

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA

TESIS DE GRADUACION:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO DIDÁCTICO DE CUARTO FRÍO PARA
EL ÁREA DE LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA”.

PRESENTADO POR:

Br. Félix Armando Valdez Monge
Br. Oscar Ernesto Herrarte Martínez
Br. Giovanni Adalberto González Chicas

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO MECANICO

SANTA TECLA, 2021



AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

ING. ROSENDO MAURICIO SERMEÑO PALACIOS

RECTOR

ING. FRANCISCO ALFREDO CARRILLO LARREYNAGA

VICE-RECTOR

ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO

SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS MAURICIO MOLINA RENDEROS

FISCAL

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

SANTA TECLA, 2020

Dedicatoria

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores con los que me han formado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación.

A mi novia por todo el apoyo brindado, por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, por su paciencia y amor incondicional. Por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

A mis hermanas, bisabuela y sobrina por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar, por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

Le agradezco la confianza, apoyo, tiempo y dedicación a mis catedráticos, por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

Gracias a nuestro asesor y compañeros de tesis, por todo el apoyo que me brindaron durante este proceso y todo el lapso de mi carrera.

Félix Armando Valdez Monge

Dedicatoria

A DIOS

Que me ha concedido fortaleza y paciencia al conseguir finalizar mis estudios y así cumplir un sueño más en mi vida.

A MI NOVIA

Por su amor, paciencia y su apoyo incondicional durante toda mi carrera y por estar pendiente de mí, en la salud y la enfermedad.

A MIS PADRES

Por ser parte importante en mi vida, por todo su cariño y comprensión para culminar este proceso.

A MIS COMPAÑEROS

Por ser mis grandes amigos, gracias por su comprensión y esfuerzo para finalizar nuestras metas.

A MI ASESOR DE TESIS

Por otorgarnos parte de su tiempo, y por haber compartido conocimientos. Que Dios lo bendiga siempre.

Oscar Ernesto Herrarte Martínez

Dedicatoria

A DIOS.

Por ser mi guía en toda mi vida y en especial en la carrera, por darme fortaleza, sabiduría y paciencia hasta culminar este proceso de aprendizaje.

A MIS PADRES.

Por ser parte importante en mi vida, por apoyarme en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, por formarme con excelentes valores y sobre todo por su amor incondicional.

A MI ESPOSA E HIJA

Por ser el motivo de superarme y poder culminar este proceso, por apoyarme incondicionalmente en las buenas y malas, por estar pendiente de mi en todo momento y por su infinito amor.

A MIS COMPAÑEROS

Por tenerme paciencia, comprenderme en todo momento, gracias por su amistad y por formar un excelente grupo de trabajo el cual con el aporte de cada uno hemos podido culminar este proceso.

A NUESTRO ASESOR

Por guiarnos de la mejor manera, ser comprensivo y tenernos paciencia, por compartirnos parte de su experiencia y conocimientos.

Giovanni Adalberto González Chicas

INDICE

	PAG.
INTRODUCCIÓN	10
CAPITULO I	11
ASPECTOS GENERALES SOBRE LA FALTA DE UN BANCO DE REFRIGERACIÓN PARA USO DIDÁCTICO.	11
1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA	12
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	12
1.3 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.	13
1.4 JUSTIFICACIÓN	13
1.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.5.1 DELIMITACIÓN TEÓRICA	14
1.6 ALCANCE Y LIMITACIONES	14
1.6.1 ALCANCE DEL PROYECTO.	14
1.6.2 LIMITACIONES	14
1.7 OBJETIVOS	15
1.7.1 OBJETIVO GENERAL.	15
1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	15
CAPITULO II	16
GENERALIDADES DE LA REFRIGERACION Y FUNDAMENTOS TERMODINAMICOS.	16
2.1 MARCO TEÓRICO	17
2.1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS.	17
2.2 ANTECEDENTES TEORICOS.	18
2.2.1 APLICACIONES DE LA REFRIGERACIÓN.	18
2.2.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.	19
2.2.2.1 COMPRESOR	19
2.2.2.1.1 COMPRESOR HERMÉTICOS	20
2.2.2.1.2 COMPRESORES SEMI – HERMÉTICOS.	22
2.2.2.1.3 COMPRESOR ROTATIVO	24
2.2.2.1.4 COMPRESOR SCROLL.	24
2.2.2.1.5 COMPRESOR DE TORNILLO.	25
2.2.2.2 CONDENSADOR.	26
2.2.2.2.1 CONDENSADORES ENFRIADOS POR AIRE	27
2.2.2.2.2 CONDENSADORES ENFRIADOS POR AGUA.	28

2.2.2.3 ELEMENTO DE EXPANSIÓN.	28
2.2.2.3.1 TUBOS CAPILARES	29
2.2.2.3.2 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS	29
2.2.2.3.3 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA CON COMPENSACIÓN INTERNA.	30
2.2.2.3.4 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS DE COMPENSACIÓN EXTERNA.	31
2.2.2.4 EVAPORADOR	31
2.2.2.4.1 TIPOS DE EVAPORADORES	33
2.2.3 COMPONENTES DE RELEVO Y CONTROL	34
2.2.4 TIPOS DE REFRIGERANTES	35
2.2.5 CALOR Y TEMPERATURA	38
2.2.6 ENTALPÍA	39
2.2.7 LÍQUIDOS, VAPORES Y CAMBIO DE ESTADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.	41
2.2.8 CONDICIÓN SATURADA, SUBENFRIADA Y SOBRECALENTADA.	42
2.2.9 CALOR SENSIBLE Y CALOR LATENTE	43
2.2.10 CICLO DE REFRIGERACIÓN	44
2.2.10.1 EVAPORACIÓN.	45
2.2.10.2 COMPRESIÓN.	45
2.2.10.3 CONDENSACIÓN	45
2.2.10.4 EXPANSIÓN	46
CAPITULO III	47
APLICACIONES Y ELEMENTOS DE REFRIGERACION PARA SISTEMA DE CUARTO FRIO	47
3.1 APLICACIONES DE CUARTO FRIO.	48
3.1.1 CUARTO FRIO PARA CONSERVACION.	48
3.1.1.1 TIPO DE REFRIGERANTE PARA CUARTO FRIO DE CONSERVACION.	48
3.1.2 CUARTO FRIO PARA CONGELAMIENTO	49
3.2 COMPONENTES PARA SISTEMA DE CUARTO FRIO.	49
3.2.1 CONDENSADOR	50
3.2.2 VALVULA DE EXPANSION	51
3.2.3 EVAPORADOR.	52
3.2.4 MOTORES DE VENTILACION	53
3.2.5 VÁLVULA SOLENOIDE	54
3.2.6. TERMOSTATO	55
3.2.7 VISOR DE LÍQUIDO.	56

3.2.8 FILTRO SECADOR O DESHIDRATADOR	57
3.2.9 PRESOSTATO DUAL	58
3.2.10 TERMOMETRO.	60
3.2.11 CORTINAS FRIGORIFICAS	61
3.2.12 PANEL POLIURETANO	63
3.2.13 TABLERO ELECTRICO DE PROTECCION	66
3.2.14 RETARDADOR DE DESHIELO	67
CAPITULO IV	69
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE BANCO DIDACTICO DE CUARTO FRIO.	69
4.1 DETERMINACIÓN DE CARGA TÉRMICA	70
4.1.1 GANANCIAS DE CALOR	70
4.1.1.1 GANANCIA DE CALOR A TRAVÉS DE LAS PAREDES	71
4.1.1.2 CARGA TERMICA DEBIDO AL PRODUCTO.	78
4.1.1.3 GANANCIAS DE CALOR DEBIDO A LOS MOTORES ELECTRICOS DEL C.F	80
4.1.1.4 GANANCIA DE CALOR DEBIDO A LA ILUMINACIÓN	81
4.1.1.5 SUMATORIA DE GANANCIAS DE CALOR Y PORCENTAJE DE SEGURIDAD.	83
4.2 SELECCIÓN DEL EVAPORADOR	84
4.3 SELECCIÓN DE COMPRESOR	85
4.4 SELECCIÓN DE ELEMENTO DE EXPANSIÓN	87
4.5 SELECCIÓN DE GAS REFRIGERANTE	87
4.7 SISTEMA ELECTRICO Y CONTROL DEL C.F.	93
4.8 METODOLOGIA DE CONTRUCCION DE BANCO DIDACTICO	94
CAPITULO V	95
5.1 CONCLUSIONES	96
5.2 RECOMENDACIONES	97
5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	98
5.3.1 LIBROS	98
5.4 ANEXOS	100
5.4.1 MANUAL DEL CONTROLADOR DIGITAL PARA MODULO C.F.	100
5.4.2 MANUAL DE SEGURIDAD PARA BANCO DIDÁCTICO DE CUARTO FRIO	108
5.4.3 MANUAL DE OPERACION DEL BANCO DIDÁCTICO DEL CUARTO FRIO	113
5.4.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DIDÁCTICO DEL CUARTO FRIO	118
5.4.5 SUSTITUCION DE REFRIGERANTE EN AIRE ACONDICIONADO DEL MODULO DIDACTICO DE CUARTO FRIO	122

5.4.6 PARAMETROS DE OPERACIÓN	123
5.4.7 PROPUESTAS PARA MEJORAS DE C.F.	124
5.4.7 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	123
5.4.8 CONSTRUCCION DE BANCO DIDACTICO DE CUARTO FRIO	136

INTRODUCCIÓN

En la carrera de Ingeniería Mecánica es indispensable el conocimiento de Termodinámica, Transferencia de Calor y Masa, Aire Acondicionado y Refrigeración para poder ser desarrollado en las diferentes aplicaciones de la carrera profesional.

Actualmente la Universidad Técnica Latinoamericana ha innovado los laboratorios prácticos con remodelación de las aulas y algunos equipos para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

En el Laboratorio de la carrera de Ingeniería Mecánica se presenta la necesidad de adquirir nuevos equipos para la transferencia del conocimiento de Aire Acondicionado y Refrigeración, esta es una de las aplicaciones con mayor auge en El Salvador.

Por lo anterior, la Universidad Técnica Latinoamericana aprobó que se realizara el diseño de un banco didáctico de cuarto frío para el área de Laboratorio de Ingeniería Mecánica, con el objetivo que los estudiantes puedan desarrollar mejor sus conocimientos teóricos adquiridos.

En el presente documento se plasman los aspectos generales y marco teórico que permitirá conocer la teoría que es parte importante para el funcionamiento de los diferentes componentes del cuarto frío.

Luego se detallan las aplicaciones y elementos de refrigeración para realizar un sistema de cuarto frío con cada uno de los elementos que lo conforman, prosiguiendo con el diseño mecánico y construcción del cuarto frío donde se presenta la selección de los componentes que se han utilizado para su realización, junto a la metodología que se puso en práctica.

Y para finalizar se colocan los manuales de seguridad, operación y mantenimiento para una mejor comprensión de la utilidad que tiene el cuarto frío en el laboratorio.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA FALTA

DE UN BANCO DE REFRIGERACIÓN PARA

USO DIDÁCTICO.

1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA

Se ha identificado como una mejora en la educación de la población estudiantil de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad, el apoyar la teoría con la práctica, en el área de laboratorios y talleres, principalmente en aquellos sectores de estudio especializados, en las cuales actualmente hay escasez de dichos recursos didácticos en nuestra Universidad y que tienen una gran aplicación en el ambiente laboral de nuestro país.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

¿Se cuenta realmente con recursos técnicos suficientes y adecuados para la realización de prácticas en refrigeración, enfocado a un cuarto frío, en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica?

Existen sistemas de refrigeración aplicados a los cuartos fríos, en donde las temperaturas internas están muy por debajo de la temperatura exterior, contribuyendo de esta manera al proceso de conservación de diferentes tipos de alimento y/o productos: llámese a estas, carnes rojas y blancas, vegetales, lácteos, medicamentos, etc. Por lo tanto, según su utilización y aplicación necesitan almacenarse a temperaturas específicas cercanas al punto de congelamiento (0 °C)

Por lo antes mencionado; es importante, que la UTLA pueda tener un banco didáctico de cuarto frío, que permita a la población estudiantil enriquecer sus conocimientos prácticos de funcionamiento de un cuarto frío.

1.3 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

¿El Diseño y Construcción de Banco Didáctico de Cuarto Frío para el Área de Laboratorio de Ingeniería Mecánica realmente será un recurso técnico adecuado para la realización de prácticas en refrigeración del Laboratorio de Ingeniería Mecánica en la Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA)?

1.4 JUSTIFICACIÓN

El plan de estudio de Ingeniería Mecánica, contiene materias tales como: Termodinámica, Transferencia de calor y masa, Aire Acondicionado y Refrigeración, estas asignaturas tienen diversas aplicaciones en la industria, de las cuales podemos mencionar el sistema de refrigeración aplicado a un cuarto frío.

Actualmente, la Universidad cuenta con un área específica para la ejecución de dichas prácticas; sin embargo, no posee un banco didáctico específico para la realización de las prácticas de laboratorio, enfocado a cuarto frío.

Es necesario y de gran utilidad, llevar a la práctica los conocimientos adquiridos de las materias antes mencionadas; ya que, al comprobar el funcionamiento, en un banco didáctico de cuarto frío, se desarrollará una mejor comprensión del ciclo de intercambio de energía en forma de calor.

1.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.5.1 DELIMITACIÓN TEÓRICA

El presente proyecto tendrá sus bases constituidas, en el marco teórico de las asignaturas que contiene el pensum de Ingeniería Mecánica; como Termodinámica, Transferencia de Calor y Masa, Aire Acondicionado y Refrigeración.

1.6 ALCANCE Y LIMITACIONES

1.6.1 ALCANCE DEL PROYECTO.

Diseño y fabricación de un módulo de dimensiones y capacidad, para fines didácticos, que permita demostrar el proceso y comprensión de los conocimientos teóricos del sistema de refrigeración, aplicados a un cuarto frío.

Para mejorar el aprendizaje, se elaborarán guías con los procedimientos a desarrollar en las prácticas de laboratorio.

1.6.2 LIMITACIONES

1. El tamaño del cuarto frío, ya que los materiales de los que está construido son especiales y difíciles de conseguir.
2. Escases de equipo y herramientas para la construcción del banco didáctico del cuarto frío.
3. Variación en los precios de materiales y componentes para la construcción del banco didáctico de cuarto frío.
4. Falta de información fiable, respecto a sistema de refrigeración para cuarto frío.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 OBJETIVO GENERAL.

Facilitar el estudio y comprensión de los conceptos teóricos sobre los sistemas de refrigeración, mediante la implementación de un banco didáctico de cuarto frío.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Desarrollar una herramienta útil para la Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA), que permita formar profesionales con conocimientos prácticos y teóricos.
2. Fortalecer los conocimientos teóricos en los estudiantes, a través de manuales que permitan su aprendizaje práctico.
3. Estudiar los elementos que conforman el banco de cuarto frío, así como, su funcionalidad y cómo interactúan entre sí.

CAPITULO II

GENERALIDADES DE LA REFRIGERACION

Y FUNDAMENTOS TERMODINAMICOS.

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS.

Casi todas las evidencias apuntan, a que fueron los chinos los primeros en almacenar hielo y nieve para enfriar vino y otros alimentos. Se han encontrado pruebas de que los sótanos de almacenamiento de hielo se utilizaban en China ya en el año 1000 a.C. Los griegos y los romanos también utilizaban para guardar hielo, almacenes subterráneos, que cubrían con paja, maleza y otros materiales para proporcionar aislamiento y preservar el hielo durante largos periodos de tiempo.

Los antiguos egipcios e indios enfriaban líquidos utilizando jarras de barro poroso. Estas jarras se disponían de modo que circulara sobre ellas el aire seco nocturno y el líquido que rezumaba a través de las paredes porosas de las jarras se evaporaba para proporcionar el enfriamiento. Algunas evidencias apuntan a que se producía hielo mediante la evaporación del agua a través de las paredes de estas jarras, que hacía que se radiara calor hacia el aire nocturno.

En los siglos XVIII Y XIX se cortaba hielo de los lagos y estanques en el invierno, en las zonas septentrionales y se almacenaba bajo tierra para utilizarlo en los meses más cálidos. Parte de este hielo se empaquetaba con serrín y se transportaba hacia las zonas meridionales, con el fin de utilizarlo para preservar los alimentos. A principios del siglo XX, seguía siendo común en los países meridionales cortar hielo en los estanques y almacenarlos en depósitos de hielo a cielo abierto. Este hielo se aislaba mediante serrín y se repartía a las casas y a los comercios.

En 1834, el estadounidense Jacob Perkins desarrolló un sistema de refrigeración cerrado, utilizando el mecanismo de expansión de un líquido y de compresión para producir un efecto de

enfriamiento. Utilizó éter como refrigerante, un compresor operado a mano, un condensador enfriado por agua y un evaporador, para construir un enfriador de líquidos, obteniendo una patente para este sistema en el Reino Unido. Ese mismo año, también en el Reino Unido, L., W. Wright produjo hielo mediante la expansión de aire comprimido. Los aparatos de refrigeración mecánica fueron desarrollados en primer lugar para producir hielo.

Durante el siglo XIX, fueron diseñados otros sistemas de refrigeración en los EEU, en Australia y en Inglaterra. En los años siguientes, se realizaron muchas mejoras en los diseños de los equipos y, en la década de 1930, la refrigeración estaba ya en proceso de ser utilizada ampliamente en las casas y comercios.¹

2.2 ANTECEDENTES TEORICOS.

2.2.1 APLICACIONES DE LA REFRIGERACIÓN.

Es conveniente clasificar las aplicaciones de la refrigeración, en las siguientes categorías:

- a) Doméstico.
- b) Comercial.
- c) Industrial.

La refrigeración doméstica se utiliza en la preparación y conservación de los alimentos, fabricación de hielo y para enfriar bebidas en el hogar.

La refrigeración comercial se utiliza en las tiendas de venta al mayoreo, restaurantes e instituciones.

La refrigeración industrial es necesaria en la industria alimenticia, para el procesamiento, preparación y preservación en gran escala. Aquí se incluye su utilización en las plantas de enfriamiento y congelación de alimentos, cámaras frigoríficas, cervecerías y lecheras, las plantas

¹ William C. Whitman – William M. Johnson, “Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado”, Fundamentos I. Pág. 1

para la fabricación de hielo, refinerías de petróleo y plantas de la industria farmacéutica. Por supuesto, las pistas de patinaje sobre hielo también utilizan la refrigeración.

2.2.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

El circuito básico de refrigeración, consta de cuatro componentes esenciales:

- a) Compresor
- b) Condensador
- c) Elemento de expansión (Válvula de expansión o Tubo capilar)
- d) Evaporador

Estos, se comunican entre sí y dependen precisamente del funcionamiento del otro. A continuación, se presenta una breve descripción, acerca del funcionamiento de cada uno de ellos, en conjunto a su clasificación.

2.2.2.1 COMPRESOR

Figura 1: Compresores



A continuación, encontramos una tabla con la clasificación de compresores, según el tipo y grupo al cual pertenecen:

Tabla 1: Clasificación de compresores²

CLASIFICACIÓN DE COMPRESORES			
Clase	Tipo	Conjunto	Grupo
Desplazamiento volumétrico o positivo	Alternativos	Ordinarios	Verticales, Horizontales y Radiales
		Especiales	Laberinto, pistón seco, electromagnéticos y axiales
	Rotativos (de Tornillo)	Embolo, Paleta, anillo líquido	
	De Membrana		
	De desplazamiento cinético o centrífugo		
	De flujo radial		

El compresor es el encargado de mantener una presión baja en el evaporador, lo cual permite que el líquido refrigerante se evapore a bajas temperaturas, al mismo tiempo que permite mantener una presión alta en el condensador, lo cual aumenta el punto ebullición de este, para facilitar su condensación mediante la liberación de calor a la atmósfera. Los compresores también se pueden dividir en: Herméticos y Semiherméticos.

2.2.2.1.1 COMPRESOR HERMÉTICOS

Tanto el motor como el compresor están dentro de la misma carcasa y es inaccesible. Van enfocados a pequeños equipos de carga crítica.

Figura 2: Compresor hermético



² Traducción de Camilo Botero G. Refrigeración Y Aire Acondicionado, Editorial Prentice/May Internacional. (1997) Pág. 28.

La capacidad de los compresores reciprocantes herméticos utilizados en los cuartos fríos varía desde 1/2 a 20 hp, y se ensamblan para trabajar con refrigerantes HCFC o HFC, y con los aceites minerales, alquilbenceno y POE. Para todos los compresores de refrigeración el sobrecalentamiento debe estar entre 4 y 11 °C (7 a 20 °F), para garantizar su funcionamiento correcto, independientemente de la aplicación y del tamaño. La lectura de la temperatura debe hacerse en la succión del compresor, aproximadamente a 15 centímetros.

En algunos casos el compresor está diseñado con bobinas para voltaje de tres fases, estas se encuentran desplazadas 120° con respecto a la otra, así se obtiene un par de arranque muy elevado, por lo que no se necesitan mecanismos ni dispositivos adicionales para el arranque; comparado con el compresor monofásico, el cual sí necesita de un dispositivo de arranque llamado capacitor.

En este tipo de compresores (reciprocantes) no afecta que se invierta la rotación de los motores. El hecho de que los motores trifásicos puedan utilizar cable de menor diámetro y que por ello sean más reducidos, hace que se utilicen en casi todas las aplicaciones superiores a 1 hp (siempre que se disponga de energía trifásica).

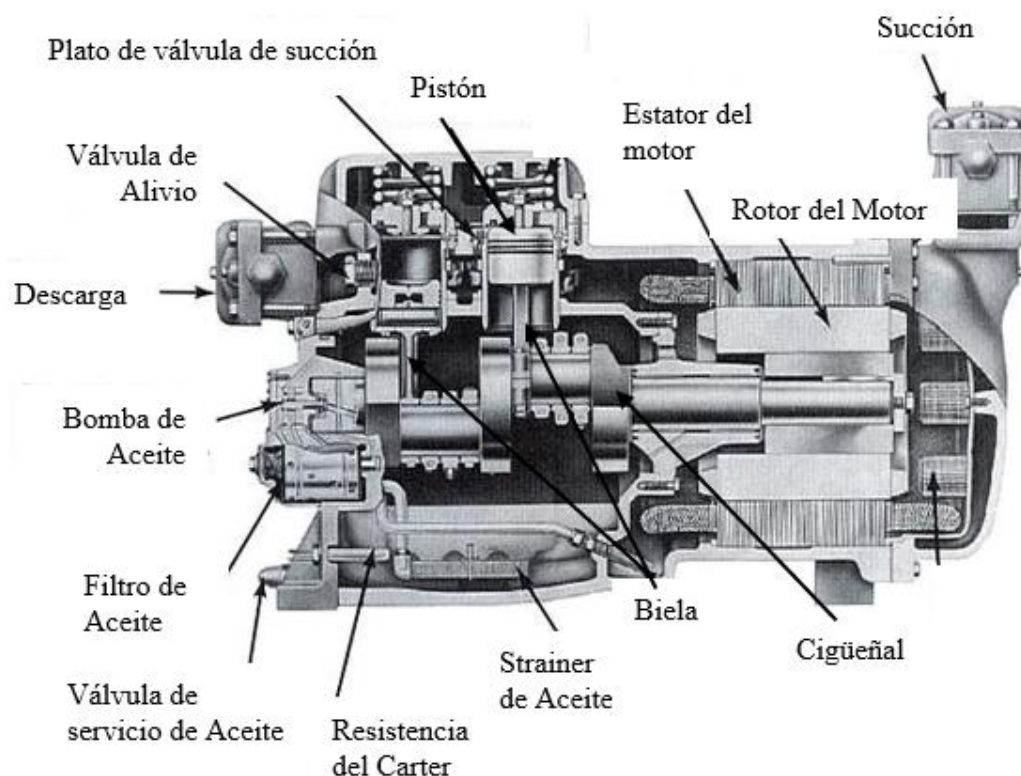
Las cámaras frigoríficas que utilizan compresores herméticos con motor trifásico trabajan con voltaje de 220 en tres líneas de alimentación. Los motores de tres fases, conectados a una fuente de corriente en la cual los voltajes de cada fase están balanceados todo el tiempo, tendrán corrientes idénticas en todas las fases.

La diferencia entre los embobinados de motores modernos es normalmente tan pequeña que los efectos en amperaje son mínimos. Bajo una condición ideal, si los voltajes de las fases fueran

siempre iguales, un protector de motor sencillo en una de las líneas sería una protección adecuada para el motor contra daños debido al paso de un amperaje excesivo. Los voltajes balanceados no siempre se mantienen, por lo cual la corriente en las tres líneas no siempre es igual.

2.2.2.1.2 COMPRESORES SEMI – HERMÉTICOS.

Figura 3: Compresor semihermético.



