

REPARACIÓN Y REDISEÑO DEL MODULO DIDACTICO DE
REFRIGERACIÓN PARA EL LABORATORIO DE LA
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

JUAN DIEGO BEDOYA SUAZA
DUVAN ALEXIS PARRA LOTERO

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA
TECNOLOGÍA MECÁNICA
MEDELLÍN

2012

REPARACIÓN Y REDISEÑO DEL MODULO DIDACTICO DE
REFRIGERACIÓN PARA EL LABORATORIO DE LA
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

JUAN DIEGO BEDOYA SUAZA
DUVAN ALEXIS PARRA LOTERO

Proyecto de grado para aspirar al título de
Tecnólogos mecánicos

Asesor
Ing. Alfonso Agudelo V.

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA
TECNOLOGÍA MECÁNICA
MEDELLÍN

2012

DEDICATORIA

Comienzo mi dedicatoria dando gracias infinitas a Dios, en la gloria de El todo es posible.

Dedico este esfuerzo a mi Padre Héctor Parra, compañía en los buenos y apoyo incondicional en los malos momentos durante mi carrera.

A mi pareja Paola, por su comprensión en este periodo tan largo de sacrificio, sin ti no lo hubiera logrado.

A mi Madre Luz Elena (Q.E.P.D), todo mis logros son para ti, santifícalos desde donde estés, te amo y por fin puedo decirlo con orgullo, soy lo que siempre quisiste que fuera.

Finalizo agradeciendo a Juan Carlos Ospina y a Ignacio Rodríguez, analista y auxiliar respectivamente de industrias Haceb, por su constante apoyo y asesoría en la reparación de este modulo.

Gracias a mi Madre, el motor principal de mi vida, y mi familia por enseñarme, educarme, por estar siempre apoyando mis metas e ideales, y a llevar la vida como la soñé, llena de éxitos y grandes logros

A ustedes mis compañeros de siempre, con cariño y respeto ¡Muchas Gracias! por hacer valer mi trabajo con su amistad y colaboración, esa es la finalidad con la que día a día me levanto hacer las cosas bien para ser alguien competitivo y evolucionar en la vida, eso es lo que me llevaré de ustedes y con lo que al final podré decir que hice un buen trabajo como persona. No sé hasta qué punto, lo único que sé es que sigo aprendiendo de cada uno de mis compañeros y profesores, de los cuales siempre me llevare un saber y un pensamiento lindo de cada uno.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1 DEFINICIONES.....	18
4.1.1 Refrigeración.....	18
4.1.2 Refrigerantes.....	18
4.1.2.1 Características.....	18
4.1.3 Frio.....	19
4.1.4 Calor.	19
4.2 CAMBIO DE ESTADO	19
4.3 MEDIDAS DEL CALOR	20
4.3.1 Intensidad de calor.	20
4.3.2 Cantidad de calor.....	20
4.3.3 Conversión de la energía.....	21
4.3.3.1 Principio cero de la termodinámica.	22

4.3.3.2 Primera ley de la termodinámica.	22
4.3.3.2.1 Calor específico.	23
4.3.3.2.2 Calor sensible.	23
4.3.3.2.3 Calor latente.	23
4.3.3.3 Segunda ley de la termodinámica.	23
4.3.3.3.1 Conducción.	24
4.3.3.3.2 Resistividad.	25
4.3.3.3.3 Aislamiento.	26
4.3.4 Medidas de temperatura.	26
4.3.5 Medidas de presión.	26
4.4 FLUIDOS	27
4.4.1 Características	27
4.4.2 Presión del fluido.	27
4.4.3 Densidad.	27
4.4.4 Volumen específico.	28
4.4.5 Presión atmosférica.	28
4.4.6 Presión de un gas.	29
4.4.7 Expansión de un gas.	29
4.5 PARTES DEL EQUIPO.....	30
4.5.1 Compresores.	30

4.5.2 Condensadores.	30
4.5.3 Evaporadores.	31
4.5.4 Capacidad de serpentín de expansión directa.	32
4.5.5 Controles de flujo de refrigerante.	32
4.6 RELACIONES REFRIGERANTE - ACEITE	34
4.6.1 Clasificación De Los Refrigerantes	34
4.6.1.1 Refrigerantes del grupo 1:	34
4.6.1.2 Refrigerantes del grupo 2:	34
4.6.1.3 Refrigerantes del grupo 3:	34
4.7 DIAGRAMA PRESION – ENTALPIA.....	35
4.7.1 Efecto refrigerante.	35
4.7.2 Diagrama del ciclo.....	35
4.7.3 Coeficiente de comportamiento	36
4.7.4 Entalpia.	37
4.7.5 Entropía.	37
4.8 MANTENIMIENTO, UBICACIÓN DE FALLAS Y SOLUCIONES.....	37
4.8.1 Evacuación.	37
4.8.1.1 Vacío Profundo.	37
4.8.1.2 Triple Evacuación.	38
4.8.2 Bomba De Vacío.	39

