



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN CUARTO FRÍO PARA EL
LABORATORIO DE SEMILLAS DEL CENTRO
BIOFORESTA, DE LA FACULTAD DE RECURSOS
NATURALES, DE LA ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”**

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

ROJAS LOGROÑO DANIEL VINICIO

RIOBAMBA-ECUADOR

2015

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-10-15

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

DANIEL VINICIO ROJAS LOGROÑO

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN CUARTO FRÍO PARA EL LABORATORIO DE
SEMILLAS DEL CENTRO BIOFORESTA. DE LA FACULTAD DE
RECURSOS NATURALES. DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis López
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Marco Haro

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DANIEL VINICIO ROJAS LOGROÑO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN CUARTO FRÍO PARA EL LABORATORIO DE SEMILLAS DEL CENTRO BIOFORESTA, DE LA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES, DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2015-03-31

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis López DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marco Haro ASESOR			

RECOMENDACIONES: _____

El (La) Presidente (a) del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Daniel Vinicio Rojas Logroño

DEDICATORIA

Con mucho amor a mis padres Alfonso Rojas y Patricia Logroño , los pilares fundamentales en mi vida quienes me han inculcado valor, responsabilidad, pasión y humildad en mis acciones, a mi hermano Oscar que siempre ha estado a mi lado y a mi querida familia que de alguna u otra manera han hecho posible que este sueño sea una realidad.

AGRADECIMIENTO

A Dios que con su infinita bondad me ha conducido hacia donde Él quiere que llegue en el tiempo y lugar que Él ha establecido.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento por los conocimientos teóricos y prácticos que me han impartido permitiéndome desarrollar el proyecto de la mejor manera.

A mis padres y mi hermano por el apoyo incondicional por creer y confiar en mí, Dios les bendice.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Descripción general de los sistemas de refrigeración	3
2.2 Principios de funcionamiento de los sistemas de refrigeración.....	3
2.3 Cuartos de refrigeración.....	5
2.4 Principio de funcionamiento de cuartos fríos.....	6
2.5 Régimen de operación de los cuartos fríos	6
3. ESTADO TÉCNICO DEL CUARTO FRÍO	8
3.1 Diagnóstico del cuarto frío	8
3.2 Montaje de los elementos del sistema de refrigeración.....	10
3.2.1 Revisión del equipo	10
3.2.2 Instalación	11
3.2.3 Soldadura	11
3.2.4 Extracción de humedad	12
3.2.5 Cargar el refrigerante.....	13
3.2.6 Conexiones eléctricas.....	13
3.3 Método de evolución del estado técnico.	13
3.4 Determinación del estado técnico inicial del cuarto frío.....	28
3.5 Determinación del estado técnico actual del cuarto frío	39
3.6 Determinación de los modos de falla de un sistema de refrigeración.....	40
4. ESTRUCTURA Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	42
4.1 Cálculo de la carga térmica.....	42
4.1.1 <i>Carga en paredes</i>	42
4.1.2 <i>Cálculo de la carga del producto</i>	45
4.1.3 <i>Carga térmica interna</i>	48
4.1.4 <i>Infiltración por intercambio de aire</i>	49
4.2 Refrigerante.....	50
4.3 Compresor	51
4.3.1 <i>Lubricación</i>	52
4.3.2 <i>Selección</i>	53
4.4 Condensador	54
4.4.1 <i>Selección</i>	55
4.5 Evaporadores	55
4.5.1 <i>Selección</i>	55
4.6 Accesorios mecánicos	57
4.6.1 <i>Tubería de cobre</i>	57
4.6.2 <i>Aislante</i>	58
4.6.3 <i>Accesorios de latón</i>	58
4.6.4 <i>Selección</i>	59
4.7 Accesorios de control y seguridad	59
4.7.1 <i>Presostatos</i>	59

4.7.2	<i>Termostato</i>	60
4.7.3	<i>Válvula solenoide</i>	60
4.7.4	<i>Selección</i>	61
4.8	Control de flujo	61
4.8.1	<i>Válvula de expansión</i>	61
4.8.2	<i>Selección</i>	62
4.9	Equipos Complementarios	62
4.9.1	<i>Resistencia calefactora del cárter</i>	62
4.9.2	<i>Separador de aceite</i>	63
4.9.3	<i>Filtros de humedad</i>	63
4.9.4	<i>Visor de humedad</i>	64
4.9.5	<i>Selección</i>	64
5.	MANTENIMIENTO DEL CUARTO FRÍO	65
5.1	Acciones de mantenimiento	65
5.1.1	<i>Trabajos específicos de mantenimiento</i>	66
5.2	Banco de tareas	69
5.3	Normas de seguridad y operación	81
6	COSTOS DEL PROYECTO	85
6.1	Costos directos	85
6.2	Costos indirectos	86
6.2.1	<i>Descripción del costo del trabajo</i>	87
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
7.1	Conclusiones	88
7.2	Recomendaciones	88

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTAS DE TABLAS

1	Intercambiabilidad.....	14
2	Importancia productiva.....	14
3	Régimen de operación.....	14
4	Nivel de utilización.....	15
5	Parámetro principal.....	15
6	Mantenibilidad.....	15
7	Conservabilidad.....	16
8	Automatización.....	16
9	Valor de la máquina.....	16
10	Facilidad de aprovisionamiento.....	17
11	Seguridad operacional.....	17
12	Categorización de aspectos selectivos.....	17
13	Categorización de aspectos directivos.....	18
14	Formato de codificación.....	19
15	Designación de iniciales de los equipos.....	19
16	Codificación de los equipos.....	20
17	Datos del compresor.....	21
18	Datos del condensador.....	22
19	Datos del presostato controlador.....	22
20	Datos del presostato.....	23
21	Datos de la válvula solenoide.....	23
22	Datos de la válvula de expansión.....	24
23	Datos del evaporador.....	24
24	Datos del separador de aceite.....	25
25	Datos del visor.....	25
26	Datos del filtro de humedad.....	26
27	Datos del controlador MT512 Ri.....	26
28	Datos del contactor.....	27
29	Datos del contactor.....	27
30	Evaluación del estado técnico.....	28
31	Estado técnico de la estructura del cuarto frío.....	30
32	Estado técnico del tablero de control.....	31
33	Estado técnico de compresor.....	33
34	Estado técnico de condensador.....	33
35	Estado técnico del visor.....	34
36	Estado técnico del separador de aceite.....	35
37	Estado técnico del filtro de humedad.....	35
38	Estado técnico de la válvula solenoide.....	36
39	Estado técnico del presostato.....	36
40	Estado técnico de la unidad condensadora.....	37
41	Estado técnico de la válvula de expansión.....	38
42	Estado técnico de la válvula de los ventiladores.....	38
43	Estado técnico del evaporador.....	39
44	Pruebas de laboratorio para aceites lubricantes de refrigeración.....	53
45	Estado técnico del evaporador.....	67
46	Revisión en el compresor.....	69
47	Medición de variables en el compresor.....	69
48	Inspección de las válvulas en el compresor.....	71
49	Limpieza del compresor en el compresor.....	71
50	Medición de presiones en el compresor.....	72
51	Medición de parámetros eléctricos en el condensador.....	73
52	Medición de parámetros eléctricos en el condensador.....	74
53	Limpieza del condensador.....	75

54	Medición de parámetros eléctricos en el evaporador	76
55	Inspección de fugas en el evaporador.....	77
56	Limpieza general en el evaporador.....	78
57	Limpieza general en el evaporador.....	79
58	Comprobación del aislamiento térmico del cuarto frío	80
59	Encendido del cuarto frío	84
60	Apagado del cuarto frío.....	84
61	Equipos directos.....	85
62	Materiales directos.....	85
63	Mano de obra directa	86
64	Costo por transporte.....	86
65	Costo por imprevistos	86

LISTA DE FIGURAS

1	Cuarto frío del laboratorio BIOFORESTA (exterior.)	5
2	Cuarto frío del laboratorio BIOFORESTA (interior)	5
3	Elementos de un sistema de refrigeración por compresión	6
4	Tablero de control del cuarto frío	6
5	Contactador del tablero	7
6	Luces del tablero de control	7
7	Controlador MT512 Ri	7
8	Lugar de ubicación de la unidad condensadora	9
9	Condición inicial de la estructura del cuarto frío	9
10	Condiciones del evaporador	9
11	Unidad condensadora	10
12	Datos de placa de la Unidad condensadora	10
13	Tanque de propano para soldadura benzomatic	12
14	Puerta del cuarto frío	29
15	Paredes del cuarto frío	29
16	Entrada de cables eléctricos	30
17	Salida de condensado	30
18	Tablero de control	31
19	Distribuidor de Manómetro	32
20	Clasificación de los compresores según su compresión	51
21	Compresor alternativo hermético	52
22	Condensador enfriado por aire	54
23	Evaporador de tubo aletado	55
24	Tubería de cobre distribuida en la unidad condensadora	58
25	Rubatex	58
26	Tuercas y racores de latón	58
27	Accesorios de seguridad y control	59
28	Termostato	60
29	Válvula solenoide	61
30	Resistencia calefactora	62
31	Separador de aceite	63
32	Filtro de humedad	63
33	Visor de humedad	64

SIMBOLOGÍA

- C_1 Calor específico del producto en estado sólido $\text{kJ/kg } ^\circ\text{K}$
- CA Cambios de aire promedio por 24 horas
- FCA Factor de cambios de aire BTU/ft^3
- h Conductividad térmica de superficie interna en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K})$
- Q_1 Calor removido en kJ
- q Ganancia de calor en W
- Q Carga por cambios de aire en BTU/24h
- ΔT Diferencia entre la temperatura exterior e interior.
- T_1 Temperatura inicial del producto en estado líquido en $^\circ\text{K}$
- T_2 Temperatura final del producto en estado líquido en $^\circ\text{K}$
- U Coeficiente universal de calor, $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$.
- V Volumen interior del cuarto frío en pies cúbicos ft^3
- x Espesor de la pared en m .

LISTA DE ANEXOS

A	Conductividad térmica de aislantes para cuartos fríos	91
B	Espesor mínimo de aislamiento	91
C	Descuento por efecto solar	92
D	Propiedades térmicas de frutas y hortalizas	93
E	Ganancia de calor de motores eléctricos	96
F	Calor equivalente por ocupación	97
G	Cambios de aire promedio por 24 horas arriba de 32 °F	97
H	Btu por pie cúbico de aire eliminado en enfriamiento arriba de 30° F	98
I	Características de los refrigerantes	99
J	Aplicación de los refrigerantes	100
K	Designación de la unidad condensadora	101
L	Interpretación del código de compresor	102
M	Diagrama de conexión	103
N	Plan de mantenimiento	104

GLOSARIO

Aire de recirculación. Aire de retorno que se vuelve a introducir en los espacios acondicionados

Aislante térmico. Es todo material que posee un bajo coeficiente de conductividad térmica

BTU (Unidad térmica británica). Es la cantidad de calor para elevar en un grado Fahrenheit una libra de agua.

Caída de presión. Diferencia de presión entre dos puntos

Calor. Energía que causa el movimiento de las moléculas

Calor específico. Cantidad de calor que es necesario suministrar a la unidad de masa de un cuerpo para elevar un grado su temperatura.

Calor latente. Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo al cambiar de estado

Calor sensible. Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo sin cambiar de estado.

Cambio de estado. El cambio de sólido a líquido o de líquido a gas provocado por la adición de calor o inversamente al sustraer calor.

Capacitor. Dispositivo que almacena energía eléctrica y descarga energía eléctrica.

Condensación. Es el proceso donde el vapor cambia a líquido y pierde el calor latente de condensación hacia el alrededor.

Evaporación. Cambio de fase del agua de un estado líquido a sólido por absorción de calor.

Frío. Término usado para indicar la ausencia de calor.

Gas no condensable. Un gas que no cambia ha estado líquido bajo condiciones normales de operación.

Higrómetro. Aparato para medir la humedad relativa del aire.

Humedad absoluta. En un sistema de aire húmedo, es la razón de la masa del vapor de agua respecto al volumen total del sistema.

Línea de succión. Es la tubería o línea entre el evaporador y el compresor.

Línea de descarga. Es la tubería entre el compresor y condensador.

Temperatura interior de cálculo. Temperatura, en grados centígrados, que se fija en el interior de la cámara para hacer el cálculo de pérdidas o ganancias de calor.

Presión de descarga. Lado del sistema conocido como alta presión es la presión existente en la descarga del compresor.

Presión de retorno. Es la presión en el lado de baja de un sistema frigorífico

Presión de succión. El lado de baja presión entre el compresor y la salida del evaporador

Refrigeración. La transferencia de calor de un lugar donde no es deseado hacia otro.

Refrigerante. Fluido encargado de sustraer calor.

Tonelada de refrigeración .Es el calor que absorbe una tonelada de hielo al derretirse en 24 horas. Equivalencias: $1\text{Tr} = 12000\text{BTU/h}$

Tubo capilar. Es el dispositivo encargado de dosificar la entrada de refrigerante en estado líquido al evaporador de un sistema.

Ventilación. Renovación del aire de una cámara o cuarto.

RESUMEN

En la Facultad de Recursos Naturales, existe el laboratorio BIOFORESTA donde se realizan prácticas e investigaciones de semillas forestales, que examina el mejoramiento genético forestal, resolviendo problemas de índole reproductivo y conservación de los recursos naturales.

Anteriormente el laboratorio no realizaba prácticas e investigaciones con regularidad debido a que no contaba con una instalación de refrigeración de semillas adecuada, el proyecto analizó la implementación de un cuarto frío y las acciones de mantenimiento adecuada para la cámara de refrigeración, es primordial una buena conservación porque influye directamente en la calidad de las plantas y de los productos que se obtendrán después, los cuales son comercializados a viveros locales y nacionales.

En el trabajo de titulación se evaluó el estado inicial del cuarto frío y se determinó la inexistencia de la unidad condensadora, se realizó cálculos de cargas térmicas para el correcto dimensionamiento de los elementos de refrigeración, el montaje y puesta en marcha se lo ejecutó con las normas de seguridad para instalaciones frigoríficas.

Se realizó el análisis del estado técnico de la instalación evaluando aspectos selectivos y parámetros directivos en cada uno de los equipos. Se analizó las causas que ocasionan el deterioro del cuarto frío y disminuyen los beneficios del proceso productivo. Se procedió a codificar los equipos con la finalidad de que cualquier persona encuentre la ubicación exacta de los mismos.

Se establecieron las acciones de mantenimiento basadas en inspecciones periódicas que permiten evitar las consecuencias de los fallos prematuros, disminuir tiempos de paro y costos de reparaciones, se complementó el proyecto con la elaboración de un manual de operación y un banco de tareas de mantenimiento para la instalación frigorífica.

ABSTRACT

In the Faculty of Natural Resources, the BIOFORESTA laboratory; is a place where practices and researches on forest sedes are conducted as well as it examines the forest genetic improvement by solving both reproductive problems and conservation of natural resources.

Previously the laboratory did not conduct research and practice regularly since it did not count on an installation of a suitable cooling system for seeds, the project analyzed the implementation of a cold room as well as the appropriate maintenance actions for the refrigeration chamber. A good preservation is essential because it influences directly in the quality of plants and products to be obtained later, which are sold to local and national plant nurseries.

At titling work, the initial state of cold storage was evaluated and the absence of the condensing unit was determined, also, calculations of thermal loads were made in order to achieve proper sizing of the cooling components, the assembly and implementation were carried on according to safety regulations for refrigeration installations.

The analysis of the technical condition of the installation was conducted by evaluating selective aspects, and directive parameters in each of the equipment. The underlying reasons which cause deterioration of the cold room and reduce the benefits of the production process were analysed. The next step was to encode the equipment in order to make every person capable to find the exact location of them.

Maintenance actions base don periodic inspections that avoid the consequences of premature failures, reduce downtime and repair costs, were established. The project was complemented by the development of a manual operation and a bench of maintenance activities for the refrigerating installation system.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCION

1.1 Generalidades

En la Facultad de Recursos Naturales, la Escuela de Ingeniería Forestal realiza investigaciones sobre semillas forestales a nivel de campo como de laboratorio que examina el mejoramiento genético forestal.