En la fabricación de los compresores Semiherméticos, el motor y el compresor van incorporados en el mismo cárter unido con tornillos. Este tipo de unidad puede atenderse quitando los tornillos y abriendo el cárter.

1. La unidad está atornillada en los puntos que conducen a la realización del servicio y su consiguiente reparación.

2. El cárter normalmente es de hierro fundido; tiene un alojamiento para atornillar el compresor, que también es de fundición. Por lo general, son más pesados que los compresores con envoltorio de chapa soldada.
3. El conjunto de motor y cigüeñal es similar al del tipo hermético soldado, con la excepción del cigüeñal, que normalmente es de tipo horizontal.
4. Normalmente incorporan un sistema de lubricación por salpicadura en los compresores más pequeños, y de inyección a presión en los de mayor capacidad.
5. Son enfriados por aire, lo que se reconoce por las aletas existentes en el cuerpo de fundición del cárter, o bien por una cubierta extra de metal en su exterior con el fin de darle una mayor superficie al cárter.
6. La cabeza de los pistones se encuentra normalmente en la parte superior del compresor, o cerca de la misma, trabajando hacia arriba y abajo desde el centro del cigüeñal.

El compresor recíproco semihermético de disco (platos de válvula) permite una tolerancia más estricta en el interior de la parte superior del cilindro, en el llamado espacio muerto. Esta tolerancia de cierre aumenta la eficiencia del compresor debido a que reduce su volumen. Estas válvulas de discos tienen mayor diámetro y permiten que pase más refrigerante por el conducto en menos tiempo. Los compresores recíprocos semiherméticos utilizados en cuartos fríos

2.2.2.1.3 COMPRESOR ROTATIVO

Figura 4: Compresor rotativo



Está formado por una excéntrica que va rodando dentro de una cavidad, de manera que va aspirando y comprimiendo gas a la vez.

Este compresor usa un pistón cilíndrico que gira de tal forma que por momentos se aleja del cilindro y en otro se aproxima; esta variación de volumen entre el pistón y la superficie del cilindro succiona y descarga el gas refrigerante que entra al compresor.

No poseen válvulas de admisión circulando del gas siempre en el mismo sentido, admite elevada relación de compresión ya que el aceite lubricante tiene que ser abundante para eliminar el calor producido por la compresión.

2.2.2.1.4 COMPRESOR SCROLL.

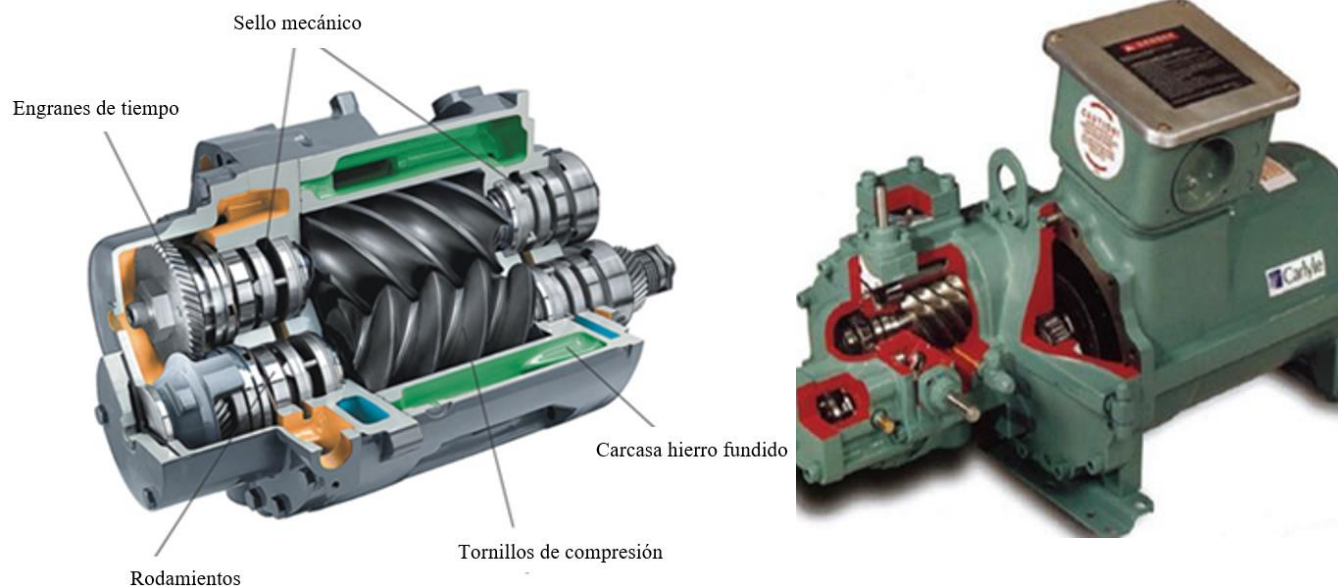
Figura 5: Compresor scroll



Está formado por dos espirales, una fija y otra móvil de manera que la móvil se aproxima paralelamente a la fija. La espiral móvil va aspirando el gas y lo comprime contra la otra espiral. Igual que el rotativo el scroll va comprimiendo y aspirando continuamente. Admite golpes de líquido, tiene bajo nivel sonoro y de vibraciones, tiene bajo par de arranque y se utiliza generalmente en aire acondicionado.

2.2.2.1.5 COMPRESOR DE TORNILLO.

Figura 6: Compresor de tornillo



En cuanto a la lubricación, el aceite va en la parte de alta, el circuito de aceite se pone en marcha antes que el compresor, para que suba la temperatura. Este se inyecta por los rodamientos, prensa y otras partes móviles y se recomienda cambiar cada 3000 horas de funcionamiento.

Son bastante ruidosos y aceptan retornos de líquido, la temperatura máxima de descarga son 100 °C, funcionan las 24 horas del día y el mantenimiento más común es el cambio de rodamientos.

Estos compresores se emplean en grandes sistemas. Los refrigerantes que se emplean pueden ser R-134^a, R-22, mezclas azeotrópicas o mezclas zeotrópicas. Las presiones de trabajo, tanto en los lados de alta como de baja presión del sistema, son las mismas que en los compresores de acción recíproca.

En general, para cualquier tipo de compresor, algunos de los cuidados esenciales que se deben tener en cuenta, son:

- Consumo energético - Nivel de ruido. - Nivel de seguridad. - Ubicación.

2.2.2.2 CONDENSADOR.

A continuación, encontramos una tabla con la clasificación para condensadores, según el tipo y grupo al cual pertenecen:

Tabla 2: Clasificación de condensadores³

CLASIFICACION DE LOS CONDENSADORES		
CLASE	TIPO	GRUPO
Atmosférico	De aire	Circulación natural
		Circulación forzada de aire
	De agua	De inmersión
		De doble tubo a contracorriente
		Multitubulares
De calor latente	Atmosférico	Multitubulares Verticales
		De lluvia
		De lluvia a contracorriente
	Evaporación forzada	Condensadores evaporativos

Básicamente es un intercambiador donde el calor absorbido por el refrigerante durante su paso por el evaporador, es cedido al medio de condensación. Se puede dividir en dos tipos;

³ Traducción de Camilo Botero G. Refrigeración Y Aire Acondicionado, Editorial Prentice/May Internacional. (1997).

condensadores de aire y de agua, esta división se da por el tipo de proceso que llevan a cabo para la transferencia de calor entre el refrigerante y el ambiente para la condensación del mismo a alta temperatura.

2.2.2.2.1 CONDENSADORES ENFRIADOS POR AIRE

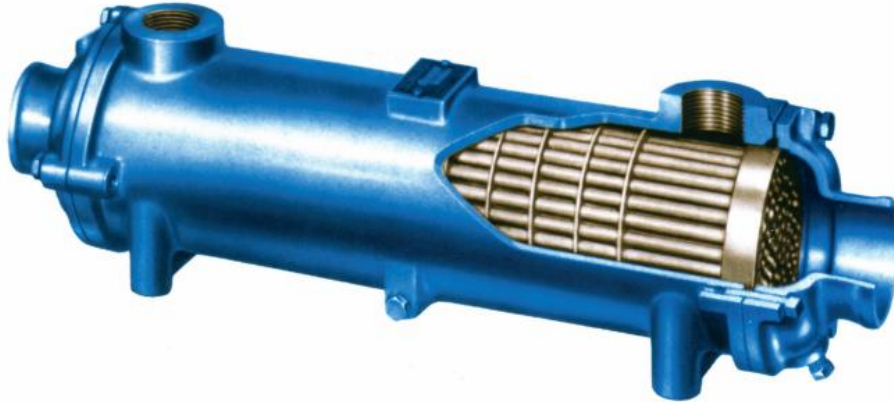
Figura 7: Condensador enfriado por aire



Comúnmente usado en nuestro medio, tubo con aletas, las cuales disipan el calor al ambiente, normalmente por la fuerza ejercida por el aire forzado que pasa a través de los espacios entre aletas. Fáciles de instalar, baratos, y no tienen peligro de congelación, puede ser utilizado en cualquier tipo de clima, después de estar seguros de tener un buen flujo de aire.

2.2.2.2.2 CONDENSADORES ENFRIADOS POR AGUA.

Figura 8: Condensador enfriado por agua



Unas de las ventajas de este tipo de sistemas, es tener un mejor control de la presión de descarga y manejar una presión de condensación más baja, equipos muy compactos, gracias a las excelentes características de transferencia de calor que posee el agua

2.2.2.3 ELEMENTO DE EXPANSIÓN.

La misión de los elementos de expansión es la de controlar el paso de refrigerante y separar la parte de alta con la de baja, los diferentes tipos de elementos de expansión son:

- Tubo capilar.
- Válvula de expansión termostática.
- Válvula de expansión automática.
- Válvula manual.
- Válvula de flotador en alta presión.
- Válvula de flotador en baja presión.
- Válvula electrónica.

2.2.2.3.1 TUBOS CAPILARES

Los tubos capilares se utilizan habitualmente como elementos de expansión en pequeñas instalaciones por las siguientes razones:

- a) Facilidad de instalación.
- b) Bajo costo.
- c) Fiabilidad, no hay piezas en movimiento.
- d) Permiten la utilización de compresores de bajo par de arranque por el buen equilibrio de presiones.
- e) Cuando el refrigerante líquido entra en el tubo capilar, se produce una estrangulación, (aumenta la velocidad y disminuye la presión) debido a esto parte del líquido se evapora al disminuir la presión. Para evitar que se evapore todo el líquido antes de entrar al evaporador, se suele soldar junto con la línea de aspiración para evitar que robe calor del exterior.

Al parar el compresor todo el refrigerante pasa al evaporador al no haber nada que lo impida gracias a la diferencia de presiones, por esta razón no se puede utilizar recipientes en instalaciones con tubo capilar y hay que tener cuidado al dimensionar el filtro ya que este podría hacer de recipiente. Al estar las presiones igualadas, el motor arranca sin muchos esfuerzos. El tubo está calibrado, la potencia frigorífica está en función del diámetro y la longitud del tubo.

2.2.2.3.2 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS

Las válvulas de expansión termostáticas están formadas por:

Bulbo: Es un elemento cargado con el mismo refrigerante que hay que controlar. La presión que ejerce este refrigerante depende de la temperatura al final del evaporador y actúa sobre el orificio

librado de la válvula. Tornillo de recalentamiento, va ajustado de fábrica con 4°C (respecto la presión de baja), la presión que ejercemos con el tornillo contrarresta la presión del bulbo.

Al mismo tiempo, las válvulas de expansión termostática se pueden dividir en:

- Regulación Interna
- Regulación Externa

A continuación, se muestra una válvula de expansión termostática:

Figura 9: Válvula de expansión



2.2.2.3.3 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA CON COMPENSACIÓN INTERNA.

Una vez entra el refrigerante en el evaporador va absorbiendo calor del medio a enfriar y se va evaporando. Hasta el momento que no llegue líquido al bulbo y lo enfríe la válvula de expansión no cerrará.

Cuando se consigue enfriar el bulbo y el recalentamiento es de 4°C, se empieza a cerrar la válvula. Una vez cerrada la válvula, aumenta el recalentamiento y por lo tanto la presión del bulbo vuelve a abrir la válvula.

Este tipo de válvulas no son recomendables para evaporadores donde existan grandes pérdidas de presión. Cuando las pérdidas de carga en el evaporador son considerables, se emplean válvulas de expansión de compensación externa. Estas, a diferencia de las anteriores, toman la presión de baja, al final del evaporador justo detrás del bulbo, de esta manera, aunque existan pérdidas de carga la presión de baja es más exacta.

2.2.2.3.4 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICAS DE COMPENSACIÓN EXTERNA.

Es función de este elemento, que el refrigerante líquido que viene del condensador a alta presión, se mantenga en este estado y que, al pasar por este, disminuya su presión, al tiempo que se regula su paso para compensar la cantidad del mismo que se va evaporando en el evaporador.

2.2.2.4 EVAPORADOR

Figura 10: Evaporador⁴



⁴ R., J. L. (2020). *Como Funciona*. Obtenido de <https://como-funciona.co/un-evaporador/>

El evaporador es un sistema que tiene por función la transferencia de energía térmica, realizando dicha transferencia desde el sistema o medio a enfriar hacia un refrigerante.

El calor siempre se transfiere desde el material de más temperatura al de menos, por lo que el fluido refrigerante es quien recibe esta energía. Generalmente se evapora al sufrir este intercambio calórico y energético bruscamente, lo que le da el nombre de evaporadores a estos sistemas.

Dependiendo el tipo de evaporador, sus funciones serán:

- Enfriar pieza o zona: reducir el incremento de la temperatura y función correctamente.
- Eliminar calor de la zona: para sistemas de refrigeración, al necesitar eliminar calor del área y poder así enfriar más rápidamente.

Los usos del evaporador son variados, ya que, en varios procesos y operaciones de todo tipo en la industria, la ingeniería, química, medicina y producción, requieren de estos objetos.

Su uso es para la refrigeración de espacios o sustancias, dependiendo del tamaño de ellos. Los ejemplos con los que tenemos contacto en nuestra vida diaria son los evaporadores encontrados en heladeras, cámaras frigoríficas y aires acondicionados, sistemas de calefacción central (en forma de bombas de calor), etc.

Los evaporadores funcionan mediante el principio de entalpia, el cual se rige con que la energía, en este caso la térmica, pasará como flujo sensible del cuerpo en mayor temperatura al de menor, que sería el refrigerante para los evaporadores.

El refrigerante pasa súbitamente de su estado líquido a vapor, conteniendo en su interior la energía, que es mayor a la del diferencial de entalpia transmitido por la rapidez de su calentamiento.

Durante la expansión del refrigerante al estado de vapor, la energía va en aumento, al igual que la presión del vapor generado en el evaporador. Con el paso del tiempo, esta presión descenderá a medida que el refrigerante libere suavemente su energía, lo cual conducirá a un descenso de temperatura.

2.2.2.4.1 TIPOS DE EVAPORADORES

Los evaporadores se pueden dividir según la fuente de alimentación del refrigerante, según cómo se hayan construido o si son para enfriamiento de sustancias líquidas.

- **Evaporadores inundados:** En este caso el refrigerante se utiliza en forma líquida, inundando el lugar que contenga el intercambiador a enfriar, aumentando la efectividad del proceso, ya que tienen transferencia de calor en toda la superficie.
- **Evaporadores de expansión directa:** El proceso de evaporación del refrigerante sucede mediante su recorrido por una evaporadora, lo que hace que se encuentre en un punto intermedio con el material a refrigerar.

Según su construcción:

- **Evaporadores Aleteados:** Consisten en serpentines descubiertos, realizados en tubos, que contienen placas o aletas metálicas que realizan la transferencia de calor para la evaporación.

- **Evaporadores de tubo descubierto:** Son contruidos para su uso en tuberías de acero o cobre, su uso es limitado a grandes evaporadores o si se usa amoniaco como refrigerante.
- **Evaporadores de superficie de placa:** Se conforman de dos placas asimétricas y acanaladas, soldadas de manera hermética entre ellas. En el espacio entre las dos placas es por donde fluye el refrigerante en estado gaseoso.

2.2.3 COMPONENTES DE RELEVO Y CONTROL

Los componentes adicionales de un sistema de refrigeración, se pueden enumerar en dos grupos, los que sirven como elementos y dispositivos de protección y control, además de los elementos de automatización, a continuación, se presentan dos tablas con los componentes a los cuales se atribuyen esta categorización:

Tabla 3: Dispositivos de control.⁵

DISPOSITIVOS DE CONTROL	
Bobina Solenoide	Es la encargada entre otras funciones de cuidar el compresor en caso de retorno de liquido
Capacitor de arranque	Dispositivo que almacena carga eléctrica durante el arranque del motor, con el fin de empujarlo para evitar que se pegue durante este.
Capacitor marcha	Dispositivo para regular la carga eléctrica durante el tiempo funcionamiento del motor y/o compresor.
Contactador	Se recomienda los sistemas de control y potencia eléctrica de un cuarto frío se trabajen por separado, es aquí entonces donde este dispositivo, maneja el encendido y apagado de las máquinas.
Relé de potencial	Utilizado para abrir y cerrar circuitos de potencia eléctrica.
Termostato	Dispositivo que cierra o abre un circuito en función de la temperatura, normalmente va ligado al control de temperatura del cuarto frío.

⁵ Adrián Felipe Rendón Marín, Procedimientos de Mantenimiento para Sistemas de Refrigeración en Cuartos Fríos, 2014 Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Ingeniería Mecánica, Colombia.

2.2.4 TIPOS DE REFRIGERANTES

Como refrigerante se entiende todo aquel fluido que se utiliza para transmitir el calor en un sistema frigorífico y que absorbe el calor a bajas temperaturas y presión, y lo cede a temperaturas y presión más elevada, generalmente con cambios de estado fluido.

Existen muchos tipos de refrigerantes, algunos de ellos se usan en forma habitual. En las primeras instalaciones de refrigeración se empleaban, por lo general, amoníaco, bióxido de azufre, propano, etano y cloruro de etilo, los cuales aún se usan en algunas aplicaciones. Sin embargo, debido a que estas sustancias son tóxicas, peligrosas o tienen características no deseadas, han sido reemplazadas por otras creadas especialmente para usarse en refrigeración.

En trabajos a temperaturas media, baja, o en instalaciones con grandes compresores centrífugos, se usan refrigerantes especiales, pero en equipo de refrigeración para cámaras frigoríficas, se pueden utilizar refrigerantes con clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos, mezclas zeotrópicas, mezclas azeotrópicas o hidrofluorocarbonos.

Muchos refrigerantes que se usan en la actualidad contienen carbono, flúor, cloro y, en algunos casos, hidrógeno. La excepción son el amoníaco y los HFC (hidrofluorocarbonos).

Los Clorofluorocarbonos (CFC).

Como su nombre lo indica, los clorofluorocarbonos (CFC) consisten en cloro, flúor y carbono. Como no contienen hidrógeno, los refrigerantes CFC son químicamente muy estables, inclusive cuando se liberan a la atmósfera, pero como contienen cloro en su composición están dañando la

capa de ozono. Permanecen en la atmósfera de 60 a 1700 años. En la actualidad, quizás algunas cámaras frigoríficas están trabajando con refrigerante 12 (R-12) o refrigerante 502 (R-502).

El Hidroclorofluorocarbonos (HCFC).

Los refrigerantes hidroclorofluorocarbonos (HCFC) son la segunda categoría que está vigente actualmente. Aunque contienen cloro, que daña la capa de ozono, los refrigerantes HCFC también contienen hidrógeno, que los hace químicamente menos estables una vez que suben a la atmósfera. En países en desarrollo está permitido su uso hasta el año 2040.

El R-22 es un ejemplo de un refrigerante HCFC que se ha utilizado en todo el mundo por muchos años. En la actualidad existen muchas cámaras frigoríficas que están trabajando con este refrigerante, debido a sus características a bajas temperaturas de evaporación.

Mezclas Zeotrópicas.

Se identifican por un número de tres cifras que comienza con el número 4, seguido de una letra mayúscula para diferenciar diversas proporciones de mezcla.

as forman dos o más sustancias simples o puras, que al mezclarse en las cantidades preestablecidas generan una nueva sustancia, la cual tiene temperaturas de ebullición y condensación variables. Para estas mezclas se define el punto de burbuja como la temperatura a la cual se inicia la evaporación, y el punto de rocío como la temperatura a la cual se inicia la condensación. También se requiere definir otras características, como el fraccionamiento, que es el cambio en la composición de la mezcla cuando ésta cambia de líquido a vapor (evaporación) o de vapor a líquido (condensación), y el deslizamiento de la temperatura, que es el cambio de temperatura durante la evaporación debido al fraccionamiento de la mezcla.

Ejemplos: R-404A, R-407C, R-401A, R-401B o R-409A.

Mezclas Azeotrópicas.

Así se denominan las mezclas de dos o más componentes de diferente volatilidad, las cuales, al utilizarlas en un sistema de refrigeración, no cambian su composición ni su temperatura de saturación al hervir en el evaporador, o se condensan a una presión constante. La composición del líquido es la misma que la del vapor. Las mezclas azeotrópicas pueden inclusive destilarse, sin que cambie su composición. El prefijo a antes de la palabra zeótropo es de raíz latina y significa una negación, por lo que la palabra azeótropo se puede interpretar como que “no cambia al hervir”. Al combinar los componentes, la mezcla resultante se comporta en muchas maneras como si fuera un solo refrigerante puro, con una sola temperatura de saturación correspondiente a una presión dada. A las mezclas azeotrópicas que se comercialicen deberá asignárseles un número de identificación progresiva de la serie 500. El refrigerante de mezcla azeotrópicas más empleado en cámaras frigoríficas es el R-507.

Hidrofluorocarbonos (HFC).

Éstos son sustancias que contienen hidrógeno, flúor y carbono. No contienen cloro y por consiguiente no dañan la capa de ozono; su PAO es igual a cero. El HFC de uso habitual en nuestro país es el R-134A. Este refrigerante ha sido seleccionado como el refrigerante alternativo para reemplazar al CFC-12 o al R-12 en cámaras frigoríficas para temperatura media.

2.2.5 CALOR Y TEMPERATURA

El calor se puede definir como forma de energía que es transferida de un cuerpo a otro debido a una diferencia en la temperatura.⁶

El calor solo puede fluir en forma natural de una temperatura más alta a una más baja, "en descenso", por así decirlo, por supuesto, si no hay diferencia de temperatura, no hay flujo de calor. La refrigeración es simplemente un caso especial en la transferencia de calor; es la transferencia o remoción de calor de un cuerpo para llevarlo a una temperatura deseada más baja, o para mantenerlo a una baja temperatura. Por supuesto, que debe haber otro cuerpo a una temperatura todavía más baja al que se pueda transferir el calor. Esta condición es la que origina la necesidad de métodos de refrigeración mecánica.

La transferencia de calor es el estudio de la manera como fluye el calor, de los procedimientos para calcular el régimen de transferencia de calor, lo cual es de vital importancia en la refrigeración.

Un fluido a una temperatura más elevada tiene una menor densidad, por ejemplo, en un condensador de convección natural enfriado por aire, el refrigerante caliente eleva la temperatura del aire ambiente cercano al condensador. Este aire, que ahora está más caliente que el aire más apartado, se eleva conduciendo calor. Entonces, el aire más frío fluye para ocupar su lugar.

Una unidad que se utiliza comúnmente para medir el calor es el BTU (Unidad térmica británica).

La unidad patrón SI para el calor es el joule. Como se observará, también es la unidad SI para el trabajo. Debido a que el trabajo y el calor constituyen ambas formas de la misma entidad física,

⁶ Edwar G. Pita, "Principio y Sistemas de Refrigeración", Primera Edición (1991), México, D.F. Editorial Limusa. Pág. 28.

la energía, es posible medirlos con las mismas unidades. En efecto, con frecuencia se ve que el trabajo, una forma de energía, se convierte en otra forma de energía, el calor, mediante la fricción. Se tiene como ejemplo común el trabajo efectuado por las llantas de un coche al rodar sobre el pavimento, las cuales se calientan debido a la fricción que se origina.

El hecho de que el joule sea la unidad utilizada para todas las formas de energía, y el kilowatt se utilice para todas las formas de estimación de potencia en el sistema ordinario SI, simplifica los cálculos. No obstante, en los países que utilizan el sistema métrico, comúnmente se usa todavía la caloría (cal) y la kilocaloría (Kcal), tratándose de la energía calorífica, en los cálculos de refrigeración.

La unidad escalar utilizada en los Estados Unidos para medir la temperatura es el grado Fahrenheit °F. En la escala correspondiente, el punto de ebullición del agua es 212 °F y el punto de congelación es 32°F a la presión atmosférica a nivel del mar. En el sistema métrico de unidades se utiliza el grado Celsius °C, en el que el punto de ebullición del agua es de 100 °C y el punto de congelación es 0°C, a la presión atmosférica al nivel del mar.