4.8.2.1 Selección De Una Bomba De Vacío.	39
4.8.3 Carga de sistema.	40
4.8.3.1 Por baja presión.	40
4.8.3.2 Por alta presión.	40
4.8.3.3 Detección Y Reparación De Una Fuga De Gas.	41
4.8.4 Descongelación	41
4.8.4.1 Descongelación por timer	42
4.8.4.1.1 Funcionamiento del timer	42
4.8.4.2 Descongelamiento por gas caliente.	43
4.8.5 Cambios y reparaciones más frecuentes en un sistema de refrigeración.....	44
4.8.5.1 Cambio de compresor quemado.	44
4.8.5.2 Obstrucción.	45
4.8.5.3 Condensación por cierre magnético.....	45
4.8.5.4 Termostato descalibrado.	45
4.9 TUBERIA.....	45
4.9.1 Métodos para juntar tubos	45
4.9.1.1 Acoples mecánicos.....	46
4.9.1.1.1 Conexiones acampanadas.....	46
4.9.1.1.2 Acampanamiento doble	46
4.9.1.1.3 Accesorios acampanados	46
4.9.1.1.4 Acoples a compresión.....	46
4.9.1.2 Juntas al calor.....	46
4.9.1.2.1 Soldadura suave.....	46

4.9.1.2.2 Soldadura dura	46
4.9.1.2.3 Traslape de tubos de cobre	47
4.9.1.2.4 Técnicas seguras para manipulación de soldadura.....	47
5. RESULTADOS	48
5.1 MECANICA	48
5.2 MONTAJE	48
CONCLUSIONES	49
BIBLIOGRAFIA.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Segunda ley de la termodinámica	24
Figura 2. Peso atmosférico	29
Figura 3. Esquema de evaporador de expansión directa	32
Figura 4. Controles de flujo más utilizados	33
Figura 5. Ciclos del refrigerante en el sistema	35
Figura 6. Diagrama de un ciclo de refrigeración simple	36
Figura 7. Bombas de vacío y sus componentes	39
Figura 8. Timer de descongelación	43
Figura 9. Válvula solenoide para descongelamiento por gas caliente	44
Figura 10. Circuito de descongelamiento por gas caliente	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ciclos termodinamicos de la energia	22
Tabla 2. Indicadores de temperatura del refrigerante	40

GLOSARIO

REACCIONES EXOTÉRMICAS: es cualquier reacción química que desprenda energía, ya sea como luz o como calor.

El prefijo exo significa «hacia fuera». Por lo tanto se entiende que las reacciones exotérmicas liberan energía.

INTRÍNSECO: es un término utilizado frecuentemente en Filosofía para designar lo que corresponde a un objeto por razón de su naturaleza y no por su relación con otro.

PARADOJA: es una idea extraña opuesta a lo que se considera verdadero o a la opinión general o en otras palabras, es una proposición en apariencia verdadera que conlleva a una [contradicción lógica](#) o a una situación que infringe el [sentido común](#).

CINÉTICA: es aquella [energía](#) que posee debido a su movimiento. Se define como el [trabajo](#) necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada desde el reposo hasta la velocidad indicada. Una vez conseguida esta energía durante la [aceleración](#), el cuerpo mantiene su energía cinética salvo que cambie su velocidad. Para que el cuerpo regrese a su estado de reposo se requiere un trabajo negativo de la misma magnitud que su energía cinética.

COHESIÓN: es la fuerza de atracción entre partículas adyacentes dentro de un mismo cuerpo. En el agua la fuerza de cohesión es elevada por causa de los puentes de hidrogeno que mantienen las moléculas de agua fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un liquido casi incompresible.

TRASLAPE: cubrir total o parcialmente algo con otra cosa.

PRESURIZAR: mantener la presión atmosférica de un recinto a niveles normales para los humanos, independientemente de la presión exterior.

