poseer una certeza mínima conforme a lo que se presenta en esta tabla.

Tabla XXVI. **Máxima desviación de las variables especificadas**

Variable medida	Desviación máxima permisible	Máxima fluctuación permisible
Presión de entrada p_1	$\pm 10 \%$	$\pm 1 \%$
Presión de descarga p_2	No especificado	$\pm 1 \%$
Proporción de presión, r	See 8.3.1	—
Temperatura de entrada, T_1	No especificado	$\pm 2 \text{ K}$
Humedad absoluta de entrada, H_1	No especificada	$\pm 5 \%$

Fuente ISO 1217-2009.

La tabla XXVIII permite conocer el valor máximo de desviación que permite la presión analizada, para garantizar un rango permisible al momento de la carga de refrigerante.

Tabla XXVII. **Desviación de variable especificada**

Variable a medir	Desviación máxima permisible	Fluctuación máxima permisible
Gas constante \times compresibilidad factor, $R \times Z$	$\pm 5 \%$	No especificado
Velocidad del eje, N	$\pm 4 \%$	$\pm 1 \%$
Temperatura del refrigerante liquido	$\pm 5 \text{ K}$	No especificada
Diferencia entre temperatura del refrigerante en el exterior e interior	$\pm 10 \text{ K gas refrigerante}$ $\pm 5 \text{ K For refrigerante liquido}$	$\pm 2 \text{ K}$ $\pm 2 \text{ K}$
Flujo externo del refrigerante.	$\pm 10 \%$	$\pm 10 \%$
Temperatura de la boquilla	No especificada	$\pm 2 \text{ K}$
Diferencia de presiones de la boquilla	No especificado	$\pm 2 \%$

Fuente: ISO 1217-2009 p,50.

4.2. Personal de mantenimiento

Con el propósito de hacer efectivo el cumplimiento del mantenimiento preventivo y sus funciones se presentarán a continuación perfiles de puestos correspondientes a las distintas divisiones que conforman el equipo de mantenimiento preventivo.

Para ello se ha propuesto un formato que condensara toda la información necesaria para recolectar todos los datos necesarios para tener un buen perfil de puesto el cual se presenta a continuación.

Tabla XXVIII. Formato para perfiles de puesto

Empresa	PERFIL DE PUESTO	Código
	Título:	

2. Objetivo General
3. Objetivo específico

4. Estructura organizacional

Puesto: Superior Encargado de Número de personas a su mando Comunicación interna: Comunicación externa:	Horario de Entrada: _____ Salida: _____ Días laborales: L M M J V S D Días libres L M M J V S D
--	--

Nivel académico				Área y/o Especialidad:
Básico	Diversificado	Universidad	Posgrado	

5. Sexo		6. Estado civil.			7. Rango de edad.
Masculino	Femenino	Soltero	Casado	Divorciado	

Continuación tabla XXVIII.

8. Idiomas

No necesario	Deseable	Necesario	Anotar idioma:
--------------	----------	-----------	----------------

Porcentaje del idioma

Hablado:	Escrito:	Comprensión de Lectura:
----------	----------	-------------------------

9. Experiencia Laboral

No necesaria	Deseable	Necesaria
--------------	----------	-----------

10. Competencias Personales.

	Bajo	Medio	Alto
Comunicación. Aptitud transmitir la información, ideas y puntos de vista de una manera clara y concisa.			
Tolerancia a la frustración: Competencia para sobrellevar las inefectividades en el área de trabajo y propagar la actitud positiva entre los colaboradores.			
Autocontrol: Condición para comprender las decisiones y actividades que vallan en contra de su opinión.			
Motivación: Cualidad para la propagación de actitud hacia las buenas prácticas y hermandad dentro del área de trabajo.			
Adaptabilidad: Condición para trabajar en distintos sectores de la empresa al igual que con muchas personas.			
Seguridad: Determinación en la toma de decisiones y poder argumentar y mostrar pruebas solidad para sustentar los hechos. .			
Creatividad: Destreza para generar ideas basadas en las condiciones en las que se encuentran los elementos.			
Cooperación: Espíritu de voluntad y ayuda hacia los colegas y subordinados.			
Apego a normas: Habilidad para seguir e interpretar los manuales y normas.			
Visión. Vocación para visualizar los objetivos y la manera en que estos deben ser alcanzados.			

Continuación tabla XXVIII.

11. Competencias Intelectuales.	Baj o	Medi o	Alt o
Aprendizaje: Talento para la absorción de conocimiento del entorno del trabajo.			
Atención: idoneidad para para la concentración en las actividades que se realizan en la empresa.			
Análisis. Aptitud para el estudio de los datos generados en el equipo implementado.			
Articulación lógica: Competencia para el desarrollo mental de las situaciones generadas en la maquinaria.			
Abstracción: Condición para entender el proceso lógico y fenómenos generados en la marcha de los equipos.			
Razonamiento matemático: Suficiencia para comprender los modelos matemáticos a utilizar en la generación de datos.			
Memoria selectiva: Cualidad para identificar las técnicas a utilizar en las buenas prácticas para el mantenimiento de los equipos.			

12. Competencias Laborales.	Bajo	Medio	Alto
Responsabilidad: Destreza para el cumplimiento efectivo de las tareas asignadas.			
Ejecución simultánea: Habilidad para la elaboración de múltiples actividades en un periodo determinado de tiempo.			
Confiability: Talento para generar lazos de confianza entre los compañeros de trabajo y el trabajo a realizarse.			
Responsabilidad social: Condición para el manejo de situaciones ajenas al proceso.			
Manejo de conflictos: Habilidad para manejar situaciones conflictivas entre distintos elementos del personal.			