2.2.6 ENTALPÍA

Ya se ha establecido que la energía se puede clasificar como energía en flujo y energía almacenada. La energía total almacenada en un cuerpo incluye varios tipos.

Por ejemplo, se entiende que un cuerpo posee energía química almacenada, puesto que se sabe por experiencia que esta energía puede ser liberada de ciertas sustancias mediante la combustión. Entre otras formas de energía almacenada, se tienen la energía cinética y la potencial.

La energía cinética es la energía almacenada en un cuerpo debido a su movimiento o velocidad. La energía potencial es la energía almacenada en un cuerpo debido a su posición o elevación. Los cuerpos poseen además energía adicional debido a su temperatura y presión. Se sabe que un gas que está a una presión elevada tiene energía. A esta energía almacenada por la temperatura y la presión se le llama entalpía (H).

Es común en la industria de la refrigeración utilizar la frase contenido de calor con el mismo significado que tiene la palabra entalpía, Estrictamente hablando, el calor es una forma de energía que entra o sale de un cuerpo, y la entalpía o contenido de calor es una forma de energía almacenada en un cuerpo. Siendo como es una forma de energía, la entalpía también se puede medir en Btu o Joule.

La entalpía específica (h.) es la entalpía por unidad de masa de una sustancia, expresada en Btu por libra en las unidades U.S., y Joule por kilogramo en las unidades SI. Es importante distinguir entre temperatura y entalpía (contenido de calor). La temperatura es una medida del nivel térmico de un cuerpo. Cuando se agrega calor a un cuerpo, se eleva su temperatura, pero la entalpía total o contenido de calor de un cuerpo depende de la masa del mismo, así como de su temperatura.

2.2.7 LÍQUIDOS, VAPORES Y CAMBIO DE ESTADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

En los sistemas de refrigeración únicamente haremos referencia a tres diferentes estados llamados asimismo fases: solido, líquido o vapor (gas). Los fenómenos que tienen lugar cuando una sustancia cambia de estado, el agua en estado líquido cambia al estado gaseoso o de vapor (vapor de agua), a este proceso se le llama ebullición, se trata de una evaporación rápida, a medida que se agrega calor, no tiene lugar ningún número adicional de temperatura, mientras quede algo de líquido.

El proceso de ebullición y la dependencia de la temperatura del punto de ebullición con respecto a la presión circundante, puede explicarse haciendo referencia a la teoría molecular (cinética) de los líquidos y los gases. Toda la materia está compuesta de partículas llamadas moléculas. Las moléculas de una sustancia están en constantemente movimiento; existen, asimismo, fuerzas que motivan atracciones mutuas. Mientras más cerca estén entre si las moléculas, mayores son las fuerzas de atracción.

Cuando una sustancia se encuentra en estado líquido, las moléculas están más cercanas entre sí que cuando está en estado gaseoso, y por consiguiente las fuerzas de atracción son mayores. Así mismo, las moléculas en estado gaseoso se mueven con mayor rapidez que las moléculas en estado líquido, y poseen por lo tanto mayor energía, esta es la razón por la que se requiere calor para hacer hervir un líquido. Se requiere energía térmica para vencer las fuerzas de atracción que mantienen a las moléculas relativamente cercanas entre sí, de manera que se separen a un más y cambien su estado al de un gas.

Es muy importante tener en cuenta lo que sucede, si la presión ejercida por un gas sobre un líquido, se reduce a un valor inferior al de la presión del vapor ejercida por el líquido. En este caso, el líquido entra súbitamente en ebullición debido a que la presión circundante es ahora menor que la presión del vapor ejercida por el líquido. La energía de las moléculas es lo suficientemente grande para vencer la reducida resistencia, y escapan rápidamente. Esta situación enfría el líquido remanente, puesto que se extrae energía. Así, se obtiene la ebullición mediante una disminución de la presión.

2.2.8 CONDICIÓN SATURADA, SUBENFRIADA Y SOBRECALENTADA.

La condición de presión y temperatura a la cual tiene lugar la ebullición, se conoce como la condición saturada, y el punto de ebullición se conoce técnicamente como la temperatura de saturación y presión de saturación.

La sustancia (en este caso el refrigerante) puede existir como líquido, vapor o una mezcla de ambas, en la condición saturada, podemos decir que existe, líquido saturado y vapor saturado.

El vapor saturado, es vapor a la temperatura de ebullición; igualmente el líquido saturado es líquido a la temperatura de ebullición.

Cuando la temperatura del vapor es superior a su temperatura de saturación (punto de ebullición), se llama vapor sobrecalentado.

Cuando la temperatura del líquido es inferior a su temperatura de saturación, se llama líquido subenfriado.

Debe observarse, que una sustancia puede existir como un líquido subenfriado o un vapor sobrecalentado, a muchas temperaturas con una presión dada, pero solo puede existir como un líquido o vapor saturado a una sola temperatura con una presión dada.

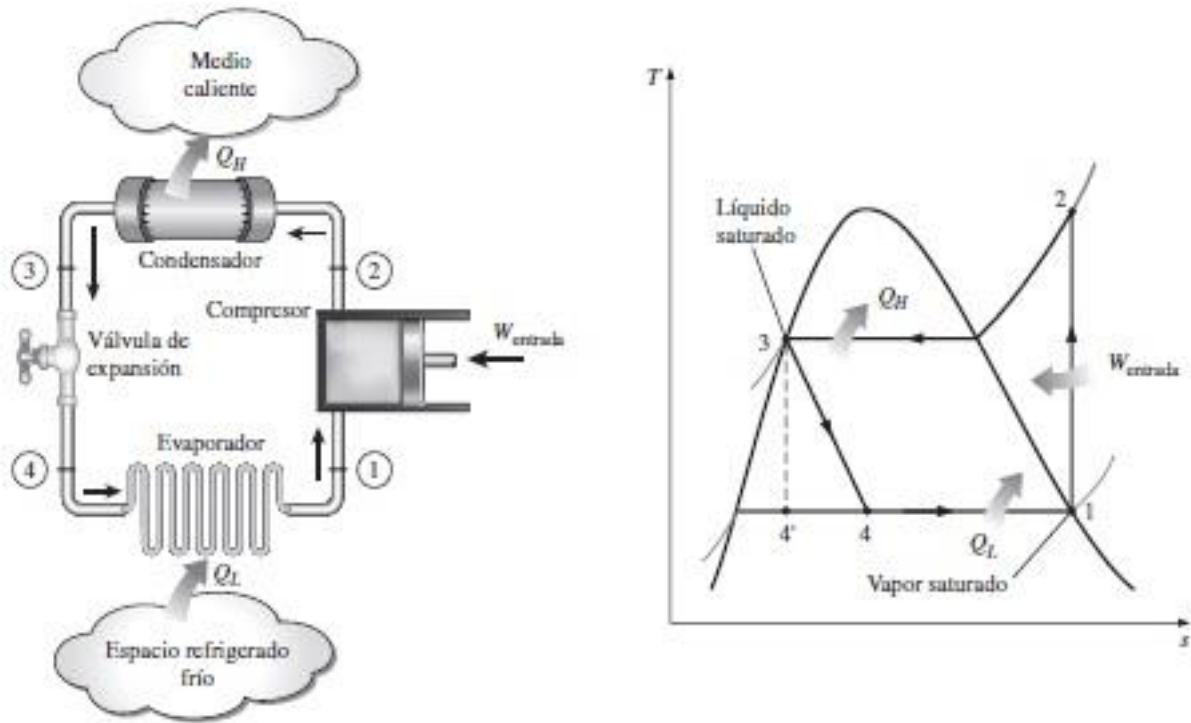
2.2.9 CALOR SENSIBLE Y CALOR LATENTE

Cuando el calor agregado o extraído de una sustancia resulta en un cambio de temperatura y ningún cambio de estado, se tiene entonces que al cambio de entalpía en la sustancia se le llama cambio de calor sensible.

El calor agregado o removido de una sustancia resulta en un cambio de estado (a temperatura constante), entonces al cambio de entalpía en la sustancia se le llama cambio de calor latente. Al aumento de entalpía, al efectuarse el cambio de líquido a vapor, se le llama calor latente de vaporización. Al efecto opuesto, o sea la disminución de entalpía al efectuarse el cambio de vapor a líquido, se le llama calor latente de condensación. Es igual al calor latente de vaporización.

2.2.10 CICLO DE REFRIGERACIÓN

Figura 11: Ciclo de refrigeración.



En el ciclo de refrigeración circula un refrigerante cuya función es la de reducir o mantener la temperatura de un determinado ambiente por debajo de la temperatura del entorno. Para ello, se debe extraer calor del espacio que deseamos refrigerar y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior que pasa por diversos estados o condiciones. Cada uno de estos cambios se denomina “procesos”⁷.

El refrigerante comienza en un estado o condición inicial, pasa por una serie de procesos según una secuencia definida y vuelve a su condición inicial. El conjunto de esta serie de procesos se

⁷ José Roldán Viloria, Necesidades Energéticas y Propuestas de Instalaciones Solares, 2011 Ediciones Paraninfo. Pág. 103.

denomina "ciclo de refrigeración". El ciclo de refrigeración simple se compone de cuatro procesos fundamentales.

2.2.10.1 EVAPORACIÓN.

Se transfiere calor (absorbe) de la región fría al refrigerante, que experimenta un cambio de fase a temperatura constante.

Para que la transferencia de calor sea efectiva, la temperatura de saturación del refrigerante debe ser menor que la temperatura de la región fría.

En el evaporador (dentro de la unidad interior), el líquido se evapora, cediendo frío al aire del local a climatizar (impulsado por un ventilador). Todo el refrigerante se evapora en el evaporador y como resultado se obtiene gas.

2.2.10.2 COMPRESIÓN.

El refrigerante se condensa al ceder calor a una corriente externa al ciclo. El agua y el aire atmosférico son las sustancias habituales utilizadas para extraer calor del condensador. Para conseguir que se transfiera calor, la temperatura de saturación del refrigerante debe ser mayor que las temperaturas de las corrientes atmosféricas y retorna en fase de gas al compresor para luego comprimir el gas. Esta operación se efectúa en el compresor obteniendo gas a alta presión y temperatura.

2.2.10.3 CONDENSACIÓN

El vapor a alta presión circula a través del condensador. Se evacua el calor al exterior y se obtiene el refrigerante en estado líquido.

2.2.10.4 EXPANSIÓN

Al principio, el refrigerante está en estado líquido en la unidad exterior a alta presión. Es necesario enviarlo a la unidad interior y, para conseguir el efecto de refrigeración, se manda a través de un elemento de expansión. Con ello se consiguen dos cosas: reducir la presión y la temperatura del líquido, este refrigerante se transforma en rocío al salir de la válvula de expansión. Se convierte en un ciclo cerrado.

CAPITULO III

APLICACIONES Y ELEMENTOS DE

REFRIGERACION PARA SISTEMA DE

CUARTO FRIO

3.1 APLICACIONES DE CUARTO FRIO.

3.1.1 CUARTO FRIO PARA CONSERVACION.

Para usos futuros de este documento, nos referiremos a cuarto frio como C.F.

Este tipo de unidades frigoríficas están diseñadas para funcionar a media temperatura, esto quiere decir que no deben de llegar al punto de congelamiento (0 °C), ya que deben de permanecer a una temperatura interna de entre 1° Y 15° grados Celsius. Podemos darnos cuenta que el rango de temperatura es bastante amplio, por lo consiguiente logramos obtener una gran variedad de productos a conservar en este tipo de C.F.

Dentro de los productos a conservar podemos mencionar: farmacéuticos, frutas, verduras, lácteos, embutidos, pastelería, carnes rojas y blancas.

⁸La demanda de alimentos es cada vez más grande en todo el mundo debido a la creciente densidad de población, ello representa un gran reto de producción y al mismo tiempo, de almacenamiento y conservación de los productos, por ello contar con un cuarto frío es vital para el ser humano ya que los productos como frutas, verduras y carne procesada bajo temperaturas que garantizan su buena conservación.

3.1.1.1 TIPO DE REFRIGERANTE PARA CUARTO FRIO DE CONSERVACION.

Las unidades de enfriamiento están normalizadas por la **ASHRAE**, por sus siglas en ingles American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

⁸ <https://www.xn--cuartosfros-wcb.com/cuarto-frio/>

Los fabricantes de unidades de enfriamiento poseen una gama de diferentes equipos a instalar según sea la necesidad y aplicaciones, cabe mencionar que el tipo de refrigerante esta adecuado para cada sistema, según la temperatura que se desea alcanzar en el recinto del C.F.

Entre los refrigerantes más utilizados estaba el R-22, para los sistemas de refrigeración en C.F. pero debido a su composición (ver pag. 34-35), paulatinamente se redujo su uso.

3.1.2 CUARTO FRIO PARA CONGELAMIENTO

Las unidades de C.F. para congelamiento están diseñadas para un rango de operación que comprende desde los 0°C hasta -30 °C. Dicha temperatura se debe a que en el interior del C.F generalmente contienen mariscos, carnes rojas y blancas; en su mayoría sin cocinar.

3.2 COMPONENTES PARA SISTEMA DE CUARTO FRIO.

Por lo general un C.F. está compuesto básicamente por:

Tabla 4: componentes de cuarto frio

Condensador	Presostato o Switch de Presión
Válvula de Expansión	Termómetro
Motores para Ventilación	Cortinas frigoríficas
Válvula Solenoide	Panel poliuretano
Termostato	Tablero eléctrico de protección
Visor de Liquido	Retardador de deshielo
Filtro secador o deshidratador	

Los componentes en la tabla anterior mencionados, serán debidamente detallados a continuación, para aplicaciones de C.F.

3.2.1 CONDENSADOR

Figura 12: Ciclo de refrigeración



Los condensadores son esenciales, ya que remueven el sobrecalentamiento del refrigerante producido por el compresor, y así condensan el refrigerante para otro ciclo a través del sistema, las capacidades nominales de cada condensador, brindada por fabricante, se expresan en HP. (Horse Power).

Toda energía absorbida por el sistema de refrigeración, más el calor equivalente de la energía mecánica requerida para hacer funcionar el sistema, deben eliminarse por el condensador. El condensador es el punto final que evacúa el calor del sistema de refrigeración por medio de uno o más ventiladores según su capacidad y diseño.

Para el diseño de esta Tesis de grado, se utilizará un condensador con una capacidad de $\frac{1}{2}$ HP, los cálculos y por menores serán mostrados en el capítulo IV.

3.2.2 VALVULA DE EXPANSION

Figura 13: Válvula de expansión



⁹La válvula de expansión debe realizar dos funciones en un sistema de compresión de vapor.

a). Debe regular el flujo del refrigerante líquido que se alimenta al evaporador, según sea la demanda.

b). Debe crear una caída de presión, desde el lado de alta al lado de baja del sistema.

Esta caída de presión expande el refrigerante que fluye, haciendo que una pequeña cantidad se evapore, de manera que se enfríe hasta la temperatura de evaporación.

⁹ Tesis de grado Halan Eduardo González Ruiz, diseño de un cuarto frío para la preservación de vegetales para la empresa San Juan Agroexport, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2011

3.2.3 EVAPORADOR.

Figura 14: Evaporador



El evaporador es la parte del sistema de refrigeración en la que el refrigerante pasa de líquido a vapor, mediante el proceso de evaporación.

El nombre de este elemento lo adopta por el cambio que se produce en el refrigerante al recibir la energía, tras una brusca expansión, que le hace reducir la temperatura. Mientras se realiza el proceso de evaporación, este fluido pasa de estado líquido a gaseoso.

Para poder elegir el evaporador más adecuado en cada caso hay que tener en cuenta aspectos básicos como, el refrigerante que se va a utilizar, el almacenamiento de la mercancía o el uso de la estancia a refrigerar, la manera en que debe circular el aire, la potencia requerida, los ventiladores a instalar, la separación de aleta adecuada, el diámetro de hélice, la medida de la cámara, la altura de la misma, el flujo de aire requerido, la flecha a realizar en el lanzamiento del aire, y muchos más aspectos que nos darán un elevado nivel de acierto en cada decisión.

Si bien, de manera generalizada, los evaporadores más utilizados son los de convección forzada, debe tenerse en cuenta factores como el material con el que están contruidos, tuberías de cobre y aletas de aluminio.

Es muy importante conocer las características adimensionales del evaporador a instalar, para lograr adecuar la unidad, de la mejor manera posible dentro del C.F. y lograr un enfriamiento uniforme dentro de todo el recinto. Todos los datos son brindados por el fabricante, para tener una clara especificación de cada modelo y capacidad.

3.2.4 MOTORES DE VENTILACION

Figura 15: Motor Ventilador



Los motores para ventilación están contruidos de manera tal, que el aire proveniente de los álabes de la hélice circule por las cavidades de la carcasa del motor, de esta manera contribuir al enfriamiento del mismo. Este tipo de motores de ventilación se les conoce como: abiertos.

Las capacidades de este tipo singular de motores vienen dadas en HP fraccionarios, y el desmontaje y montaje es muy factible realizarlo, ya que su estructura física de acople, están diseñados para reducir los tiempos de sustituciones. La marca A.O. SMITH es una de las más comercializadas en nuestro medio actual.

3.2.5 VÁLVULA SOLENOIDE

Figura 16: Válvula Solenoide



¹⁰En la mayoría de las aplicaciones de refrigeración es necesario iniciar o detener el flujo en un circuito de refrigerante para controlar automáticamente el fluido en el sistema; para ello, se utiliza una válvula solenoide operada de manera eléctrica, cuya función principal es controlar el paso del gas refrigerante. Una de sus mayores ventajas es que se puede instalar en lugares remotos y controlar a través de interruptores eléctricos simples.

La válvula se controla variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina), la cual, al circular por el solenoide, genera un campo magnético que atrae un émbolo móvil; al finalizar el efecto del campo magnético, el émbolo vuelve a su posición por efecto de la gravedad o por presión del fluido a controlar.

En cuanto a la apertura o cierre de la válvula, ésta se basa en los impulsos electromagnéticos de un solenoide que trabaja junto a un muelle diseñado para regresar a la válvula a su posición neutral cuando el solenoide se desactiva.

¹⁰ <https://0grados.com.mx/valvula-solenoide/>

Al pasar una corriente eléctrica a través de la bobina se genera un campo electromagnético de cierta intensidad en el interior y el émbolo fabricado en metal ferroso es atraído por la fuerza magnética hacia el centro de la bobina, lo que proporciona el movimiento necesario para accionar la válvula. La válvula se puede abrir o cerrar, no hay término medio, por lo que no se puede utilizar este sistema para regulación de flujos.

En el circuito mecánico de refrigeración la válvula solenoide está incorporada en la línea de líquido, proveniente del condensador, su alimentación de voltaje está controlado por medio del termostato.

3.2.6. TERMOSTATO

Figura 17: Termostato



Permite controlar la temperatura del recinto y por ende de los productos. Este dispositivo se instala al interior de la cámara.

El termostato es un sensor y un emisor. Su forma de operar es la de todo o nada. El instante en que la planta frigorífica debe empezar a funcionar o pararse, viene determinado por este sensor.

Parando o poniendo en marcha el motor del compresor, en función del nivel térmico.

El diferencial térmico es el intervalo entre la temperatura máxima y mínima permitida en el interior de la cámara. Para un correcto funcionamiento de la cámara, es imprescindible que dichos valores estén bien definidos. Si el diferencial es muy pequeño, la planta funcionará durante intervalos cortos pero muy repetitivos, implicando un mayor desgaste del compresor. Si el diferencial es muy grande, la instalación funcionará durante largos ciclos y el interior de la cámara frigorífica padecerá una oscilación excesiva en su temperatura, factor perjudicial para el producto almacenado.

Cuando la temperatura es controlada mediante termostato o elemento similar, la elección del lugar donde instalar el sensor es de vital importancia.

Se debe instalar en un lugar donde detecte una temperatura muy similar a la media de la cámara. Será colocado a media altura de la pared. Lejos de puertas y otras aperturas. También se debe evitar el contacto directo con la pared.

3.2.7 VISOR DE LÍQUIDO.

Figura 18: Visor



Este dispositivo debe ser instalado en la línea de líquido, a la salida del filtro secador, para observar el flujo de refrigerante.

Tiene por objetivo determinar si la carga de refrigerante es la adecuada. Cuando el refrigerante líquido fluye a través de la tubería, el visor se mantiene transparente. Si aparecen burbujas, estas indican la presencia de gas y como consecuencia, no fluye la cantidad de líquido adecuada. Determinados visores instalados en las tuberías de líquido incorporan una pastilla impregnada de una sal química y permiten la verificación del estado de deshumidificación del fluido, en consecuencia, la eficacia del filtro secador.

El cambio de color es reversible y si el color verde que señala la deshumidificación del fluido cambia a amarillo significa que existe una cantidad anormal de humedad en el fluido. Como consecuencia de este cambio de color, lo siguiente es cambiar el filtro deshidratador, y después volver a poner en marcha la instalación y comprobar que el color amarillo cambia a verde.

3.2.8 FILTRO SECADOR O DESHIDRATADOR

Figura 19: Filtro Deshidratador



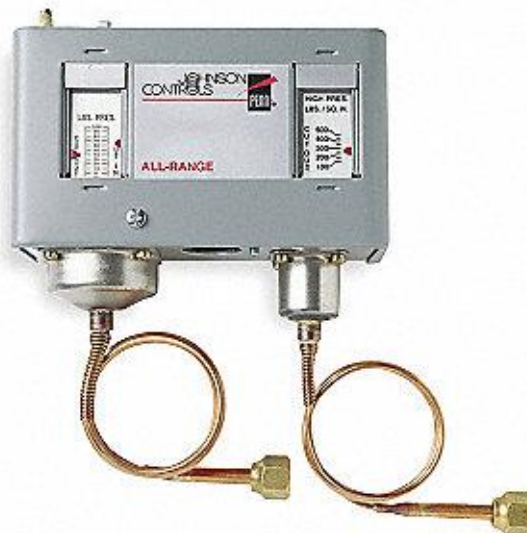
Este elemento se debe instalar en la línea de líquido. Su función será absorber las posibles humedades internas del circuito.

El vapor de agua es muy peligroso para el compresor, porque provoca la corrosión de sus partes metálicas. También como consecuencia de la existencia de vapor de agua, puede congelarse el orificio de la válvula de expansión, provocando importantes problemas de funcionamiento.

El filtro secador está compuesto internamente por un muelle de compresión, repartidor de refrigerante en la entrada, tamiz molecular y alúmina activada; estos dos últimos componentes con poros de tamaño uniforme son la base fundamental para la deshidratación en el sistema de refrigeración.

3.2.9 PRESOSTATO DUAL

Figura 20: Presostato Dual



Es un doble interruptor electromecánico que controla la presión baja de succión y alta en la descarga. A continuación, se explicará el funcionamiento del presostato de baja y alta.

A) Presostato de baja presión.

Este dispositivo se activará cuando la presión en la línea de aspiración sea inferior al nivel establecido. Esta caída de presión puede causar una temperatura de evaporación muy baja, dañando los productos almacenados o la propia cámara.

El presostato de baja actúa abriendo el circuito del motor del compresor; las causas más frecuentes por las que puede actuar el presostato de baja son:

- El evaporador no está correctamente alimentado, debido a un mal funcionamiento de la válvula de expansión.
- La capacidad del compresor sobrepasa la del evaporador, debido a que los ventiladores están parados accidentalmente, o que existe una acumulación excesiva de hielo en el evaporador, o bien el dispositivo de control del compresor no funciona correctamente.
- La carga de refrigerante en el circuito es baja.
- Presencia de aceite en el evaporador.
- Mal funcionamiento del termostato.
- La presión de trabajo del presostato deberá ser fijada por debajo de la presión de evaporación normal, pero siempre por encima de la presión que puede provocar la congelación o daños del producto por el frío.

b) Presostato de alta presión

Este elemento actúa cuando la presión de condensación es muy alta, protegiendo el sistema contra la sobrecarga o una posible rotura de las tuberías, parando el compresor. Se conecta en la línea de descarga, a la salida del compresor.

La alta presión puede ser causada por:

- Enfriamiento defectuoso del condensador por mal funcionamiento de los ventiladores o por suciedad acumulada.
- Acumulación de refrigerante líquido en la parte baja del condensador, producido por una carga excesiva de refrigerante.

3.2.10 TERMOMETRO.

Figura 21: Termómetro



El termómetro es un instrumento de medición de temperatura, debe estar contiguo al sensor del termostato; para aplicaciones frigoríficas, se debe instalar un termómetro de lectura directa, para poder realizar las tareas de inspección y control.