El estudio de semillas permite resolver problemas de material reproductivo y conservación del recurso natural, contribuyendo al mejoramiento ambiental.

En el análisis de semillas la refrigeración ocupa un lugar importante, se utiliza un cuarto frío que las mantiene a una temperatura adecuada de entre 3-4 °C evitando su deterioro, para su posterior comercialización a los viveros locales y nacionales.

El proyecto analiza la implementación de un cuarto frío y acciones preventivas de mantenimiento adecuado para la cámara de refrigeración, el cual consiste en inspecciones periódicas que permiten evitar las consecuencias de los fallos, disminuir tiempos de paro y los costos de reparaciones.

1.2 Justificación

Parte de la formación del ingeniero de mantenimiento es el estudio de sistemas de refrigeración, estos conocimientos permitieron desarrollar el proyecto de forma adecuada. La implementación de una cuarto frío para el laboratorio de semillas ayudó a que la facultad de Recursos Naturales, pueda obtener un producto de calidad para así contribuir al objetivo 3, “mejorar la calidad de vida de la población” del Plan Nacional del buen vivir.

La constitución en el artículo 66, establece “el derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso, ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios”. Por ello, mejorar la calidad de vida de la población es un proceso multidimensional y complejo.

En el laboratorio de semillas realizan prácticas los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Forestal, actualmente no se realizaban éstas con regularidad debido a que el cuarto donde refrigeran semillas, no funcionaba adecuadamente, presentaba varios fallos que limitaban las prácticas e nvestigaciones. El cuarto frío no contaba con una

unidad condensadora, por lo que no satisfacía las necesidades requeridas. Es primordial una buena conservación porque influye directamente en la calidad de las plantas y de los productos que se obtendrán después.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar un cuarto frío para el laboratorio de semillas del centro BIOFORESTA, de la facultad de recursos naturales, de la ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Determinar el estado técnico del cuarto frío.

Analizar los modos de falla de los sistemas de refrigeración.

Realizar el montaje y puesta en marcha del cuarto frío.

Establecer acciones preventivas de mantenimiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción general de los sistemas de refrigeración

Los sistemas de refrigeración consisten en adecuaciones mecánicas que usan las propiedades termodinámicas para realizar un intercambio de energía en forma de calor entre dos o más cuerpos. Específicamente la refrigeración es la ciencia que estudia los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material a temperatura inferior con respecto de los alrededores correspondientes. El calor siempre fluye de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja, es decir siempre se tiene un flujo de calor hacia la zona refrigerada de las zonas calientes de alrededor, por lo que se necesita una material aislante que mantenga al mínimo el flujo de calor. En cualquier proceso de refrigeración se utiliza un fluido, una sustancia necesaria para la extracción de calor que se le denomina refrigerante. Cuando el calor absorbido causa un aumento en la temperatura del mismo, se dice que el proceso de enfriamiento es sensible, mientras que cuando el calor absorbido causa un cambio en el estado físico, se dice que el proceso de enfriamiento es latente. (LIJÓ, 2010)

Existen diversas aplicaciones para los sistemas de refrigeración como son:

- ✓ Acondicionamiento ambiental, alcanzando un grado de confort adecuado.
- ✓ Conservación de alimentos o productos perecederos como carnes, lácteos, frutas y verduras, conservación de semillas, medicamentos, en la medicina transporte de órganos entre otros.
- ✓ Procesos industriales, se reduce la temperatura de materiales para un buen desarrollo, como en el mecanizado y producción de plástico.
- ✓ Criogénesis es usada para licuar gases o en investigaciones científicas.
- ✓ Motores de combustión interna.
- ✓ Máquinas y Herramientas.
- ✓ Aparatos electrónicos.
- ✓ Electrodomésticos

2.2 Principios de funcionamiento de los sistemas de refrigeración

Los diferentes tipos de sistemas de refrigeración son:

2.2.1 Refrigeración por compresión. Según el libro Manual de refrigeración de Juan Manuel Franco Lijó, estos sistemas son los más usados en la industria de refrigeración generalmente un sistema por compresión consta de cuatro elementos principales:

✓ Compresor

Comprime el refrigerante elevando su presión y temperatura, hasta el punto que se pueda realizar la condensación, después se descarga el refrigerante al condensador.

✓ Condensador

Este elemento cambia de estado al refrigerante de vapor a líquido. El fluido refrigerante entra en el condensador en estado de gas (vapor recalentado) y sale en estado líquido a la temperatura que se condensó o incluso a una temperatura menor si se produce subenfriamiento. El fluido refrigerante cede su calor al agente condensante (aire o agua).

✓ Dispositivo de expansión

Hace que el fluido que entra en estado líquido sufra una caída de presión y temperatura hasta la necesaria en el evaporador. También controla la cantidad de fluido refrigerante que debe entrar en el evaporador.

✓ Evaporador

Se encarga de enfriar o acondicionar la cámara, puede estar dentro o fuera de la misma. El objetivo de este elemento es hacer que el fluido refrigerante que entra a baja presión y temperatura empieza a enfriar ya que absorbe el calor externo del espacio que se requiere enfriar.

2.2.2 Refrigeración por absorción. Este proceso utiliza el calor como fuerza motriz en vez de un compresor, es efectivo este sistema cuando el calor es abundante o barato o cuando es producto secundario de otro proceso, este sistema es parecido al de un caldero, excepto por las tuberías de agua enfriada y de agua del condensador. Los quemadores de gas son partes del sistema si se trata de un enfriador de disparo directo. Existe gran variedad de sistemas de absorción, los pequeños sistemas son en general compactos mientras que los más grandes vienen por partes, para el fácil acceso y montaje en fábricas, comúnmente posee las siguientes partes un sistema de absorción: (William C. Whitman, William M. Johnson, 2012)

✓ Hervidor

✓ Condensador

✓ Evaporador

✓ Absorbidor

2.3 Cuartos de refrigeración

Es un recinto aislado térmicamente que utiliza un sistema de refrigeración para la extracción de energía del objeto en su interior. Para esto en el interior de la cámara se ubica uno o más evaporadores, la cámara debe estar aislada térmicamente a fin de minimizar la transferencia de calor por su estructura propia. Esto se logra gracias a paneles frigoríficos contruidos con polímeros sintéticos de bajo coeficiente de transferencia de calor. Las paredes de una cámara frigorífica son de materiales de fácil limpieza, lisos, impermeables, resistentes a la corrosión y de colores claros. Cualquier material aislante térmico que se utilice deberá ser colocado en forma tal, que permita el cumplimiento de lo especificado para paredes y techos y no tener contacto con el ambiente. (LIJÓ, 2010) Cuarto frío del laboratorio BIOFORESTA (exterior)

Figura 1. Cuarto frío del laboratorio BIOFORESTA (exterior).



Fuente: Autor, 2014

Figura 2. Cuarto frío del laboratorio BIOFORESTA (interior)

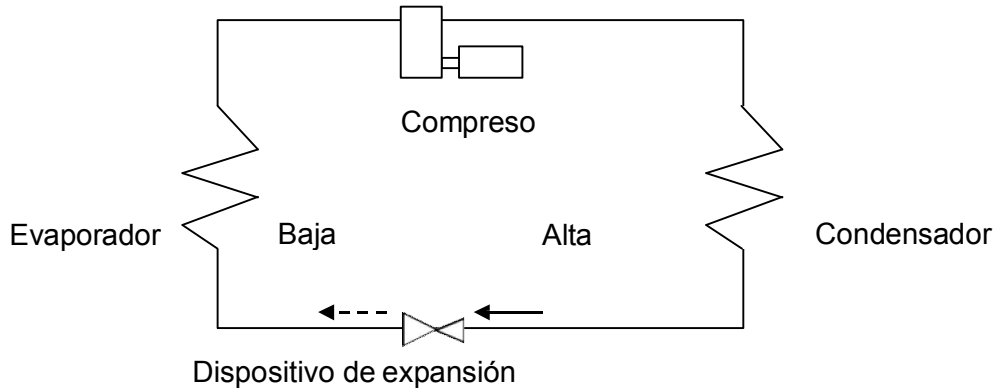


Fuente: Autor, 2014

2.4 Principio de funcionamiento de cuartos fríos

Los cuartos fríos son diseñados para disminuir la temperatura del producto que está en su interior para ello utilizan un sistema de refrigeración a compresión a continuación se muestran un esquema de los elementos del sistema:

Figura 3. Elementos de un sistema de refrigeración por compresión



Fuente: Autor, 2014

El fluido refrigerante está sometido a cambios de presión, como se muestra en el esquema 3.0 podemos ver las zonas de alta y baja presión, la zona de alta presión está entre la descarga del compresor hasta la entrada del dispositivo de expansión y la zona de baja presión entre la salida del dispositivo de expansión y la entrada del compresor. En todo este circuito de refrigeración, el fluido refrigerante cambia tanto la presión como la temperatura, entre la salida del compresor y la entrada del condensador el fluido está en estado de gas sobrecalentado, se condensa a una temperatura y sale del condensador a la misma temperatura o menor, entonces la temperatura del fluido a la entrada del dispositivo de expansión puede ser igual o menor que la de condensación. (LIJÓ, 2010)

2.5 Régimen de operación de los cuartos fríos

Un cuarto frío posee un tablero de mando que permite controlar el funcionamiento del sistema de refrigeración, al activarlo el sistema empezara el ciclo de enfriamiento

Figura 4. Tablero de control del cuarto frío



Fuente: Autor, 2014

En su interior el control consta de los siguientes elementos:

- ✓ Dos contactores de 220 V el uno con dos contactos normalmente cerrados y dos contactos normalmente abiertos y el otro con un contacto normalmente abierto.

Figura 5. Contactor del tablero



Fuente: Autor, 2014

- ✓ Luces de señalización

Figura 6. Luces del tablero de control



Fuente: Autor, 2014

- ✓ Controlador MT512 Ri

Figura 7. Controlador MT512 Ri



Fuente: Autor, 2014

Todos estos elementos permiten arrancar con el funcionamiento del sistema de refrigeración y empieza con el ciclo, en el visor de sensor se aprecia la temperatura que es sensado por un dispositivo ubicado en el interior del cuarto.

CAPÍTULO III

3. ESTADO TÉCNICO DEL CUARTO FRÍO

3.1 Diagnóstico del cuarto frío

Se procedió a realizar el análisis del estado inicial del cuarto frío en donde la principal novedad es la inexistencia de la unidad condensadora lo cual impide analizar aspectos técnicos como fugas, rendimiento, productividad o medir variables de operación como presión o temperatura, parámetros necesarios para evaluar de manera técnica todos los equipos por ello en el análisis de la condición inicial se lo realizó de forma visual.

A continuación se detalla los elementos existentes y la revisión en cada uno de ellos:

Tabla 1. Estado inicial del cuarto frío

Equipo	Revisión
Evaporador	Compartimiento de aluminio lleno de polvo. Serpentín de cobre exteriormente con polvo. Ventiladores no funcionales Salida de condensado en buen estado
Contactores	Contactos en buen estado y funcionales
Controlador MTRi 512	Sensor de temperatura en buen estado Contactos entradas y salidas de programación en buen estado
Estructura del cuarto frío	Presencia de algunos agujeros. Polvo en las paredes

Fuente: Autor, 2014

A continuación se muestra las condiciones iniciales del cuarto frío

Figura 8. Lugar de ubicación de la unidad condensadora



Fuente: Autor, 2014

Figura 9. Condición inicial de la estructura del cuarto frío



Fuente: Autor, 2014

Figura 10. Condiciones del evaporador



Fuente: Autor, 2014

3.2 Montaje de los elementos del sistema de refrigeración.

El montaje de la unidad condensadora empieza de la siguiente manera:

3.2.1 Revisión del equipo. En esta etapa se revisa el código de barras y datos de placa de la unidad condensadora para verificar que es de la capacidad que se requiere, también se verifica si hay alguna abolladura o partículas que puedan contaminar el circuito, en la figura 11 se muestra la unidad como viene de fábrica.

Figura 11.Unidad condensadora.



Fuente: Autor, 2014

Los datos de placa existentes se puede leer como se indica en el anexo K, de esta forma se puede comprobar que la unidad sea de la capacidad necesaria a continuación la figura 12 muestra los datos de placa de la unidad y del compresor

Figura 12.Datos de placa de la Unidad condensadora.



Fuente: Autor, 2014

Información obtenida según el anexo L:

- ✓ País de procedencia Brasil
- ✓ Fecha de fabricación 01 de enero 2014
- ✓ Tensión 208-220 V
- ✓ Frecuencia de 60Hz
- ✓ Código del compresor FH2511ZH

Según el anexo L, se obtiene las siguientes características a partir del código del compresor:

- ✓ Unidad con condensador de arranque.
- ✓ Refrigerante R404A o R407 o R504
- ✓ Potencia 11000 BTU/h
- ✓ Contrapresión baja, motor con alto par de arranque

3.2.2 Instalación. Se procede a instalar la unidad tomando en cuenta que en el momento de maniobrar no se debe voltear el equipo. También es importante tener las herramientas y equipos normalizados, para poder garantizar un buen funcionamiento del sistema.

La ubicación de la unidad condensadora debe quedar a una distancia mínima del ancho de la unidad hacia cualquier objeto y la altura mínima que debe estar una unidad condensadora es mayor a 15 cm. Esta recomendación se la debe tomar en cuenta para permitir que exista una adecuada circulación del aire evitando una disminución en el rendimiento del condensador y pérdidas energéticas ya que al no haber espacio suficiente el aire caliente rebota en las paredes u obstáculos existentes y después hacia las tuberías de cobre y equipos del sistema afectando el rendimiento del mismo.

3.2.3 Soldadura. Antes de proceder a soldar se debe retirar los tapones de caucho en las líneas de descarga y succión, para este caso se utilizó la soldadura benzomatic esta soldadura utiliza gas propano o polipropileno para generar la llama como material de aporte se utiliza varilla de plata 10% Ag, generalmente vienen en tanques pequeños de color amarillo como se muestra en la figura 13.

En la soldadura es importante mantener las normas de seguridad correspondientes con la finalidad de evitar accidentes.

Es necesario que la soldadura la realice un personal calificado para evitar fugas en el circuito frigorífico.

Figura 13. Tanque de propano para soldadura benzomatic.



Fuente: Autor, 2014.

Para este tipo de soldadura se establece las siguientes instrucciones para garantizar una buena soldadura:

- ✓ Utilizar los EPI adecuados: gafas, ropa, calzado y guantes.
- ✓ El soldador tiene que ser alguien capacitado.
- ✓ Limpiar la superficie a soldar.
- ✓ Evitar que el fundente se introduzca en el tubo.
- ✓ Cuando se está haciendo uniones soldadas verticalmente se debe aplicar calor a la parte superior del accesorio de empalme.
- ✓ No sobrecalentar las conexiones, se puede variar alejando el soplete.
- ✓ No aplicar una excesiva cantidad de material de aporte a las conexiones.

Después de realizadas las conexiones mediante soldadura se procede a colocar el material aislante denominado Rubatex en la tubería de descarga y succión. Este material tiene la función de evitar pérdidas energéticas en las tuberías de cobre por intercambio de calor con el medio ambiente, si se diera el caso de no tener el material aislante el rendimiento de los equipos de refrigeración se ve afectado considerablemente.

3.2.4 Extracción de humedad. Antes de cargar el refrigerante se procede a retirar toda la humedad del circuito de refrigeración para ello se utiliza una bomba de vacío y un distribuidor de manómetro, este equipo incluye normalmente el manómetro compuesto con baja presión y vacío, el manómetro de alta presión, el distribuidor y una serie de válvulas y mangueras. Los distribuidores manométricos pueden tener dos o cuatro válvulas. Los de cuatro válvulas disponen de válvulas separadas para las conexiones de vacío, baja presión, alta presión y botella de refrigerante.