Continuación tabla XXVIII.

Rendimiento bajo presión: Suficiencia para el cumplimiento de las funciones establecidas en un tiempo determinado.			
Trabajo en equipo: Propensión para facilitar el trabajo haciendo uso de las habilidades de cada elemento del quipo.			
Asertividad: Buen manejo de las palabras para lograr la comprensión de todas las personas pertenecientes al área de trabajo.			
Empuje: Inspirar una actitud para alcanzar nuevos límites que hagan crecer a la empresa.			

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXVIII muestra información pertinente a la codificación que esta toma dentro de la empresa, como el nombre y el puesto al que se está optando, seguidamente se muestran las tareas que este puesto debe cumplir, en el cuarto apartado se muestra la estructura interna, indicando el puesto que posee dentro de la organización y su nivel jerárquico, así como la información perteneciente a las condiciones en las que se ejecutará el trabajo. Finalmente, el horario y los días laborales.

En este mismo apartado se solicita información correspondiente a la educación que se busca en este puesto y las áreas en las que se encuentra especializado, mientras que en los apartados cinco, seis y siete se desea saber información personal a cerca de la persona como género, estado civil y estatura.

En el octavo apartado se requiere conocer que otros idiomas se desea que la persona domine, seguidamente se expone cuan necesario es que la persona cuente con experiencia, luego de esto se presenta una serie de enunciados en

los que se busca saber las competencias personales intelectuales y laborales que el puesto requiere.

4.2.1. Jefe de mantenimiento

Se encarga de examinar al supervisor de mantenimiento.

- Jefe inmediato: Gerente de mantenimiento, si no hubiera, el propietario de la empresa.
- Descripción del puesto

El jefe de mantenimiento es el delegado de proveer al personal encargado del mantenimiento preventivo las herramientas y equipo necesario para efectuar con la mayor certeza las tareas asignadas al mismo tiempo se encarga de velar por que las actividades cumplan con la calidad y el tiempo establecidos.

- Funciones
 - Calendarizar las actividades pertenecientes al mantenimiento preventivo al igual que la delegación de tareas hacia el personal correspondiente.
 - Encargado de la administración de insumos y repuestos existentes en bodega al igual que las cotizaciones correspondientes a lo planificado.

- Mantenerse al tanto del proceso de las asignaciones concernientes al mantenimiento haciendo visitas regulares al sitio de trabajo.
- Encargado de validar la compra de repuestos y consumibles utilizados en las actividades.
- Planear reuniones y estudios acerca de los resultados obtenidos en mantenimientos anteriores.
- Diseñar nuevas estrategias para la capacitación de personal.
- Mantener el orden disciplinario del personal bajo su mando.
- Analizar semanalmente las ordenes de trabajos generadas y crear nuevas formas para reducir cualquier defecto que pueda estar presentando la maquinaria.

4.2.2. Supervisor de mantenimiento

Encargado de supervisar a los técnicos de mantenimiento.

- Jefe inmediato: jefe de mantenimiento.
- Descripción del puesto.

Encargado de supervisar el área de refrigeración haciendo cumplir las actividades asignadas al personal técnico de mantenimiento, al igual que la

medición y análisis de las variables a realizarse en los mantenimientos preventivos mensuales.

- Funciones
 - Colaborar en la realización de actividades concernientes al mantenimiento preventivo.
 - Encargado del desarrollo y la ejecución de programas que contienen actividades correspondientes al mantenimiento preventivo diario.
 - Velar por el cumplimiento de las actividades diarias y mensuales delegadas al personal técnico de mantenimiento.
 - Crear un ambiente confortable para trabajar facilitando con esto la comunicación entre el personal.
 - Documentar las actividades correspondientes al mes en curso y crear un informe que describa los procedimientos aplicados en cada situación.
 - Verificar que el personal se encuentre utilizando la herramienta correctamente, con el fin de preservar este activo.
 - Mantener la disciplina y el orden dentro del equipo de trabajo para aumentar la confianza y evitar conflictos de comunicación.

- Inspeccionar el cumplimiento del equipo de protección personal y las normas de seguridad.
- Controlar que los repuestos necesarios estén en existencia dentro de la bodega.

4.2.3. Técnico de mantenimiento

- Jefe inmediato: supervisor de mantenimiento
- Descripción del puesto

Encargado de todas las tareas básicas del mantenimiento preventivo diario, toma de valores que conciernen a las variables involucradas y la reparación de fallas menores que puedan existir en el sistema de refrigeración.

- Funciones
 - Ejecutar las tareas concernientes al mantenimiento preventivo diario, rutinas que deben efectuarse, supervisiones y verificaciones del estado del sistema.
 - Reportar cualquier anomalía que pueda presentarse durante el horario de trabajo como ruido, deficiencia en la temperatura o falla similar.
 - Tabular los datos obtenidos de las rutinas diarias en la documentación correspondiente.

- Responsable de la herramienta utilizada para las actividades pertenecientes a los mantenimientos preventivos ya expuestos, al igual que del área de refrigeración.
- Mantener una educación de higiene en el área de trabajo, al igual que la bodega y otros sectores que utilice para realizar alguna actividad.
- Cumplir con el reglamento de la empresa.

4.3. Administración del mantenimiento

A continuación, se presenta la documentación correspondiente a la estrategia tomada en el mantenimiento preventivo

4.3.1. Orden de trabajo

La orden de trabajo es la representación escrita y plasmadas en un formato que debe contener el tipo de actividad que se desea realizar entre otros aspectos sé que expondrán enseguida.