Es muy importante que la mirilla del termómetro este visible, en el punto más accesible del cuarto frio (a la par de la puerta), debido que es necesario monitorear dichas temperaturas internas del C.F. sin la necesidad de ingresar al recinto.

3.2.11 CORTINAS FRIGORÍFICAS

¹¹Figura 22: Cortinas Frigoríficas



Las cortinas disminuyen la circulación de aire durante la apertura de la puerta, así también evita el ingreso de insectos o partículas en suspensión.

Existe una gran variedad de cortinas en el mercado por lo tanto se debe realizar la elección conforme a las necesidades, ya que los materiales se comportan distinto de acuerdo a la temperatura a que se expongan.

Consideramos las dimensiones del C.F. a diseñar y tomando en cuenta la temperatura interna del recinto, la cual rondará los 4°C, se utilizará cortinas de lamas para los fines del presente diseño, las cuales están fabricadas de PVC flexible y transparente solapadas entre si parcialmente.

Aplicaciones de cortinas de lamas

El uso de cortina de lamas PVC flexible es muy útil en puertas frigoríficas que separan recintos con distintas temperaturas de trabajo, y muy especialmente en congelación, donde la carga y

¹¹ Vizuite, paneles y puertas frigoríficas, cortina de lamas documentación técnica.

descarga de mercancías o productos, supone una pérdida importante de energía. La cortina de lamas reduce un alto porcentaje de estas pérdidas.

Características y propiedades.

Tabla 5: Características y propiedades de las cortinas frigoríficas

Propiedad	Norma aplicada	Unidad	PVC estándar
Densidad específica	DIN 53 479	g/cm ³	1,18
Dureza Shore A/15 seg.	DIN 53 505		63
Dilatación a la rotura	DIN 53 455	%	390
Resistencia a la rotura	DIN 53 455	daN/mm ²	1,15
Elongación después de la rotura	DIN 51 034	%	76
Absorción de agua	DIN 53 495	%	-2
Transparencia	ASTM D 1003	%	>80
Resistencia al avance de la rotura	DIN 53 515	daN/cm	>20
Temperatura de rotura en frío	DIN 53 372	°C	-40
Protección acústica	DIN 42 210	Db	<35

Fabricación estándar

- Resistencia normal al frío del PVC hasta (- 40 °C).
- Ancho de la lama de PVC 200 mm.
- Espesor de lama en función de la altura de la cortina H (mm)

Tabla 6: Espesores de cortinas de PVC

H (mm)	Espesor de la lama (mm)
≤ 2000	2
>2000 y ≤ 3000	3
> 3000	5

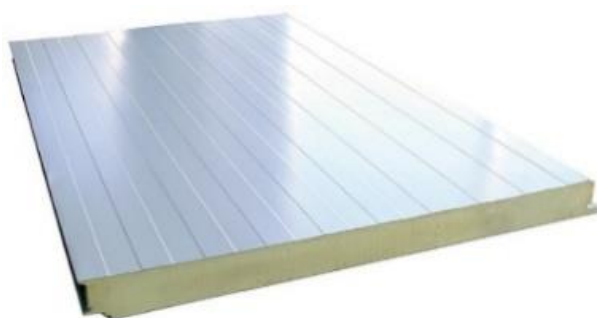
Peso en Kgs. Por unidad de longitud de las lamas estándar de 20mm de ancho:

Tabla 7: Peso de cortinas de PVC

Espesor de la lama (mm)	Kg/m
2	0,48
3	0,72
5	1,2

3.2.12 PANEL POLIURETANO

Figura 23: Panel poliuretano



El descubrimiento del poliuretano se remonta al año 1937, gracias a las investigaciones desarrolladas por Otto Bayer. Se empezó a utilizar en la década de los 50, ya que hasta entonces no existieron máquinas capaces de procesarlo.

Las materias primas proceden de dos productos: el petróleo y el azúcar, estos dos componentes básicos, llamados genéricamente isocianato y polioli. La mezcla en las condiciones adecuadas de estos dos componentes nos proporcionará, un material, poroso, rígido, de celdas abiertas o cerradas, etc.

La alta capacidad aislante del poliuretano no se consigue en la construcción con ningún otro material aislante común. Esta característica especial se debe a la estructura de pequeñas celdas que forma la espuma.

¹²Los isocianatos, de donde básicamente se derivan los uretanos, fueron descubiertos en Alemania a finales del siglo pasado. Uretano es el nombre común con que se conoce el etil carbonato. Cuando las moléculas poliméricas se unen si a través de puentes de uretano, al polímero resultante se le da el nombre poliuretano.

¹² Tesis Automatización de cuartos fríos para ahorro energético 2009, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Pag.10.

Mantenimiento del poliuretano

La PU Europe¹³ sostiene que: dependiendo de aplicación, el aislamiento de PU normalmente permanecerá en su lugar durante 30 a 75 años o más. Este ciclo de vida tan largo puede tener un impacto en las opciones al final de la vida útil, ya que es probable que el producto esté contaminado por otros en su fase de uso (betunes, adhesivos, óxido, enlucido, etc.).

Para reducir el deterioro del aislamiento de poliuretano en los sistemas frigoríficos, se ha comprobado en casos prácticos, que se recomienda una revisión anual del estado de juntas y/o acoples en las paredes de los recintos frigoríficos para garantizar su hermeticidad y de esta manera disminuir la posible transferencia directa de humedad hacia el poliuretano.

El poliuretano y el medio ambiente

El acero es un recurso valioso que puede reciclarse un número ilimitado de veces. Ya que el reciclado tiene un coste, la viabilidad económica del reciclado depende en gran medida de los precios del acero. Estos fluctúan mucho lo que significa que la economía puede variar significativamente con el tiempo. Actualmente se aplican tres opciones:

- Las caras de acero de los paneles sándwich se desmontan y envían para reciclado. Sin embargo, este proceso requiere mucho tiempo.
- El acero puede recuperarse con una trituradora convencional.

¹³ Federación de Asociaciones Europeas de Espuma Rígida de Poliuretano. Gestión de residuos y poliuretano, aislamiento en el contexto de eficiencia de recursos Factsheet nº 10.

- Los paneles pueden procesarse al final de su vida a través de una planta de reciclado de neveras cuando puedan esperarse viejas espumas que contengan sustancias que reduzcan el ozono, y siempre que ninguna otra sustancia indeseada esté presente.

Los residuos de espuma de poliuretano de producción y construcción pueden molerse y reprocesarse en paneles de alta densidad y perfiles para sustituir madera y aglomerado de madera en la construcción. El material reciclado es resistente al moho y no se pudre.

Gracias a su baja conductividad térmica, ligereza y niveles destacados de resistencia mecánica y humedad, se usa como elemento de construcción. Desde fachadas, material base para marcos de ventanas, tabiques o puertas, mobiliario de baño y náutico y encimeras de cocina. Puede encontrarse también en trenes de alta velocidad, camiones y caravanas.

Si los residuos de poliuretano no pueden reutilizarse, reciclarse o transformarse en otros productos, la opción preferida es la recuperación de energía.

El poliuretano contiene una cantidad significativa de energía, lo que lo convierte en una materia prima muy eficiente para incineradoras municipales que generan electricidad y, cada vez más, calor para uso en edificios y procesos industriales. Gracias a las nuevas técnicas de combustión y al tratamiento de cenizas post rejilla esta solución es también adecuada para residuos contaminados y para la eliminación in situ de residuos de la demolición de edificios.

Algunos países como Suecia, Suiza, Dinamarca y Alemania transforman prácticamente todos los residuos de poliuretano, que no pueden, por otra parte, reciclarse o recuperarse, en energía. En promedio, puede estimarse que alrededor de la mitad de los residuos de aislamiento de poliuretano se trata de esta forma en Europa.

3.2.13 TABLERO ELECTRICO DE PROTECCION

Figura 24: Tablero eléctrico



El tablero eléctrico, en este caso lo llamaremos tablero de control. Este tipo de caja metálica o plástica de forma rectangular, en donde instalaremos internamente las respectivas protecciones termomagnéticas adecuadas de la unidad evaporadora, como también la condensadora según los parámetros de consumo recomendados por el fabricante.

El tablero de control incluye un sistema de arranque, por medio de un contactor y un sistema de botoneras ON-OFF para su respectivo encendido y parada de las unidades, ya sea para darles mantenimiento o paros de emergencia.

En algunos casos dentro del mismo tablero, podemos encontrar un guarda motor, motor saver y protector de voltaje digital o análogo. La misión de todas estas protecciones antes mencionadas, es alargar la vida de nuestras unidades de enfriamiento.

3.2.14 RETARDADOR DE DESHIELO

Figura 25: Retardador de deshielo



El control de tiempo se puede usar tanto para iniciar como para terminar el ciclo de descongelación. Este control utiliza un regulador de tiempo, el cual es un dispositivo provisto de un mecanismo de relojería o interruptores. La posición de estos últimos está controlada por el reloj.

¹⁴El ciclo se ajusta para que se inicie a determinados intervalos periódicos fijos, como, por ejemplo, cada tres horas. Si el ciclo se termina, asimismo, por el control de tiempo, el regulador de tiempo detiene la descongelación a intervalos fijos, por ejemplo, cada 10 minutos. Luego retorna el ciclo de refrigeración.

¹⁴ Edwar G. Pita, "Principio y Sistemas de Refrigeración", Primera Edición (1991), México, D.F. Editorial Limusa. Pág. 301.

Se utiliza con frecuencia un ciclo de descongelación controlado en aquellos C.F. donde su temperatura del recinto es inferior a 0 °C.

Si el tiempo de descongelación es demasiado corto, se tiene entonces, que la capacidad de enfriamiento puede ser inadecuada. Por otra parte, si el tiempo de descongelación es demasiado largo, el producto puede deteriorarse.

En la mayoría de casos, en nuestro país, el “timer” de deshielo se utiliza en conjunto con una resistencia interna que posee la unidad evaporadora ubicada en la parte posterior del intercambiador; el “timer” envía una señal de voltaje a la resistencia y está por lo consiguiente comienza a calentarse durante el periodo de tiempo que se ha programado el “timer”, para su respectivo deshielo; y de esta manera mantener estable las temperaturas internas del C.F.

CAPITULO IV

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE BANCO

DIDACTICO DE CUARTO FRIO.

4.1 DETERMINACIÓN DE CARGA TÉRMICA

Consideramos muy importante prolongar cuanto sea posible la temperatura de los alimentos a refrigerar, de esta manera, para el cálculo térmico del módulo didáctico de cuarto frío (C.F.), se ha elegido como referencia la temperatura de sostenimiento de embutidos.

La temperatura interna que deberá mantener el C.F. será de 2 °C, ya que es la adecuada para el sostenimiento de los embutidos. Por lo antes mencionado, el cuarto frío será para temperatura media (ver pág. 47).

Tabla 8: datos para cuarto frío.

Datos para la realización de los cálculos	
Temperatura a obtener	2 °C
Temperatura máxima ambiente exterior	29 °C
Entrada de producto al día	50 <i>kg</i>

4.1.1 GANANCIAS DE CALOR

La cantidad de calor que debe extraerse y mantener una temperatura deseada procede de tres puntos esenciales:

- a) Ganancias de calor a través de las paredes
- b) Ganancias por medio de iluminación y motores.
- c) Ganancias carga o producto que se introduce al recinto.

4.1.1.1 GANANCIA DE CALOR A TRAVÉS DE LAS PAREDES

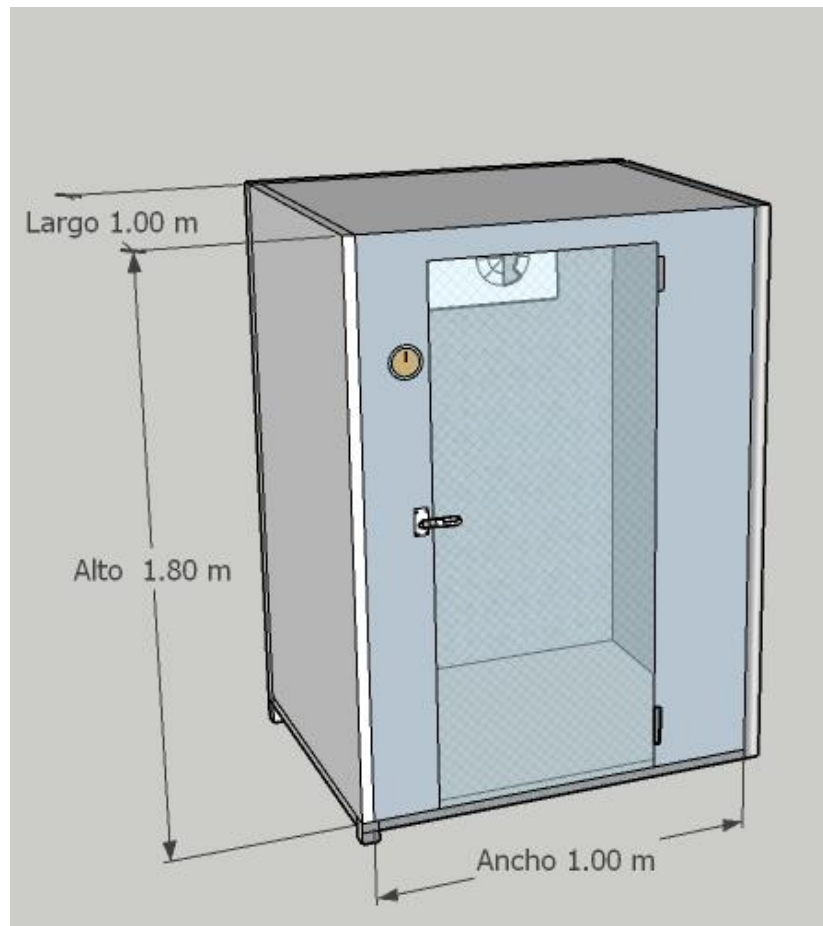
Para determinar las ganancias de calor a través las paredes se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1- Superficie total exterior de las paredes.
- 2- Tipo de aislamiento utilizado.
- 3- Diferencial de temperatura exterior e interior.

4.1.1.2 SUPERFICIE TOTAL EXTERIOR DE LAS PAREDES

El primer paso para obtener las Ganancias de calor por paredes consiste en determinar la superficie total del recinto; y tomando en cuenta que **este módulo está adecuado para prácticas didácticas**, nos limitaremos a las dimensiones abajo mostradas.

Figura 26: Recinto cuarto frío



Para obtener dicha superficie puede emplearse la siguiente fórmula.

$$A_s = 2 [(A * B) + (B * C) + (C * A)]$$

Dónde:

A_s = Área superficial del recinto

A = Ancho.

B = Largo.

C = Alto.

Aplicando la fórmula: $A_s = 2 [(A * B) + (B * C) + (C * A)]$

$$A_s = 2 [(1 * 1) + (1 * 1.8) + (1.8 * 1)]$$

$$A_s = 2 [4.6]$$

$$A_s = 9.2 \, m^2$$

4.1.1.3 TIPO DE AISLAMIENTO UTILIZADO.

El aislamiento que empleamos para la construcción del C.F. es del tipo **Poliuretano** por su baja conductividad térmica y valores de aislamiento. (ver Página 58).

Además de estas propiedades térmicas, se optó por utilizar espuma de poliuretano por su alto grado de disponibilidad en el mercado, ya que se encuentra en las principales ferreterías del país, su precio es sumamente accesible y su forma de aplicación al ser inyectada o rociada (spray), resulta muy práctica para la implementación del C.F.

Del fabricante se obtuvo la conductividad térmica de la espuma de poliuretano, que se muestra en la tabla 6.

¹⁵Tabla 9 Datos técnicos espuma de poliuretano.

	Datos	Técnicos
	Color	Amarillo pálido
	Densidad	0.020kg/l+0.003 20+/-4kg/m3
	Secado al tacto a 20 °C	10-20min
	Tiempo para corte	25 -30 min
	Resistencia total	5-12 horas
	Temperatura de aplicación	5°C a + 35° C
	Adherencia	0.74kg/cm2
	Estabilidad térmica	-4 °C a + 80 °C
	Absorción de agua	Max 2 % en volumen
	Elongación a la ruptura	28 +/- 2%
	Conductividad Térmica	< 0.04W/mK
	Presentación	Bote de 500ml
	Rendimiento en (m ²)	Expande 20 Litros

Por cada metro cuadrado (m²) de pared pasa un flujo de calor (q), el cual para recintos con temperaturas arriba de 0°C **tomara un valor de 8 W/m²** y para recintos con temperaturas debajo de 0°C el valor del flujo de calor es de 6 W/m².¹⁶

De modo que:¹⁷

$$q = U(T_e - T_i)$$

Dónde:

q= Flujo de calor (W/m²)

U= coeficiente global de transferencia de calor (W/m²K)

Te= Temperatura externa en grados Kelvin (K)

Ti= Temperatura interna del C.F. en grados Kelvin (K)

¹⁵ Ficha técnica espuma de poliuretano, Sika Boom.

¹⁶ Real Decreto 138/2011, instrucción IF-11.

¹⁷ Cálculos Frigoríficos en Industrias pequeñas y artesanales de productos mínimamente procesados, Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 16

Además, sabemos que el coeficiente global de transferencia de calor es:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{f_i}}$$

Dónde:

f_e = conductancia de la capa superficial del aire para superficies externas (W/m²K)

f_i = conductancia de la capa superficial del aire para superficies internas (W/m²K)

e = espesor del aislante (m)

λ = conductancia térmica del aislante (W/mK)

Según el manual de **ASHRAE** (2010), en el tomo de refrigeración, capítulo 24, que muestra el cálculo del coeficiente de transferencia de calor (U), indica lo siguiente:¹⁸

Un valor de 1.65 para “ f_i ” en paredes interiores con nulo movimiento de aire, y el valor de 6 para “ f_e ” expuestas a vientos hasta 25 km/h.

Es conveniente identificar que el C.F. estará ubicado en el laboratorio de mecánica de la universidad por lo tanto la velocidad del aire dentro del recinto es nula, por lo tanto, se estimaran los valores de “ f_e ” y “ f_i ” constantes.

Introduciendo el coeficiente de transferencia de calor en la fórmula del flujo de calor tenemos:

$$q = U(T_e - T_i)$$
$$q = \frac{1}{\frac{1}{f_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{f_i}} (T_e - T_i)$$

¹⁸ Manual ASHRAE 2009, capítulo 24 CARGA DE TRANSMISIÓN.

Ahora despejando el espesor (e) tenemos:¹⁹

$$e = \left(\left(\frac{T_e - T_i}{q} \right) - \left(\frac{1}{f_e} + \frac{1}{f_i} \right) \right) * \lambda$$

Calculado espesor

$$e = \left(\left(\frac{302.15 - 275.15}{8} \right) - \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{1.65} \right) \right) * 0.04$$

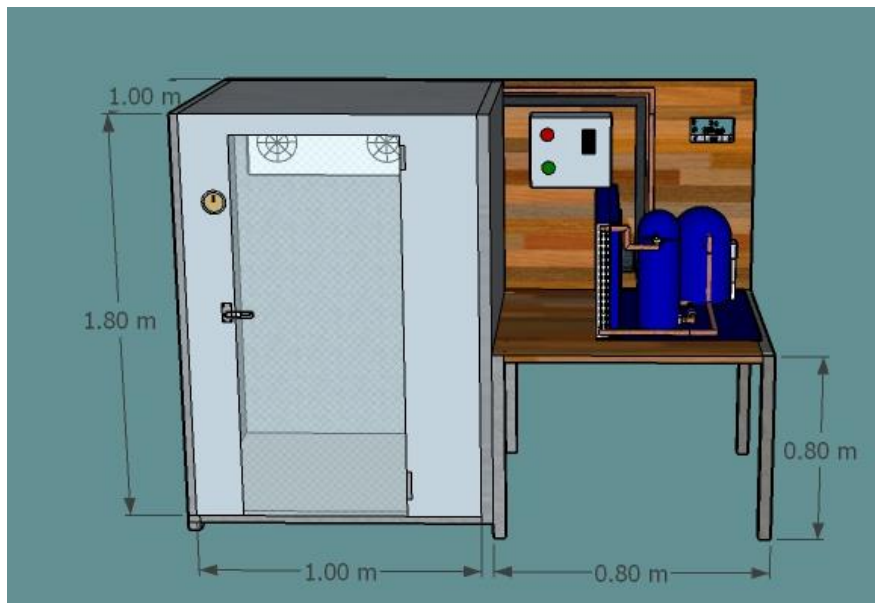
$$e = 0.104m$$

Para el presente diseño del C.F utilizaremos poliuretano de 10cm de espesor debido a que posee una alta capacidad aislante y es la adecuada para estos sistemas de C.F que generalmente están ubicados en condiciones internas (bajo techo).

Los cálculos siguientes podrán ser utilizados para cualquier diseño de cuarto frío. En este caso para fines **didácticos**, las dimensiones físicas del C.F son las siguientes:

¹⁹ Cálculos Frigoríficos en Industrias pequeñas y artesanales de productos mínimamente procesados, Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 16

Figura 27: Dimensiones físicas del modulo



En tal caso tenemos que calcular el coeficiente de transferencia de calor (U) o transmitancia del poliuretano

Tenemos que:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{f_i}}$$

Dónde:

U = coeficiente global de transferencia de calor ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

f_e = conductancia de la capa superficial del aire para superficies externas ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

f_i = conductancia de la capa superficial del aire para superficies internas ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

e = espesor del aislante (m)

λ = conductancia térmica del aislante (W/mK)

Determinando el coeficiente de transferencia de calor

$$U = \frac{1}{\frac{1}{fe} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{fi}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0.104}{0.04} + \frac{1}{1.65}}$$

$$U = \frac{1}{0.17 + 2.6 + 0.6}$$

$$U = \frac{1}{3.37}$$

$$\mathbf{U = 0.2967 \, W/m^2K}$$

Ahora que ya tenemos el coeficiente de transferencia de calor, procederemos a efectuar el correspondiente cálculo de ganancias de calor por paredes:

$$Q_{paredes} = A_s * U * (Te - Ti)$$

Dónde:

$Q_{paredes}$ = transferencia de calor (W)

A_s = área superficial del recinto (m^2)

U = coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2.K$)

Te = Temperatura externa en grados Kelvin (K)

Ti = Temperatura interna del C.F. en grados Kelvin (K)

Sustituyendo el valor de U en la ecuación $Q_{paredes}$ para obtener el calor a través de las paredes.

$$Q_{paredes} = A_s * U * (Te - Ti) \, t$$

$$Q_{paredes} = 9.2m^2 * 0.2967 \frac{W}{m^2 * K} * (302.15 - 275.15)K$$

$$\mathbf{Q_{paredes} = 73.70 \, W}$$

Por equivalencias

$$1W = 3.414135 \text{ BTU/h}$$

Por lo tanto:

$$Q_{paredes} = 251.62 \text{ BTU/h}$$

4.1.1.2 CARGA TERMICA DEBIDO AL PRODUCTO.

A continuación, procedemos a calcular las ganancias de calor por carga (producto a ingresar al recinto).

Para obtener dicho valor, cuando se trate de la conservación de productos a temperaturas positivas, sobre cero grados centígrados, deben conocerse los factores siguientes:

- a)** Cantidad en kilogramos de género que entra diariamente en la cámara, mueble o recipiente.
- b)** Diferencia de temperatura del género a su entrada y la que debe obtenerse en el interior.
- c)** Calor específico del producto a enfriar.

La entrada diaria es un dato de mucha importancia y debe precisarse de la manera más aproximada posible.

Los productos a ingresar al recinto, provienen de un área en condiciones de temperatura similares, procedente en este caso, de un camión con contenedor refrigerado, considerando que los embutidos están a 4°C y al salir del contenedor obtienen una ganancia de temperatura de alrededor a + 3 °C , quiere decir que su temperatura final antes de ingresar al C.F. será de 7 °C, obteniendo un diferencial de 5 °C, ya que la temperatura interna del recinto es de 2°C.