La bomba de vacío se encarga de extraer el aire, gases no condensables y contaminantes del sistema, este proceso también se denomina evacuación del sistema y es importante ya que los gases el aire y contaminantes provocan presiones excesivas.

3.2.5 Cargar el refrigerante. De igual manera la bomba de vacío y el distribuidor de manómetro permiten cargar al sistema con el refrigerante, el fluido de refrigeración que usa la unidad es el 404 A una unidad de 11 000BTU/h utiliza al menos 20lbs. Se puede cargar mediante la presión o peso del refrigerante. Para la descarga del tanque se debe proceder con cuidado conectar a la manguera de baja presión y abrir la válvula lentamente hasta la presión marcada en el manómetro.

3.2.6 Conexiones eléctricas Se procede a conectar la unidad condensadora al tablero de control en donde el controlador MT- 512-Ri para sistemas de refrigeración va permitir establecer los límites de temperatura en los que la unidad empezara a funcionar o a parar su funcionamiento. Para el laboratorio FORESTA los limites se establecen en 2°C grados para que equipo pare su funcionamiento y en 6°C para arrancar, dando un promedio de ambientación de 3°C. Específicamente se conectan la válvula solenoide y el presostato al tablero de mando. El anexo 13 muestra el diagrama de conexión eléctrica.

3.3 Método de evolución del estado técnico.

La evaluación técnica de un equipo o máquina debe realizarse de acuerdo a estándares de comparación donde se califica cada componente principal en bueno, regular y malo, o se debe utilizar análisis de la condición con equipos de diagnóstico como Termografía, análisis de vibraciones, análisis de aceites, medición de espesores, medición de presiones y análisis de la calidad de la energía.

Es necesario categorizar las máquinas o equipos para ello se tomara en cuenta 4 aspectos selectivos y 7 parámetros directivos.

Las categorías pueden ser

- ✓ Categoría A
- ✓ Categoría B
- ✓ Categoría C

La categoría A es el máximo nivel que un parámetro alcance.

La categoría B es el nivel medio que un parámetro alcance.

La categoría C es el nivel más bajo que un parámetro alcance.

Aspectos selectivos

1. Intercambiabilidad

Tabla 2. Intercambiabilidad.

Categoría	Característica
A	Irreemplazable
B	Reemplazable
C	Intercambiable

Fuente: Zamora C, 2011

2. Importancia productiva

Tabla 3. Importancia productiva.

Categoría	Característica
A	Imprescindible
B	Limitante
C	Convencional

Fuente: Zamora C, 2011

3. Régimen de operación

Tabla 4. Régimen de operación.

Categoría	Característica
A	Proceso Continuo
B	Proceso seriado
C	Proceso alternado

Fuente: Zamora C, 2011

4. Nivel de utilización

Tabla 5. Nivel de utilización.

Categoría	Característica
A	Muy utilizada
B	Utilización media
C	Poco utilización

Fuente: Zamora C, 2011

Parámetros directivos

- a) Parámetro principal de la máquina: se considera la presión.

Tabla 6. Parámetro principal.

Categoría	Característica
A	Alta
B	Media
C	Baja

Fuente: Zamora C, 2011

- b) Mantenibilidad

Tabla 7. Mantenibilidad.

Categoría	Característica
A	Alta complejidad
B	Media complejidad
C	Baja complejidad

Fuente: Zamora C, 2011

c) Conservabilidad

Tabla 8. Conservabilidad.

Categoría	Característica
A	Muy utilizada
B	Utilización media
C	Poco utilización

Fuente: Zamora C, 2011

d) Automatización

Tabla 9. Automatización.

Categoría	Característica
A	Automática
B	Semiautomática
C	Mecánica

Fuente: Zamora C, 2011

e) Valor de la máquina

Tabla 10. Valor de la máquina.

Categoría	Característica
A	Alto valor
B	Medio valor
C	Bajo valor

Fuente: Zamora C, 2011

f) Facilidad de aprovisionamiento

Tabla 11. Facilidad de aprovisionamiento.

Categoría	Característica
A	Mala
B	Regular
C	Buena

Fuente: Zamora C, 2011

g) Seguridad operacional

Tabla 12. Seguridad operacional.

Categoría	Característica
A	Máquina peligrosa
B	Peligrosidad media
C	Poco peligrosa

Fuente: Zamora C, 2011

A continuación se elabora una tabla con la categorización de los equipos que componen el circuito de refrigeración.

Tabla 13. Categorización de aspectos selectivos.

Aspectos selectivos de los equipos presentes en el sistema de refrigeración				
Equipo	Intercambiabilidad	Importancia productiva	Régimen de operación	Nivel de utilización
Compresor	B	A	B	A
Condensador	B	A	A	A
Presostato	B	A	A	A
Válvula solenoide	B	A	B	A
Válvula de expansión	B	A	B	A
Evaporador	A	A	A	A
Separador de aceite	B	A	A	A
Filtro de Humedad	C	C	B	B
Visor	C	C	B	B
Controlador MT512Ri	B	A	A	A
Contactador	C	A	B	B

Fuente: Zamora C, 2011

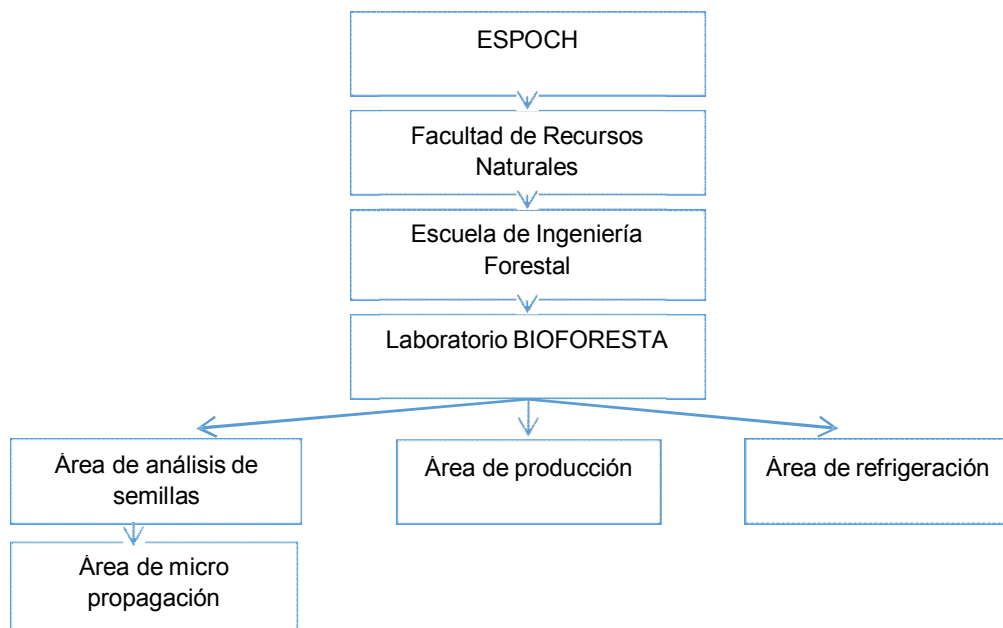
Codificación

Después de categorizar los equipos se procede a la codificación de los mismos, con el propósito de obtener una mejor organización en las acciones y manejo de los recursos. Es necesario analizar algunos parámetros previos a la codificación:

Estructura arbórea

Esta estructura permite conocer las relaciones de dependencia que tiene el laboratorio BIOFORESTA en donde va estar el cuarto de refrigeración.

Figura 14. Estructura arbórea del laboratorio BIOFORESTA.



Fuente: Laboratorio BIOFORESTA, 2014

Tabla 14. Categorización de aspectos directivos.

Equipo	Parámetros directivos						
	Parámetro principal	Mantenibilidad	Conservabilidad	Automatización	Valor de la máquina	Aprovisionamiento	Seguridad operacional
Compresor	A	A	B	B	A	A	B
Condensador	B	B	A	B	B	A	B
Presostato	B	C	B	B	B	B	C
Válvula solenoide	C	A	B	B	C	B	C

(Continuación)

Equipo	Parámetros directivos						
	Parámetro principal	Mantenibilidad	Conservabilidad	Automatización	Valor de la máquina	Aprovisionamiento	Seguridad operacional
Válvula de expansión	B	A	B	B	C	B	C
Evaporador	A	B	A	B	A	A	B
Separador de aceite	B	A	B	B	B	B	C
Filtro de Humedad	A	A	B	C	C	C	C
Visor	A	A	B	C	C	C	C
Controlador MT512Ri	B	B	C	B	B	B	C
Contactores	B	C	C	B	C	C	C

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 15.Formato de codificación.

Código	Significado
E	ESPOCH
F	Ingeniería Forestal
L	Laboratorio BIORESTA
--	Iniciales de la máquina designadas
0	Número de máquina que corresponde

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 16.Designación de iniciales de los equipos.

Equipo	Designación de iniciales
Compresor	CP
Condensador	CD
Presostato	PT
Válvula solenoide	VS

(Continuación)

Equipo	Designación de iniciales
Válvula de expansión	VE
Evaporador	EV
Separador de aceite	SA
Filtro de humedad	FH
Visor	VI
Controlador MT-512Ri	CR
Contactador	CT

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 17. Codificación de los equipos.

Equipo	Código
Compresor	E-F-L-CP-1
Condensador	E-F-L-CD-1
Presostato controlador	E-F-L-PT-1
Presostato	E-F-L-PT-2
Válvula solenoide	E-F-L-VS-1
Válvula de expansión	E-F-L-VE-1
Evaporador	E-F-L-EV-1
Separador de aceite	E-F-L-SA-1
Filtro de humedad	E-F-L-FH-1
Visor	E-F-L-VI-1
Controlador MT-512Ri	E-F-L-CR-1
Contactador 1	E-F-L-CT-1
Contactador 2	E-F-L-CT-2

Fuente: Zamora C, 2011

El código de todo el cuarto frío es: **E-F-L-CF-11**

Inventario

Previo a la realización de un diagnóstico técnico de un equipo, máquina o instalación es necesario hacer un inventario donde describan los siguientes datos (Zamora C, 1984):

- ✓ Tipo de equipo
- ✓ Marca
- ✓ País de Procedencia
- ✓ Especificaciones técnicas
- ✓ Valor de adquisición

Tabla 18. Datos del compresor.

Datos	Equipo
	Compresor
Tipo de equipo	Hermético alternativo
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-CP-1
País de Procedencia	Francia
Especificaciones técnicas	Voltaje: 208-220 60Hz Refrigerante R-22 Potencia 3Hp
Valor de adquisición	550 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 19.Datos del condensador.

Datos	Equipo
	Condensador
Tipo de equipo	Enfriado por aire
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-CD-1
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	Voltaje: 208-220 60Hz 1075 RPM Potencia 1/4Hp
Valor de adquisición	350 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 20.Datos del presostato controlador.

Datos	Equipo
	Presostato
Tipo de equipo	Controlador de presión
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-PT-1
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	Voltaje: 208-220 V 60Hz
Valor de adquisición	300 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 21. Datos del presostato.

Datos	Equipo
	Válvula solenoide
Tipo de equipo	Controlador de flujo de aire y agua
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-PT-2
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	Voltaje: 220V 60Hz Presión máxima 50 bar. Watt 10
Valor de adquisición	180 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 22. Datos de la válvula solenoide.

Datos	Equipo
	Válvula solenoide
Tipo de equipo	Controlador de flujo de aire y agua
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-VS-1
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	Voltaje: 220 V 60Hz Presión máxima 50 bar. Watt 10
Valor de adquisición	180 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 23. Datos de la válvula de expansión.

Datos	Equipo
	Válvula de expansión
Tipo de equipo	Controlador de flujo
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-VE-1
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	Válvula de 3 toneladas para R-22
Valor de adquisición	100 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 24. Datos del evaporador.

Datos	Equipo
	Evaporador
Tipo de equipo	Evaporador de tubo de aleta
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-EV-1
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	3 Ventiladores de 220V 60/50 Hz 89 A 1550 RPM Tubo aletado Evaporador para refrigeración de 2 a 4 °C
Valor de adquisición	1100 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 25. Datos del separador de aceite.

Datos	Equipo
	Separador de aceite
Tipo de equipo	Equipo de protección
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-SA-1
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	Capacidad 3.9L Presión máxima de trabajo 3.16 MPa Máxima presión de diseño 15.8 MPa
Valor de adquisición	200 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 26. Datos del visor.

Datos	Equipo
	Visor
Tipo de equipo	Detector de humedad
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-VI-11
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	Diámetro de conexión 3/8 de pulgada Presión 52 bar Temperatura Max. 80° C
Valor de adquisición	35 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 27. Datos del filtro de humedad.

Datos	Equipo
Tipo de equipo	Deshidratador
Marca	TECUMSEH
Código	E-F-L-FH-1
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	Diámetro de conexión 3/8 de pulgada Tipo DL 163 Volumen 275 m ³ Capacidad de secado 20 kg de refrigerante
Valor de adquisición	42 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 28. Datos del controlador MT512 Ri.

Datos	Equipo
Tipo de equipo	Controlador para sistemas de refrigeración con sensor
Marca	FULLGAUGE
Código	E-F-L-CR-11
País de Procedencia	Brasil
Especificaciones técnicas	115-220 V Rango de temperatura -50 a 105 °C -58 a 221 °F Pins 7-8 115 V Pins 7-9 230 V
Valor de adquisición	300 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 29.Datos del contactor.

Datos	Equipo
	Contactor 1
Tipo de equipo	Dispositivo electromagnético
Marca	LS Industrial Systems.
Código	E-F-L-CT-1
País de Procedencia	Korea
Especificaciones técnicas	Voltaje de 220 V Intensidad 32A 4 contactos 2NA y 2NC
Valor de adquisición	40 USD

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 30.Datos del contactor.

Datos	Equipo
	Contactor 2
Tipo de equipo	Dispositivo electromagnético
Marca	LS Industrial Systems
Código	E-F-L-CT-2
País de Procedencia	Korea
Especificaciones técnicas	Voltaje 220 V AC Corriente 32A 1 contacto NA 1 contacto NC
Valor de adquisición	20 USD

Fuente: Zamora C, 2011

3.4 Determinación del estado técnico inicial del cuarto frío.

El estado técnico de un equipo se define como las condiciones técnicas y funcionales que éste presente en un momento dado. Un equipo sometido a un determinado régimen de trabajo se deteriora continuamente y su estado puede llegar a un punto que indique una mala calidad de producción, un bajo rendimiento, aumento de fallas, o un aumento en los riesgos para el personal de operación. (ZAMORA C,2011)

La inspección que se realiza para determinar el estado técnico de un equipo debe contemplar los siguientes aspectos:

- ✓ Consumo de energía.
- ✓ Funcionamiento del mecanismo motriz.
- ✓ Estado de la carcasa o cuerpo del equipo.
- ✓ Funcionamiento de los mecanismos de regulación y mando.
- ✓ Estado de las correas, cadenas de transmisión, acoples, etc.
- ✓ Estado de conservación de los instrumentos que indican los parámetros de funcionamiento del equipo.
- ✓ Nivel de ruido.

Al evaluar un equipo, su estado técnico se determinara por la eficiencia que presente en relación con las especificaciones de fábrica establecidas.

El estado técnico se evalúa como:

Tabla 31.Evaluación del estado técnico.

Bueno	90 a 100%
Regular	75 a 89 %
Malo	50 a 74 %
Muy malo	Menos de 50%

Fuente: Zamora C, 2011

Se establece entonces la manera de determinar el estado técnico de una máquina o equipo a partir del siguiente proceso:

Se multiplica la cantidad de aspectos evaluados como buenos, por 1; los evaluados como regulares, por 0.80; los evaluados como malos; por 0.60; y los evaluados como

muy malos por 0.40. Se suman todos estos valores y el resultado se divide entre la cantidad de aspectos evaluados. El resultado anterior se multiplica por 100 y se obtiene el índice que permite evaluar, según los criterios ya señalados, el estado técnico del equipo en su conjunto. (ZAMORA C, 2011)

Para determinar el estado técnico del cuarto frío se analiza cada una de sus divisiones:

3.4.1 Estructura del cuarto de refrigeración. Función: se encarga de aislar térmicamente el cuarto para evitar la salida del aire refrigerado entre 3°C a 4°C., evitando que el compresor realice mayor trabajo del necesario.