Tabla XXIX. **Formato de orden de trabajo**

ORDEN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO Pag. 1/2 No. _____ Fecha de solicitud: ___ No. Solicitud de trabajo: _____ Empresa solicitante: _____ Teléfono: _____ Persona responsable: _____ Fecha de ejecución: ___		
Datos del equipo: Código: _____ Marca: _____ Modelo: _____ No.Serie: _____ Refrigerante: _Cantidad: _____ Ubicación: _____		
Lecturas del equipo		
Medición	lectura	Observaciones
Temp. almacenamiento		
Temp. ambiente		
Presión de baja		
Presión de alta		
Consumo de corriente		
Tiempo de trabajo		

Continuación tabla XXIX.

Sistema de Refrigeración	R	L	Observaciones
Evaporador			
Condensador			
Compresor			
Control de temperatura			
Dispositivo de Expansión			
Filtro secador			
Sistema Eléctrico	R	L	Observaciones
Espiga			
Conexiones eléctricas			
Lámparas			
Balastro			
Tomacorriente			
Ventilador de condensador			
Ventilador de evaporador			
Revisión y limpieza			
Gabinete	R	L	Observaciones
Exterior del equipo			
Área de almacenamiento			
Puertas y vidrios			
Bisagras			
Empaque magnético			
Acrílico			
Sistema de drenaje			
Verificación			
Distribución del producto		Flujo de aire	Separación de la pared
<p>_____ Firma técnico _____ Supervisor de Nombre de técnico de Vo.Bo. Encargado mantenimiento mantenimiento</p>			

Continuación tabla XXIX.

Observaciones: _____ — — — — — —		
_____	_____	Nombre del supervisor de Jefe de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

En la parte superior de la primera hoja correspondiente a la orden de trabajo tal como lo esboza la XXX se describen datos generales correspondientes a la descripción del documento, como la fecha en que se está solicitando la orden, el número de documento al que corresponde, el personal que realizará las actividades, y la fecha en que esta se ejecutará.

La segunda casilla corresponde a la identificación del equipo, en este apartado se recolectan datos como el código, la marca, el modelo, el número de serie, el tipo de gas refrigerante correspondiente a la unidad de refrigeración, y por último la cantidad de elementos que se describirán.

El tercer renglón corresponde a la toma de mediciones de las distintas variables descritas anteriormente, puede notarse la temperatura de almacenamiento, que se refiere a la temperatura de preservación del producto, al igual que la temperatura ambiente existente en el área donde se ubica el cuarto frío, así mismo se puede observar una casilla donde puede anotarse las distintas presiones correspondientes a la baja y alta presión, al igual que la corriente que

el equipo se encuentra consumiendo, por último el tiempo de trabajo en que ha estado operando la máquina.

En el apartado de verificación presenta una serie de enunciados en los cuales se necesita conocer variables como la distribución del producto, flujo de aire y la separación que existe entre la pared y los productos, en la parte final del documento se encuentra un espacio para las firmas correspondientes a el técnico de mantenimiento, del técnico, encargado del cuarto frío y por el supervisor de mantenimiento, lo que hace valido este documento.

4.3.2. Ficha de equipos

La tabla XXX es una representación esquemática de la información necesaria de un activo, en el encabezado de esta ficha se describe informaciones pertenecientes meramente al registro que se llevan con estos documentos como la fecha de emisión y el numero o código del equipo que tiene en la empresa.

Luego de esto se presentan una serie de datos cuyo fin es constatar donde se encuentra ubicada la empresa y demás datos pertenecientes a ella, seguidamente se presentan uno enunciados que buscan tener a detalle datos de donde se adquirió el equipo, luego se solicitan datos pertenecientes las variables del sistema de refrigeración como presiones, temperaturas, tipo de refrigerante entre otras.

Finalmente se presentan cuadros de distintos elementos pertenecientes al sistema de refrigeración entre ellos figuran el compreso, condensador, evaporador, dispositivo de expansión ventilador y filtro y en los espacios correspondientes se solicita escribir las características que posee cada elemento

como la codificación que posee internamente, la marca de cada dispositivo y otros aspectos apreciables en este formato.

Tabla XXX. **Formato para ficha de equipo**

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO		
No. Ficha técnica: _____ Código del equipo: _____		
Datos del propietario del equipo Empresa: _____ Dirección _____ Teléfono: _____ Correo electrónico: _____ Ubicación del equipo: _____ Teléfono: _____		
Datos del fabricante Fabricante _____ Dirección _____ Teléfono: _____ Correo electrónico: _____		
Datos del equipo Marca: _____ Modelo: _____ No. Serie: _____ _____ Temperatura: _____ Presión de alta: _____ _____ Presión de baja: _____ Voltaje: _____ Amperaje: _____ Tipo de refrigerante: _____ Cantidad de refrigerante: _____ _____		
Repuestos		
Compresor: Código: _____ _____ Cantidad: _____ _____ Marca: _____ _____ Modelo: _____ _____ Potencia: _____ _____ Capacidad: _____	Condensador: Código: _____ _____ Cantidad: _____ _____ Tipo: _____ _____ Marca: _____ _____ Capacidad: _____ _____ Código proveedor: _____ _____	Evaporador: Código: _____ _____ Cantidad: _____ Tipo: _____ Marca: _____ Capacidad: _____ Código proveedor: _____

Continuación tabla XXX.