²⁰ Tabla 10 de calor específico $Kcal / kg * ^\circ C$

CALORES ESPECIFICOS							
Carnes	temp. conservacion °C	Húmedad Relativa %	T de conservacion recomend	Punto de Congelac °C	Calor espe antes cong Kcal/Kg/°C	Calor Esp desp cong Kcal °C	Calor Latente Kcal/kg
Aves frescas promedio	-2 a +0	95/100	1/4 Semanas	-2.8	0.79	0.42	59
Aves pato	-2 a +0	95/100	1 Semana	-2.7	0.76	0.41	55
Aves pavo todo tipo	-2 a +0	95/100	1/4 Semanas	-2.7	0.72	0.4	51
Aves pollo todo tipo	-2 a +0	95/100	1/4 Semanas	-2.8	0.79	0.42	59
Aves de corral	-1 a +0	85/90	1 Semana	-2.8	0.79	0.26	59
Bacon	+3 a +5	85/90	2/3 Semanas	-2	0.36	0.42	16
Buey (Magno)	+0 a +1	85/90	1/5 Semanas	-1.7	0.77	0.35	56
Buey (Graso)	+0 a +1	85/90	3/10 días	-2.2	0.6	0.36	44
Cerdo fresco promedio	+0 a +1.1	85/90	1/5 días	-2.2	0.65	0.4	45
Conejo fresco promedio	-0.5 a +0.5	90/95	1/2 días	-1	0.74	0.4	55
Cordero fresco promedio	-1 a +0.5	90/95	1/2 Semanas	-2	0.72	0.39	51
Despojos frescos promedio	-0.5 a +0.5	85/90	5/7 Semanas	-1.7	0.76	0.41	55.6
Embutidos	+2 a +4	75/80	1/3 Semanas	-1	0.6	0.35	45

$$^{21}Q_{\text{producto}} = m * C_p * (T_e - T_i) \text{ (Kcal/día)}$$

m= masa del producto a almacenar (Kg)

C_p= calor específico másico antes de la congelación $\text{(Kcal/Kg * } ^\circ C\text{)}$

T_e= temperatura final antes de ingresar al C.F (°C)

T_i= temperatura interna del C.F (°C)

$$Q_{\text{producto}} = \frac{50 \text{ kg} * 0.60 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ C} * (7^\circ C - 2^\circ C)}{\text{Día}}$$

$$Q_{\text{producto}} = 150 \text{ Kcal/día}$$

Convirtiendo Kcal/día a Kcal/h

Para el caso del C.F tenemos que el tiempo de operación al día será de 6 horas las cuales comprende el tiempo que duran las prácticas de laboratorio, por lo tanto, tenemos que:

$$Q_{\text{producto}} = 150 \text{ Kcal/día} * 1 \text{ día} / 6 \text{ h}$$

²⁰ Grupo disco, Distribución profesiones de refrigeración industrial y climatización. Madrid, España

²¹ Cálculos Frigoríficos en Industrias pequeñas y artesanales de productos mínimamente procesados, Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 16

$$Q_{producto} = 25 \text{ Kcal/h}$$

Por equivalencia:

$$1 \text{ Kcal/h} = 3.96567 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{producto} = 99.14 \text{ BTU/h}$$

4.1.1.3 GANANCIAS DE CALOR DEBIDO A LOS MOTORES ELECTRICOS DEL C.F

Se especifica que los motores que se implementaran en el C.F. son 3 los cuales moverán los ventiladores del evaporador, la cual, su presencia es inevitable en instalaciones frigoríficas, ya que son necesarios para el movimiento del aire en todo el C.F. para tener así una uniformidad en la temperatura interna y lograr el enfriamiento del producto en el tiempo requerido.

El tiempo de operación de los motores será el tiempo que duren las prácticas del laboratorio de las distintas asignaturas que tienen relación directa con el C.F. el cual ronda las 6 horas de funcionamiento.

Se toma la siguiente ecuación para calcular el calor liberado considerando que son 3 motores de 12 watts de potencia cada uno:²²

$$Q_{motores} = 860 * P * h \text{ (Kcal/día)}$$

Dónde:

860 = calor desprendido por cada hora de funcionamiento (Kcal/KW*h)

P = Potencia del motor. (KW)

h = Número de horas de funcionamiento de los motores al día (h/día)

²² Cálculos Frigoríficos en Industrias pequeñas y artesanales de productos mínimamente procesados, Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 16

$$Q_{motores} = 860 \text{ Kcal/KW} * h * 0.036 \text{ KW} * 6 \text{ h/día}$$

$$Q_{motores} = 185.76 \text{ Kcal/día}$$

Convirtiendo Kcal/día a Kcal/h

Para el caso del C.F tenemos que el tiempo de operación al día será de 6 horas las cuales comprende el tiempo que duran las prácticas de laboratorio, por lo tanto, tenemos que:

$$Q_{motores} = 185.76 \text{ Kcal/día} * 1 \text{ día/6 h}$$

$$Q_{motores} = 31.29 \text{ Kcal/h}$$

Convirtiendo a BTU/h:

Sabemos que: 1 Kcal/h= 3.96567 BTU/ h

Entonces:

$$Q_{motores} = 124.09 \text{ BTU/h}$$

124.09 BTU/h representa la cantidad de calor que generan los ventiladores dentro del C.F.

4.1.1.4 GANANCIA DE CALOR DEBIDO A LA ILUMINACIÓN

Se recomienda para C.F. utilizar luminarias LED, ya que, a bajas temperaturas poseen más vida útil que el tipo fluorescente e incandescente, por lo tanto, se utilizara una luminaria LED de 18 Watts de potencia. Al igual que para el caso anterior se procede a convertir directamente.

Para el siguiente cálculo de ganancias de calor, se ha considerado un promedio de uso total de iluminación de 6 horas diarias, tomando en consideración que es un proyecto para fines

didácticos, no permanecerá encendida, a no ser que este en uso, para las prácticas en el laboratorio.

Para determinar el calor liberado por las luminarias se utiliza la siguiente ecuación:²³

$$Q_{luminaria} = 860 * P * h \text{ (Kcal/día)}$$

Dónde:

860= calor desprendido por cada hora de funcionamiento (Kcal/KW*h)

P= Potencia total de luminarias. (KW)

h = Número de horas de funcionamiento de la luminaria al día (h/día)

$$Q_{luminaria} = 860 \text{ Kcal/KW} * h * 0.018 \text{ KW} * 6 \text{ h/día}$$

$$Q_{luminaria} = \mathbf{92.88 \text{ Kcal/día}}$$

Convirtiendo Kcal/día a Kcal/h

Para el caso del C.F tenemos que el tiempo de operación al día será de 6 horas las cuales comprende el tiempo que duran las prácticas de laboratorio, por lo tanto, tenemos que

$$Q_{luminaria} = 92.88 \text{ Kcal/día} * 1 \text{ día}/6 \text{ h}$$

$$Q_{luminaria} = 15.48 \text{ Kcal/h}$$

Convirtiendo a BTU/h:

Sabemos que: 1 Kcal/h= 3.96567 BTU/ h

Entonces:

$$Q_{luminaria} = \mathbf{61.39 \text{ BTU/h}}$$

²³ Cálculos Frigoríficos en Industrias pequeñas y artesanales de productos mínimamente procesados, Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 16

4.1.1.5 SUMATORIA DE GANANCIAS DE CALOR Y PORCENTAJE DE SEGURIDAD.

Se realiza la sumatoria de todas las ganancias de calor del C.F representados en BTU/h: por paredes, producto, motores e iluminación.

Por lo tanto, tenemos:

$$\begin{aligned}Q_{total} &= Q_{paredes} + Q_{producto} + Q_{motores} + Q_{luminaria} \\Q_{total} &= 251.62 BTU/h + 99.14 BTU/h + 124.09 BTU/h + 61.39 BTU/h \\Q_{total} &= \mathbf{536.24 BTU/h}\end{aligned}$$

La ASHRAE recomienda un valor de seguridad del **10%** para permitir posibles discrepancias entre los criterios de diseño y la operación real, por lo tanto, tenemos:

$$Q_{total} = \mathbf{536.24} \frac{BTU}{h} * 1.10$$

$$Q_{total} = \mathbf{589.86} \frac{BTU}{h}$$

La ganancia de calor total nos representa, la cantidad en BTU/h que habrá que extraer de todo el recinto del C.F y expulsarlo hacia el exterior, con la ayuda del evaporador, condensador y demás componentes del sistema de refrigeración.

4.2 SELECCIÓN DEL EVAPORADOR

Cuando se elige un evaporador para temperatura media, lo seleccionamos en base al voltaje de alimentación disponible en el área (120v), dimensiones físicas del área a instalar $9.2m^2$, cantidad de calor total (Q_{total}), de **589.86 BTU/h**; con todos estos datos expuestos, para la selección del evaporador, el fabricante nos recomienda según tabla 8, el tipo de evaporador a utilizar con sus respectivas características abajo mostradas con modelo FFBTO 13.

modelo	Kcal/hr	BTUH	m3/mi n	CFM	No	Motor		Largo		Ancho		Alto		Conexiones			Peso	
	[5.55 °C DT]					115/160	203/1/60	cm	Pulg	Pulg	cm	cm	Pulg	Liquido	Succion	Drenaje	Lbs	Kg
						FLA	FLA											
FBTO 13	327	1300	6.8	240	2	1.6	0.8	48.56	19.12	40.94	16.12	14.61	5.75	1/2 F	1/2 DI	1/2 DE	15	6.8
FFBTO 18	453	1800	7.2	255	1	1	0.5	48.56	19.12	40.94	16.12	14.61	5.75	1/2 F	1/2 DI	1/2 DE	16	7.26
*FBTO 25	630	2500	13	460	2	2	1	66.34	26.12	46.02	18.12	17.15	6.75	1/2 F	1/2 DI	1/2 DE	23	10.43
*FBTO 35	882	3500	12	425	2	2	1	66.34	26.12	46.02	18.12	17.15	6.75	1/2 F	1/2 DI	1/2 DE	25	11.34
*FBTO 45	1134	4500	15.6	550	2	2	1	73.96	29.12	53.64	21.12	23.5	9.25	1/2 F	1/2 DI	1/2 DE	35	15.88

²⁴Tabla 11 modelos de evaporadores

Actualmente, no se logró conseguir el evaporador requerido para nuestra aplicación de modulo didáctico, debido al desabastecimiento local, así que, para tal caso, nos vimos en la necesidad de fabricarlo siguiendo los parámetros del evaporador modelo FFBTO 13 de la marca BOHN según tabla 8, ya que es el adecuado, en base a los requerimientos técnicos y de espacio interno de nuestro C.F. Sin olvidar también, que es para **finés didácticos**.

Figura 28: Evaporador BOHN FFBTO 13



²⁴ Catálogo de productos refrigeración comercial e industrial BOHN, México. Extraído de <http://www.bohn.com.mx/evaporadores.html>

4.3 SELECCIÓN DE COMPRESOR

Para nuestro modulo didáctico, utilizaremos una de las marcas de mayor trayectoria en refrigeración, como lo es la marca **Embraco**: con la ventaja que, podemos encontrarle localmente y obtener garantía del fabricante.

Para seleccionar nuestro compresor, tenemos tablas ya establecidas por fabricante, en las cuales nos guiaremos por la capacidad que se requiere en **BTU/h**. Dados los datos obtenidos anteriormente en el calculo de ganancias de calor total, pag. 75, es de **589.86 BTU/h**.

²⁵ Tabla 12 Capacidad de compresores

Compresores LBP (baja presión de Retorno)							60 Hz			R-134 a		
REFRIGERADORAS												
VOLUMEN DEL SISTEMA (LITROS)		Compresor			CAPACITOR DE ARRANQUE			Tubo capilar			Cant de N a 10 atm / min	Tem de evaporación
Temp Amb		Modelo	Capacidad Frigorífica Btu/H	Eficiencia Btu/Wh	ref Com HP	Capacitancia µF 220v 50Hz / 220-24050Hz	Diametro		Largo			
32 °C	43 °C						pulg	mm	Pulg	mm		
Hasta 90	Hasta 80	EM20NP	165	2.7	1/12		0.0025 0.028	0.63 0.71	99	132	2500 3350	3.5
Hasta 220	Hasta 180	EM30NP	245	3.1	1/10	-	0.025 0.028	0.63 0.71	45	1150	2000	8.4
		EMI30ER	290	3.95		-	0.031	0.80	79	140	3350	
160 a 300	130 a 240	EM 40 NP	350	3.57	1/8	53 a 64 -180 VAC	0.028 0.031	0.71 0.80 0.90	61	1550	2800	9.4
		EMI 45 ER	380	4.1		-	0.035	0.90	110	197	5000	
220 a 400	180 a 300	EM55NP	470	3.73	1/6	108 a 130 - 220 VAC	0.028 0.01	0.71	49	1250	2200	10.5
		EMI55ER	460	4.25		-	0.035	0.80 0.90	87 157	4000		
750 a 1200	650 a 1000	FFI 12 HBX	1190	4.02	1/3	378 a 454 115 VAC 378 A	0.039 0.033	1.00	94	2400		1.74
		FFU 130HAX	1250	4.71		454 115VAC	0.044	1.10 1.12	124 170	3200 4300		

²⁵ Tabla de Compresores Cartera Embraco.

Figura 29: Unidad condensadora



Seleccionamos el compresor de 1/3 HP, capacidad 1,190 BTU/h, modelo FFI 12HBX (ficha tecnica pag.94) en base a capacidad requerida dado el calculo de ganancias de calor antes mostrado de: 589.86 BTU/h; el compresor seleccionado es la **menor capacidad** que se esta distribuyendo localmente en su momento; se adapta muy bien fisicamente y tecnicamente para nuestro diseño de modulo para cuarto frio; su voltaje de operación es de 115 VAC. Teniendo en cuenta que en el area de laboratorio de ingeniería mecánica donde se realizaran las prácticas hay conexión existente al voltaje mencionado.

Características del compresor.

La serie Embraco está desarrollada para satisfacer las demandas de bajo consumo de energía, además de tener bajo impacto en acústica en aplicaciones comerciales.

Se caracterizan por su:

- ✓ Alta eficiencia
- ✓ Bajo consumo energético
- ✓ Alta capacidad de congelación a bajas temperaturas de evaporación.
- ✓ Fácil instalación.

4.4 SELECCIÓN DE ELEMENTO DE EXPANSIÓN

Figura 30: Tubo capilar



En la tabla 7 podemos apreciar que el fabricante ya nos brinda los datos del elemento de expansión recomendado para nuestro compresor, por lo consiguiente utilizaremos del tipo **Tubo Capilar**, con un diámetro interno de 1.00 mm y 2,400 mm de largo.

4.5 SELECCIÓN DE GAS REFRIGERANTE

El gas refrigerante es el fluido térmico que circula por el sistema, quien absorbe y rechaza calor en las diferentes etapas donde va circulando. Por lo tanto, es capaz de transportar e intercambiar calor con el medio ambiente, cediendo calor a alta temperatura y absorbiéndolo a baja temperatura.

²⁶Con la aprobación del protocolo de Montreal el 16 de septiembre de 1987 y sus posteriores revisiones, se pone fecha para la desaparición de sustancias refrigerantes que contribuyen a la destrucción de la capa de ozono, tales como: R12, R22, entre otros. A partir del 1 de enero de 1996 se fija un calendario para la progresiva desaparición de los refrigerantes HCFC, incluido el R-22. Dicho calendario toma como referencia el año 1989 y fija para determinados años los límites de utilización de estas sustancias.

²⁶ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, Décima Edición 2016.

Los HFC son sustancias que han venido en reemplazo de los antiguos refrigerantes, por esta razón y considerando que el rango de trabajo óptimo para evaporación sobre 0°C según fabricante, se determina la utilización del refrigerante **R-134a**, debido que, internamente del C.F. se mantendrá una temperatura de 2°C a 4°C .

Figura 31: Cilindro de refrigerante 134a



Teniendo en cuenta como factor principal las ventajas para el refrigerante anteriormente mencionado:

- a) Las fugas no alteran su composición
- b) Es recomendado por fabricante para aplicaciones de temperatura media.
- c) Baja toxicidad y gran desempeño.

Ficha técnica de refrigerante R 134^a

Toxicidad y almacenamiento:

R134a es una sustancia con muy poca toxicidad. El índice por inhalación LCL0 de 4 horas en ratas es inferior a 500.000 ppm y el NOEL en relación a problemas cardíacos es aproximadamente 75.000 ppm. En exposiciones durante 104 semanas a una concentración de 10.000 ppm no se ha observado efecto alguno. Los envases de

R134a deben ser almacenados en lugares frescos y ventilados lejos de focos de calor. Los vapores de R134a son más pesados que el aire y suelen acumularse cerca del suelo.

Componentes

Nombre químico	% en peso	N° CAS	N°. CE
1,1,1,2- Tetrafluoroetano (R134a)	100	811-97-2	212-377-0

Propiedades físicas

Tabla 13:

PROPIEDADES FISICAS	UNIDADES	R-134a
Peso molecular	(g/mol)	102
Punto de ebullicion (1,013 bar)	(°C)	-26.1
Punto de congelacion	(°C)	-103
Temperatura critica	(°C)	101.1
Presion critica	(bar abs)	40.67
Densidad critica	(Kg/m³)	508
Densidad del liquido (25 °C)	(Kg/m³)	1.206
Densidad del liquido (0 °C)	(Kg/m³)	1.293
Densidad del vapor saturado (a punto de ebull.)	(Kg/m³)	5,28
Presion de vapor (25 °C)	(bar abs)	6.657
Presion de vapor (0 °C)	(bar abs)	2,92
Calor de vaporacion a punto de ebullicion	(Kj/Kg)	217,2
Calor especifico de liquido (25 °C) (1,013 bar)	(Kj/Kg.K)	1.44
Calor especifico del vapor (25 °C) (1,013 bar)	(Kj/Kg.K)	0.85
Viscocidad del liquido (25 °C)	(cP)	0.202
Presion superficial (25 °C)	(Nm/m)	8,09
Solubilidad del R134a en agua (25 °C a 1,013 bar)	(Wt%)	0.15
Capacidad volumetrica refrig. (-25 °C)	(Kg/m³)	1192.11
Inflamabilidad		No
ODP	-	0
PCA(GWP)	-	1430*
* De acuerdo con IPPCC - AR4/CIE (Cuarto informe de evaluacion del Grupo intergubernamental de expertos sobre Cambio Climatico)- 2006		

Propiedades físicas R134a

Compatibilidad con los materiales

Tabla 14: Compatibilidad con materiales

ELASTÓMEROS			PLASTÓMEROS				
	C	PC	NC		C	PC	NC
Goma Butilica	X			Propileno	X		
Neopreno	X			PVC	X		
Buna N	X			Polietileno	X		
Buna S		X		Nylon	X		
Goma fluorada			X	Poliestireno		X	
Goma natural	X			PTFE	X		
Goma siliconada		X		Poliacetileno	X		
Goma EPDM	X			Resina epoxi	X		
Polisulfúrica	X			ABS		X	
C = Compatible			PC = Poco Compatible			NC = No compatible	

Gráfico de presión / Temperatura

Grafica 1: Presión / Temperatura

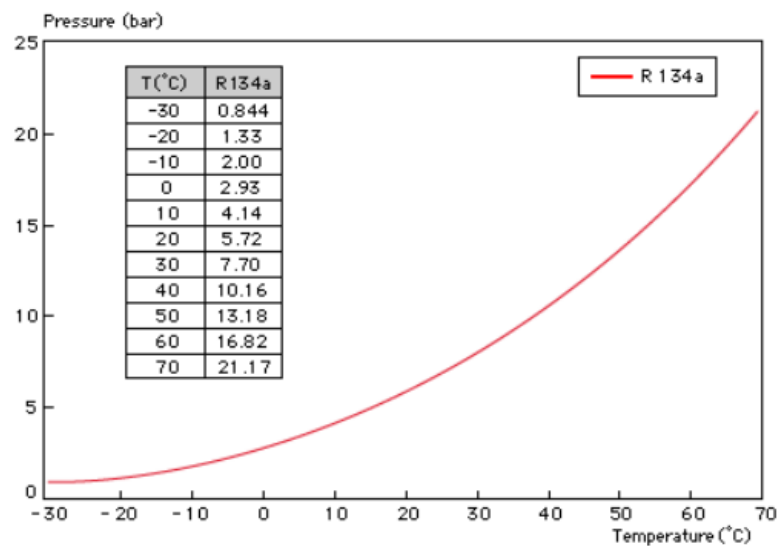
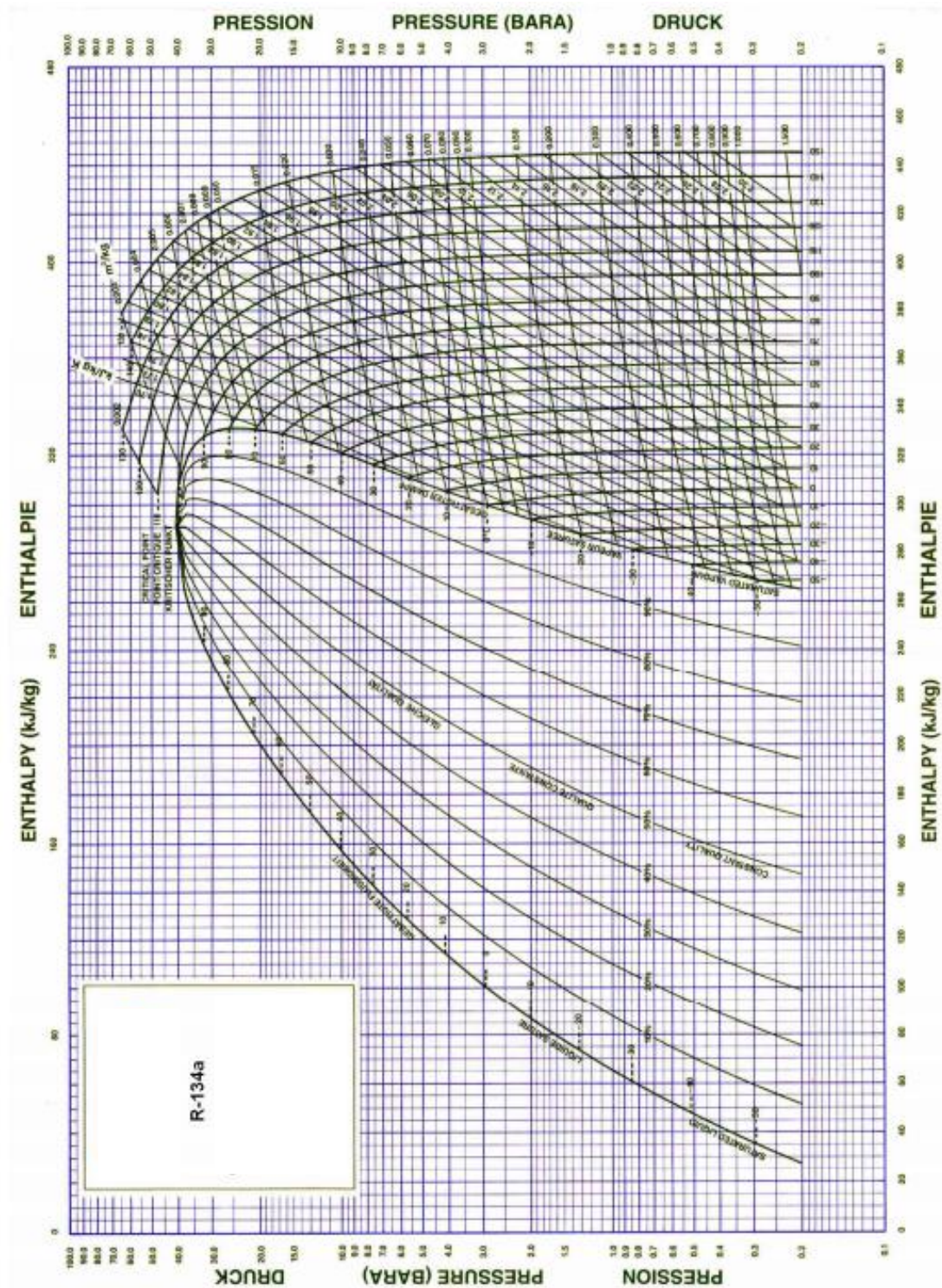


Tabla 15: Presiones R-134a.