Elementos de la estructura

- Puerta de entrada y salida
- Paredes internas y externas correspondientes a la infraestructura en general.
- Entradas de cables
- Saliente de condensado del evaporador

Figura 15. Puerta del cuarto frío.



Fuente: Autor, 2014

Figura 16. Paredes del cuarto frío.



Fuente: Autor, 2014

Figura 17. Entrada de cables eléctricos.



Fuente: Autor, 2014

Figura 18. Salida de condensado.



Fuente: Autor, 2014

3.4.2 Inspección en todos los elementos. Se empieza a buscar agujeros por donde salga aire refrigerado.

De forma visual se ha analizado estos elementos en la estructura del cuarto frío a continuación se muestra la tabla con las observaciones correspondientes:

Tabla 32. Estado técnico de la estructura del cuarto frío.

Partes	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	Observaciones
Puerta	X				Sella completamente impidiendo la salida de aire
Paredes	X				No hay presencia de agujeros en la estructura que pueda afectar el aislamiento térmico.
Entrada de cables eléctricos		X			Hay un agujero demasiado ancho para los cables por lo que se produce una pérdida considerable de energía
Saliente de condensado	X				Este agujero está cubierto de silicón por lo que no representa una fuga.

Fuente: Zamora C, 2011

La estructura del cuarto está a un 90% de buen estado, las acciones que se deben tomar es cubrir los agujeros con un material aislante para evitar pérdidas energéticas.

3.4.3 Tablero de control. Función: el circuito de control permite el encendido y apagado del compresor según la programación dada por medio un sensor de temperatura manteniendo el cuarto entre 3 a 4°C.

Elementos

- Dos contactores
- Un Controlador MT 512 Ri
- Luces de señalización

Figura 19. Tablero de control.



Fuente: Autor, 2014

Inspección

Se verifica el voltaje y amperaje en el tablero para determinar si están dentro del rango nominal: voltaje 208-220, amperaje 28-32 A. también se verifica la funcionalidad del sensor de temperatura.

Tabla 33. Estado técnico del tablero de control.

Estado técnico				
Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Contactores	X			Contactos y bobina funcionan adecuadamente
Termostato	X			Sin nada fuera de lo común
Luces de señalización	X			

Fuente: Zamora C, 2011

El estado del tablero de control indica el 100 % de buen estado solo se debe tomar acciones preventivas

3.4.4 *Unidad condensadora.* Función: la unidad se encarga de realizar la compresión y condensación del fluido refrigerante que después pasa al evaporador.

Elementos:

- ✓ Compresor
- ✓ Condensador
- ✓ Visor
- ✓ Separador de aceite
- ✓ Filtro de humedad
- ✓ Válvula solenoide
- ✓ Presostato

3.4.5 *Inspección.* Para poder realizar la inspección de la unidad se procede a medir las presiones de baja y alta presión y se compara con los valores nominales que debe tener un sistema en condiciones normales de funcionamiento.

Los valores nominales son: ver anexo 9

Zona de alta presión 220- 250 P.S.I.

Zona de baja presión 90-100 P.S.I.

Para la inspección se utiliza dos manómetros uno de alta presión y otro de baja presión.

Figura 20. Distribuidor de Manómetro.



Fuente: Autor, 2014

Los valores marcados en la medición son:

En baja presión 105 P.S.I.

En alta presión 235 P.S.I.

Esta medición se la tomo después de instalada la unidad condensadora del sistema del sistema.

Tabla 34.Estado técnico de compresor.

Equipo	Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Compresor	Consumo energético	X			Las presiones medidas están en el rango recomendado por tanto no hay mayor consumo de energía de lo normal.
	Mecanismo motriz	X			
	Carcasa	X			
	Mecanismos de mando	X			
	Condensador de arranque	X			
	Instrumentos	X			
	Ruido	X			Normal correspondiente a la potencia compresor

Fuente: Zamora C, 2011

El ciclo frigorífico empieza en el compresor.

Tabla 35.Estado técnico de condensador.

Equipo	Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Condensador	Consumo energético	X			No existe fugas en la tubería de cobre. Y las presiones son normales
	Mecanismo motriz	X			
	Carcasa	X			
	Mecanismos de mando	X			
	Ventilador	X			
	Instrumentos	X			
	Ruido	X			

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 36.Estado técnico del visor.

Equipo	Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Visor	Consumo energético	X			No consume energía
	Mecanismo motriz	X			No hay interrupción en el paso de fluido
	Carcasa	X			
	Mecanismos de mando	X			
	Cristal	X			
	Instrumentos	X			Indica un color azul que significa seco es decir no hay humedad
	Ruido	X			Ninguno

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 37.Estado técnico del separador de aceite.

Equipo	Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Separador de aceite	Consumo energético	X			No hay fugas de aceite ni de refrigerante
	Mecanismo motriz	X			
	Carcasa	X			
	Mecanismos de mando	X			
	Válvula	X			
	Instrumentos	X			Mantiene el nivel de aceite
	Ruido	X			Ninguno

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 38.Estado técnico del filtro de humedad.

Equipo	Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Filtro de humedad	Consumo energético	X			No hay fugas de refrigerante
	Mecanismo motriz	X			
	Carcasa	X			
	Mecanismos de mando	X			
	Válvula	X			
	Instrumentos	X			
	Ruido	X			Ninguno

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 39. Estado técnico de la válvula solenoide.

Equipo	Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Válvula Solenoide	Consumo energético	X			No hay fugas de refrigerante
	Mecanismo motriz	X			
	Carcasa	X			
	Mecanismos de mando	X			
	Cables	X			
	Instrumentos	X			
	Ruido	X			Ninguno

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 40. Estado técnico del presostato.

Equipo	Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Presostato	Consumo energético	X			No hay fugas de refrigerante
	Mecanismo motriz	X			
	Carcasa	X			
	Mecanismos de mando	X			
	Sistema eléctrico	X			
	Instrumentos	X			
	Ruido	X			Ninguno

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 41. Estado técnico de la unidad condensadora.

Equipo	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Compresor	X			
Condensador	X			
Visor	X			
Separador de aceite	X			
Válvula solenoide	X			
Filtro de humedad	X			
Presostato	X			

Fuente: Zamora C, 2011

Todos los elementos indican que la unidad condensadora está al 100% de buen estado por lo que las acciones a tomarse son netamente preventivas

5.3.6 Evaporador

Función: por sus tuberías recorre el fluido en estado líquido y con baja temperatura absorbiendo el calor del cuarto.

Inspección

Se verifica que no haya fugas de refrigerante, y que los ventiladores funcionen adecuadamente.

Elementos

- ✓ Válvula de expansión
- ✓ Ventiladores
- ✓ Tuberías de cobre
- ✓ En las tuberías cobre se inspecciona presencia de fugas

Tabla 42. Estado técnico de la válvula de expansión.

Equipo	Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Válvula de Expansión	Consumo energético	X			No hay fugas
	Mecanismo motriz	X			
	Carcasa	X			
	Mecanismos de mando	X			Manual
	Cables	X			
	Instrumentos	X			
	Ruido	X			Ninguno

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 43. Estado técnico de la válvula de los ventiladores.

Equipo	Partes	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Ventiladores	Consumo energético	X			Corriente dentro de los parámetros nominales
	Mecanismo motriz	X			
	Carcasa	X			
	Mecanismos de mando	X			Manual
	Aspas	X			
	Instrumentos	X			
	Ruido	X			Normal

Fuente: Zamora C, 2011

Tabla 44. Estado técnico del evaporador.

Equipo	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Válvula de expansión	X			
Ventiladores	X			
Tuberías de cobre	X			

Fuente: Zamora C, 2011

Todos los elementos indican que el evaporador está al 100% de buen estado por lo que las acciones a tomarse son netamente preventivas

3.5 Determinación del estado técnico actual del cuarto frío.

Se aplicó las acciones recomendadas en el análisis técnico inicial para conseguir que todo el sistema opere en condiciones óptimas.

A continuación se detalla cada parte del sistema:

3.5.1 Estructura del cuarto frío. Se corrigió los agujeros en las paredes exteriores con un material aislante llamado Sicabum. Por lo que el cuarto ya no presenta ninguna fuga de consideración manteniendo así un buen aislamiento térmico.

3.5.2 Tablero de control. Se procedió a medir los voltajes y amperajes y verificar la funcionalidad de las luces de señalización, perilla de mando y contactos en los contactores.

Mediciones		Valores nominales	
Voltaje	215 V	Voltaje	208-220 V
Amperaje	30 A	Amperaje	28-32 A

Las mediciones están dentro del rango nominal por lo que el tablero está en buen estado

3.5.3 Unidad condensadora. Los resultados de las mediciones de presión de alta y baja, voltaje y amperaje en el sistema están dentro de los parámetros nominales, y mantiene así en buen estado la unidad.

Mediciones	Valores nominales
En baja presión 135 PSI	En baja presión 120-150 PSI
En alta presión 240 PSI	En alta presión 230-250 PSI

3.5.4 Evaporador. Las tuberías del evaporador no presenta fugas los ventiladores funcionan correctamente y la salida de condensado funciona con normalidad. El evaporador mantiene su buen estado.

3.6 Determinación de los modos de falla de un sistema de refrigeración

Las causas del daño en sistemas de refrigeración son las siguientes:

3.6.1 Contaminación. En el sistema pueden entrar agentes contaminantes sólidos líquidos y gaseosos como: agua, aire, vapor de agua, óxido de hierro, cobre, arena, polvo entre otros, y su vez estos pueden ser orgánicos e inorgánicos causando grandes daños al sistema. A continuación se analiza los contaminantes más comunes:

Contaminantes sólidos causan:

- ✓ Ralladuras en las tuberías, cojinetes y en el cilindro del compresor
- ✓ Taponamiento de tuberías y válvulas de expansión
- ✓ Alojarse en los devanados del compresor, dañando el aislante y actuando como conductores causando cortocircuito
- ✓ Formaciones de depósitos en las válvulas de descarga y succión disminuyendo la eficiencia del compresor.

3.6.2 Contaminantes orgánicos. Este tipo de contaminantes puede ser soluble a la mezcla aceite y refrigerante circulando por todo el sistema y provocando daños diferentes en cada punto, como las resinas que después provocan taponamientos en los tubos.

3.6.3 Gases no condensables. Son los gases inertes que no son licuados en el condensador estos causan:

- ✓ Disminución de la eficiencia del condensador
- ✓ Deterioro del aceite
- ✓ Aumentan la temperatura de condensación
- ✓ Incrementan la temperatura del sistema

Humedad. Es uno de los principales causantes de problemas en los sistemas de refrigeración estos dan origen a:

- ✓ Corrosión de metales
- ✓ Formación de hielo en la válvula de expansión y tuberías obstruyendo el refrigerante
- ✓ Daño químico en el aislante del motor
- ✓ Hidrolisis del refrigerante formando ácidos y más agua

3.6.4 *Falta de mantenimiento.* Así también hay que tomar en cuenta que los fallos o averías en el cuarto frío trae consigo la disminución de beneficios del proceso productivo por ello es necesario tomar acciones de mantenimiento correspondientes al equipo las cuales deben ser planificadas para garantizar así el correcto funcionamiento del equipo.

CAPÍTULO VI

4. ESTRUCTURA Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

4.1 Cálculo de la carga térmica

La carga térmica o de enfriamiento es la suma de varias fuentes de calor, según el libro “Principios de refrigeración” de Jhon Wiley and Sons 2012, algunas de las fuentes de calor son:

- ✓ Calor que pasa del exterior al espacio refrigerado por conducción a través de las paredes no aisladas.
- ✓ Calor proveniente de la radiación solar que se refleja por ventanas u otros materiales transparentes.
- ✓ Calor proveniente de masas de aire caliente que ingresa por puertas al abrirse o rendijas en ventanales.
- ✓ Calor cedido por el producto caliente a medida que su temperatura baja hasta lo deseado.
- ✓ Calor cedido por las personas dentro del espacio refrigerado
- ✓ Calor cedido por cualquier equipo existente dentro de la zona a refrigerar, pueden ser motores, alumbrado, cafeteras u equipos electrónicos.

Cada fuente de calor tiene su respectivo cálculo para lo cual se debe analizar cada uno de ellos obteniendo su valor y al final sumarlos para obtener la carga de enfriamiento.

4.1.1 Carga en paredes

La cantidad de calor transmitida en la unidad de tiempo a través de las paredes de un espacio refrigerado, es función de tres factores cuya relación se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$q = (U)(A)(\Delta T) \quad (1)$$

Dónde:

q= ganancia de calor, en W

A= área de la sección exterior en m².

ΔT=diferencia entre la temperatura exterior e interior en °K.

U= coeficiente universal de calor, W/m²°K.

El coeficiente universal de transferencia de calor de la pared, el piso, o el techo puede ser calculado por la siguiente ecuación:

$$U = \frac{1}{\frac{x}{k} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}} \quad (2)$$

Dónde

U= coeficiente universal de calor, W/ (m² K)

x= espesor de la pared en m.

k= conductividad térmica de calor de la pared en W/ (m°K)

h_i= conductividad térmica de superficie interna en W/ (m²°K)

h_o= conductividad térmica de superficie externa en W/ (m²°K)

Un valor de 1.6 para y con frecuencia es usado para aire cuasiestático. Si la superficie externa es expuesta al viento de 25 km/h, es aumentado a 6.

Con paredes gruesas y la conductividad baja, hace la U tan pequeña que 1/h_i y 1/h_o tienen poco efecto y puede ser omitido del cálculo. Las paredes por lo general son hechas de más que un material; por lo tanto, el valor representa la resistencia compuesta de los materiales. La ecuación siguiente da al Factor de u para una pared con las superficies planas paralelas de materiales 1, 2, y 3:

$$U = \frac{1}{\frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3}} \quad (3)$$

En la tabla de conductividad térmica de aislantes para cuartos fríos (ver anexo A) se puede obtener la conductividad necesitada para las paredes del laboratorio FORESTA que son de aislante de poliuretano, k= 0.023-0.026, W/m*°K.

También se considera las tabla de espesor mínimo de aislamiento (Ver anexo B) aquí se detalla algunos valores de grosor de pared de poliuretano dilatado recomendado por la industria de refrigeración. Este grosor puede tener que ser aumentado para compensar el beneficio de calor causado al incluir componentes como tachones de madera y metálicos, redes de acero con concreto que disminuyen el aislamiento y a su

vez reducen la resistencia termal de la pared o la azotea. Las superficies metálicas de paneles prefabricados o aislamientos tienen un efecto insignificante sobre el funcionamiento termal y no tienen que ser consideradas en el cálculo del factor. En la mayoría de los casos, la diferencia de temperaturas puede ser ajustada para compensar el efecto solar sobre la carga de calor. Los valores de la Tabla 3 se aplican durante un período de 24 h y son añadidos a la temperatura ambiente cuando se calcula la ganancia de calor por las paredes. (Ver anexo C). (PUERTO, 2012).

Para determinar la carga térmica en el laboratorio BIOFORESTA de la Facultad de Recursos Naturales se debe considerar los siguientes datos:

- ✓ Ubicación: ESPOCH, ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.
- ✓ Latitud: 1° 39' 58" S.
- ✓ Longitud: 78° 39' 33" O.
- ✓ Temperatura promedio: 16°C.
- ✓ Región: Sierra.
- ✓ Área: 180 m².
- ✓ Producto a refrigerar: Semillas.