<u>Dispositivo de exp.:</u>	Ventilador:	Filtro:
Código: _____	Código: _____	Código: _____
Cantidad: _____ Tipo: _____	Cantidad: _____	Cantidad: _____
_____ Largo: _____	_____ Marca: _____	_____ Marca: _____
_____ Diámetro	_____ Modelo: _____	Modelo: _____
int.: _____	_____	Material secante: _____
	Amperaje: _____	
	Voltaje: _____	

Fuente: elaboración propia.

5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Posteriormente se expone el estudio de los resultados obtenidos exponiendo la validez tanto interna como externa y de igual manera tiempo la integración que expone la diferencia existente en el estudio presentado y los implementados en otras compañías.

5.1. Validez interna

En ciertos sectores de la industria guatemalteca, para la construcción de cuartos refrigerados y áreas acondicionadas no existe una guía del procedimiento a seguir para ejecutar debidamente un proyecto, en muchos de los casos el conocimiento aplicado está basado en la experiencia adquirida sin ningún tipo análisis de condiciones, cálculos o estudio sobre las características específicas de la maquinaria en operación, ocasionando con esto que la vida útil de los equipos se vea reducida al igual que su eficiencia.

Al carecer de un programa de mantenimiento que se deba seguir los deterioros y fallos en las maquinarias son más probables, con el fin de evitar cualquiera de estas catástrofes se diseñó el equipo de refrigeración de un cuarto frío para almacenamiento de plátano basándose en el manual de ingeniería BOHN.

Haciendo uso de esta técnica se analizaron las variables que rodean el entorno del cuarto frío y que son fundamentales para conocer la capacidad de los dispositivos de refrigeración obteniendo así los resultados expuestos en la tabla XV donde se puede apreciar la carga total de calor que los muros, el

producto, los misceláneos y la infiltración de aire le transmiten al cuarto refrigerado.

La carga calorífica total permite al diseñador establecer un límite con el que los equipos operarán, estas características son expuestas en las tablas XVI y XVII, observándose la capacidad que estos poseen, los parámetros eléctricos que son requeridos para el buen funcionamiento al igual que las dimensiones que el equipo ocuparía en un sitio, aunado a esto se plantea una metodología basada en el manejo y conservación de materiales para obtener una buena instalación libre de impurezas y así garantizar la eficiencia en la operación.

Tal como se expone en la figura 23 donde se puede percibir que el proceso comienza con el almacenamiento de materiales prosiguiendo con el armado de la estructura que delimita el cuarto refrigerado, así mismo se puede observar la forma de montaje de los equipos y las medidas que deben utilizarse para desempeñar bien esta tarea.

Con la estructura armada y con el fin de mantener esta en las mejores condiciones y no caer en los errores expuestos anteriormente al no poseer un plan de mantenimiento se ha propuesto un plan de mantenimiento preventivo el cual tiene como fundamento el análisis de los factores que pueden afectar a la maquinaria, presentando con esto un formato que cubra las tareas diarias a realizar, tal como se muestra en las Tabla XXIII y al mismo tiempo un formato que tiene el propósito de analizar el comportamiento y trabajo de los equipos de acorde a lo estipulado.

Conjuntamente se formula una serie de actividades que se deben realizar como el lavado de los equipos revisión de temperaturas, presiones entre otras como se puede observar en Tabla XXIV, con la finalidad de mantener en óptimas

condiciones el compresor del equipo de refrigeración se formula un formato que puede observarse en la XXV el cual recopila las actividades que se exponen en la norma ISO 1217-2009 la cual se utiliza para la realización de pruebas a los compresores y su finalidad es mantener en óptimas condiciones el elemento de compresión, sin embargo todas las actividades expuestas anteriormente no tendrán ningún resultado productivo si la ejecución del mismo no se realiza con certeza.

Con el fin de ejecutar las actividades del mantenimiento correctamente se propone un esquema que describe las funciones que debe poseer un colaborador en un puesto específico, este puede ser apreciado en la tabla XXVIII, en él se muestran enunciados interactivos que guían al seleccionador a especificar las tareas y objetivos específicos que cada trabajador debe alcanzar en su puesto.

En la industria guatemalteca ha existido un fenómeno al momento de divulgar información, por el miedo a que las empresas que se encuentran involucradas en el mismo negocio obtengan esa información y traten de hacer uso de ella y así perjudicar directamente los beneficios de la compañía y aunque se pueda pensar que esta manifestación ocurre solamente con el personal externo a la entidad la realidad es que es un suceso que ocurre muy a menudo dentro de las organizaciones, restringiéndose la difusión de información entre las mismas áreas de trabajo.

Este acontecimiento no afecta solamente al ambiente laboral sino también a las personas involucradas en la investigación de procesos, mejoras y demás actividades que tienen como principal objetivo el desarrollo progresivo para aumentar el beneficio de la organización. La desconfianza de la asociación crea limitaciones al momento de la investigación y restringe la cantidad de datos que se puedan obtener, esto no quiere decir que los resultados no sean efectivos sin

embargo aumenta el nivel de dificultad para el cálculo, análisis y comprensión de las variables a estudiar.

Esta problemática provoca que los procedimientos que se deben ejecutar según la calendarización se vean retrasados y en algunas ocasiones mal efectuados teniendo que realizarse esta actividad nuevamente, esto ha provocado que se adicione más tiempo de lo estipulado para realizar una actividad como el montaje de alguno de los elementos o la recolección de las variables sin embargo se incrementó la supervisión de la actividad para poder cumplir con lo establecido.