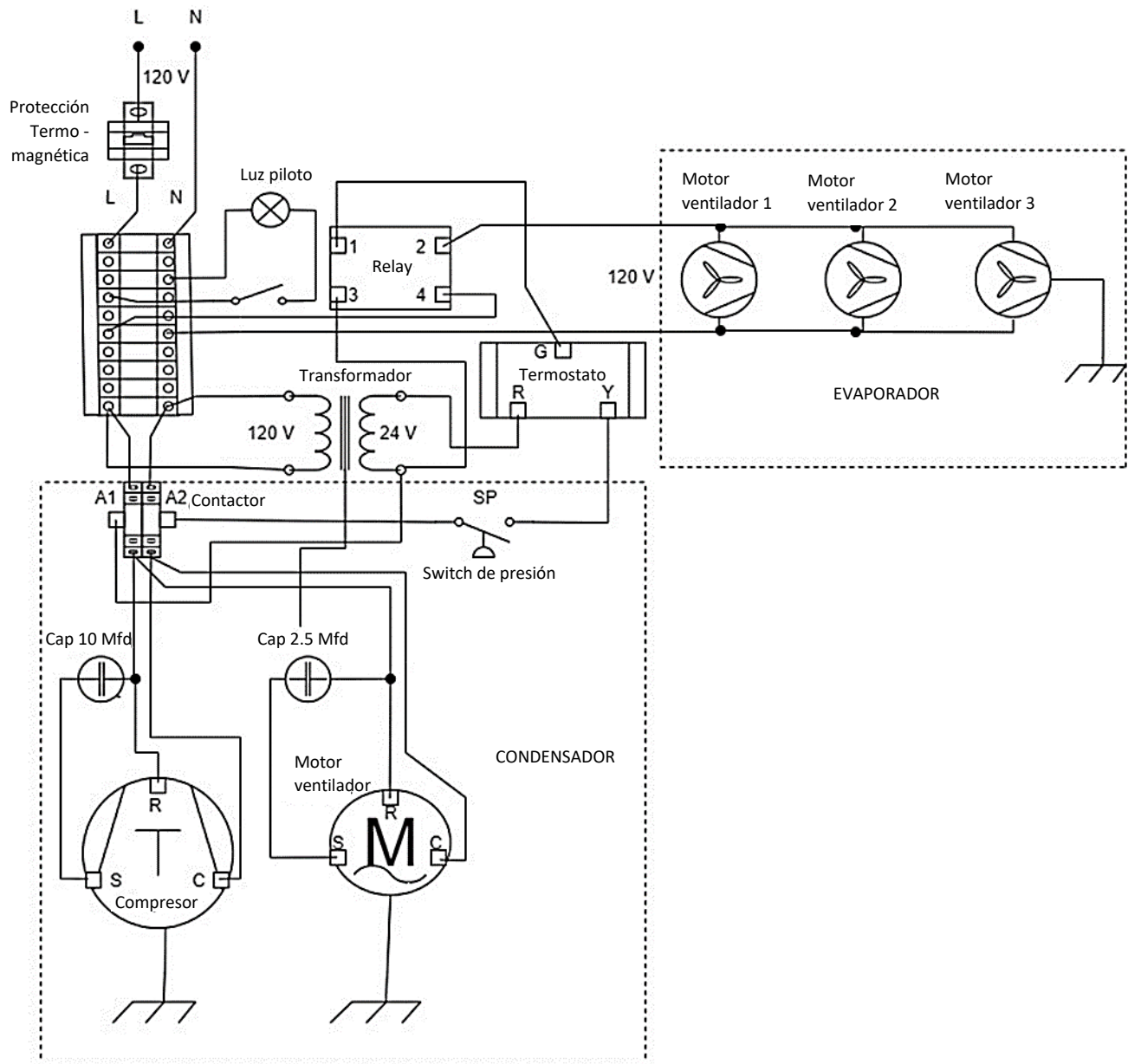
TEMP. (C)	PRESION ABSOLUTA (bar)		DENSIDAD (Kg/m ³)		ENTALPIA (kJ/Kg)		ENTROPIA (kJ/Kg.K)	
	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO
-40	0.51	0.51	1413.94	2.76	149.45	375.65	0.8008	1.771
-35	0.66	0.66	1399.95	3.5	155.53	378.93	0.8266	1.7646
-30	0.84	0.84	1385.72	4.39	161.67	382.2	0.8521	1.759
-25	1.06	1.06	1371.24	5.45	167.88	385.45	0.8773	1.754
-20	1.32	1.32	1356.46	6.71	174.16	388.69	0.9023	1.7497
-15	1.63	1.63	1341.36	8.19	180.51	391.9	0.927	1.7458
-10	2	2	1325.92	9.92	186.93	395.07	0.9515	1.7425
-5	2.42	2.42	1310.1	11.92	193.43	398.2	0.9759	1.7395
0	2.92	2.92	1293.86	14.23	200	401.28	1	1.7369
5	3.49	3.49	1277.17	16.89	206.65	404.3	1.024	1.7346
10	4.14	4.14	1259.99	19.93	213.38	407.25	1.0478	1.7325
15	4.88	4.88	1242.27	23.4	220.2	410.13	1.0714	1.7306
20	5.71	5.71	1223.96	27.34	227.11	412.92	1.095	1.7288
25	6.65	6.65	1205	31.81	234.11	415.62	1.1184	1.7272
30	7.7	7.7	1185.33	36.88	241.21	418.2	1.1417	1.7256
35	8.88	8.88	1164.89	42.61	248.42	420.67	1.165	1.724
40	10.18	10.18	1143.58	49.08	255.44	423.01	1.1882	1.7223
45	11.62	11.62	1121.32	56.4	263.19	425.2	1.2114	1.7206
50	13.2	13.2	1197.98	64.66	270.77	427.23	1.2346	1.7187

Diagrama de Mollier

Grafica 2: Carta psicométrica de R-134a



4.7 SISTEMA ELECTRICO Y CONTROL DEL C.F.



4.8 METODOLOGIA DE CONTRUCCION DE BANCO DIDACTICO

Tomando como referencia nuestro diseño, se describe la secuencia para la metodología de construcción del banco didáctico.

1. Elementos que se utilizaran para poder crear el proyecto.
2. Se llevará a cabo el proceso de ensamble de piezas para darle forma al banco didáctico, posterior, se procederá a las uniones con soldadura oxiacetilénica y eléctrica.
3. Fabricación del evaporador.

Se realizará la fabricación del evaporador esto se debe a que en el mercado nacional únicamente se encuentran evaporadores con dimensiones más grandes y el que se requiere para el proyecto por ser con fines didácticos es más pequeño

4. Se realizará la instalación del condensador, y realizar los respectivos acoples mecánicos para su correcta operación.
5. Realizar la instalación de todos los componentes eléctricos del sistema, teniendo como referencia el diagrama establecido en la investigación.
6. Presurizar el circuito mecánico de refrigeración con nitrógeno, a una presión de 350 psi; esto con la finalidad de verificar la hermeticidad del circuito mecánico de refrigeración.
7. Ejecutar vacío al circuito mecánico de refrigeración.
8. Cargar el sistema con refrigerante R-134a.
9. Realizar las pruebas de funcionamiento y operación del cuarto frío.

CAPITULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y ANEXOS.

5.1 CONCLUSIONES

- Al implementar un banco didáctico de cuarto frio en el laboratorio de la Universidad Técnica Latinoamérica, se favorecerá a los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica; en el estudio, comprensión y aplicación de los conceptos teóricos sobre los sistemas de refrigeración.
- Contar con un banco didáctico de cuarto frio es una herramienta útil para la Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA), que ayudara a la formación de los alumnos que optan por la carrera de Ingeniería Mecánica.
- Los manuales en este trabajo final de graduación, poseen instrucciones que servirán para la seguridad, operación y mantenimiento del banco didáctico del cuarto frio para fortalecer los conocimientos teóricos que poseen los alumnos y les permitirán ponerlos en práctica con el equipo.
- Al realizar el trabajo del banco didáctico del cuarto frio, se puso en práctica lo aprendido en la carrera de Ingeniería Mecánica, verificando la funcionabilidad de los componentes que lo conforman y cómo interactúan entre sí.

5.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar el banco didáctico de cuarto frio para el aprendizaje de los alumnos que estudian la carrera de Ingeniería Mecánica.
- Capacitar a los encargados o encargado de Laboratorios de las materias de Termodinámica, Transferencia de Calor y Masa, Aire Acondicionado y Refrigeración, acerca de la funcionamiento, mantenimiento y seguridad del banco didáctico del cuarto frio con el fin de evitar accidentes o daños irreparables al equipo.
- Realizar un plan de mantenimiento del equipo para mantener su funcionamiento en estado óptimo.
- Instruir a los alumnos a darle el uso correcto a los componentes que conforman el equipo; para no ocasionar daños o se deteriore rápidamente el equipo.

5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

5.3.1 LIBROS

- Edwar G. Pita, (1991) "Principio y Sistemas de Refrigeración", Primera Edición, México, D.F. Editorial Limusa.
- Manuel Radajell Carreras, José Luis Sánchez García (2010) "Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad" Editorial Díaz de Santos Madrid España.
- Luis Socconini, (2008) "Lean Manufacturing Paso a Paso", Editorial Norma Edición 01 México.
- William C. Whitman – William M. Johnson, "Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado", Aparatos Domésticos y Sistemas Especiales IV.
- William C. Whitman – William M. Johnson, "Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado", Fundamentos I.

5.3.2 TESIS.

- Fabián Eduardo Hernández González (2006), Consideraciones en el Proyecto del Aire Acondicionado en una Nave, (Tesis de Facultad en Ingeniería Naval), Universidad Austral de Chile.

5.3.3 DOCUMENTOS.

- Copeland, Gilvert (1992), Manual de refrigeración Gilvert Copeland, partes 1, 2, 4 y 5, (1992), Editorial Gilvert Copeland.
- Rodolfo Ruíz Martínez (2007), Mantenimiento de cámaras frigoríficas con capacidad hasta 20 hp, Primera Edición: 2007.
- Bohn (2005), Instalación del sistema de refrigeración, Editorial Bohn.
- Libro blanco del poliuretano inyectado y proyectado, Guía de ventajas y soluciones para aislamiento térmico, acústico e impermeabilización. AISLA, Asociación de Instaladores de Aislamiento. Madrid, 2016.
- Manual de compresores Embraco 60Hz aplicación R-134a y Mezclas. Pág. 11.

5.4 ANEXOS

5.4.1 MANUAL DEL CONTROLADOR DIGITAL PARA MODULO C.F.

www.fulgaugs.com/manual del producto 123

4. INDICACIONES Y TECLAS

5. INSTALACIÓN - PANEL

6.2 Mapa de teclas facilitadas

Cuando el controlador esté mostrando la temperatura, las siguientes teclas sirven de acceso rápido para las siguientes funciones:

	Presionada por 5 segundos: activa/desactiva las funciones de control.
	Presionada por 2 segundos: ajuste del setpoint.
	Toque corto: muestra el proceso.
	Presionada 2 segundos: inhibe el buzzer.
	Toque corto: muestra los datos de medidas mínimas y máximas.
	Presionada 2 segundos: al exhibir datos, borra el histórico.
	Presionada 4 segundos: realiza el deshielo manual.
	Accede al menú facilitado.
	Entra en la selección de funciones.

6.3 Operaciones básicas

Conexión 12 Vac/dc

Conexión 24 Vac/dc

El sensor S1 debe quedar en el ambiente (negro).
El sensor S2 debe quedar fijado en el evaporador a través de abrazadera metálica (gris).

6.3.2 Fast Freezing

En este modo la salida de refrigeración permanece accionada, acelerando así el proceso de refrigeración o congelamiento. Este modo de funcionamiento puede ser activado o desactivado en el menú facilitado, en la opción **[F52]** o a través de mando externo conectado a la entrada digital (F52 o F53). También puede ser desactivado automáticamente por baja temperatura (F33) o por tiempo (F34). Durante la operación en el modo fast freezing la indicación de compresor prendido parpadea rápidamente y el deshielo continúa ocurriendo. Si al accionar el modo fast freezing el controlador identifica que exista un deshielo programado para iniciar por tiempo en ese periodo, el deshielo será anticipado para que entre inmediatamente en el modo fast freezing.

6.3.3 Setpoint económico (SPE)

El **[SPE]** proporciona mayor economía al sistema al emplear parámetros más flexibles para el control de temperatura (F27 - Setpoint Económico y F28 - Diferencial de control). Cuando está activado, el mensaje **[EED]** pasa a ser mostrado de forma alternada con la temperatura y los demás mensajes. El funcionamiento en modo económico puede ser activado o desactivado a través de los mandos:

Función	Comando	Acción
F29	Tiempo de puerta cerrada para activar	Activa
F30	Diferencia de temperatura S3-S1 para desactivar	Desactiva
F31	Diferencia de temperatura S3-S1 para activar	Mantiene activado
F32	Tiempo máximo en modo económico	Desactiva
F32	Tiempo máximo en modo económico =0(no)	Mantiene desactivado
F52 / F53	Mando externo (entrada digital)	Activa / Desactiva
F52 / F53	Indicación de puerta abierta (entrada digital)	Mantiene desactivado
-	Acción por el menú facilitado ([EED])	Activa / Desactiva
-	Error de lectura de la temperatura ambiente (S1)	Mantiene desactivado
-	Al activar el instrumento	Desactiva

6.3.4 Deshielo Manual

Este proceso de deshielo puede ser activado/desactivado manualmente en el menú facilitado, en la opción **[DEF]** o pulsando la tecla **[A]** durante 4 segundos o utilizando el interruptor externo conectado a la entrada digital (F52 o F53). La activación o desactivación será indicada a través del mensaje **[DEF]** **[On]** o **[DEF]** **[Off]** respectivamente.

6.3.5 Como determinar el final del deshielo por temperatura

a) Vuelva a configurar las funciones relacionadas al final del deshielo para el valor máximo:

- Tiempo de refrigeración (intervalo entre deshielos) **F8 = 999 min.**
- Temperatura en el evaporador para final de deshielo **F13 = 105°C / 221°F**
- Duración máxima del deshielo **F14 = 90 min.**

b) Aguarde hasta formar una capa de hielo en el evaporador.

c) Realice el deshielo manualmente (utilizando la tecla **[A]** avance hasta **[DEF]** y pulse **[A]**).

d) Acompañe visualmente al hielo derretirse.

e) Espere hasta que todo el hielo en el evaporador derrita para considerar el deshielo finalizado.

f) Con el deshielo finalizado, controle la temperatura en el evaporador (S2) utilizando la tecla **[V]** (ver

punto 6.3.9).

g) Utilizando el valor leído en S2 ajuste la temperatura para final de deshielo

- Temperatura en el evaporador para final de deshielo **F13 = Temp. S2**

h) Por seguridad vuelva a ajustar la duración máxima del deshielo, según el tipo de deshielo configurado.

Por ejemplo:

- Deshielo eléctrico (por resistencias) **F14 = 45 min.**

- Deshielo por gas caliente **F14 = 20 min.**

i) Para finalizar ajuste el tiempo en refrigeración (F8) con el valor deseado.

6.3.6 Deshielo con dos evaporadores

Con S3 configurado para sensor del 2º evaporador (F52), la salida del ventilador da lugar al control de la segunda resistencia. El deshielo siempre se inicia con las dos salidas accionadas. Las resistencias son desactivadas individualmente a medida que sus evaporadores alcanzan la temperatura para finalizar el deshielo. Con las dos salidas desactivadas o tras haber transcurrido el tiempo máximo en deshielo, comienza el proceso de drenaje. Con esas configuraciones todas las funcionalidades del Fan serán desconsideradas, incluso el proceso de Fan Delay.

6.3.7 Bloqueo de Funciones

La utilización del bloqueo de funciones trae mayor seguridad a la operación del instrumento, con él activo, el setpoint y los demás parámetros pueden quedar visibles al usuario, pero protegidos contra alteraciones indebidas (F57=2) o se pueden bloquear las alteraciones en las funciones de control dejando el ajuste de setpoint liberado (F57=1). Para activar el bloqueo de las funciones ingrese a la opción **[LOCK]** en el menú facilitado. Será exhibido el mensaje **[On]** (bloqueo debe estar habilitado y desactivado), con él en el display mantenga presionada la tecla **[V]** por el tiempo configurado para bloqueo de funciones (F58), la activación será indicada por el mensaje **[LOCK]** **[On]**. Para habilitar el uso de esa función es preciso que la función F57 esté configurada con 1 o 2. El mensaje **[LOCK]** al intentar alterar los parámetros indica que el bloqueo de funciones está activo, para desbloquear, desconecte el controlador y vuelva a conectarlo con la tecla **[V]** presionada. Mantenga la tecla presionada hasta que el mensaje **[LOCK]** **[Off]** indique el desbloqueo (10 segundos).

6.3.8 Apagado de las funciones de control

El apagado de las funciones de control permite que el controlador opere apenas como un indicador de temperatura, manteniendo las salidas de control y las alarmas apagadas. El empleo de ese recurso es habilitado o no por la función de apagado de las funciones de control (F56). Cuando habilitado, las funciones de control y alarmas son apagadas (**[FCL]** **[OFF]**) o prendidas (**[FCL]** **[On]**) a través del menú facilitado en la opción **[FCL]**. Cuando las funciones de control estén apagadas, el mensaje **[OFF]** pasa a ser mostrado de forma alternada con la temperatura y los demás mensajes. También es posible activar/desactivar las funciones de control presionando la tecla **[A]** por 5 segundos.

Nota: Al reconectar las funciones de control se cuenta el tiempo definido en la función retraso en la partida (en el arranque).

6.3.9 Etapa del proceso, tiempo transcurrido y temperatura en los sensores S2 y S3

El estado de funcionamiento del controlador puede ser visto pulsando la tecla **[V]** (toque corto). Será presentada una secuencia de mensajes indicando el proceso actual, el tiempo (hh:mm) ya transcurrido en esta etapa, la temperatura en el evaporador (S2) y la temperatura en S3. En caso que los sensores estén desactivados sus medidas no serán exhibidas.

Etapas del proceso:

[DET] Delay inicial (retraso en la puesta en marcha del instrumento)

[FAN] Fan-delay (retraso para retomo del ventilador)

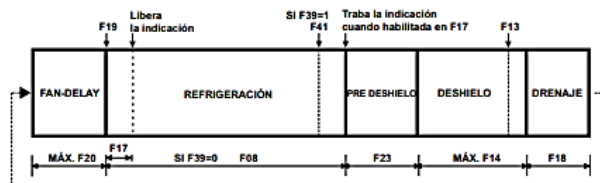
[REF] Refrigeración

[PRE] Deshielo previo

[DEF] Deshielo

[DRA] Drenaje

--- Funciones de control desactivadas



6.3.10 Registro de Temperatura Mínima y Máxima

La exhibición del registro de temperatura mínima y máxima puede ser verificada por medio del menú facilitado u oprimiendo la tecla **[A]** durante la exhibición de temperatura. Las temperaturas mínima y máxima registradas para cada sensor serán mostradas en secuencia precedidas por los mensajes de identificación **[CEG]** **[E-]** para sensor ambiente (S1), **[E-2]** para S2 (cuando activado) y **[E-3]** para S3 (cuando activado). Para apagar los valores mínimos y máximos registrados, mantenga la tecla **[A]** oprimida durante 2s durante la exhibición de los registros, o utilice la opción **[CEG]** en el menú facilitado. El mensaje **[CEG]** indica que los registros han sido apagados.

6.3.11 Selección de Unidad

Para seleccionar la unidad de temperatura en el cual el instrumento funcionará, entre en la función **[FDU]** con el código de acceso **[23]** y pulse la tecla **[A]**. A seguir seleccione la unidad deseada **[C]** o **[F]** utilizando las teclas **[A]** o **[V]** para confirmar pulse **[A]**. Siempre que la unidad sea alterada, las configuraciones de las funciones asumen el valor de fábrica, necesitando de esta manera, ser nuevamente configuradas.

6.4 Operaciones avanzadas

El menú de funciones puede ser accedido a través del menú facilitado, opción **[FUNC]** o presionando simultáneamente **[A]** y **[V]** durante la exhibición de temperatura. Para permitir alterar los parámetros, entre en **[FDU]** pulsando **[A]** (toque corto) y utilizando las teclas **[A]** o **[V]** introduzca el código 123, confirme con **[A]**. Para alterar las demás funciones, navegue a través del menú con las teclas **[A]** o **[V]** y proceda del mismo modo para ajustarla. Para salir del menú y volver a la operación normal, pulse la tecla **[A]** (toque largo) hasta que aparezca **----**.

OBS: Si el bloqueo de las funciones estuviese activado, al pulsar las teclas **[A]** o **[V]**, el controlador exhibirá el mensaje **[LOCK]** en la pantalla y no permitirá el ajuste de los parámetros.

6.5.1 Descripción de los parámetros

F01-Código de acceso:

Es necesario cuando se desea alterar los parámetros de configuración o alterar la unidad de temperatura. Para ver solamente los parámetros ajustados no es necesario introducir ningún código de acceso.

☐ 123 Permite alterar los parámetros avanzados

☐ 237 Permite elegir la unidad de temperatura Celsius o Fahrenheit

F02- Diferencial de control (histéresis normal):

Es la diferencia de temperatura (histéresis) entre PRENDER y APAGAR la salida de control de refrigeración en el modo normal y Fast freezing.

F03- Desplazamiento de la indicación de la temperatura ambiente S1 (offset):

Permite compensar las desviaciones en la lectura de la temperatura ambiente (S1), provenientes del cambio del sensor o de la alteración del largo del cable.

F04- Mínimo setpoint permitido al usuario final:

Tope electrónico cuya finalidad es evitar que por engaño, sean ajustadas temperaturas exageradamente bajas en el setpoint.

F05- Máximo setpoint permitido al usuario final:

Tope electrónico cuya finalidad es evitar que por engaño, sean ajustadas temperaturas exageradamente altas en el setpoint.

F06- Retraso en la puesta en marcha (activación):

F12- Deshielo en la puesta en marcha del instrumento:

Permite realizar un deshielo en el momento en que el controlador es activado, como por ejemplo, al volver la energía eléctrica (cuando hubo corte del suministro de energía eléctrica).

F13- Temperatura en el evaporador (S2/S3) para determinar final de deshielo:

Cuando la temperatura del evaporador es superior o igual al valor configurado en esta función, el deshielo será finalizado. Si el sensor S3 está configurado como sensor del segundo evaporador (F52), el controlador apagará las salidas para deshielo individualmente y el proceso de deshielo se encerrará cuando las dos estén desactivadas.

F14- Duración máxima del deshielo:

Este parámetro sirve para ajustar el tiempo máximo de duración del proceso de deshielo. Si al final de ese período el deshielo no fuese finalizado por temperatura, un punto permanecerá parpadeando en el ángulo inferior derecho de la pantalla. Si el sensor 2 es desactivado, el final del proceso de deshielo será siempre determinado por tiempo, no habiendo así necesidad de señal de alerta. Cuando la duración máxima de deshielo es configurada para 0 (), el proceso de deshielo dejará de ser realizado.

F15- Ventilador prendido durante el deshielo:

Define si el ventilador permanecerá siempre prendido o siempre apagado durante el deshielo. Son ejemplos del uso de ventilador prendido, los casos de deshielo natural y de deshielo por resistencias de aletas instaladas fuera del evaporador.

Nota: Esta función sólo está disponible con F16- Tipo de deshielo (0-Eléctrico / 1-Gas caliente) = 0

F16- Tipo de deshielo (0-eléctrico / 1-gas caliente):

☐ 0 Deshielo eléctrico (por resistencias), donde es accionada solamente la salida de deshielo

☐ 1 Deshielo por gas caliente, donde son accionadas las salidas del compresor y del deshielo

F17- Indicación de temperatura (S1) trabada durante el deshielo:

Esta función tiene por finalidad evitar que sea percibida la elevación de temperatura ambiente debido al deshielo. Durante el deshielo, la última temperatura medida en el ciclo de refrigeración permanecerá trabada en la pantalla. La indicación será liberada tras el inicio del próximo ciclo de refrigeración, cuando esa temperatura sea nuevamente alcanzada o supere el tiempo configurado en esta función (lo que ocurra primero). Esta función podrá ser deshabilitada si configurada con (-1).

F18- Tiempo de drenaje (goteo del agua del deshielo):

Tiempo necesario para goteo, o sea, para drenar las últimas gotas de agua del evaporador. En este período todas las salidas permanecen desactivadas. Si no se desea esta etapa, ajuste ese tiempo para .

F19- Temperatura del evaporador (S2/S3) p/ retorno del ventilador tras drenaje:

Tras el drenaje se inicia el ciclo de fan-delay. El compresor es accionado inmediatamente, pues la temperatura en el evaporador está alta, pero el ventilador solamente es accionado después que la temperatura en el evaporador sea inferior al valor ajustado. Este proceso es necesario para retirar el calor que aun existe en el evaporador en consecuencia del deshielo, evitando tirarlo al ambiente.

F07- Alarma de temperatura ambiente alta (S1):

Es la temperatura ambiente (S1) arriba de la cual el instrumento indicará alarma de temperatura alta visual () y sonora (F51). El diferencial para desactivación de la alarma es fijo en 0,1°C/1°F. Esta alarma considera la temperatura que se muestra en la pantalla, siendo influenciado así por la visualización de la temperatura bloqueada durante el deshielo (F17). Esa alarma es ignorada hasta que el instrumento alcance la temperatura de control por primera vez.

F08- Tiempo de refrigeración (intervalo entre deshielos):

Cuando el deshielo este configurado para iniciar por tiempo (F39), esa función establece el tiempo máximo de duración del proceso de refrigeración. En este caso será iniciado un deshielo siempre que el tiempo transcurrido en el modo refrigeración, alcance el valor configurado en esa función. Si la condición para dar inicio al deshielo es la temperatura en el evaporador y el controlador no estuviese indicando error de lectura en ese sensor, el tiempo en refrigeración no será llevado en cuenta.

F09- Tiempo mínimo de compresor prendido:

Es el tiempo mínimo que el compresor permanecerá prendido, o sea, es el intervalo de tiempo entre la última puesta en marcha y la próxima parada. Sirve para evitar aumentos de tensión en la red eléctrica.