De las tablas de los anexos 1,2 y 3 se realiza la toma de datos para el laboratorio FORESTA:

$$k= 0.025, \text{ W/m}^{\circ}\text{K}.$$

$$h_i= 1.6 \text{ W/ (m}^2\text{*}^{\circ}\text{K)}$$

$$h_o= 1.6 \text{ W/ (m}^2\text{*}^{\circ}\text{K)}$$

$$x= 0.05 \text{ m}$$

$$\text{Temperatura exterior} = 19^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Temperatura interior} = 3^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T= 16$$

$$\text{Área pared norte} = 8\text{m}^2$$

$$\text{Área pared sur} = 8\text{m}^2$$

$$\text{Área pared este} = 7.2\text{m}^2$$

$$\text{Área pared oeste} = 7.2\text{m}^2$$

Área pared techo=14.4m²

Área pared suelo= 14.4m²

Reemplazando en la Ec. (2)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.6} + \frac{0.05}{0.025} + \frac{1}{1.6}} = \frac{1}{\frac{1}{m^2} + \frac{2}{m^2} + \frac{1}{m^2}}$$

$$U = 0.3076 \frac{K}{m^2}$$

Pared norte

Reemplazando en la Ec. (1)

$$Q = (0.3076)(8)(16) \frac{K}{m^2} m^2$$

$$Q = 39.37 W$$

Se sigue el mismo procedimiento con las otras paredes y se obtiene:

Área pared norte= 39.37 W

Área pared sur= 39.37 W

Área pared este= 35.43 W

Área pared oeste= 35.43 W

Área pared techo=70.87W

Área pared suelo= 70.87 W

Carga por paredes = 291.34 W= 994.08 BTU/h= 0.08284TR

4.1.2 Cálculo de la carga del producto

Cuando el producto ingresa al espacio refrigerado con temperatura mayor a la de almacenamiento, este cede calor al espacio hasta que se enfría a la temperatura que se tiene en el cuarto frío, la cantidad de calor cedido por el producto en su enfriamiento hasta la temperatura del espacio dependerá de la temperatura del espacio, de la masa, calor específico y la temperatura que tenga el producto a la entrada. El calor quitado

para enfriar desde la temperatura inicial hasta alguna temperatura inferior por encima del punto de congelación:

$$Q_1 = mc_1(T_1 - T_2) \quad (4)$$

Donde

Q_1 = calor removido en kJ

m = masa del producto Kg

T_1 = Temperatura inicial del producto en estado líquido en K

T_2 = Temperatura final del producto en estado líquido en K

C_1 = Calor específico del producto en estado sólido kJ/Kg K

La capacidad de refrigeración requerida para productos traídos en el almacenaje es determinada a partir del tiempo asignado para el retiro de calor y asume que el producto correctamente es expuesto para quitar el calor en aquel tiempo. El cálculo es

$$q = \frac{Q_1}{3600 * n} \quad (5)$$

Dónde

q = carga de refrigeración en kW

Q_1 = calor removido en kJ

n = tiempo asignado en h.

Para definir el calor específico de las semillas hay que considerar que este valor varía de acuerdo a la especie ya que en el laboratorio BIOFORESTA se utiliza semillas forestales ornamentales y frutales, definimos escogiendo una de alto valor.

La tabla del anexo D muestra el calor específico de algunos productos.

Datos para el cálculo

m = 300 kg de semillas almacenados en diferentes recipientes plásticos

T_1 = 14 °C = 287.15

T_2 = 3 °C = 276.15

C_1 = 3.62 kJ/kg °K

Reemplazando en la Ec. (4)

$$Q = 3000 * 3.62(287.15 - 276.15) \text{ kg} * \frac{\text{k}\cancel{\text{g}}}{\text{kg}} * \cancel{\text{g}}^{\circ}$$

$$Q = 119460 \text{ k}\cancel{\text{g}}$$

Luego en la Ec. (5)

$$\cancel{\text{g}} = \frac{119460}{3600 * 24} \frac{\cancel{\text{g}} \text{ h}}{\text{h}}$$

$$\cancel{\text{g}} = 1.383 \text{ kW} = 4718.90 \text{ BTU/h}$$

Las semillas son almacenadas en 80 recipientes que pesan 3kg son de plástico polipropileno (calor específico $1.7 - 1.9 \frac{\text{k}\cancel{\text{g}}}{\text{kg}\cancel{\text{g}}}$) y almacenan 25kg de semillas cada uno, se debe calcular la carga térmica para los recipientes.

$$Q = 240 * 1.8(287.15 - 276.15) \text{ kg} * \frac{\text{k}\cancel{\text{g}}}{\text{kg}\cancel{\text{g}}} * \cancel{\text{g}}^{\circ}$$

$$= 4752 \text{ k}\cancel{\text{g}}$$

Luego en la Ec. (5)

$$\cancel{\text{g}} = \frac{4752}{3600 * 24} \frac{\cancel{\text{g}} \text{ h}}{\text{h}}$$

$$\cancel{\text{g}} = 0.055 \text{ kW} = 270.94 \text{ btu/h}$$

Los recipientes con semillas son alojados en anaqueles de metal (calor específico $0.46 \frac{\text{k}\cancel{\text{g}}}{\text{kg}\cancel{\text{g}}}$) en total son 4 anaqueles tres de 30kg cada uno y el otro de 15kg.

$$Q = 105 * 0.46(287.15 - 276.15) \text{ g} * \frac{\text{k}\cancel{\text{g}}}{\text{g}\cancel{\text{g}}} * \cancel{\text{g}}^{\circ}$$

$$= 531.3 \text{ k}\cancel{\text{g}}$$

Luego en la Ec. (5)

$$\cancel{\text{g}} = \frac{531.3}{3600 * 24} \frac{\cancel{\text{g}} \text{ h}}{\text{h}}$$

$$\cancel{\text{g}} = 0.00615 \text{ kW} = 20.98 \text{ BTU/h}$$

Carga total del producto = 1444.15 W = 4928.84 BTU/h = 0.41TR

4.1.3 Carga térmica interna

Equipo Eléctrico

Toda la energía eléctrica disipada en el espacio refrigerado (de luces, motores, calentadores, y otros equipos) debe ser incluida en la carga de calor interna. Las equivalencias en calor de motores eléctricos son catalogadas en el anexo E. Para el caso del cuarto frío se considera los tres ventiladores en evaporador los cuales cada uno tienen una potencia igual a 1/12 HP equivalente a 0.06127kW, y un foco de 100W con gabinete hermético, las cargas correspondientes son:

Ventiladores

$$Q = 170W = 580.20BTU/h$$

Foco

Cada watt es multiplicado por 3.42 BTU/W h para obtener un BTU estimado.

$$Q = 100W * 3.42BTU/W h = 342 BTU/h$$

Como son tres ventiladores el valor correspondiente es

$$Q = 510W = 1740BTU/h$$

Carga de equipo eléctrico = 2082 BTU/h = 0.17TR

La gente.

El calor generado por las personas dependen de factores como la temperatura ambiente, el tipo de trabajo hecho por la persona, el tipo de vestir llevado, y el tamaño de la persona puede ser estimada como:

$$Q_p = 272 - 6T \quad (6)$$

Dónde:

qp = calor generado por las personas

T= temperatura del ambiente refrigerado en °C

También se puede obtener este dato según la tabla del anexo F en donde se muestra la carga media de la gente en un espacio refrigerado

Aplicando la fórmula para este caso obtenemos un valor de:

qp= 254 W

En el laboratorio BIOFORESTA por lo general dos personas ingresan al cuarto frío, entonces se obtiene una carga total de:

Carga de personas total= 508 W= 1733 BTU/h= 0.14TR

4.1.4 Infiltración por intercambio de aire

Siempre que la puerta de una cámara de refrigeración está abierta, cierta cantidad de aire caliente del exterior entra en la cámara. Este aire deberá ser enfriado a la temperatura de la cámara refrigerada, resultando una considerable fuente de ganancia de calor. Esta carga es algunas veces es llamada carga de infiltración. A continuación la ecuación:

$$Q=V*CA*FCA \quad (7)$$

Dónde

Q= carga por cambios de aire en BTU/24h

V= volumen interior del cuarto frío en pies cúbicos ft³

CA= cambios de aire promedio por 24 h

FCA= Factor de cambios de aire BTU/ft³

Este método de cálculo propuesto en el libro “Principios de refrigeración” de Jhon Wiley and Sons 2011, permite obtener el valor de la carga de refrigeración por cambios de aire, mediante tablas se determina los cambios de aire en 24 horas (anexo G) y el factor de cambios de aire (anexo H), el cuarto frío del laboratorio BIOFORESTA mide interiormente 2m de alto 3.6 de ancho y 4m de largo dando un volumen de 28.8 m³ equivalente a 1017ft³, con todos estos datos se procede al reemplazo en la ecuación (7):

$$Q= 1017* 17.5*1.58$$

$$Q= 28120.05 \text{ BTU/24h}$$

Este valor representa la cantidad de energía producida por cambios de aire en 24h, es decir en BTU/24h, pero para la determinación de la carga térmica es necesario el valor de la energía en BTU/h, por lo tanto se obtiene el siguiente valor:

Carga por cambio de aire= 1171.67 BTU/h= 0.1TR

Para obtener la carga térmica del cuarto frío para el laboratorio BIOFORESTA se procede a sumar las cargas calculadas, a continuación se muestra los valores en watts y BTU/h:

Carga por paredes = 994.08 BTU/h= 0.082TR

Carga total del producto = 4928.84 BTU/h=0.410TR

Carga de personas total= 1733 BTU/h.= 0.140TR

Carga por cambio de aire= 1171.67 BTU/h.= 0.100TR

Carga de equipo eléctrico =2082 BTU/h=0.170TR

Carga térmica total =10909.59 BTU/h= 3196.51 W= 0.90 TR.

4.2 Refrigerante

Refrigerante es un agente de enfriamiento, con propiedades especiales de punto de evaporación y condensación. Mediante cambios de presión y temperatura absorben calor en un lugar y lo disipa en otro mediante un cambio de líquido a gas y viceversa. Las características más comunes se describen en el anexo I. Algunas cualidades de los refrigerantes son: (Resumen de los refrigerantes, 2011)

- ✓ Ofrezcan máxima eficiencia, máximo ahorro de energía y compatibilidad con aceites lubricantes.
- ✓ Preferiblemente no tóxicos de tal forma que al fugarse de un sistema no sean peligrosos o dañinos. Esta propiedad es importante cuando se trata de sistemas aplicados en sistemas de aire acondicionado, refrigeración doméstica, y en donde existan personas expuestas al sistema de refrigeración.
- ✓ No deben ser inflamables ni explosivos. Hidrocarburos tales como el butano y el propano, y el amoniaco, son tóxicos y venenosos, constituyen un alto riesgo de fuego y explosiones.
- ✓ Deben tener preferiblemente un alto valor de calor latente a la temperatura del evaporador y un bajo volumen específico a la entrada del compresor. La combinación de estos determina básicamente el tipo y tamaño del compresor a usarse (su potencia y desplazamiento), (la capacidad total de enfriamiento también influye en el tamaño).
- ✓ Si el calor latente es alto, la refrigeración por cada kg (o lb.) de sustancia que circula también será alta; si por otro lado el volumen específico es bajo, el volumen del

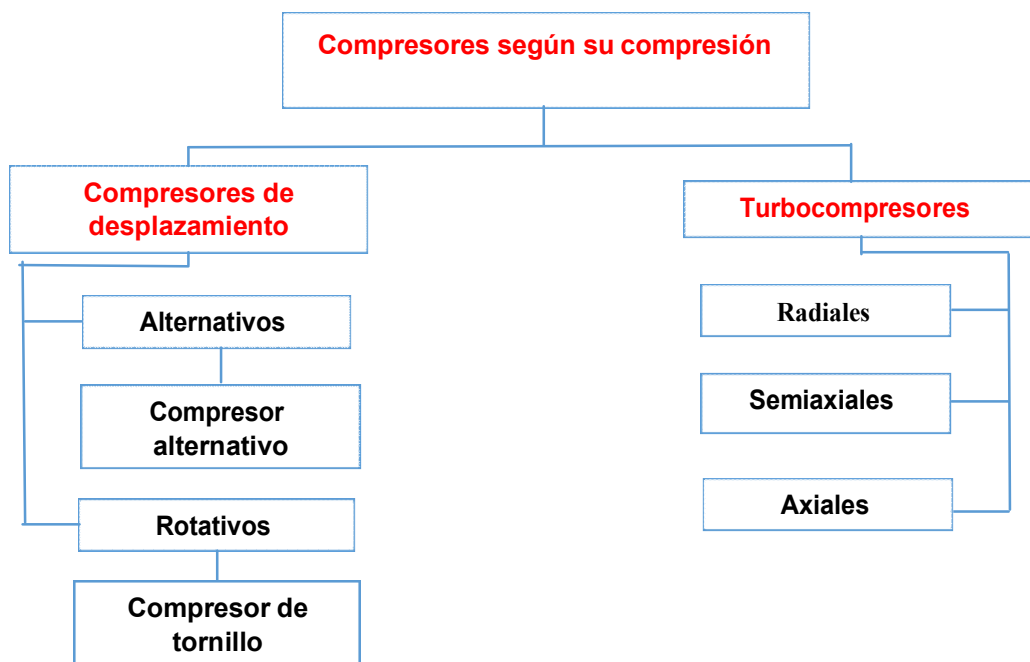
refrigerante circulando será bajo (y por lo tanto el desplazamiento y el tamaño del compresor serán menores).

Para el cuarto frío del laboratorio BIOFORESTA es necesario mantener una temperatura de entre 3-4°C para lo cual se tomara como guía la tabla de aplicaciones del anexo J para la selección del refrigerante.

4.3 Compresor

Es el elemento más importante de la unidad condensadora, responsable de la circulación del fluido refrigerante. Su principal característica es aspirar el fluido a la presión de baja establecida y lo comprime elevando su presión y temperatura hasta que se puedan efectuar la condensación. La descarga la efectúa al condensador.(LIJÓ, 2010)A continuación se muestra la clasificación de compresores en el mapa conceptual

Figura 21. Clasificación de los compresores según su compresión



Fuente: Miranda, 2010

Todos estos compresores pueden ser de tres tipos:

- ✓ Herméticos.
- ✓ Semiherméticos.
- ✓ Abiertos.

Generalmente los compresores utilizados en las aplicaciones de refrigeración son alternativos y hermético a continuación se muestra en la figura 8.

4.3.1 Lubricación

Los aceites lubricantes en un sistema de refrigeración tienen las siguientes funciones:

- ✓ Disminuir la fricción y el desgaste en la operación del compresor.
- ✓ Remover el calor producido por el trabajo del compresor.
- ✓ Ser estables a las temperaturas de operación máximas y mínimas.
- ✓ Disminuir el ruido de operación.
- ✓ Ser altamente dieléctrico ya que está en contacto con la parte eléctrica y mecánica del compresor.
- ✓ Ser miscible con el refrigerante evitando reacciones químicas que afecten las propiedades del refrigerante o al aceite lubricante. (Aceites lubricantes para refrigeración, 2010)

Figura 22. Compresor alternativo hermético



Fuente: Autor, 2014

Los aceites lubricantes utilizados en refrigeración son de origen mineral (derivados del petróleo) y de origen sintético (elaborados mediante reacciones químicas). Los aceites lubricantes minerales según la revista “Mundohvacr” en el artículo de aceites lubricantes del Ing. David Garza 2010, están formados por una mezcla de compuestos químicos y se pueden clasificar dependiendo de su familia principal de compuestos químicos en:

- ✓ Parafínicos
- ✓ Nafténicos
- ✓ Aromáticos

Los aceites lubricantes sintéticos están formados por un sólo compuesto químico con propiedades definidas, mientras que los aceites lubricante minerales, donde cada constituyente tiene propiedades que no siempre se favorecen entre ellas.

Otras ventajas de los aceites lubricantes sintéticos son:

- ✓ Miscibilidad con los refrigerantes de nueva generación

- ✓ Más bajas temperaturas de congelación
- ✓ Mayor estabilidad química y térmica
- ✓ Totalmente libres de ceras

Se debe tener presente que no todos los aceites lubricantes sintéticos se pueden utilizar en refrigeración porque algunos producen reacciones químicas con los refrigerantes que se traducen en efectos dañinos en el sistema. (Aceites lubricantes para refrigeración, 2010).