A pesar de todos estos inconvenientes se ha logrado seleccionar el equipo necesario según las variables recolectadas y con la ayuda del sobredimensionamiento que se realizó con el objetivo de prever cualquier sobrecarga de trabajo puede asegurarse que el equipo trabajará efectivamente.

5.2. Validez externa

Los sistemas de refrigeración al igual que los de aire acondicionado tienen por objetivo principal el de remover el calor y mantener un flujo de aire frío constante, para ello se emplea la metodología básica de la refrigeración, la cual está conformado por elementos que comprimen el gas refrigerante, elevando su presión para luego reducir la misma haciéndolo haciendo uso de un dispositivo de expansión generando así que la tubería por la cual el gas se está transportando sufra un cambio negativo de temperatura y al momento de estar en contacto con un ambiente, se genere una transferencia de energía.

Tomando en cuenta todo esto se puede generalizar el estudio del sistema de refrigeración hacia la preservación de productos entre los que se pueden

mencionar frutas, verduras, carnes, lácteos, entre otros y esto se debe a la forma de cálculo que brinda el manual de ingeniería BOHN

El motivo es simple, se debe prestar atención a los cálculos efectuados en el capítulo 2 en el que se exponen las operaciones realizadas para hallar las distintas cargas que transmiten calor hacia el sistema de refrigeración en las que el producto que se está analizando está involucrado directamente solo en el cálculo realizado en la sección 2.2.4 en el que se realiza la operación pertinente para hallar el calor que el plátano transmite al cuarto refrigerado y mostrando así que es independiente del cálculo del calor generado por la transmisión de calor en las paredes o la infiltración de aire y también de los artículos misceláneos.

Por lo tanto, se puede hacer uso de las operaciones realizadas en esta investigación exceptuando la ya expuesta anteriormente, para estudios que busquen el mismo propósito que el expuesto en este trabajo en los capítulos II y III.

De la misma forma se presenta en el capítulo III en la tabla XXVII un cuadro en el que se pueden apreciar los precios unitarios, de los equipos seleccionado, con el fin de tener una referencia para futuros proyectos, que involucren el uso de estos dispositivos.

El mantenimiento como un concepto general se basa en la preservación de los bienes que posea una empresa entre estos pueden mencionarse a la maquinaria, sistemas eléctricos, de refrigeración, de vapor y también se pueden incluir las estructuras como edificios y demás elementos que estos conforman, y dentro de la clasificación del mantenimiento existen distintas clasificaciones entre las que se pueden mencionas al mantenimiento correctivo que es el más básico

entre las técnicas de preservación y que lamentablemente es el más predominante en muchas industrias.

Sin embargo, existe una técnica de conservación de elementos que es más eficiente que el correctivo siendo esta la técnica de mantenimiento preventivo que se basa en la implementación de un sistema más regularizado de control de actividades haciendo uso de formatos para realizar las actividades y esta puede ser aplicada a cualquier tipo de industria que cuente con los elementos descritos anteriormente.

Por lo tanto, se puede tomar en cuenta lo expuesto en este estudio acerca del plan de mantenimiento expuesto en el capítulo IV el cual como se ha dicho antes puede ser aplicado a una gran cantidad de industrias y no específicamente a la industria de refrigeración ni almacenamiento de plátano.

Sin embargo, hay que considerar que los formatos expuestos en este trabajo han sido adecuados para el objetivo que se desea alcanzar y que está ligado al mercado al que se dedica la empresa estudiada.

No obstante, estos formatos y lo demás expuesto pueden servir de guía para futuras investigaciones sobre el mantenimiento preventivo, aunque hay que resaltar que esta no es la única técnica ni tampoco los únicos formatos que pueden utilizarse hay que resaltar que existen una diversidad de técnicas las cuales ya cuentan con la ayuda de un software que administra el mantenimiento y facilita la administración del mismo tal como se presenta en Tavares (2010).

5.3. Integración

Para rediseñar el equipo del área de refrigeración de un cuarto frío para el almacenamiento de plátano se planteó una solución basada en el manual de ingeniería BOHN el cual se fundamenta en el uso de un método de cálculo sencillo e interactivo que busca analizar las variables que rodean a un cuarto refrigerado, condensando toda la información pertinente al cálculo de las cargas de refrigeración, como tablas de conversiones de unidades, características que describen el comportamiento de los productos bajo el efecto de la refrigeración entre otros.

A diferencia del procedimiento utilizado por Hernández (2009) en su trabajo de investigación que lleva por nombre análisis de cálculo, diseño y mantenimiento de una cámara de refrigeración el cual fue aplicado al estudio de productos perecederos limitados a una temperatura de 4°C en el que se hace uso de modelos matemáticos que describen el comportamiento físico de las variables y la manera teórica del funcionamiento de los elementos de refrigeración como el equivalente de trabajo en unidad de masa que un compresor puede generar o la capacidad que tiene una unidad de condensado para transmitir el calor.

Cabe resaltar que la esencia de estos cálculos sigue persiguen el objetivo que el mostrado en el manual de ingeniería BOHN pues ambos al igual que en otras investigaciones de la misma índole hacen uso de información perteneciente a la asociación estadounidense de calefacción, refrigeración y aire acondicionado más conocido por sus siglas en inglés ASHRAE.