F10- Tiempo mínimo de compresor apagado:

Es el tiempo mínimo que el compresor permanecerá apagado, o sea, es el intervalo de tiempo entre la última parada y la próxima puesta en marcha. Sirve para aliviar la presión de descarga y aumentar el tiempo de vida útil del compresor.

F11- Situación del compresor con sensor ambiente (S1) desconectado:

Si el sensor de temperatura ambiente (S1) está en cortocircuito, desconectado o fuera del rango de

F27- Setpoint económico (SPE):

Es la temperatura deseada en el ambiente que será refrigerado cuando el instrumento esté operando en modo económico.

F28- Diferencial de control (histéresis económica):

Es la diferencia de temperatura (histéresis) entre PRENDER y APAGAR la salida de control de refrigeración en el modo normal económico.

F29- Tiempo de puerta cerrada para entrar en modo económico:

Si la puerta es mantenida cerrada por un tiempo mayor o igual al configurado en esta función y el setpoint normal sea o haya sido alcanzado, el controlador activa el modo económico. Con eso el mismo pasa a operar con el setpoint económico hasta que alguna de las condiciones para desactivación sea atendida (ver 6.3.3). Esa función es deshabilitada cuando configurada para (0).

F30- Diferencia de temperatura (S3-S1) por debajo de la cual es activado el setpoint económico:

Cuando la diferencia de temperatura entre el sensor 3 y el sensor 1 sea menor que el valor ajustado en este parámetro, el controlador pasa a operar en modo económico.

F31- Diferencia de temperatura (S3-S1) por encima de la cual es activado el setpoint normal:

Cuando la diferencia de temperatura entre el sensor 3 y el sensor 1 sea mayor que el valor ajustado en este parámetro, el controlador pasa a operar con setpoint normal.

F32- Tiempo máximo no modo económico:

Permite configurar el tiempo máximo de actuación del modo económico. Tras este tiempo, el setpoint vuelve a ser el del modo de operación normal. Si configurado en este tiempo es desactivado.

F33- Límite de temperatura para Fast Freezing:

Es la temperatura mínima que el instrumento podrá alcanzar durante el proceso de fast freezing (congelamiento rápido).

F34- Tiempo de Fast Freezing:

Es el tiempo de duración del proceso de fast freezing (congelamiento rápido).

F35- Tiempo de ventilador prendido:

F36- Tiempo de ventilador apagado:

Definen el tiempo de ventilador prendido y el tiempo de ventilador apagado, caso esté operando en el modo cíclico.

F37- Tiempo de compresor activado en caso de falla de S1:

F38- Tiempo de compresor desactivado en caso de falla de S1:

Definen el tiempo de compresor prendido y el tiempo de compresor apagado, caso esté operando en el modo cíclico. Esta condición ocurre si el sensor S1 está desconectado (o en falla) y si el parámetro F11 estuviese configurado con el valor .

Tabla de parámetros

Fun	Descripción	CELSIUS				FAHRENHEIT			
		Min	Máx	Unid	Patrón	Min	Máx	Unid	Patrón
F 0 1	Código de acceso	0	999	-	0	0	999	-	0
F 0 2	Diferencial de control (histéresis normal)	0.1	20	°C	2	1	36	°F	3
F 0 3	Desplazamiento de la indicación de la temperatura ambiente S1 (offset)	-30	30	°C	0	-30	36	°F	0
F 0 4	Mínimo setpoint permitido al usuario final	-50	105	°C	-50	-58	221	°F	-58
F 0 5	Máximo setpoint permitido al usuario final	-50	105	°C	105	-58	221	°F	221
F 0 6	Retraso en la puesta en marcha (activación)	0 (NO)	30	min.	0 (NO)	0 (NO)	30	min.	0 (NO)
F 0 7	Alarma de temperatura ambiente alta (S1)	-50	105	°C	105	-58	221	°F	221
F 0 8	Tiempo de refrigeración (intervalo entre deshielos)	1	999	min.	240	1	999	min.	240
F 0 9	Tiempo mínimo de compresor prendido	0 (NO)	999	seg.	0	0 (NO)	999	seg.	0
F 1 0	Tiempo mínimo de compresor apagado	0 (NO)	999	seg.	0	0 (NO)	999	seg.	0
F 1 1	Situación del compresor con sensor ambiente (S1) desconectado	0	2	-	1	0	2	-	1
F 1 2	Deshielo en la puesta en marcha del instrumento	NO	YES	-	NO	NO	YES	-	NO
F 1 3	Temperatura en el evaporador (S2 / S3) para determinar final de deshielo	-50	105	°C	30	-58	221	°F	86
F 1 4	Duración máxima del deshielo	0 (NO)	90	min.	30	0 (NO)	90	min.	30
F 1 5	Ventilador prendido durante el deshielo	0 (OFF)	1 (ON)	-	0 (OFF)	0 (OFF)	1 (ON)	-	0 (OFF)
F 1 6	Tipo de deshielo (0-eléctrico / 1-gas caliente)	0	1	-	0	0	1	-	0
F 1 7	Indicación de temperatura (S1) trabada durante el deshielo	-1 (NO)	99	min.	-1 (NO)	-1 (NO)	99	min.	-1 (NO)
F 1 8	Tiempo de drenaje (goteo del agua del deshielo)	0 (NO)	99	min.	1	0 (NO)	99	min.	1
F 1 9	Temperatura del evaporador (S2 / S3) p/ retorno del ventilador tras drenaje	-50	105	°C	20	-58	221	°F	68
F 2 0	Tiempo máximo p/ retorno del ventilador tras drenaje (fan-delay)	0 (NO)	30	min.	1	0	30	min.	1
F 2 1	Modo de operación del ventilador	0	7	-	4	0	7	-	4
F 2 2	Parada del ventilador por temperatura alta en el evaporador	-50	105	°C	30	-58	221	°F	86
F 2 3	Tiempo para recoger el gas antes de dar inicio el deshielo (pre-deshielo)	0 (NO)	999	min.	0 (NO)	0 (NO)	999	min.	0 (NO)
F 2 4	Intensidad del filtro digital aplicado al sensor 1 (0-desactivado)	0	9	-	0	0	9	-	0
F 2 5	Tiempo para confirmación de temperatura en el evaporador (S2/S3) baja p/ iniciar deshielo (si F39=1)	0	90	min.	0	0	90	min.	0
F 2 6	Setpoint normal	-50	105	°C	-15	-58	221	°F	5
F 2 7	Setpoint económico (SPE)	-50	105	°C	-10	-58	221	°F	14
F 2 8	Diferencial de control (histéresis económica)	0.1	20	°C	2	1	36	°F	3
F 2 9	Tiempo de puerta cerrada para entrar en modo económico	0 (NO)	999	min.	0 (NO)	0 (NO)	999	min.	0 (NO)
F 3 0	Diferencia de temperatura (S3-S1) por debajo de la cual es activado el setpoint económico	0.1	20	°C	2	1	36	°F	3
F 3 1	Diferencia de temperatura (S3-S1) por encima de la cual es activado el setpoint normal	0.1	20	°C	5	1	36	°F	9
F 3 2	Tiempo máximo no modo económico	0 (NO)	100(OFF)	h.	0 (NO)	0 (NO)	100(OFF)	h.	0 (NO)
F 3 3	Límite de temperatura para Fast Freezing	-50	105	°C	-25	-58	221	°F	-13
F 3 4	Tiempo de Fast Freezing	0 (NO)	999	min.	0 (NO)	0 (NO)	999	min.	0 (NO)
F 3 5	Tiempo de ventilador prendido	1	99	min.	2	1	99	min.	2
F 3 6	Tiempo de ventilador apagado	1	99	min.	8	1	99	min.	8
F 3 7	Tiempo de compresor activado en caso de falla de S1	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F 3 8	Tiempo de compresor desactivado en caso de falla de S1	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F 3 9	Condición para inicio de deshielo (0-Tiempo / 1-Temperatura)	0	1	-	0	0	1	-	0
F 4 0	Tiempo máximo de puerta abierta para deshielo instantáneo	0 (NO)	999	min.	0 (NO)	0 (NO)	999	min.	0 (NO)
F 4 1	Temperatura en el evaporador (S2 / S3) para iniciar deshielo	-50	105	°C	-50	-58	221	°F	-58
F 4 2	Tiempo de puerta abierta para apagar ventilador	-1 (NO)	999	min.	-1 (NO)	-1 (NO)	999	min.	-1 (NO)
F 4 3	Tiempo de puerta abierta para apagar las salidas de control	0 (NO)	999	min.	0 (NO)	0 (NO)	999	min.	0 (NO)
F 4 4	Temperatura máxima en el condensador (S3) para apagar las salidas de control	0 (NO)	105	°C	55	32 (NO)	221	°F	131
F 4 5	Diferencial de control (histéresis) para sensor S3 cuando configurado como sensor del condensador	0.1	20	°C	5	1	36	°F	9
F 4 6	Tiempo de compresor prendido sin alcanzar el setpoint para apagar las salidas de control	0 (NO)	999	min.	0 (NO)	0 (NO)	999	min.	0 (NO)

Si la entrada de S3 está configurada (F52) para otra función, esta alarma es desactivada. Esta alarma será ignorada hasta que el instrumento alcance la temperatura de control por primera vez.

F50 - Tiempo de puerta abierta para emitir alarma:

Si la puerta permanece abierta por un tiempo mayor o igual al configurado en este parámetro, el controlador activará una alarma de puerta abierta visual y sonora (F51). Las alarmas son interrumpidas tras cerrar la puerta. El buzzer podrá ser inhibido a través de la tecla **7** (oprimida por 2s). Para que la alarma de puerta abierta funcione, es necesario configurar una de las entradas digitales como contacto de puerta (F52 y F53). Esa función es deshabilitada cuando configurada para **OFF** (0).

F51 - Habilitar buzzer:

Permite activar o desactivar el buzzer interno para indicación de alarmas.

F52 - Función de la entrada digital1 / sensor S3:

- OFF** Apagada
- ☐ 1) Entrada digital: Activar setpoint económico (pulsador N.A.)
 - ☐ 2) Entrada digital: Realizar deshielo (pulsador N.A.)
 - ☐ 3) Entrada digital: Realizar fast freezing (pulsador N.A.)
 - ☐ 4) Entrada digital: Alarma externa (N.A.)
 - ☐ 5) Entrada digital: Contacto de puerta (N.A.)
 - ☐ 6) Entrada digital: Activar setpoint económico (pulsador N.C.)
 - ☐ 7) Entrada digital: Realizar deshielo (pulsador N.C.)
 - ☐ 8) Entrada digital: Realizar fast freezing (pulsador N.C.)
 - ☐ 9) Entrada digital: Alarma externa (N.C.)
 - ☐ 10) Entrada digital: Contacto de puerta (N.C.)
 - ☐ 11) Sensor S3: Diferencial de temperatura para setpoint económico (S3-S1)
 - ☐ 12) Sensor S3: Control de temperatura del condensador
 - ☐ 13) Sensor S3: Control de temperatura del segundo evaporador

F53 - Función de la entrada digital 2:

- OFF** Apagada
- ☐ 1) Entrada digital: Activar setpoint económico (pulsador N.A.)
 - ☐ 2) Entrada digital: Realizar deshielo (pulsador N.A.)
 - ☐ 3) Entrada digital: Realizar fast freezing (pulsador N.A.)
 - ☐ 4) Entrada digital: Alarma externa (N.A.)
 - ☐ 5) Entrada digital: Contacto de puerta (N.A.)
 - ☐ 6) Entrada digital: Activar setpoint económico (pulsador N.C.)
 - ☐ 7) Entrada digital: Realizar deshielo (pulsador N.C.)
 - ☐ 8) Entrada digital: Realizar fast freezing (pulsador N.C.)
 - ☐ 9) Entrada digital: Alarma externa (N.C.)
 - ☐ 10) Entrada digital: Contacto de puerta (N.C.)

F54 - Desplazamiento de la indicación de la temperatura del evaporador S2 (offset):

Permite compensar las desviaciones en la lectura de la temperatura del evaporador (S2), provenientes del cambio del sensor o de la alteración del largo del cable. El sensor S2 puede ser desactivado ajustando esta función al valor mínimo hasta que aparezca el mensaje **OFF**. En esta condición todas las funciones que dependen de la lectura del sensor S2 dejarán de funcionar.

F55 - Desplazamiento de la indicación de la temperatura del sensor S3 (offset):

Permite compensar las desviaciones en la lectura de la temperatura del sensor S3, provenientes del cambio del sensor o de la alteración del largo del cable. El sensor S3 puede ser desactivado ajustando la función de la entrada digital 1 / Sensor S3 (F52) con el valor **OFF** (0) o haciéndola funcionar como una entrada digital.

AL2	Alarma de temperatura alta en el condensador (nivel 2).
ALCL	Compresor ha alcanzado el tiempo máximo prendido sin alcanzar el SP.
OFF	Rutinas de control desactivadas.
 	Indica que la temperatura para fines de deshielo no ha sido alcanzada.
ECAL	Póngase en contacto con la Full Gauge Controls.
PPPP	Reconfigure los valores de las funciones.

8. ÍTEMS OPCIONALES - Vendidos Separadamente

EasyProg - versión 2 o superior

Es un accesorio que tiene como principal función almacenar los parámetros de los controladores. A cualquier momento puede cargar nuevos parámetros de un controlador, y descargar en una línea de producción (del mismo controlador), por ejemplo.

Posee tres tipos de conexiones para cargar o descargar los parámetros:

- **Serial RS-485:** Se conecta vía red RS-485 al controlador (solamente para los controladores que poseen RS-485).
- **USB:** Se conecta a la computadora por el puerto USB, utilizando el Editor de Recetas del Sitrad.
- **Serial TTL:** El controlador se conecta directamente a la **EasyProg** por la conexión Serial TTL.



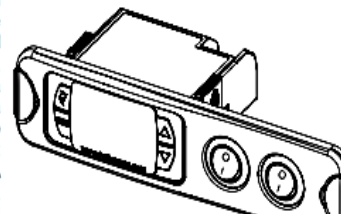
Ecace

Recomendada para la línea Evolution, evita la entrada de agua en la parte trasera del instrumento. Protege al producto cuando sea efectuado el lavado del local de la instalación.



Marco Extendido

El marco extendido de Full Gauge Controls permite la instalación de las líneas Evolution y Ri con medidas 76x34x77 mm (medida de recorte de 71x29mm para instalación en el marco extendido) en distintas situaciones, pues no requiere precisión en el recorte para insertar el instrumento. Permite la personalización mediante etiquetas auto adhesivas y el contacto de la empresa; además de incluir 2 interruptores de 10A (250 Vac) que pueden activar luz interior, rutina de aire acondicionado / apagado del



Datos técnicos del compresor seleccionado para diseño de módulo de C.F.

Datos Tecnicos del compresor seleccionado para diseño de modulo de C.F			
		DATOS TECNICOS DEL COMPRESOR	
Descripcion del compresor			
Denominacion		F F 12HBX	
Voltaje/ frecuencia nominal		115-127 V 60 Hz	
Código de ingeniería		513200003	
A. APLICACIÓN / CONDICIONES LIMITES DE TRABAJO			
1. Tipo		Compresor reciproco	
2. Refrigerante		R-134 a	
3. Voltaje y frecuencia nominal		115-127 / 60	(V/Hz)
4.Tipo de aplicación			
4.1 Rango de temperatura de evaporacion		-35° C para 10 °C	(-31 ° F para 50 °F)
5. Tipo de motor		CSIR	
6. Torque de arranque		HST Alto Torque de arranque	
7. Elemento de control		Tubo capilar o valvula de expansión	
8.Enfriamiento del compresor			Rango de voltaje de operación
		50 Hz	60 Hz
8.1 LBP (32°C Temperatura ambiente)	Forzada	-	103 para 140 V
8.1 LBP (43°C Temperatura ambiente)	Forzada	-	104 para 140 V
8.1 LBP (32°C Temperatura ambiente)	Forzada	-	105 para 140 V
8.1 LBP (43°C Temperatura ambiente)	Forzada	-	106 para 140 V
9. Maxima presion/ temperatura ambiente de condensacion			
9.1 Operación (gauge)	16.2	[kg/cm2] (230 psig)	/ °C = °F
9.2 Pico (gauge)	20.6	[kg/cm2] (293 psig)	/ °C = °F
10. Maxima temperatura de las bobinas	130	[°C]	
B. DATOS MECANICOS			
1. Referencia Comercial	1/3 +	[hp]	
2. Desplazamiento	11.14	[cm3](0.680 cu.in	
2.1 Diametro (mm)	26		
2.2 Curso (mm)	21		
3. Carga de aceite	280	[ml] (9.47 fl oz)	
3.1 Aceites aprobados			
3.2 Tipo de viscosidad de aceites	ESTER /ISO22		
4. peso (con carga de aceite)	10.7	[kg] (23.59 lb)	
5. Carga de nitrogeno	0.2 PARA 0.3	[kg/cm2] (2.84para 4.27 psig)	
C.Datos electricos			
1. Voltaje nominal/ fecuencia / Numero de fases		115- 127 V 60 Hz 1 - (monofasico)	
2. Tipo de Dispositivos de arranque		current Relay	
2.1 Dispositivos de arranque		213516051	
3. Capacitor de arranque		378-454(115)(223-280(150)	
4. Capacitor de marcha		-	
5. proteccion del motor		MRT22AFZ-5598	
6.Resistencia del motor- Bobina arranque		3.87 [Ωen 25 °C (77°F)]+/-8%	
7. Resistencia del motor- Bobina de marcha		1.04 [Ωen 25 °C (77°F)]+/-8%	
8.LRA- Corriente con rotor trabajabdo (60 Hz)		43.00 [A] - Medio según UL984	
9. FLA- Corriente a plena carga L/MBP (60Hz)		7.20 [A] - Medio según UL984	
10 FLA- Corroiente a plena carga HBP (60 Hz)		8.10 [A] - Medio según UL984	
11. Institutos de aprobacion		CCC-TUV-UL	
Actulizacion: 21 FEB 2008			

embraco				DATOS TECNICOS DEL COMPRESOR					
D- PERFORMANCE- DATOS CHECK POINT									
CONDICIONES DE PRUEBA:				ASHRAEHBP32		Temperatura de evaporacion 7.2°C (44.96°F)			
@115V60Hz				Forzada		(Temp de condensacion 54.4°C(129.92°F)			
Capacidad de refrigeración			Consumo de	Consumo de	Flujo de	RANGO DE EFICIENCIA			
			potencia	corriente	masa				
+/-5%			+/-5%	+/-5%	+/-5%	+/-7%			
(Btu/h)	(Kcal/h)	(W)	(W)	(A)	(Kg/h)	(Btu/h)	(Kcal/Wh)	(W/W)	
5300	1336	1553	612	6.8	-	8.66	2.18	2.54	
CONDICIONES DE PRUEBA:				ASHRAELBP32		Temperatura de evaporación		-23.3°C(-9.94°F)	
@115V60Hz				Forzada		(temp. De condensación		54.4 °C (129.92°F)	
E- PERFORMANCE- CURVAS									
CONDICIONES DE PRUEBA:				ASHRAEHBP32		(Temp de condensacion 45°C (+113°F)			
@115V60Hz				Forzada					
Temperatura de	Capacidad de refrigeracion			consumo de	consumo de	flujo de	RANGO DE EFICIENCIA		
Evaporacion				potencia	corriente	masa			
	+/- 5%			+/-5%	+/-5%	+/-5%	+/-7%		
°C (°F)	[BTU/h]	[Kcal/h]	(W)	[w]	[A]	[Kg/h]	[Btu/Wh]	[kcal/Wh]	[WW]
-35 (-31)	657	166	192	212	4.71	3.71	3.07	0.77	0.9
-30 (-22)	871	220	255	247	4.79	4.95	3.59	0.9	1.05
-25 (-13)	1165	294	341	283	4.91	6.63	4.19	1.06	1.23
-20 (-4)	154	389	453	320	5.06	8.79	4.87	1.23	1.43
-15 (+5)	2014	508	590	360	5.24	11.49	5.6	1.41	1.64
-10 (+4)	2579	650	756	402	5.47	14.76	6.39	1.61	1.87
-5 (+23)	3245	818	951	447	5.73	18.66	7.21	1.82	2.11
0 (+32)	4016	1012	1177	495	6.04	23.22	8.07	2.03	2.36
+5(+41)	4898	1234	1435	545	6.4	28.51	8.94	2.25	2.62
+10 (+50)	5896	1486	1728	600	6.8	34.56	9.83	2.48	2.88
+10 (+59)	7016	1768	2056	658	7.26	41.41	10.71	2.7	3.14
CONDICIONES DE PRUEBA				ASHRAEHBP32		(Temp. De condensacion 55°C (+131°F)			
@115V60Hz				Forzada					
Temperatura de	Capacidad de refrigeracion			consumo de	consumo de	Flujo de	RANGO DE EFICIENCIA		
Evaporacion				potencia	corriente	masa			
	+/-5%			+/-5%	+/-5%	+/-5%	+/-7%		
°C (°F)	[Btu/h]	[Kcal/h]	[W]	[W]	[A]	[kg/h]	[Btu/Wh]	[Kcal/Wh]	[WW]
-35 (-31)	535	135	157	201	4.7	3.02	2.61	0.66	0.77
-30 (-22)	745	188	218	241	4.79	4.24	3.14	0.79	0.92
-25 (-13)	1037	261	304	282	5.09	5.9	3.73	0.94	1.09
-20 (-4)	1414	356	414	326	5.3	8.05	4.38	1.1	1.28
-35 (-31)	1883	475	552	372	5.56	10.74	5.08	1.28	1.49
-15 (+15)	2449	617	718	421	5.3	14.01	5.81	1.46	1.7
-10 (+14)	3116	785	913	472	5.87	17.92	6.58	1.66	1.93
-5 (+23)	3891	980	1140	527	6.23	22.5	7.35	1.85	2.16
-0 (+32)	4777	1204	1400	586	6.66	27.8	8.14	2.05	2.38
+5 (+41)	5781	1457	1694	648	7.12	33.8	8.92	2.25	2.61
+15 (+59)	6907	1741	2024	715	7.66	40.77	9.68	2.44	2.85

embraco				DATOS TECNICOS DEL COMPRESOR					
E- PERFORMANCE- CURVAS									
CONDICIONES DE PRUEBA:				ASHRAEHBP32		(Temp de condensacion 45°C (+113°F)			
@115V60Hz				Forzada					
temperatura de	Capacidad de refrigeracion			consumo de	consumo de	flujo de	RANGO DE EFICIENCIA		
Evaporacion	+/- 5%			potencia	corriente	masa	+/-7%		
°C (°F)	[BTU/h]	[Kcal/h]	(W)	[w]	[A]	[Kg/h]	[Btu/Wh]	[kcal/Wh]	[WW]
-35 (-31)	415	105	122	181	4.68	2.35	2.21	0.56	0.65
-30 (-22)	617	155	181	227	4.78	3.51	2.74	0.69	0.8
-25 (-13)	901	227	264	275	4.92	5.13	3.32	0.84	0.97
-20 (-4)	1273	321	373	326	5.12	7.24	3.95	0.99	1.16
-15 (+5)	1737	438	609	379	5.37	9.9	4.61	1.16	1.35
-10 (+4)	2299	579	674	435	5.67	13.15	5.3	1.33	1.55
-5 (+23)	2964	747	869	495	6.03	17.04	6	1.51	1.76
0 (+32)	3737	942	1095	559	6.46	21.61	6.7	1.69	1.96
+5(+41)	4624	1165	1355	626	6.94	26.91	7.4	1.86	2.17
+10 (+50)	5629	1419	1649	697	7.49	32.99	8.07	2.03	2.37
+10 (+59)	6758	1703	1980	773	8.11	39.89	8.72	2.2	2.56
embraco				DATOS TECNICOS DEL COMPRESOR					

F- CARACTERISTICAS EXTERNAS	
1.placa Base	Universal EG/F/AMEM version 2
2. Soporte de bandeja	No
3. Tubos	
3.1 SUCCION	8.2 + 0.12/-0.08 (mm) (0.323* + 0.005*/0.003*)
3.1.1 Material	Cobre
3.1.2 Forma	Recto
3.2 Descarga	6.5 +0.12/-0.08 (mm)0.256*+0.005/-0.003*)
3.2.1 Material	cobre
3.2.2 Forma	Recto
3.3 PROCESO	6.5 + 0.12/0.08 (mm) (0.256*+0.005*/-0.003*)
3.3.1 Material	Cobre
3.3.2 Forma	Recto
3.4 Tubo enfriador de aceite (cobre)	No (mm)
3.5 Sellado de tubo	Trampa de goma

5.4.2 MANUAL DE SEGURIDAD PARA BANCO DIDÁCTICO DE CUARTO FRIO

OBJETIVO GENERAL

Conocer las medidas de seguridad que se deben poner en práctica al manipular cada uno de los elementos que se encuentran instalados en el banco didáctico del cuarto frio y evitar accidentes a los estudiantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar medidas de seguridad para los elementos que se encuentran instalados en el módulo didáctico del cuarto frio.
- Prevenir de riesgo a los alumnos que reciben las prácticas de laboratorio donde utilizaran el banco didáctico de cuarto frio.