Tabla 45. Pruebas de laboratorio para aceites lubricantes de refrigeración

Prueba de laboratorio	Mínimo y máximo para aceites lubricantes minerales	Mínimo y máximo para aceites de lubricantes sintéticos	Consecuencias al estar fuera de especificaciones
Temperatura de congelación	-30°C a -35°C	-30°C a -55°C	Obstrucción del evaporador
Viscosidad cinemática	32cSt a 100cSt	32cSt a 100cSt	Falla del compresor
Rigidez dieléctrica	25kv a mayor 25Kv	25kv a mayor 25Kv	Corto circuito
Miscibilidad	CFC miscibles HCFC poco miscibles HFC no miscibles	Los POE son miscibles con los CFC, HCFC y HFC	Separación que impide lubricación
Color ASTM	0.5 a 0.2	0.5 a 0.2	Aspecto Turbio indica contaminación

Fuente: Aceites lubricantes para refrigeración, 2010

4.3.2 Selección

Para elegir un compresor se debe tener conocimiento de la carga de refrigeración, el producto que se va a refrigerar y el tipo de refrigerante a utilizar.

Para el laboratorio de BIOFORESTA es necesario refrigerar semillas entre 3 a 4°C por lo cual del anexo J se escoge los refrigerantes correspondientes a la aplicación, almacenamiento frío: **R22, R404A, R407A/B/D/E, R421A, R421B, R427A, R433A/B/C**

Generalmente se utiliza el refrigerante R22 debido que es apropiado en altas temperaturas (mayor de cero grados Celsius) pero debido al daño ambiental que este provoca se debe buscar el sustituto para este refrigerante según el libro "Guía práctica

de selección de elementos de una instalación frigorífica de Carmona, José Fernando de la Oliva(2010) el 404 A es el refrigerante mas adecuado para reemplazar al R22 en aplicaciones de media y alta temperatura hasta un máximo de 10°C y mínima de -45°C.

Características del compresor a adquirir:

- ✓ Carga de refrigeración 10909.59 BTU=3196.51 W= 0.90 TR
- ✓ Refrigerante 404A
- ✓ Para refrigerar semillas entre 3 a 4 °C
- ✓ Voltaje de 220 V

4.4 Condensador

Son superficies de transferencia de energía, se encarga de pasar el estado de vapor del fluido refrigerante a estado líquido. El fluido en el condensador está en estado de gas (vapor recalentado) y sale en estado líquido a la temperatura que se condensó. La descarga se realiza al evaporador, el fluido refrigerante cede su calor al agente condensante (aire o agua) (LIJÓ, 2010)

Los condensadores son de tres tipos:

- a) Enfriados por aire.
- b) Enfriados por agua.
- c) Evaporativos.

En la figura 10 se representa un ejemplo de un condensador enfriado por aire:

Figura 23. Condensador enfriado por aire



Fuente: Autor, 2014

Estos condensadores son los más comunes, emplean ventiladores o sopladores para tener circulación forzada por aire, estos pueden ser instalados en un bastidor cuando

son unidades pequeñas o instalados en el exterior para unidades grandes se les denomina remotos. (JHON WILEY AND SONS, 2012)

Selección

La selección del condensador esta en función de los siguientes parámetros:

- ✓ Potencia del compresor $W= 0.90$ TR
- ✓ Tipo de refrigerante 404 A
- ✓ Alimentación eléctrica 220 V

4.5 Evaporadores

Es el elemento responsable de enfriar o acondicionar la cámara. Pueden estar dentro o fuera de la misma. Su misión es que el fluido refrigerante, que entra a baja presión y temperatura, efectúe el enfriamiento de la cámara. (LIJÓ, 2010). Según el libro Principios de refrigeración de “Jhon Wiley and sons” 2012, clasifica a los evaporadores según su construcción de la siguiente manera:

- a) De tubo descubierto.
- b) De superficie plana.
- c) Aletados.

La figura 24 corresponde a un evaporador de tubo aletado:

Figura 24. Evaporador de tubo aletado.



Fuente: Autor, 2014

4.5.1 Selección. Hay que considerar algunos de los siguientes factores:

4.5.1.1 Sistema de circulación del aire: existen evaporadores de dos tipos, de circulación natural o convección natural y los de convección forzada.

Los de convección natural no poseen un ventilador y el rendimiento de estos evaporadores es menor a los de circulación forzada, la circulación de aire se realiza debido a una variación de temperatura por lo que la velocidad de circulación es baja,

esto no permite que el ambiente sea secante aplicándose en cuartos de refrigeración para productos de baja humedad como hortalizas carnes, semillas y frutas.

Los evaporadores de convección forzada se caracterizan por tener uno o varios ventiladores para la circulación del aire en la cámara de refrigeración o congelación. Como hay mayor velocidad de circulación aumenta la transferencia de calor y el rendimiento.

Como consecuencia de los ventiladores los ambientes con este tipo de evaporador son de baja humedad, generalmente se utiliza en instalaciones de media y alta potencia Este tipo de evaporadores son los más utilizados en instalaciones de mediana y gran potencia.

4.5.1.2 Tipo de aplicación: Según el tipo de recinto refrigerado, el uso, la forma, la potencia, etc. tenemos en el mercado un amplio abanico de posibilidades a la hora de elegir un evaporador, basta mirar el catálogo de cualquier fabricante para darnos cuenta. Es importante saber elegir el adecuado para nuestra instalación, esto permitirá que la distribución de las temperaturas sea homogénea y la velocidad de circulación del aire la correcta en todo el recinto refrigerado. A continuación se enumeran algunos de los que podemos encontrar en el mercado:

- ✓ Evaporadores cúbicos: se suelen instalar en el techo o la pared. Son muy utilizados en cámaras industriales de mediana y gran potencia.
- ✓ Evaporadores de techo de doble flujo: apropiados para salas de trabajo, salas de despiece, etc.
- ✓ Evaporadores murales para pequeñas cámaras
- ✓ Evaporadores de plafón para pequeñas cámaras
- ✓ Evaporadores de techo de flujo inclinado para cámaras comerciales.
- ✓ Evaporador con ventilador centrífugo para distribución por conductos
- ✓ Evaporador de baja velocidad para productos sensibles a la desecación.

4.5.1.3 Separación entre las aletas. El elegir una separación u otra depende de si se va a formar escarcha en el evaporador y la velocidad de formación de la misma. La capa de escarcha formada sobre las aletas va aumentando de grosor con el paso del tiempo y si estas están muy juntas el evaporador quedará atascado de hielo muy rápido impidiendo la circulación de aire y con ello la transmisión de calor, siendo necesarios ciclos de desescarche muy frecuentes. En el caso de que no sea previsible la formación de escarcha en el evaporador (temperatura de evaporación superior a 0°C) podemos recurrir a evaporadores con menor separación entre sus aletas (3 – 4 mm). En el caso

de que se prevea la formación de escarcha es preciso aumentar el paso entre aletas (4,5 – 6 mm para instalaciones de conservación con temperaturas de evaporación bajo cero y 7 – 10 mm para aplicaciones conservación de congelados y 12 mm para congelación). Normalmente el fabricante indica la separación de aletas y si el evaporador es para conservación o congelación.

4.5.1.4 Sistema de desescarche. En el caso de que el evaporador necesite descongelación, es preciso tener en cuenta el sistema de desescarche que se quiera utilizar. Existen fundamentalmente tres:

- ✓ Circulación de aire por el evaporador: se aplica a cámaras pequeñas cuya temperatura de evaporación está cercana a 0°C.
- ✓ Por resistencias eléctricas: es el sistema más utilizado en instalaciones comerciales e industriales de mediana potencia. el fabricante suele indicar si el evaporador lleva instaladas las resistencias y la potencia de las mismas.
- ✓ Por gas caliente: muy utilizados en instalaciones de evaporación múltiple e industriales.

El modelo de evaporador se determina como el mejor que se adapta a las características que requiera la instalación es de decir refrigerar de 3 a 4°C, potencia del compresor de: 10909.59 BTU/h= 3196.51 W, separación de aletas de 3 a 4mm, el modelo se debe elegir a partir de las tablas que figuran en los catálogos de los fabricantes, ya que es aquí donde aparecen todos los parámetros que va a permitir decidir cuál es el más adecuado. (PUERTO, 2012).

4.6 Accesorios mecánicos

A estos accesorios corresponden:

4.6.1 Tubería de cobre

Esta tubería permite armar el circuito por él fluye el refrigerante, inicia en la descarga del compresor sigue al condensador y después al evaporador regresando después al compresor.

Debido a las diferentes presiones y temperaturas para la alta presión es necesario una tubería de mayor diámetro que la baja presión.

La zona de alta presión está en el ciclo de descarga del compresor y la de baja en la aspiración.

Figura 25. Tubería de cobre distribuida en la unidad condensadora



Fuente: Autor, 2014

4.6.2 Aislante. Se le denomina rubatex es un material espumoso que tiene las siguientes características

- ✓ Aísla térmicamente a las tuberías de cobre
- ✓ Retarda la pérdida de calor
- ✓ Es resistente al moho
- ✓ Evita que se forme escarcha
- ✓ Es flexible y duradero

Figura 26. Rubatex.



Fuente: Autor, 2014

Accesorios de latón Se refiere a tuercas, racores y boquillas de latón estas permiten dar el ajuste necesario en las uniones de filtros visores y otros accesorios.

Figura 27. Tuercas y racores de latón.



Fuente: Autor, 2014

4.6.3 Selección. La selección de la tubería de cobre está en función de la capacidad del compresor por lo que se determina:

Para la línea de alta presión 3/4 de pulgada.

Para la línea de baja presión 5/8 de pulgada.

Los accesorios de latón se seleccionan de acuerdo a estas medidas.

4.7 Accesorios de control y seguridad

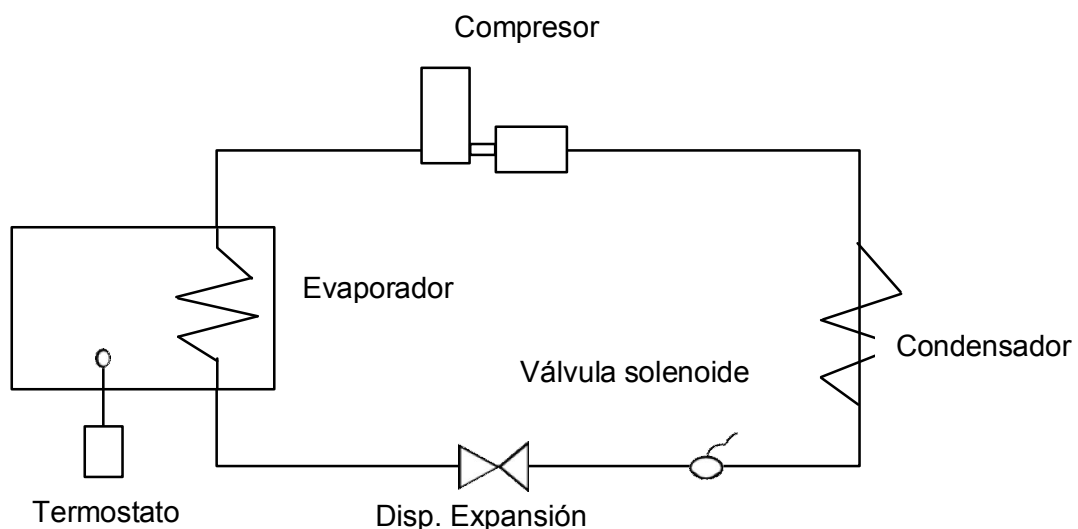
A continuación se muestra en la figura 15 representa los principales accesorios de control y seguridad de un sistema de refrigeración.

4.7.1 Presostatos. Son elementos activados por presión, tienen la función de abrir o cerrar el circuito mediante uno o varios contactos normalmente cerrados o abiertos. Pueden ser: (CREUS, 2010)

✓ Presostatos de alta presión

Se conectan a la descarga del compresor, su función es impedir que en la zona de alta presión, se alcance valores que afecten al rendimiento de la instalación o a la seguridad de las personas. Se regulan a una determinada presión, y cuando la instalación alcanza ese valor, el presostato para el compresor.

Figura 28. Accesorios de seguridad y control.



Fuente: Autor, 2014

✓ Presostatos de baja presión

Se conecta a la espiración del compresor, su función es evitar que la presión en la zona de baja, descienda por debajo de la presión de funcionamiento ya que afectaría el rendimiento esta presión está por encima de la presión atmosférica.

✓ Presostato diferencial de aceite

Es un interruptor de seguridad protege al compresor contra la presión de aceite demasiado baja. Se conecta a la aspiración y a la descarga de la bomba de lubricación. La presión de aceite de lubricación, es la diferencia entre la presión de impulsión del aceite y de la aspiración que es la del cárter. El presostato actúa según esta diferencia, que como dato referencial es menos a 1bar. Lleva incorporado un relé temporizador de modo que si en un intervalo de 60, 90, 120 segundos la presión del aceite no alcanza el valor de regulación, el compresor para de funcionar.

4.7.2 Termostato. Es el encargado de controlar la temperatura del cuarto frío, actúa cerrando o abriendo un contacto cuando se alcanza una temperatura específica. Es un conmutador eléctrico que funciona con la temperatura.

Figura 29. Termostato.



Fuente: Autor, 2014

4.7.3 Válvula solenoide. Este tipo de válvula consta de dos partes, el solenoide que es un electroimán activado por una señal eléctrica, y el cuerpo de la válvula que al recibir la señal eléctrica cierra o abre el paso de fluido refrigerante.

Siempre va instalada antes del dispositivo de expansión y va conectado al termostato que según las necesidades térmicas manda la señal eléctrica al solenoide para la apertura o cierre de flujo refrigerante. (Jaime Ariza Valverde, Ibán Balbastre y Luis Cano Martínez, 2012)

Figura 30. Válvula solenoide.



Fuente: Autor, 2014

4.7.4 Selección. Para la selección adecuada de los accesorios mecánicos se considera los siguientes parámetros:

Presostato

Presiones en la línea de alta y baja presión

Termostato

Se selecciona a partir del rango de temperatura de aplicación para este caso se tiene lo siguiente:

Temperatura mínima de la cámara 3°C

Temperatura máxima de la cámara 7°C

Voltaje del sistema 220 V

Válvula solenoide

Diámetro de tubería de alta presión: 3/4 de pulgada

A partir de este dato se observa en catálogos

4.8 Control de flujo

4.8.1 Válvula de expansión. Este elemento regula la entrada en el evaporador del fluido refrigerante en su estado líquido que viene del condensador, permitiendo que el evaporador obtenga solo la cantidad necesaria y uniforme de refrigerante. De acuerdo al funcionamiento las válvulas se dividen en:

- ✓ Válvulas de expansión automática
- ✓ Termostáticas
- ✓ De flotador

Todas ellas son accionadas por las diferentes presiones, temperaturas o niveles de refrigerante. Por ejemplo las válvulas automáticas tienen un sistema regulable que actúan por la presión existente en el lado de baja del sistema, cuando existe disminución en la presión del evaporador, la válvula mediante un sistema que puede ser de membrana o diafragma regula el paso del líquido aumentando la presión hasta niveles aceptables y viceversa. La diferencia entre los otros tipos de válvulas es la variable de funcionamiento del sistema. (CREUS, 2010)

4.8.2 Selección. Los siguientes datos son importantes para la selección de la válvula de expansión:

- ✓ Refrigerante
- ✓ Capacidad del evaporador
- ✓ Presión de evaporación
- ✓ Presión de condensación

Para este caso los datos correspondientes son:

- ✓ Refrigerante: 404A
- ✓ Capacidad del evaporador: lo mas próximo a 10909.59 BTU/h= 3196.51 W.
- ✓ Presión de evaporación 2.54 Bar= 36.84 P.S.I.
- ✓ Presión de condensación 20.36 Bar= 295.30 P.S.I.

Con estos datos se debe buscar en catalogos y seleccionar la válvula de expansión.