La seguridad en la industria es muy importante para preservar el activo más importante se las compañía que son los empleado, sin embargo para el estudio presentado fue imposible poder implementar un sistema de seguridad que

mantuviera al personal seguro esto no quiere decir que las instalaciones que se ejecutaron no son las idóneas y que no cumplen con las normas de seguridad sino que existen elementos adicionales que facilitan el trabajo del personal y al mismo tiempo le brindan un confort al mismo tal como se expone en Gonzales (2011) en el que la empresa analizada brindo materiales para la señalización de encaminamientos al igual que la delimitación de las áreas de riesgo y equipamiento de extintores y rutas de evacuación.

En la implementación del mantenimiento se necesitan herramientas que son de vital importancia para que esta técnica sea efectiva y que en este caso en particular fueron omitidas contrario a lo que expone Monterroso (2005) en la propuesta que realizo sobre un plan de mantenimiento para equipos de refrigeración de índole comercial, en las que se logró que la empresa invirtiera en las capacitaciones para instruir todo el personal el uso correcto de las técnicas de mantenimiento preventivo. Mientras que el alcance expuesto en este estudio se limitó a las formación de algunos elementos del personal, y a diferencia de lo expuesto en Huertas (2007) en el que se realizó un plan de mantenimiento preventivo para empacar camarón en el que logro implementar un software de manteamiento que les permite administrar de una mejor manera las ordenes de trabajo y demás documentación pertinentes a las actividades del mantenimiento, este estudio solamente logro la presentación de los formatos de las actividades expuestas en el capítulo V.

CONCLUSIONES

1. Se analizaron los cambios generados en el interior de un cuarto frío a causa del aire de infiltración, alimentos, luminaria, motores siguiendo el formato descrito por el manual de ingeniería BOHN, incluyendo valores de tablas y ajustes que el manual brinda, tal como se describe en el capítulo II, obteniendo con esto una carga calorífica total de 398,926 BTU/ 24 hr existentes en el área de refrigeración.
2. Se planteó el diseño de un cuarto frío y sus dispositivos de refrigeración siendo estos una unidad evaporadora de 20, 000 BTU/hr incluyéndose un compresor de 2 HP y una unidad condensadora de 16,621 BTU/hr las que se adaptaron a las variables del entorno a las que se encontraba expuesto el sistema de almacenamiento de plátano.
3. Se diseñó un plan de control y seguimiento del mantenimiento preventivo de un sistema de refrigeración para un cuarto frío que almacena y preserva plátanos, presentando con el programa los formatos que describen las actividades necesarias al realizar un mantenimiento diario, mensual y anual, así mismo se presentan plantillas para realizar una orden de trabajo y ficha de equipos.
4. Se rediseñó el equipo, del área de refrigeración de un cuarto frío para el almacenamiento de plátano, empleando el manual de ingeniería BOHN para el cálculo de las cargas pertinentes, la selección de equipos y la norma ISO 1217-2009 con el que se completó el plan de

mantenimiento preventivo, con lo que se logró que los paro por sobrecalentamiento se eliminarán, incrementando el tiempo de refrigeración del producto y conservando con esto su calidad.

RECOMENDACIONES

1. En el análisis de los cambios generados en el interior de un cuarto frío a causa del aire de infiltración, alimentos, luminaria, motores, estanterías o la perturbación que provoque un individuo, hacer uso de sistemas de optimización basados en ecuación como los multiplicadores de Lagrange.
2. Con respecto a el diseño de cuartos fríos y en especial la selección de equipos, dirigirse a la sección No. 2 de este documento o bien, tomar las referencias 2 y 3 que proveen los lineamientos a seguir para el cálculo de cargas y dimensionamiento de las unidades.
3. Para la implementación de un plan de mantenimiento, tomar como base la sección No. 4, en ella se presentan los formatos de mantenimiento diario, mensual y anual, al igual que el perfil que debe llenar el personal asignado a técnico de mantenimiento, supervisor de mantenimiento y jefe de mantenimiento.
4. Con respecto al rediseño del equipo del área de refrigeración de un cuarto frío para el almacenamiento de plátanos, se recomienda hacer uso de las herramientas tecnológicas como AutoCAD, y los nuevos avances que BOHN ofrece para la selección y cálculo de equipos.

REFERENCIAS

1. Alonso, J. (2012). Estudio experimental del efecto de las condiciones de funcionamiento de un compresor de pistón hermético en su rendimiento, trabajando con propano y R407. Análisis teórico de los resultados mediante un modelo matemático avanzado (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, España.
2. Álvares, G. (2004). Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias avm S.A. (Tesis de Licenciatura). Universidad industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
3. BOHN (2005), *Manual de ingeniería Bohn*. Recuperado de <http://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/BCT-025-H-ENG-1APM-Manual-Ingenieria.pdf>
4. BOHN. (2018) *Catálogo de equipos Bohn*. Recuperado de http://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/BCT-082-573-1A-Unidades-condensadoras_CH_MBHX_MBZX.pdf
5. BOHN (2019) *Listado de precios*. Recuperado de https://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/Lista_de_precios_2019%20BOHN%202.2.pdf.
6. Cengel, A; Boles, A. (2011). *Termodinámica un aprovechamiento de la energía*. México: McGraw-Hill.