REQUERIMIENTOS

- Principio de funcionamiento de los elementos que se encuentran en el banco didáctico de cuarto frio.
- Revisar que todos los elementos se encuentren en el módulo didáctico de cuarto frio.
- Introducción al funcionamiento del módulo didáctico de climatización tipo ventana.
- Conocer las normas de seguridad para este módulo.
- Identificar los dispositivos a utilizar.
- Reconocer los símbolos eléctricos aplicando los conocimientos adquiridos en la materia.

RECURSOS UTILIZADOS

- Banco didáctico del cuarto frío
- Instrumentos de medición de medidas eléctricas como el multímetro y el instrumento de medición de presión de gas refrigerante.
- Motores.

DESARROLLO

ENCHUFE MACHO DE 120 VAC POLARIZADO:

Un enchufe macho es una pieza de material aislante con 3 varillas de material conductor sobre salidas para introducir en él toma corriente y realizar una conexión eléctrica que permita energizar el banco didáctico de cuarto frío con 120 VAC.

Recomendaciones de seguridad

- No manipular el enchufe mientras se encuentre conectado.
- Al desconectar el enchufe sostener fijamente de la parte metálica, no sujetar el cable.

CONDENSADOR

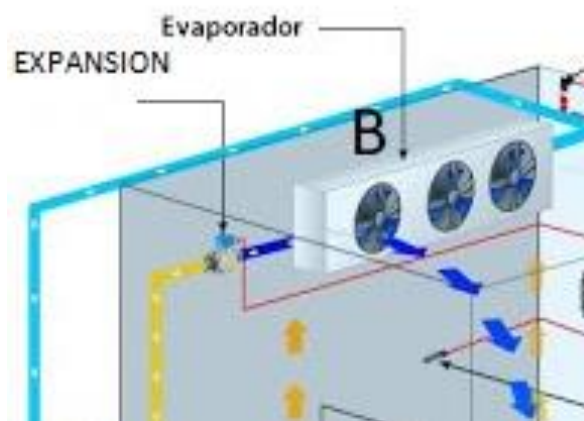
La condensación se produce utilizando aire mediante el uso de un ventilador que sirve para condensar el vapor, después de realizar un trabajo termodinámico.



Recomendaciones de seguridad

- No manipular el serpentín.
- Puede haber contactos eléctricos directos e indirectos
- Tensiones peligrosas en bornes del compresor
- No manipular motor energizado

EVAPORADOR



Recomendaciones de seguridad

- No manipular el motor ventilador en funcionamiento.
- No manipular motor energizado.
- En caso de corto circuito del sistema eléctrico, cortar la corriente mediante interruptor principal.
- No manipular con las manos o pies húmedos.

TERMOSTATO

Recomendaciones de seguridad



- No manipular termostato sin antes leer manual de instrucciones.
- En caso de avería del termostato, desenergizar el sistema mediante interruptor principal.
- Evitar golpes en pantalla digital

TABLERO ELECTRICO DE PROTECCION

Recomendaciones de seguridad



- Utilizar herramientas con aislación dieléctrica
- Riesgo de contacto eléctrico directo
- Riesgo de electrización y electrocución

MEDIDAS DE SEGURIDAD DEL MÓDULO DIDÁCTICO DEL CUARTO FRIO.



- Antes de manipular los elementos eléctricos tomar las debidas medidas de precaución.
- No utilizar cables de conexión en mal estado.
- No manipular los equipos que no se hayan indicado.
- Si algún cable de los dispositivos no está bien sujetado indicar al docente.
- Antes de energizar el banco didáctico de cuarto frio asegurarse que todo esté conectado correctamente.

- Nunca manipular ninguno de los elementos del banco didáctico del cuarto frío con las manos mojadas o húmedas.
- No utilizar cables empalmados o rotos, ya que podría haber accidentes durante las pruebas.
- Verifique que las borneras del módulo didáctico de climatización no estén golpeadas ni rotas.
- No tocar las aspas del motor ventilador del condensador energizado ya que puede sufrir un accidente.
- Antes de comenzar a realizar prácticas en el banco didáctico de cuarto frío primero revisar circuitos de control y fuerza.
- Si va a realizar cambios a un circuito hágalo des energizado.

Si no entiende la conexión de algún elemento pedir ayuda al docente.

NORMAS DE SEGURIDAD DENTRO DEL LABORATORIO.

- No ingresar alimentos al laboratorio.
- No ingresar personas ajenas a la práctica a realizar
- No manipular equipos dentro del laboratorio si el docente no le autoriza.

No desconectar ningún cable del banco de pruebas.

RECOMENDACIONES

Seguir todas las normas de seguridad es importante para evitar posibles accidentes y cuidar la integridad de los alumnos, así como de los elementos del banco didáctico de cuarto frío en general, prestar atención al funcionamiento de cada uno de los equipos para poder realizar las prácticas de laboratorios, y aprovechar al máximo este banco didáctico.

5.4.3 MANUAL DE OPERACION DEL BANCO DIDÁCTICO DEL CUARTO FRIO

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer la operación y funcionamiento de cada uno de los componentes, que se encuentran instalados en el banco didáctico del cuarto frio, para ampliar el conocimiento de los estudiantes sobre los sistemas de refrigeración.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Ampliar el conocimiento a los estudiantes acerca de los componentes que se encuentran instalados en el banco didáctico del cuarto frio.
- ✓ Transferencia de conocimiento de la aplicación de los sistemas de refrigeración en el banco didáctico de cuarto frio.
- ✓ Realizar mediciones y verificar el buen funcionamiento del banco didáctico del cuarto frio.

RECURSOS UTILIZADOS

- ✓ Banco didáctico de cuarto frio.
- ✓ Equipo para medidas eléctricas.
- ✓ Motores.
- ✓ Cables de laboratorio.
- ✓ Teoría según la materia

OPERACIÓN Y CARACTERISTICA DE LOS COMPONENTES DEL CUARTO FRIO

Encendido del equipo



✓ Advertencia: Sistema mecánico de refrigeración contiene refrigerante R-134^a.

✓ Advertencia: La unidad de C.F debe ser conectado únicamente a un voltaje nominal de 110V – 120V para su respectiva operación.



Colocar en posición ON la protección termo magnética.



Se ha integrado un monitor de fases para lograr visualizar el voltaje de operación, como tambien para proteccion del compresor por alto y bajo voltaje.



Verificar la temperatura de programacion del controlador Full Gauge (manual de operación Pag. 101), el cual debera estar configurado a una temperatura de 4 °C.



Accionar la botonera ON (color verde) para el respectivo arranque o puesta en marcha de la unidad C.F.

Nota: el encendido de la unidad condensador posee un retardador de arranque de ± 3 minutos.



Con todo el sistema en funcionamiento, monitorear la corriente de operación con una tenaza amperimétrica.



No perder de vista las presiones del sistema de refrigeración mostradas por los manómetros (alta y baja) del módulo C.F.

Después de lo antes descrito, podremos visualizar en el monitor del controlador digital Full Gauge, como la temperatura interna del recinto de cuarto frío disminuye gradualmente, hasta alcanzar los 4 °C; la unidad condensadora podrá ciclar (parar por temperatura).



Para caso de mantenimiento o emergencia, podemos accionar inmediatamente la botonera OFF (color rojo) y reducir el riesgo de un accidente. De igual manera se puede realizar un corte de voltaje por medio de la protección termomagnética del circuito.

FUNCIONAMIENTO PRINCIPAL.

Evaporador.

En los sistemas de refrigeración el evaporador opera como intercambiador de calor, por cuyo interior fluye el refrigerante el cual cambia su estado de líquido a vapor. Este cambio de estado permite absorber el calor sensible contenido alrededor del evaporador y de esta manera el gas, al

abandonar el evaporador lo hace con una energía interna notablemente superior debido al aumento de su entalpía, cumpliéndose así el fenómeno de refrigeración.

Condensador.

La función principal del condensador en Un sistema de refrigeración dentro del ciclo termodinámico es condensar el vapor que proviene del escape de la turbina de vapor en condiciones próximas a la saturación y evacuar el calor de condensación (calor latente) al exterior mediante un fluido de intercambio (aire o agua).

En nuestro caso, el condensador tiene por objetivo la disipación del calor absorbido en el evaporador y de la energía del compresor.

Termostato.

El termostato es un dispositivo de control que actúa abriendo o cerrando un contacto de un circuito eléctrico en función de las variaciones de temperatura del lugar dónde se encuentre su elemento sensor o bulbo.

Le permitirá controlar la temperatura del recinto y se instala al interior de la cámara.

El termostato es un sensor y un emisor siendo su forma de operar la de todo o nada. El instante en que la planta frigorífica debe empezar a funcionar o pararse, viene determinado por este sensor. Parando o poniendo en marcha el motor del compresor, en función del nivel térmico.

Elemento de expansión.

Cuando el refrigerante líquido entra en el tubo capilar, se produce una estrangulación, (aumenta la velocidad y disminuye la presión) debido a esto parte del líquido se evapora al disminuir la presión.

El refrigerante ingresa al evaporador en forma de rocío para su respectiva evaporación.

Tablero eléctrico de protección.

Tablero de control. Este tipo de caja metálica o plástica de forma rectangular, en donde se ha instalado internamente las respectivas protecciones termo magnéticas adecuadas de la unidad evaporadora, como también la condensadora según los parámetros de consumo recomendados por el fabricante.

El tablero de control incluye un sistema de arranque, por medio de un contactor y un sistema de botoneras ON-OFF para su respectivo encendido y parada de las unidades, ya sea para darles mantenimiento o paros de emergencia.

5.4.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DIDÁCTICO DEL CUARTO FRIO

OBJETIVOS

Objetivo general

Conocer las rutinas del mantenimiento del módulo didáctico del cuarto frio, y cada elemento que los componen, para verificar el buen estado de todos los elementos y del módulo didáctico de cuarto frio.

Objetivos específicos

Ejecutar el mantenimiento preventivo de los componentes que forman el módulo didáctico del cuarto frio.

Probar cada uno de los componentes y verificar su buen funcionamiento.

REQUERIMIENTOS

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

Identificar cada uno de los componentes que forman el módulo didáctico del cuarto frio.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes, utilizando el método correspondiente para las pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS

- ✓ Modulo didáctico del cuarto frio

- ✓ Instrumentación para: medición de presión.
- ✓ Cables de laboratorio.
- ✓ Instrumentación para medidas eléctricas.

DESARROLLO

A continuación, se detallan los tipos de mantenimiento que se deben realizar para verificar la operatividad de todos los componentes del banco de modulo didáctico de cuarto frio y que no existan cables dañados y en mal estado.

Mantenimiento General

El mantenimiento general del banco didáctico del cuarto frio está enfocado en conservar en condiciones seguras, eficientes y confiables, para cuando sea utilizado este en óptimas condiciones.

No.	Operación de Mantenimiento	Frecuencia			
		D	S	M	T
1	Limpieza general		X		
2	Revisión de fugas				X
3	Revisión de tuberías			X	
4	Revisión de Presión				X
5	Revisión de temperatura y sensor de temperatura			X	
6	Revisión de gabinete y estructura de soporte				X
7	Revisión de bisagras y pernos (estado físico)				X
8	Limpieza de depósito de agua		X		
9	Limpieza de bomba de agua		X		
10	Revisión de cable de la bandeja			X	
11	Revisión de las resistencias			X	

D= Diario S=Semanal M=Mensual T=Trimestral

Mantenimiento Especifico

Clavija:

- Limpieza y reajuste de terminales.
- Verificar que no exista falso contacto en la conexión interna de la clavija. Verificar que la clavija no esté en corto circuito.
- Verificar el estado de los terminales y de la clavija.

Luz piloto:

- Limpieza y reajuste de terminales. Verificar estado de terminales.
- Verificar que se ilumine al energizar la luz piloto.

Capacitor:

- Limpieza y reajuste de terminales. Verificar estado del capacitor.
- Medir la capacitancia entre los bornes del capacitor con un multímetro.

Transformador.

- Limpieza y reajuste de terminales. Verificar estado del transformador.
- Verificar resistencia entre las bobinas. Verificar contacto a tierra de las bobinas.

Termostato:

- Limpieza y reajuste de terminales. Verificar estado del termostato.
- Verificar voltaje de las pilas del termostato.

Condensador:

- Limpieza y reajuste de terminales. Verificar estado del compresor.

- Medir resistencia entre los bornes de bobinas marcha, arranque y común del compresor.
- Revisar motor ventilador del condensador

Evaporador:

- Limpieza del serpentín. Verificar estado del serpentín. Verificar fugas.
- Medir resistencia en las bobinas del motor ventilador del evaporador. Limpieza y reajuste de los terminales del motor ventilador.

Contactador:

- Limpieza y reajuste de terminales. Verificar estado del contactor.
- Medir continuidad entre sus contactos. Medir la resistencia de la bobina.

Relé:

- Limpieza y reajuste de terminales. Verificar estado del relé.
- Medir continuidad entre sus contactos. Medir la resistencia de la bobina.

Temporizador:

- Limpieza y reajuste de terminales. Verificar estado del temporizador.

Presostato.

Limpieza y reajuste de terminales. Verificar estado del presostato.

Verificar fugas.

5.4.5 SUSTITUCION DE REFRIGERANTE EN AIRE ACONDICIONADO DEL MODULO DIDACTICO DE CUARTO FRIO

El procedimiento de sustitución de refrigerante es una labor que demanda mucha concentración, debido a la importancia para que los equipos funcionen en las mejores condiciones.

Los instructores y alumnos deben conocer los procedimientos para la sustitución y/o carga de gas refrigerante R-134a, con el propósito de garantizar el buen funcionamiento del cuarto frío a largo plazo.

A continuación, se describen los diferentes pasos para la sustitución de gas refrigerante R-134a:

1. Revisa las condiciones del equipo (presión de succión, presión de descarga, temperatura del evaporador, etcétera), con el fin de obtener un diagnóstico del equipo.
2. Recupera el refrigerante y realiza el pesaje para conocer la carga del equipo.
3. Verifica el aceite y el drenado completo del compresor para asegurarte de que esté vacío.
4. Carga el compresor con aceite, agregando la misma cantidad que se retiró o la cantidad que indique la mitad de mirilla del compresor.
5. El lubricante debe ser polioléster (POE) con la viscosidad apropiada.
6. Sustituir el filtro deshidratador.
7. Presurizar y verificar que no haya fugas en el sistema.
8. Efectúa el vacío hasta llegar a 250 micrones.
9. Carga el HFC en el sistema de refrigeración con el compresor apagado; se sugiere 80 por ciento de carga en relación con el HCFC que se retiró.
10. Pon en marcha el sistema, complementa la carga de gas refrigerante y verifica las condiciones de operación.

5.4.6 PARAMETROS DE OPERACIÓN

Los parámetros a continuación mostrados fueron obtenidos a temperatura exterior de 29 °C, en condiciones de vacío, **(sin carga térmica interna en el C.F.)**. Tomando en cuenta que la temperatura de ciclaje es de 2 °C.

OPERATIVIDAD DE CUARTO FRIO				
Tiempo de funcionamiento en minutos (Min)	Temperatura alcanzada (°C)	Amperaje del compresor (A)	Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)
20	2	6.7	8	135
40	2	6.6	7	135
60	3	6.5	6	130
80	2	6.5	5	125
100	3	6.4	5	120
120	2	6.4	4	125

Los parámetros a continuación mostrados fueron obtenidos a temperatura exterior de 29 °C, en condiciones a plena carga, **(con carga térmica interna en el C.F. de 450 BTU/h)**. De igual manera la temperatura de ciclaje es de 2 °C.

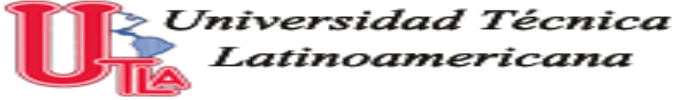
OPERATIVIDAD DE CUARTO FRIO				
Tiempo de funcionamiento en minutos (Min)	Temperatura alcanzada (°C)	Amperaje del compresor (A)	Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)
20	13	6.9	10	150
40	4	6.6	9	145
60	2	6.7	8	135
80	2	6.6	6	130
100	2	6.6	6	135
120	2	6.5	6	130

5.4.7 PROPUESTA PARA MEJORAS DE C.F.

A continuación, presentamos dos puntos de mejora para el módulo didáctico de cuarto frío, que consideramos se tome en cuenta a futuro:

- Diseño de sistema fotovoltaico integrado, en donde se podrá mostrar el sostenimiento energético y la importancia de las energías renovables. destacar también lo mencionado, para la implementación de tema para tesis aplicada a ing. Eléctrica.
- Implementar la instalación de mayor cantidad de puertos para medición manométrica; de esta manera obtener lecturas de presión en secciones más cortas del circuito de refrigeración, y así, determinar fallas de una forma más eficaz.

5.4.7 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

						
INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / CONECTOR MACHO POLARIZADO						FECHA:
PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN Y PRUEBA DE CONTINUIDAD CON MULTIMETRO						
No.	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	ESTRUCTURA EXTERNA DEL CONECTOR	ACEPTABLE	25%			
2	TERMINALES INTERNOS DEL CONECTOR	ACEPTABLE	25%			
3	CONTINUIDAD ENTRE ENCHUFE Y CABLE	ACEPTABLE	25%			
4	REVISIÓN PRENSA DE CABLE	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Fuente: Tesis “Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización”, Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015.

INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / LUZ PILOTO

FECHA:

PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN Y PRUEBA DE VOLTAJE CON MULTIMETRO

ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	ESTRUCTURA EXTERNA DE LA LUZ PILOTO	ACEPTABLE	25%			
2	TERMINALES DE CONEXIÓN DE LUZ PILOTO	ACEPTABLE	25%			
3	VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN DE LUZ PILOTO	ACEPTABLE	25%			120VAC
4	FOCO INTERNO DE LUZ PILOTO	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Fuente: Tesis “Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización”, Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015.



INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / CAPACITOR 416 μ F

FECHA:

PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN Y PRUEBA DE CAPACITANCIA CON MULTIMETRO

ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	ESTRUCTURA EXTERNA DEL CAPACITOR	ACEPTABLE	25%			
2	TERMINALES DE CONEXIÓN DEL CAPACITOR	ACEPTABLE	25%			
3	CAPACITANCIA ENTRE COMÚN Y HERM	ACEPTABLE	25%			
4	CAPACITANCIA ENTE COMÚN Y FAN	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Fuente: Tesis "Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización", Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015.



INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / TERMOSTATO					FECHA:	
PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN Y PRUEBA DE CONTINUIDAD CON MULTIMETRO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	ESTRUCTURA EXTERNA DEL TERMOSTATO	ACEPTABLE	25%			
2	TERMINALES DE CONEXIÓN DEL TERMOSTATO	ACEPTABLE	25%			
3	CONTINUIDAD ENTRE SUS PUNTOS TRMINALES	ACEPTABLE	25%			
4	VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE BULBO SENSOR	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Fuente: Tesis "Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización", Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015.



INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / COMPRESOR					FECHA:	
PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN Y PRUEBA DE RESISTENCIA CON MULTIMETRO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	ESTRUCTURA EXTERNA DEL COMPRESOR	ACEPTABLE	20%			
2	TERMINALES DE CONEXIÓN DEL COMPRESOR	ACEPTABLE	20%			
3	RESISTENCIA ENTRE COMÚN Y MARCHA	ACEPTABLE	20%			
4	RESISTENCIA ENTRE COMÚN Y ARRANQUE	ACEPTABLE	20%			
5	RESISTENCIA ENTRE MARCHA Y ARRANQUE	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Fuente: Tesis “Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización”, Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015

INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

PROTOCOLO DE MEDICIÓN

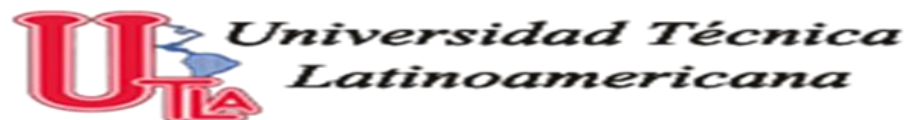
EQUIPO / COMPRESOR

FECHA:

PRUEBA REALIZADA: MEDICIÓN DE CORRIENTE CON MULTIMETRO

ITEM	COMPRESOR	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE REAL	OBSERVACIONES
1	CORRIENTE DEL COMÚN			
2	CORRIENTE DE MARCHA			
3	CORRIENTE DE ARRANQUE			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:		APROBADO POR:

Fuente: Tesis "Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización", Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015.



INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

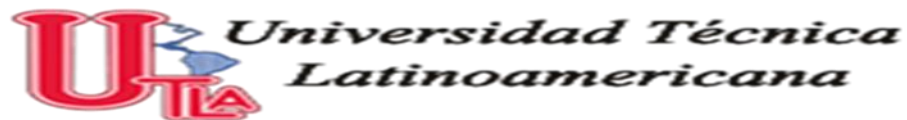
EQUIPO / EVAPORADOR

FECHA:

PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN

ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VERIFICACIÓN DEL ESTADO DEL SERPENTÍN	ACEPTABLE	33.3%			
2	VERIFICACIÓN DE FUGAS EN EL EVAPORADOR	ACEPTABLE	33.3%			
3	PRESIÓN DE SUCCIÓN	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Fuente: Tesis “Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización”, Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015



INGENIERÍA MECANICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

PROTOCOLO DE MEDICIÓN

EQUIPO / MOTOR VENTILADOR EVAPORADOR				FECHA:
PRUEBA REALIZADA: MEDICIÓN DE CORRIENTE CON MULTIMETRO				
ITEM	MOTOR VENTILADOR EVAPORADOR	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE REAL	OBSERVACIONES
1	CORRIENTE MOTOR 1			
2	CORRIENTE MOTOR 2			
3	CORRIENTE MOTOR 3			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:		APROBADO POR:

Fuente: Tesis “Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización”, Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015.

INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / CONDENSADOR

FECHA:

PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN

ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VERIFICACIÓN DEL ESTADO DEL SERPENTÍN	ACEPTABLE	33.3%			
2	VERIFICACIÓN DE FUGAS EN EL CONDENSADOR	ACEPTABLE	33.3%			
3	PRESIÓN DE DESCARGA	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Fuente: Tesis “Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización”, Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015



INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

PROTOCOLO DE MEDICIÓN

EQUIPO / MOTOR VENTILADOR CONDENSADOR

FECHA

PRUEBA REALIZADA: MEDICIÓN DE VOLTAJE CON MULTIMETRO

ITEM	MOTOR VENTILADOR CONDENSADOR	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE REAL	OBSERVACIONES
1	CORRIENTE MOTOR 1			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:		APROBADO POR:

Fuente: Tesis "Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización", Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015.

INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / TRANSFORMADOR

FECHA:

PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN CON MULTIMETRO

ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VERIFICAR ESTADO DEL TRANSFORMADOR.	ACEPTABLE	33.3%			
2	VERIFICAR RESISTENCIA ENTRE LAS BOBINAS	ACEPTABLE	33.3%			
3	VERIFICAR CONTACTO A TIERRA DE LAS BOBINAS.	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Fuente: Tesis “Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización”, Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015.



INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / CONTACTOR					FECHA:	
PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN CON MULTIMETRO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VERIFICAR ESTADO DEL CONTACTOR	ACEPTABLE	33.3%			
2	MEDIR CONTINUIDAD ENTRE SUS CONTACTOS	ACEPTABLE	33.3%			
3	MEDIR LA RESISTENCIA DE LA BOBINA	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Fuente: Tesis "Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización", Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, Abril 2015.



INGENIERÍA MECÁNICA/LABORATORIO ESPECIALIZADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / RELE				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: VERIFICACIÓN CON MULTIMETRO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VERIFICAR ESTADO DEL RELÉ.	ACEPTABLE	33.3%			
2	MEDIR CONTINUIDAD ENTRE SUS CONTACTOS	ACEPTABLE	33.3%			
3	MEDIR LA RESISTENCIA DE LA BOBINA.	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR:			APROBADO POR:	

Fuente: Tesis “Diseño e implementación de módulos didácticos para el estudio de los sistemas de climatización”, Universidad Técnica Salesiana, Ecuador, abril 2015

5.4.8 CONSTRUCCION DE BANCO DIDACTICO DE CUARTO FRIO