RESUMEN

En la institución universitaria Pascual Bravo se ve la necesidad de recurrir a nuevos métodos para que los estudiantes del laboratorio de refrigeración interactúen con los nuevos modelos de la termodinámica industrial, por este motivo se ve la opción de reparar el modulo didáctico de refrigeración, el cual se encuentra inutilizado, dañado y no cumple las actuales normas que rigen la refrigeración industrial.

Se comienza por buscar el origen del modulo, de qué manera y con qué materiales se realizo su construcción, para así tener un punto de partida para su reparación y futuro rediseño.

Se gestiona por Industrias Haceb la donación de tres compresores por medio del área de investigación y desarrollo, la gestión da sus frutos y se consiguen tres compresores para trabajar con gas R- 134a.

Se investigan los métodos más efectivos para lograr un cambio de presiones que se reflejaran fácilmente en los manómetros de baja y alta, y se recurre a un método de descongelación por desviación de aire caliente.

Finalmente se cambia: el gas refrigerante, las piezas defectuosas, y se logra una calibración optima en las presiones originales del modulo. Se remodela con pintura y pequeños detalles para mejorar su apariencia.

PALABRAS CLAVES

termodinámica, modulo, rediseño, compresor, investigación, descongelación, calibración.

ABSTRACT

The university institution Pascual Bravo seeks the necessity to recruit new methods for the students of the refrigeration laboratory interact with the new models of industrial thermodynamic, because of this reason we see have the option to repair the didactic refrigeration model, in which we find useless, damage and the norms are not valid in the industrial refrigeration.

We start to seek the origin of the module and with what materials were constructed to have a start point in its repair and future redesign.

It is effective Haceb Industries donated three compressors to work with gas R-134a because of the investigation and development.

The more effective methods of investigation to allow a change of pressure that easily reflect in the low and high pressure gauges, and it is restore to a defrost method to detour hot air.

Finally we change the refrigeration gas, the defective pieces and we calibrate the original pressures of the module. We remodel with paint and small details to improve its appearance.

KEYWORDS

Thermodynamics, module, redesign, compressor, research, thawing, calibration.

INTRODUCCION

En el desarrollo de su programa, el estudiante se ve en la necesidad de buscar alternativas que mejoren el proceso de aprendizaje, lo cual le permite adquirir una mejor preparación con miras a un buen desempeño en el campo profesional.

Todo lo anterior hace que el estudiante tenga la capacidad de interpretar los cambios que se dan en el área de la refrigeración industrial.

Por este motivo se tomo este proyecto de grado, para reparar el modulo didáctico de refrigeración, este modulo se cambia en un 50% para lograr que cumpla con las normas actuales, pero se podrá continuar adaptando sistemas de operación para su rápido y fácil estudio, de esta manera se logra aumentar la eficiencia en el aprendizaje de futuros alumnos que estudiaran diferentes modelos y métodos de trabajos y adaptar tecnología más avanzada.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La institución universitaria Pascual Bravo, cuenta con un laboratorio de refrigeración y aire acondicionado, el cual no posee los recursos suficientes para realizar una práctica adecuada e inducir al estudiante en los diferentes tipos de sistemas de los que se compone la refrigeración, funcionamiento de compresores, evaporadores, condensadores, y otros.

Este laboratorio cuenta con un módulo de práctica de refrigeración, el cual está deteriorado y en un estado no adecuado para su uso.

La función del módulo didáctico existente es el de generar una simulación de ciclos de refrigeración.

En la institución existe la necesidad de implementar formas didácticas de práctica en el área de refrigeración industrial, que permitan entender de esta manera el comportamiento de las diversas variables que se presentan en un sistema de refrigeración industrial comprendidas por fenómenos mecánicos, eléctricos y electrónicos.

2. JUSTIFICACION

Este módulo de práctica se rediseñara para comodidad de los estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo, ya que el modulo actual se encuentra inutilizado.

El ideal del módulo es llenar los vacíos de práctica que poseen la mayoría de los estudiantes que desean hacer uso del laboratorio de refrigeración, ya que este llevara sistemas que pueden simular fallas comunes en sistemas de refrigeración tanto domésticos como industriales, congeladores y evaporadores.

Estas simulaciones ayudaran al estudiante a prepararse mejor para ser mucho más competitivo en la industria o si fuera su caso, reparar un sistema de refrigeración con un daño similar al ya practicado.

De este modo facilitar con un módulo didáctico los conocimientos teóricos por medio de la familiarización con los equipos de refrigeración industrial, permitiendo que el futuro profesional entre sin temor a plantear posibles soluciones a problemas y fallas que se presentan en el campo industrial.