4.9 Equipos Complementarios

4.9.1 Resistencia calefactora del cárter. Cuando la temperatura del ambiente que rodea al compresor es muy baja hay riesgo de que el refrigerante se condense en el cárter dificultando el arranque del compresor y provocando en el momento de vaporización del fluido un arrastre de aceite, las bajas temperaturas también afectan a la viscosidad del aceite, para prevenir estos contratiempos se utiliza pequeñas resistencias en el compresor que mantienen la temperatura de funcionamiento adecuada.

Figura 31. Resistencia calefactora.



Fuente: Autor, 2014

4.9.2 Separador de aceite. Se instala en la tubería de descarga después del compresor, el fluido refrigerante sale del compresor mezclado con aceite, este debe regresar al cárter para mantener el nivel adecuado de aceite y para que no cree problemas de taponamiento en el evaporador. (LIJÓ, 2010)

Figura 32. Separador de aceite.



Fuente: Autor, 2014

4.9.3 Filtros de humedad. En una instalación frigorífica la entrada de aire son una de las principales causas de problemas en el circuito debido a la humedad que el aire contiene, esta puede generar serios problemas como:

- ✓ Bloquear las válvulas de expansión.
- ✓ Producir problemas en compresores herméticos o semiherméticos.
- ✓ Oxidaciones.

Para evitar la humedad en los circuitos se instalan unos filtros de humedad también llamados deshidratadores. Contienen un agente desecante que puede ser:

- ✓ Silicagel.
- ✓ Tamices moleculares.
- ✓ Alúmina activa.
- ✓ Oxido de aluminio, actualmente el de mayor uso.

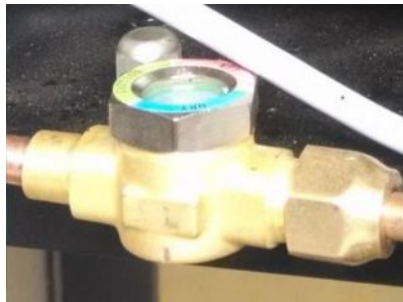
Figura 33. Filtro de humedad.



Fuente: Autor, 2014

4.9.4 *Visor de humedad.* Es un dispositivo que deja ver el fluido refrigerante, dependiente de ciertas circunstancias podría indicar problemas de en el circuito de refrigeración. Si se observa burbujas, podría indicar que hace falta fluido refrigerante, o bien si hay burbujas y esta frío podría ser porque un estrangulamiento origina una expansión antes de llegar al visor. También indica si hay humedad en el circuito, ya que contiene una sal química que reacciona con la humedad y cambia de color. Los visores generalmente van ubicados en la línea de retorno de aceite al cárter del compresor. (LIJÓ, 2010)

Figura 34. Visor de humedad.



Fuente: Autor, 2014

4.9.5 *Selección*

Los parámetros a considerar son los siguientes:

Separador de aceite

Potencia del compresor: 10909.59 BTU/h= 3196.51 W

Tipo de refrigerante: R404 A

Filtro de Humedad

Diámetro de la tubería de alta presión 3/4 de pulgada

Visor de humedad

Diámetro de la tubería de alta presión: 3/4 de pulgada

Tipo de refrigerante: R404 A

CAPÍTULO V

5. MANTENIMIENTO DEL CUARTO FRÍO

5.1 Acciones de mantenimiento

El mantenimiento es destinado a la conservación de los equipos o instalaciones mediante la realización de revisiones y reparaciones que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. La principal característica del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos de los equipos, logrando prevenir las incidencias antes de que estas sucedan. Algunos de los métodos más habituales para determinar que procesos de mantenimiento deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre instalaciones similares. Estos métodos son:

✓ Mantenimiento programado

Se caracterizan por que las revisiones se realizan según un patrón previsto por tiempo, duración, horas de funcionamiento, etc. Se ocupa de la determinación de las condiciones de operatividad, de durabilidad y fiabilidad de los equipos acordes a este tipo de mantenimiento y nos ayuda a reducir los tiempos de parada que pueden generarse por mantenimiento correctivo

✓ Mantenimiento predictivo

Realiza un seguimiento que determina el periodo máximo de utilización de un equipo antes de ser reparado, mediante la observación de su funcionamiento y la evaluación de parámetros de rendimiento y eficiencia.

✓ Mantenimiento de oportunidad

Se realiza aprovechando los periodos de parada del sistema evitando, de este modo, tener que detener los equipos o las instalaciones cuando están en servicio.

Las acciones preventivas permite que el sistema tenga un correcto funcionamiento, estas acciones se caracterizan por ser planificadas, aplicadas según una determinada frecuencia y por medir variables de proceso como temperatura, presión, volumen etc. (MARTÍN, 2014).

5.1.1 Trabajos específicos de mantenimiento. Se define las acciones preventivas a realizar por cada elemento del cuarto frío:

5.1.1.1 Cámara o cuarto refrigerado. Se debe verificar que el sensor temperatura este en pleno funcionamiento utilizando otro instrumento de temperatura como un sensor digital, un pirómetro, una cámara termográfica entre otros.

Se revisa que la posición del sensor sea cercana a la puerta de acceso dado que aquí es donde ocurre el mayor intercambio de calor con el ambiente cuando se abre.

Realizar una revisión mensual de la hermeticidad de las puertas y del cuarto en general. (MARTÍN, 2014)

Compresor

Medir el voltaje e intensidad del que alimenta al compresor comparándolos con los datos nominales existentes en los datos de placa.

Revisar el nivel de aceite del compresor cualquier variación en el nivel podría indicar una anomalía en el separador de aceite o a su vez una contaminación en el sistema.

Chequear el abre y cierre de las válvulas de descarga y absorción

Medir los microfaradios de los condensadores

Revisar el estado de los contactores, alimentación y enclavamiento.

Control de carga de refrigerante

5.1.1.2 Condensador. Medir el voltaje e intensidad

Limpiar semestralmente el polvo y las partículas que se acumulan en la tubería

5.1.1.3 Evaporador. Comprobar el funcionamiento de los ventiladores

Limpieza de ventiladores y del evaporador en general semestralmente.

Inspeccionar la salida de condensado.

Verificar que no haya formación de escarcha en la entrada de refrigerante.

5.1.1.4 Equipos de control, seguridad, complementarios y refrigerantes. Las acciones preventivas se enfocan a todos los equipos y mecanismos que sufren desgaste, a continuación se detalla algunas actividades necesarias:

Verificación de todos los aparatos de medida, control y seguridad así como los sistemas de protección y alarma para comprobar que su funcionamiento es correcto y que están en perfecto estado

Control de la carga de refrigerante

Control de los rendimientos energéticos de la instalación

Revisión semestral del estado de juntas y uniones con el suelo

Comprobación del funcionamiento de las válvulas

Retirada del hielo existente alrededor de las válvulas de sobrepresión, suelo y puertas, semanalmente

Revisión semestral de los soportes de la tubería y la revisión de formaciones de hielo y condensaciones superficiales.

Revisión semestral de la apariencia externa del aislamiento (Rubatex). (MARTÍN, 2014)

5.1.1.5 Parámetros eléctricos a revisar en el sistema. Medir el voltaje e intensidad de los elementos de seguridad (fusibles, relés térmicos disyuntores, etc.

Revisar la alimentación eléctrica del equipo

Verificar la correcta sección de conductores

Realizar un ajuste de ser necesario a los elementos de seguridad y control semestralmente.

Tabla 46.Estado técnico del evaporador.

Acción Preventiva	Frecuencia			
	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Compresor				
Revisar de forma general el equipo buscando presencia de fisuras golpes rayones		✓		
Medición de voltajes y corrientes		✓		

(Continuación)

Acción Preventiva	Frecuencia			
	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Revisión de abre y cierre de válvulas		✓		
Medir presión del sistema		✓		
Limpieza general	✓			
Condensador				
Limpieza general			✓	
Inspección de fugas		✓		
Evaporador				
Limpieza general			✓	
Medición de voltaje e intensidad en los ventiladores		✓		
Verificación de fugas			✓	
Visor				
Verificar si hay humedad en el sistema	✓			
Cuarto en general				
Limpieza general			✓	
Comprobación del aislamiento térmico			✓	

Fuente: Autor, 2014

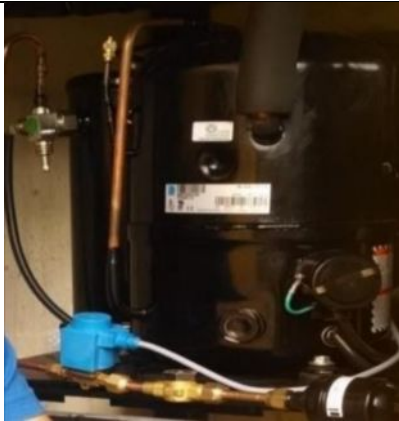

5.2 Banco de tareas

A continuación en el banco de tareas de los elementos importantes del sistema de refrigeración, se detalla paso a paso el procedimiento a seguir con las debidas precauciones. En el anexo N se describe el plan de mantenimiento.

Elementos que involucra el banco de tareas:



- ✓ Compresor
- ✓ Condensador
- ✓ Evaporador
- ✓ Visor
- ✓ Cuarto frío en general

Tabla 47.Revisión en el compresor.

Equipo: Compresor		Código: E-F-L-CP-1
Foto:		
Tarea	Revisión general del equipo	
Herramientas	Gafas protectoras	
Foto:		
Procedimiento	Esta tarea se la puede realizar con el equipo encendido o apagado. De forma visual se busca alteraciones que sean notorias como golpes, raspones, machones causados por posibles fugas de aceite aislante y cables quemados o cortados.	
Frecuencia	Mensual	



Fuente: Autor, 2014

Tabla 48. Medición de variables en el compresor.

Equipo: Compresor		Código: E-F-L-CP-1
		
Tarea	Medición de voltaje, intensidad y microfaradios	
Herramientas	Multímetro con pinza amperimétrica y guantes aislantes	
Foto:		
Procedimiento	<p>La medición se la realiza con el equipo encendido y con guantes aislantes de electricidad, en la alimentación del compresor tomando como referencia los voltajes e intensidades nominales. Datos nominales:</p> <p>Voltaje: 208-220</p> <p>Amperios rotor bloqueado (LRA) : 102 A</p> <p>Amperios con carga nominal (RLA 60Hz): 12 A</p> <p>Microfaradios: 25 μF $\pm 10\%$</p>	
Frecuencia	Mensual	



Fuente: Autor, 2014

Tabla 49. Inspección de las válvulas en el compresor

Equipo: Compresor		Código: E-F-L-CP-1
Foto:		
Tarea	Revisión de abre y cierre de válvulas	
Herramientas	Llave pico	
Foto:		
Procedimiento	Para realizar esta tarea es necesario que el equipo este apagado después con una llave de pico se realiza el abre y cierre de las válvulas.	
Frecuencia	Mensual	



Fuente: Autor, 2014

Tabla 50. Limpieza del compresor en el compresor.

Equipo: Compresor		Código: E-F-L-CP-1
Foto:		
Tarea	Limpieza general del equipo	
Herramientas	Franela	
Foto:		
Procedimiento	Esta tarea debe realizarse pagado el equipo, con una franela o guaipe se retira el polvo existente.	
Frecuencia	Mensual	

Fuente: Autor, 2014

Tabla 51. Medición de presiones en el compresor.

Equipo: Compresor		Código: E-F-L-CP-1
Foto:		
Tarea	Medir la presión del sistema	
Herramientas	Distribuidor con manómetros	
Foto:		
Procedimiento	<p>Se debe apagar el equipo, cerrar las válvulas del compresor, se conecta el distribuidor con manómetros a la alta y baja presión, lo datos obtenidos se debe comparar con los datos nominales.</p> <p>En baja presión 120-150 PSI</p> <p>En alta presión 230-250 PSI</p>	
Frecuencia	Mensual	

Fuente: Autor, 2014

Tabla 52 . Medición de parámetros eléctricos en el condensador.

Equipo: Condensador		Código: E-F-L-CD-1
Foto:		
Tarea	Medir la intensidad y voltaje del ventilador	
Herramientas	Multímetro y guantes aislantes	
Foto:		
Procedimiento	<p>Esta medición se la realiza con el equipo encendido, después de colocado los guantes con el multímetro se mide el voltaje e intensidad en el ventilador tomando como referencia el voltaje e intensidad nominal de los datos de placa:</p> <p>Voltaje 208-220 V</p> <p>Amperaje 1.1 A</p>	
Frecuencia	Mensual	

Fuente: Autor, 2014



Es importante esta medición porque refleja el consumo energético del equipo, un mayor consumo respecto al nominal indicará un problema eléctrico que se debe corregir en la brevedad posible.

Tabla 53. Medición de parámetros eléctricos en el condensador.

Equipo: Condensador		Código: E-F-L-CD-1
Foto:		
Tarea	Inspección de fugas	
Herramientas	Esponja y mezcla jabonosa	
Foto:		
Procedimiento	<p>Se debe realizar una mezcla jabonosa y con una esponja se moja la zona donde se sospeche fuga previamente al mojar con la mezcla jabonosa se debe limpiar la zona a aplicar.</p> <p>De haber fugas se formaran burbujas, la corrección de fugas se la realiza con una varilla de 10 % de plata y se la debe corregir rápidamente ya que impedirá que el sistema frigorífico funcione adecuadamente haciendo que todo el sistema pare completamente.</p>	
Frecuencia	Mensual	

Fuente: Autor, 2014

Tabla 54.Limpieza del condensador.

Equipo: Condensador		Código: E-F-L-CD-1	
Foto:			
Tarea	Limpieza general		
Herramientas	Franela y detergente líquido		
Foto:			
Procedimiento	<p>Se paga el equipo, después se limpia con una franela todo el condensador, se pasa el detergente líquido se espera unos minutos para que actúe para enjuagarlo y finalmente se lo seca con la franela</p> <p>La corrección de fugas se la realiza con una varilla de 10 % de plata.</p> <p>La corrección se la debe realizar lo más pronto posible porque las fugas evitan que funcione el sistema de refrigeración.</p>		
Frecuencia	Semestral		

Fuente: Autor, 2014

Tabla 55. Medición de parámetros eléctricos en el evaporador.

Equipo: Evaporador		Código: E-F-L-EV-1	
Foto:			
Tarea	Medición de voltaje e intensidad		
Herramientas	Multímetro con pinza amperimétrica		
Foto:			
Procedimiento	<p>Esta medición se la realiza en el tablero de control en los cables que esta dirigidos hacia el evaporador se lo hace con un multímetro en los ventiladores tomando como referencia los voltajes e intensidades nominales de los datos de placa:</p> <p>115-230 V</p> <p>0.5-1.1 A</p> <p>De no encontrarse dentro de los parámetros nominales indicara un problema eléctrico que debe ser arreglado en la brevedad posible.</p>		
Frecuencia	Mensual		



Fuente: Autor, 2014

Tabla 56. Inspección de fugas en el evaporador.

Equipo: Evaporador		Código: E-F-L-EV-1
Foto: 		
Tarea	Inspección de fugas	
Herramientas	Esponja y mezcla jabonosa	
Foto: 		
Procedimiento	<p>Previamente se paga el equipo y se procede a destornillar los ventiladores, se debe observar si hay machones que sugieran posibles fugas y con una mezcla jabonosa y una esponja se moja la zona donde se sospeche fuga.</p> <p>De haber fugas se formaran burbujas.</p> <p>La corrección de fugas se la realiza con una varilla de 10 % de plata.</p>	
Frecuencia	Mensual	


Fuente: Autor, 2014

Tabla 57.Limpieza general en el evaporador.