7. Chinchilla, J. (2004). Análisis del cultivo de plátano musa AAB simonds en la unidad de riego del parcelamiento la Blanca, ocós, San Marcos (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
8. Córdova, W. (2018). Sistematización del modelo de mantenimiento de una planta de corte y doble, con enfoque a indicadores de disponibilidad con base a la herramienta mantenimiento centrado en la confiabilidad (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
9. Coronel, H. (2015). Mejoramiento del sistema de enfriamiento, del condensador del minichiller del laboratorio de fluidos del AEIRNNR (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
10. Diaz, E. (2011) *Carga de refrigerante, materiales didácticos de aula en formación profesional específico*. Recuperado de: http://www.cifplalaboral.es/ckfinder/userfiles/files/Carga_de_refrigerante.pdf.
11. García, J. (2007). Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para las vibrocompactadoras de ánodos verdes (Tesis de Licenciatura). Universidad Simón Bolívar, Venezuela.
12. García, S. (2009). *Mantenimiento correctivo organización y gestión de la reparación de averías*. España: Renovetec. Recuperado de <http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>

13. Gas Servei (2019) *Ficha técnica refrigerante 404^a*. Recuperado de <https://www.gas-servei.com/images/Ficha-tecnica-R404A.pdf>
14. Gonzales, H. (2011). Diseño de cuarto frío para la preservación de vegetales para la empresa san juan agreexport (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
15. Hernández, G. (2009). Análisis de cálculo, diseño y mantenimiento de una cámara de refrigeración utilizado en productos perecederos a 4°C (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México.
16. Huertas, A. (2007). Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empaedora de camarón (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Litoral, Ecuador.
17. IDEA (2007). *Guía técnica para el diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos*. Madrid, España: Instituto para la diversificación y ahorro de energía.
18. ISDE (2011). *Análisis sectorial del plátano en Guatemala*. Guatemala: Fundesa & Cacif.

19. Isidro, D. (2011). Proyecto de una cámara de congelación para camarón en el Municipio de Angostura, Sinaloa (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México.
20. ISO (2009). *Displacement compressors acceptance*. ISO 20127-2009, International Standard.
21. Kolpak, (2018) *Kolpak/RDI Refrigeration System Installation & Operation Manual*. Recuperado de <https://www.kolpak.com/asset/?id=tuqvr®ions=us&prefLang=en>.
22. Maga, (2016). *Cifras del plátano en 2016*. Guatemala: Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación. Recuperado de <https://precios.maga.gob.gt/archivos/agro-en-cifras/individuales/Platano%20Agro%20en%20Cifras%202016.pdf>.
23. Monterroso, M. (2005). Propuesta para un plan de mantenimiento para equipos de refrigeración comercial en la empresa Nueva Era (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
24. Morales, A. (2008). Mantenimiento preventivo. Área Sanitaria del Norte de Córdoba (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
25. Müller, E. (2002). *Termodinámica básica*. Venezuela: Consultora Kemiteknik C.A.

26. Muñoz, J. (2009). Plan de optimización de materiales para la construcción de cuartos refrigerados. (Tesis de Licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
27. Padilla, B. (2013). Diseño de un evaporador tipo marmita con agitador y serpentín interno para la elaboración de diversos alimentos en planta piloto (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
28. Pineda, C. (2013). *Dispositivos de flujo estale - estado estable*. Recuperado de <http://termodinamica-1aa131.blogspot.com/2013/06/compresor.html>.
29. Punete, M. & Gaviláñez, O. (2018) *programacion lineal para la toma de decisiones*. Ecuador: Espoch.
30. Rendón, A. (2014). Procedimientos de mantenimiento para sistemas de refrigeración en cuartos fríos (Tesis de Licenciatura). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
31. Salas, E. (2012). Evaporación a simple y doble efecto, en el equipo para el estudio de un evaporador de doble efecto del laboratorio de ingeniería química de la Facultad de Química de la UNAM (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de México, México.
32. Sierra, G. (2004). Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A. (Tesis de Licenciatura). Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander, Colombia.

33. Sporlan (2018). *Catalogo condensado de los productos Sporlan*. Washington, Estados Unidos: Parker Hannifin Corporation.
34. Tavares, L. (2010). *Administración moderna de mantenimiento*. Brasil: Novo polo publicações.
35. Valdez, R. (2008). Evaluación óptima en el mantenimiento de un compresor tipo tornillo en el sistema de refrigeración por amoníaco, en la industria alimenticia (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
36. Veras, H. (2009). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la Industria Quetzal (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
37. Wang, K. (2001). *Hand book of air condition and refrigeration*. Mexico: McGraw-Hill.
38. Yax, D. (2009). Automatización de cuartos fríos para ahorro energético (Trabajo de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
39. Zemansky, S. (2013). *Física universitaria*. México: Pearson