Se pretende con este módulo complementar los conocimientos que se adquieren en el proceso de aprendizaje teórico.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modulo de refrigeración didáctico que contribuya al proceso de aprendizaje y brinde un material de apoyo para las practicas de los estudiantes de la institución universitaria Pascual bravo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mejorar el funcionamiento y la calidad del modulo de refrigeración existente en el laboratorio de refrigeración.
- Proveer al estudiante un elemento de práctica que mejore sus conocimientos sobre fallas en sistemas de refrigeración.
- Aportar al docente una herramienta de trabajo y apoyo logístico con el fin de tener estudiantes mejor preparados para el campo industrial.

4. MARCO TEORICO

4.1 DEFINICIONES

4.1.1 Refrigeración. Es un proceso termodinámico, donde se extrae el calor de un cuerpo o espacio, bajando así su temperatura y llevarlo a otro lugar donde no es importante su efecto. Los fluidos utilizados para extraer la energía cinética promedio del espacio o cuerpo a ser enfriado, son llamados refrigerantes, los cuales tienen la propiedad de evaporarse a bajas temperaturas y presiones positivas.

4.1.2 Refrigerantes. Es un producto químico-líquido o gaseoso, fácilmente licuable, que es utilizado como medio transmisor de calor entre otros dos en una máquina térmica. Los principales usos son los refrigeradores y los acondicionadores de aire.

El principio de funcionamiento de algunos sistemas de refrigeración se basa en un ciclo de refrigeración por compresión, que tiene algunas similitudes con el ciclo de Carnot y utiliza refrigerantes como fluido de trabajo.

4.1.2.1 Características

- El punto de congelación debe de ser inferior a cualquier temperatura que existe en el sistema, para evitar congelamientos en el evaporador.
- El calor específico debe de ser lo más alto posible para que una pequeña cantidad de líquido absorba una gran cantidad de calor.
- El volumen específico debe de ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión.
- La densidad debe de ser elevadas para usar líneas de líquidos pequeñas.
- La temperatura de condensación, a la presión máxima de trabajo debe ser la menor posible.
- La temperatura de ebullición es relativamente baja a presiones cercanas a la atmosférica.
- Punto crítico lo más elevado posible.

- No deben ser líquidos inflamables, corrosivos ni tóxicos.
- Dado que deben interactuar con el lubricante del compresor, deben ser miscibles en fase líquida y no nociva con el aceite.
- Los refrigerantes, se aprovechan en muchos sistemas para refrigerar también el motor del compresor, normalmente un motor eléctrico, por lo que deben ser buenos dieléctricos, es decir, tener una baja conductividad eléctrica.

4.1.3 Frío. Se describe como un cuerpo que tiene una temperatura muy inferior a la ordinaria del ambiente. Se define como una propiedad adjetiva de un cuerpo, sin aportar una definición del sustantivo. El frío, en sí, es la ausencia de calor, tratándose por lo tanto de una consecuencia del calor, y no de un fenómeno independiente. El frío, por consiguiente, puede definirse como la falta de reacciones químicas que generan energía, también llamadas exotérmicas, y que dan lugar al calor.

4.1.4 Calor. Es el proceso de transferencia de energía entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas temperaturas. Este flujo siempre ocurre desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el cuerpo de menor temperatura, ocurriendo la transferencia hasta que ambos cuerpos se encuentren en equilibrio térmico

La energía puede ser transferida por diferentes mecanismos, entre los que cabe reseñar la radiación, la conducción y la convección, aunque en la mayoría de los procesos reales todos se encuentran presentes en mayor o menor grado.

La energía que puede intercambiar un cuerpo con su entorno depende del tipo de transformación que se efectúe sobre ese cuerpo y por tanto depende del camino.

4.2 CAMBIO DE ESTADO

Le llamamos cambio de estado a la evolución de la materia entre varios estados de agregación sin que ocurra un cambio en su composición. Los tres estados más estudiados y comunes en la tierra son el sólido, el líquido y el gaseoso; no obstante, el estado de agregación más común en nuestro el plasma, material del que están compuestas las estrellas, La temperatura a la cual tiene lugar en una sustancia este cambio de estado, se llama punto de fusión.

Existen varios tipos de cambio de estados, estos son:

- **Solidificación**. Cambio de líquido a sólido.
- **Fusión**. Cambio de sólido a líquido.
- **Vaporización**. Cambio de líquido a vapor.
- **Condensación**. Cambio de vapor a líquido.
- **Sublimación**. Cambio de sólido a vapor sin pasar por el estado líquido.