Equipo: Evaporador		Código: E-F-L-EV-1
Foto: 		
Tarea	Limpieza general	
Herramientas	Franela, detergente líquido y un destornillador estrella	
Foto: 		
Procedimiento	Esta actividad se la realiza con el equipo apagado, se procede a destornillar los ventiladores para poder sacarlos, la limpieza se la realiza a los ventiladores, al serpentín, y a la estructura en general con una franela y una mezcla de agua con detergente en pocas cantidades, el detergente se usara solo si es necesario, sino solo una franela húmeda bastara para la limpieza.	
Frecuencia	Semestral	

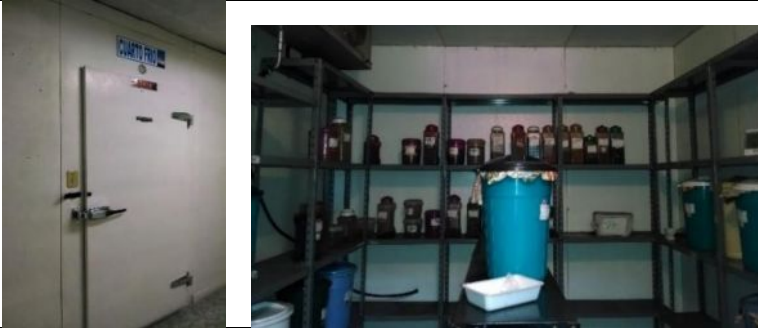

Fuente: Autor, 2014

Tabla 58.Limpieza general en el evaporador.

Equipo: Visor		Código: E-F-L-VS-1
Foto:		
Tarea	Revisión de humedad en el sistema	
Herramientas	Vista	
Procedimiento	<p>Con el equipo encendido se observa si hay humedad en el sistema el visor dependiendo del estado del sistema tomara el color correspondiente:</p> <p>Azul: seco</p> <p>Verde: precaución</p> <p>Rosado: humedad</p> <p>La inspección de este parámetro permite conocer la presencia de humedad en el sistema, la contaminación por humedad puede producir serios problemas en el circuito frigorífico.</p>	
Frecuencia	Semestral	
Fuente: Autor, 2014		

Fuente: Autor, 2014

Tabla 59. Comprobación del aislamiento térmico del cuarto frío.

Equipo: cuarto en general		Código: E-IF-L-CF-1
Foto: 		
Tarea	Comprobar el aislamiento térmico del cuarto	
Herramientas	Material aislante en aerosol	
Foto: 		
Procedimiento	Mediante el tacto se puede notar cuando hay fugas de aire refrigerado, generalmente la existencia de agujeros en la estructura del cuarto frío disminuyen el aislamiento térmico y aumentan el tiempo de funcionamiento de la unidad condensadora para alcanzar la temperatura requerida, para ello se utiliza un material aislante evitando estas fugas, se debe evitar el contacto con el fuego ya que son altamente inflamables.	
Frecuencia	Semestral	

Fuente: Autor, 2014

5.3 Normas de seguridad y operación

Para la operación de cuartos fríos se toma en consideración el Decreto 2393 reglamento de Seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio Ambiente, especificando las siguientes recomendaciones:

✓ Para el manejo de tanques de presión

Los tanques que almacenan gases, contienen una gran cantidad de presión, es necesario llevar cuidado ya que cuando se rompe la válvula del recipiente se pueden convertir en proyectiles hasta que se acabe la presión.

Para los tanques que almacena refrigerantes se debe verificar que estén normalizados con ello aseguramos que el recipiente no representara ningún peligro.

Se debe poner especial atención a tanques de oxígeno y nitrógeno que se suministran con grandes presiones de 17500 kPA, estas botellas o tanques no deben desplazarse sin el capuchón protector y se debe desplazar en carretillas especialmente diseñadas, cuando una botella cae sin estar puesto el capucho podría dar lugar a una ruptura de válvula, y permitir que el tanque salga disparo por la presión existente. Cuando se realiza una limpieza del sistema con nitrógeno es necesario regular la presión porque si entra con la presión existente en la botella puede hacer estallar algún punto débil del sistema.

De la misma manera se debe regular la presión del tanque de oxígeno, adicionalmente verificar que los conductos de oxígeno no contengan combustible, un residuo de combustible puede provocar una explosión que haga que el regulador explote en las manos del operario.

✓ Electricidad

La descarga y quemaduras eléctricas son riesgos siempre presentes, resulta difícil diagnosticar todos los circuitos con la corriente desconectada, por lo que es necesario aprender medidas de seguridad adecuadas.

Siempre debe apagarse la corriente eléctrica en el panel de distribución o panel de entrada y bloquearla de forma segura durante la instalación de los equipos o algún mantenimiento de equipos, generalmente los paneles están diseñados para cerrarse con una única llaves por ello la persona a cargo de realizar el mantenimiento debe llevar consigo la única llaves asegurándose así que nadie conecte el circuito.

✓ Calor

El uso del calor requiere un cuidado especial, los sopletes proporcionan una alta concentración de calor y podría haber en el área algunos materiales combustibles que

se encuentran en el área donde haya que soldar por ejemplo cuando se va a reparar un sistema de refrigeración de un restaurante se debe tener cuidado de no quemar los adornos o muebles existente en el lugar.

Para evitar cualquier quemadura por soldadura o cualquier tipo de concentración de calor se debe tener a mano un extintor, y el técnico debe saber exactamente donde está y como usarlo.

Cuando haya que soldar cerca de un material combustible se puede utilizar un protector hecho de materiales no combustibles, también puede usarse un aerosol ignífugo para disminuir la inflamabilidad de la madera cuando haya que soldar cerca de esta.

✓ Para el desplazamiento de objetos pesados

Algunas veces se requiere mover objetos pesados, se debe pensar que el mejor método para hacerlo será el que sea seguro para la integridad física, existen herramientas especiales que pueden ayudar en estos casos.

Cuando sea necesario instalar equipos en lo alto de edificio puede utilizarse una grúa o helicópteros si la situación lo amerita.

Las personas no deben arriesgarse tratando de levantar equipos pesados por si mismos se debe pedir ayuda a otra persona o emplear herramientas adecuadas.

Cuando se tenga que levantar un objeto, se tiene que utilizar las piernas no la espalda, además se debe llevar una faja.

✓ Presencia de refrigerantes

Los vapores refrigerantes y muchos otros gases son más pesados que el aire y pueden desplazar el oxígeno en un espacio cerrado.

Debe prepararse la ventilación adecuada antes de comenzar una tarea. Pueden utilizarse ventiladores para establecer una corriente de aire fresco en aquellos espacios cerrados, donde haya que realizar un trabajo.

Los vapores refrigerantes que se calienta durante la soldadura o al pasar por una llama son peligros generalmente pasa cuando hay fugas Si se está soldando en un lugar cerrado se debe mantener la cabeza por debajo del humo para no estar en contacto directo.

✓ Productos químicos

Los productos químicos se emplean para limpiar equipos como evaporadores o condensadores enfriados por aire también se emplea para tratamiento de agua, algunos de estos productos químicos debe manejarse con cuidado según las instrucciones del

fabricante si entra en contacto directo con la piel, ojos o nariz se debe seguir los pasos establecidos y ante todo mantener la calma para evitar daños permanentes.

La ropa adecuada es primordial en la seguridad del trabajador a esto se le denomina equipos de protección personal o individual.(EPI), estos son diseñados para protegerla integridad física del trabajador, estos pueden ser: (MARTÍN, 2014)

Casco.- Protege la cabeza frente a golpes caídas de objetos que pudieran afectar el cráneo

Pantalla facial.- Protege la cara de salpicaduras, ya sean partículas sólidas o líquidas evitando el contacto directo.

Guantes.- Son fabricados con material aislante se debe utilizar en cualquier trabajo dependiendo del tipo de riesgo los guantes pueden ser de aislamiento térmico, eléctrico o para levantar objetos.

Gafas de seguridad.- Protegen los ojos de salpicaduras de partículas líquidas y sólidas en caso de la soldadura debe ser el tipo de gafa adecuada.

Calzado de seguridad.- se usa para proteger los pies de golpes, caídas, aplastamiento de objetos cortantes y pesados además de dar aislamiento eléctrico.

Ropa térmica.- las bajas temperaturas en cuartos fríos pueden afectar la salud humana por lo que ropa térmica ayuda a evitar estos problemas.

Ropa de seguridad.- La ropa de trabajo debe ser ignífuga, puesto que el personal que manipula equipos de soldar puede exponerse a proyección de chispas con elevada temperatura y también debe ser bien visible.

Manual de operación

En la operación del cuarto frío es necesario realizarlo de tal forma que sea seguro para el equipo y para la persona que opera el equipo.


Este manual tiene el objetivo de ser claro, fácil de ejecutar y guiar de forma comprensible, para evitar errores en el desarrollo de las actividades establecidas y principalmente que sea seguro para quien opera los equipos.

Operar correctamente el equipo evita daños prematuros en la instalación o a su vez daños en el producto que se requiere refrigerar.

En el laboratorio BIOFORESTA se debe almacenar las semillas entre 3-4 °C de no ser así estas semillas se deterioran rápidamente.


A continuación se detalla el encendido y apagado del cuarto frío.

Tabla 60 Encendido del cuarto frío

Encendido
Después de montaje de los equipos se realiza el montaje de los equipos

<p>Pasos:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Verificar que el braker principal esté energizando el tablero de control.✓ Verificar que la puerta del cuarto frío esté cerrada.✓ Girar la perilla de mando hacia la luz de verde.

Fuente: Autor, 2014

Tabla 61 Apagado del cuarto frío

Apagado
Algunas tareas de mantenimiento requieren que el equipo este apagado.

<p>Pasos:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Girar la perilla de mando hacia la luz roja.✓ Poner en off el braker de alimentación principal.✓ Si se realiza alguna tarea de mantenimiento la llave del seguro del tablero la debe poseer la persona encargada del mantenimiento y debe apagar todo el cuarto de tal modo que nadie más pueda encenderlo.

Fuente: Autor, 2014

CAPÍTULO VI

6 COSTOS DEL PROYECTO

6.1 Costos directos

Estos costos son los que están relacionados directamente con la fabricación del producto servicio o actividad. Todos estos costos corresponden a: máquinas, herramientas y mano de obra directa:

Tabla 62. Equipos directos.

Descripción	Costo en dólares
Evaporador	1100 USD
Descripción	Costo en dólares
Válvula de expansión manual	100 USD
Unidad condensadora (compresor, condensador, separador de aceite y presostato)	1580 USD
Controlador MT512 Ri	300 USD
Paredes de aluminio con aislante de poliuretano	2000 USD
Puerta para cuarto frío	500 USD
Total	5580 USD

Fuente: Autor, 2014

Tabla 63. Materiales directos.

Descripción	Costo en dólares
Refrigerante(tanque de 13.6 kg R404A)	110 USD
Tubería de cobre 3/4 de pulgada por metro	39 USD
Tubería de cobre 5/8 de pulgada por metro	24 USD
Codos de cobre	10 USD
Contactores de 220	60 USD
Tanque de propano para soldadura bernzomatic	12 USD
Varilla de plata al 10%	10 USD
Cable eléctrico	60 USD
Total	325 USD

Fuente: Autor, 2014

Tabla 64.Mano de obra directa.

Elemento	Costo en dólares
Soldador (costo obra)	50 USD
Técnico Electricista	100 USD
Técnico frigorífico	150 USD
Total	300 USD

Fuente: Autor, 2014

Tabla 65.Costo por transporte.

Elemento	Costo en dólares
Traslado de los equipos	150 USD
Movilización	30 USD
Total	180 USD

Fuente: Autor, 2014

Total de costos directos USD6385

6.2 Costos indirectos

Estos costos son los que están relacionados indirectamente con la fabricación del producto servicio o actividad.

Tabla 66.Costo por imprevistos

Detalle	Costo en dólares
Costos por imprevistos	50 USD
Total	50 USD

Fuente: Autor, 2014

Total de costos indirectos USD50

6.2.1 *Descripción del costo del trabajo.* El costo total de un cuarto frío de un volumen de 30m³ que refrigera semillas las 24 horas del día entre 3-4 °C tiene un costo de 6435 USD. Esta inversión aunque cuantiosa resulta beneficiosa para la facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH debido a que estos equipos de refrigeración tienen una vida útil de 15 a 20 años si se realizan acciones de mantenimiento.

CAPÍTULO VII

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se realizó un diagnóstico del cuarto frío para verificar inconvenientes y posteriormente implementarlo en el laboratorio BIOFORESTA de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH.

Se analizó las causas que ocasionan el deterioro del cuarto frío concluyendo que es por falta de mantenimiento adecuado, ocasionando una contaminación excesiva del circuito frigorífico acortando la vida útil del mismo.

Posteriormente se procedió a efectuar el montaje y puesta en marcha según la norma dictaminada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (El Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, que fue aprobado por el Real Decreto 3099/1977) y la norma NTE INEN 2 206. Estas normas establecen los parámetros de seguridad y operación para una instalación eficiente.

Se puntualizó las acciones de mantenimiento con la finalidad de aprovechar a lo máximo la vida útil del equipo.

7.2 Recomendaciones

Para el óptimo funcionamiento del cuarto frío es necesario realizar las acciones de mantenimiento en el periodo establecido para este tipo de sistemas de refrigeración.

Las acciones de mantenimiento preventivo deben ser efectuadas por un personal calificado con conocimientos teóricos y técnicos del sistema de refrigeración.

La operación de los equipos se debe realizar responsablemente, para la conservación del medio ambiente y seguridad del personal.

BIBLIOGRAFÍA

Aceites lubricantes para refrigeración. **Castaño, Ing. David Garza. 2010.** s.l. : Editorial sección, Refrigeración, sectores de la industria, 2010.

CREUS, José Alarcon. 2010. *TRATADO PRÁCTICO DE REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA.* BARCELONA : MARCOMBO S.A., 2010. 84-267-1140-5.

EFRAÍN ALONSO PUERTO CASTELLANOS. 2012. GUÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE CUARTOS FRÍOS. [En línea] UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ, 02 de 2012.
https://efrainpuerto.files.wordpress.com/2012/02/puerto_efrain_guia_tecnica_para_el_disec3b1o_de_cuartos_fríos.pdf.

Jaime Ariza Valverde, Ibán Balbastre y Luis Cano Martínez. 2012. *Prácticas de laboratorio : Hidráulica.* Valencia : Editorial de la UPV, 2012. 84-9705-148-3.

JHON WILEY AND SONS, INC. 2012. *Principios de refrigeración.* MEXICO : COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. DE C.V., 2012. 968-26-0201-7.

LIJÓ, Juan Manuel Franco. 2010. *Manual de refrigeración.* Barcelona : REVERTÉ S.A., 2010. 84-291-8011-7.

MARTÍN, Manuel Padero. 2014. *Montaje y Mantenimiento de instalaciones frigoríficas.* Madrid : Paraninfo, SA, 2014. 978-84-9732-991-0.

Resumen de los refrigerantes. **C., Ing. Javier Ortega. 2011.** s.l. : Editorial sectores de la industria, 2011.

Lijó, Juan Manuel Franco. 2010. *Manual de Refrigeración.* Barcelona : REVERTÉ, S.A., 2006. 84-291-8011-7.

William C. Whitman, William M. Johnson. 2012. *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado.* Madrid : Consuelo Garcia Asensio, 2000. B4-283-2660-6.

El equipo básico en los almacenes frigoríficos. **REFRINOTICIAS. 2000-2014.** 809, Mexico : Reforma Iztaccihuatl Norte C.P. 08810 MEXICO, D.F., 2000-2014.

Zamora C, Feito R. 2011. *El Mantenimiento Fabril su Planificación y Organización .* La Habana : Científico Técnica , 2011.

Ordoñez, Manuel Angel Ramirez. 2012. *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos .* Malaga : INNOVA, 2012. 978-84-15670-06-3.

JHON WILEY AND SONS, INC. 2012. *Principios de refrigeración .* MEXICO : COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. DE C.V., 1980. 968-26-0201-7.

Carmona, José Fernando de la Oliva. 2010. *Guía práctica de selección de elementos de una instalación frigorífica .* Sevilla : Sector de Enseñanza de CSIF en Sevilla, 2009. 978-84-692-4518-7.

Hardy, CI. 2013. Tipos de compresores para refrigeración. *ehowenespanol*. [En línea] Cyber monday www.cuponaUSDo.com, 2013. [Citado el: 27 de 11 de 2014.] http://www.ehowenespanol.com/tipos-compresores-refrigeracion-sobre_99283/.