APÉNDICES

Apéndice 1. Entrevista

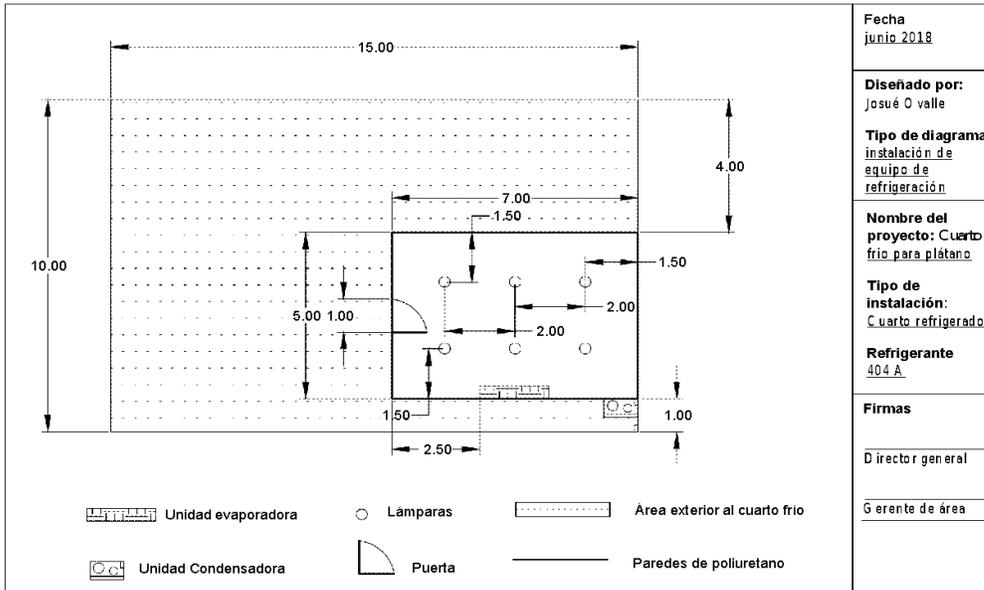
Nombre del entrevistado _____ Fecha _____, Lugar _____
Producto almacenado _____ Libras almacenadas al mes _____, Temperatura ambiente _____ Humedad relativa _____ Temperatura de operación _____
Dimensiones del cuarto frío Ancho _____ (m), Alto _____, m), Largo _____ (m) Instrumentos o misceláneos dentro del cuarto frío ----- ----- ----- ----- ----- Desea sustituir algún elemento Compresor <input type="checkbox"/> Evaporador <input type="checkbox"/> Condensador <input type="checkbox"/> Tubería <input type="checkbox"/> Paredes <input type="checkbox"/> Válvula de expansión <input type="checkbox"/> Todo el cuarto frío <input type="checkbox"/>

Continuación apéndice 1.

<p>Descripción del mantenimiento</p> <p>Tipo de mantenimiento existente en la empresa</p> <p>Correctivo Preventivo Predictivo</p> <p>Ninguno</p> <p>Tipo de mantenimiento que desea implementar</p> <p>Correctivo Preventivo Predictivo</p> <p>Ninguno</p>
<p>Descripción de Fallas: a continuación, marque si se ha presentado alguna de estas fallas en el sistema.</p> <ul style="list-style-type: none">• Compresor sobrecalentado• Fallos en el arranque del compresor• Enfriamiento insuficiente• El compresor no para al alcanzar la temperatura de operación• Compresor para y se pone en marcha en ciclos cortos• Ruido del compresor• Vibración en el compresor• Ruido en las tuberías• Fallos en el sistema eléctrico• Elevado consumo de correine

Fuente: elaboración propia.

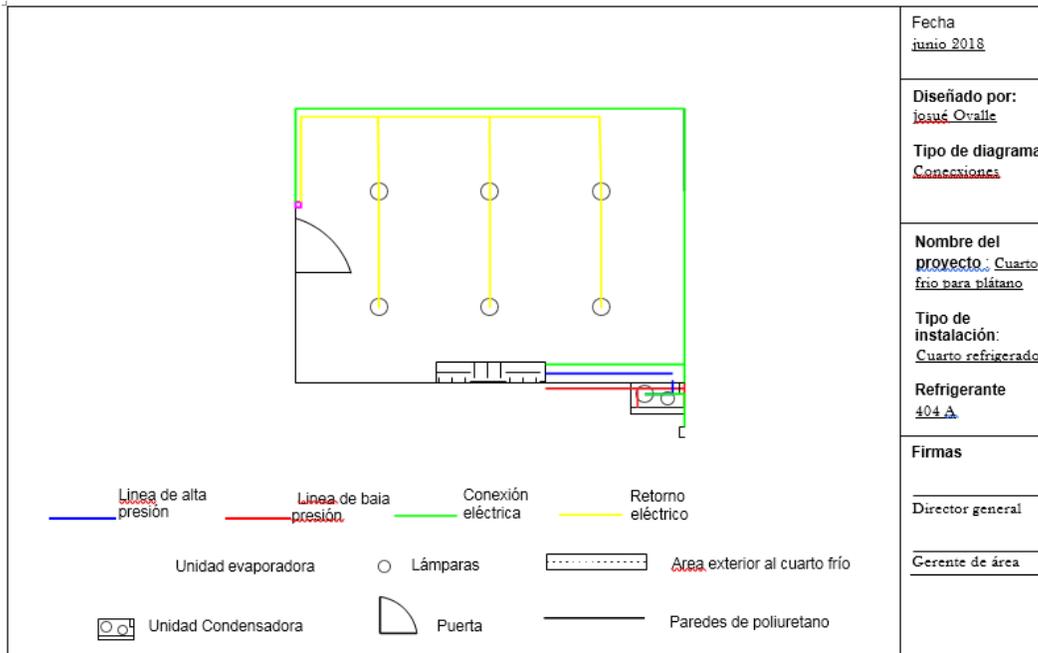
Apéndice 2. Planos de construcción del cuarto frío



Fecha junio 2018
Diseñado por: Josué O valle
Tipo de diagrama instalación de equipo de refrigeración
Nombre del proyecto: Cuarto frío para plátano
Tipo de instalación: Cuarto refrigerado
Refrigerante 404 A
Firmas
Director general
Gerente de área

Fuente: elaboración propia con el software AutoCAD.

Apéndice 3. Líneas eléctricas y de presión



Fecha <u>junio 2018</u>
Diseñado por: <u>Josué Ovalle</u>
Tipo de diagrama <u>Conexiones</u>
Nombre del proyecto: <u>Cuarto frío para plátano</u>
Tipo de instalación: <u>Cuarto refrigerado</u>
Refrigerante <u>404 A</u>
Firmas
Director general
Cerente de área

Fuente: elaboración propia.