4.3 MEDIDAS DEL CALOR

Aquí se dan medidas tales como intensidad de calor, cantidad de calor y conversión de energía.

4.3.1 Intensidad de calor. Aunque el calor es una forma de energía que no es medible en sí misma, la intensidad de calor y la temperatura de una sustancia pueden medirse. La unidad de la intensidad de calor se llama *el grado*, medida sobre una escala de temperatura.

La intensidad de calor está relacionada con la velocidad del movimiento molecular estableciéndose para medirla una práctica que da una idea del grado o nivel del calor que tiene un cuerpo determinado. Arbitrariamente se fijan parámetros comparativos que permiten determinar dicho nivel de calor, al que se denomina temperatura. Se dice que un cuerpo con gran velocidad molecular tiene más temperatura o más nivel de calor que otro.

4.3.2 Cantidad de calor. La cantidad de calor es diferente de la intensidad de calor a causa de que tiene en consideración no solamente la temperatura del fluido o sustancia a ser medida, sino también su peso. La unidad de cantidad de calor es la *british thermal unit (Btu)*. El agua se usa como un patrón para esta unidad de cantidad de calor. Un Btu es la cantidad de calor requerida para incrementar la temperatura de una libra de agua un grado Fahrenheit, a nivel de mar.

Esta cantidad representa la suma de las energías térmicas de todas las moléculas que lo componen. Es decir que mientras la intensidad de calor o temperatura indica el grado de movimiento molecular o el nivel de calor de un cuerpo, esta magnitud señala su contenido total de calor.

Se demuestra que la cantidad de calor de un cuerpo es función de la masa del cuerpo y de su temperatura, o lo que es lo mismo, del número de moléculas que lo componen y de su nivel de intensidad térmica o velocidad molecular.

Para determinar la cantidad de calor se ha establecido un valor característico, que depende de las particularidades de cada cuerpo, que se denomina calor específico. Se define como calor específico a la cantidad de calor necesario para elevar en 1 °C la temperatura de la unidad de masa de una sustancia.

El calor específico, si bien depende de la temperatura en forma muy leve, puede suponerse constante para cada sustancia en particular, a los fines de su aplicación práctica. Como unidad se usa el agua a presión atmosférica normal, considerándose una temperatura normal de 15 °C que está dentro del entorno de las aplicaciones prácticas.

De esa manera, el calor específico igual a 1, sería la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 kg de agua en 1 °C (14,5 a 15,5) a presión atmosférica normal. A esta cantidad de calor se la denomina (kcal) kilocaloría, y sería entonces la unidad de cantidad de calor.

Para ello, la unidad de calor específico valdrá:

$$C_e = \text{Kcal} / \text{Kg}^\circ\text{C}$$

Donde C_e = calor específico

4.3.3 Conversión de la energía. Tal y como postula el primer Principio de la Termodinámica, la energía no se crea ni se destruye, simplemente se transforma. La energía puede transformarse de una forma a otra, como por ejemplo de electricidad a calor o de calor a electricidad. Aunque el que pueda convertirse no significa que sea éste un proceso siempre fácil y tampoco que una de las conversiones será más costoso que la otra. Por ejemplo, la Física indica que 1kWh equivale a 800 Kcal y que 800 Kcal equivalen a 1kWh, aunque ello no implique que en la práctica con 860 Kcal se pueda obtener 1Kwh. De hecho, se obtiene mucho menos. En cambio, con 1 Kwh pueden obtenerse cerca de 860 kcal en la práctica. El rendimiento es un factor fundamental que marca la rentabilidad y eficacia de los diversos tipos de conversión de la energía.

Esta paradoja se debe a que la energía tiene un valor cuantitativo que es su

magnitud y otro, cualitativo, denominado entropía. Pasar de una forma de energía de alta calidad o baja entropía a otra de forma de baja calidad o de alta entropía resulta mucho más fácil que la transformación inversa.

Tabla 1. Ciclos termodinámicos de la energía

Energía Inicial	Química	Radiante	Convertida a eléctrica	Mecánica	Calor
Nuclear	-	-	-	-	Reactor
Química	-	-	Célula combinada	-	Combustión
-	-	-	Descarga batería	-	Caldera
Radiante	Fotólisis	-	Célula fotov.	-	Placa solar
Eléctrica	Electrólisis	Bombilla	-	Motor	Resistencia
-	Carga bater.	Láser	-	Electrotecnia	Bomba calor
Mecánica	-	-	Generador eléct.	Turbina	Fricción
-	-	-	Generador minihidráulica	-	Agitación
Calor	-	-	Generador	Máquina	Convertor
-	-	-	Termoeléctrica	Térmica	Intercambio
-	-	-	Termiónica	-	de calor

4.3.3.1 Principio cero de la termodinámica. Establece que existe una determinada propiedad denominada temperatura empírica θ , que es común para todos los estados de equilibrio termodinámico que se encuentren en equilibrio mutuo con uno dado. Tiene tremenda importancia experimental «pues permite construir instrumentos que midan la temperatura de un sistema» pero no resulta tan importante en el marco teórico de la termodinámica.

El equilibrio termodinámico de un sistema se define como la condición del mismo en el cual las variables empíricas usadas para definir o dar a conocer un estado del sistema (presión, volumen, campo eléctrico, polarización, magnetización, tensión lineal, tensión superficial, coordenadas en el plano x, y) no son dependientes del tiempo. El tiempo es un parámetro cinético, asociado a nivel microscópico; el cual a su vez está dentro del físico químico y no es parámetro debido a que a la termodinámica solo le interesa trabajar con un tiempo inicial y otro final. A dichas variables empíricas (experimentales) de un sistema se las conoce como coordenadas térmicas y dinámicas del sistema.

4.3.3.2 Primera ley de la termodinámica. Esta, establece que la energía no puede ser creada ni destruida. Solamente puede convertirse de una forma a otra. La energía en sí misma se define como la habilidad de hacer trabajo y el calor es una forma de energía.

El calor viaja de la sustancia más caliente a la más fría.

En resumen, el calor es una forma de energía; el calor puede ser transferido; la intensidad de calor puede ser medida; y el calor está presente en todas las sustancias, sobre una temperatura de cero absolutos.

4.3.3.2.1 Calor específico. El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor Btu requerida para cambiar la temperatura de una libra de la sustancia en un grado Fahrenheit.

$$Btu = W \times C \times D$$

Donde:

C = calor específico de la sustancia.

4.3.3.2.2 Calor sensible. El calor que puede sentirse o medirse se llama *calor sensible*. Este es el calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado. La sustancia bien sea en estado líquido, sólido o gaseoso, contiene calor sensible, en algún grado, siempre que su temperatura este por encima del cero absoluto.

4.3.3.2.3 Calor latente. Bajo un cambio de estado, la mayoría tendrá un punto de fusión en el cual ellas cambiaran de un sólido a un líquido sin ningún incremento en la temperatura

El calor envuelto en uno u otro de estos (cambio de un sólido a un líquido o viceversa), sin ningún cambio en temperatura se conoce como el *calor latente de fusión*.

4.3.3.3 Segunda ley de la termodinámica. Esta establece que se transfiere calor en una sola dirección, de mayor a menor temperatura; y esto tiene lugar a través de tres modos básicos de transferencia de calor.

Figura 1. Ilustración de la segunda ley mediante una maquina termica



4.3.3.3.1 Conducción. Se describe como la transferencia de calor entre las moléculas cercanas de una sustancia, o entre sustancias que están tocándose o en buen contacto una con la otra.

El principal parámetro dependiente del material que regula la conducción de calor en los materiales es la conductividad térmica, una propiedad física que mide la capacidad de conducción de calor. La inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica.

La velocidad con la cual el calor se transfiere por medio de la conducción varía con las diferentes sustancias o materiales, si las sustancias o materiales son de las mismas dimensiones. La tasa de transferencia de calor variará de acuerdo a la habilidad de los materiales o sustancias para conducir calor. Los sólidos, en general son mucho mejores conductores que los líquidos; y a su vez los líquidos conducen el calor mejor que los gases o vapores.

La tasa a la cual el calor puede conducirse a través de varios materiales depende de factores tales como:

- El espesor del material
- Su área seccional
- La diferencia de temperatura entre los lados del material
- La conductividad térmica (factor k) de un material
- El tiempo de duración del flujo de calor

Nota. Los factores k están dados en $[\frac{Btu}{h \times pie \times ^\circ F}]$ x pul. Espesor material. Estos factores pueden utilizarse correctamente a través del uso de la siguiente ecuación:

$$Btu = \frac{A \times K \times DT}{X}$$

Donde:

A = área seccional en pie^2

K = conductividad térmica en $[\frac{Btu}{h \times pie \times ^\circ F}]$ x pul. Espesor material

DT = diferencia de temperatura entre los dos lados

X = espesor del material en pulgadas

Los materiales con una alta conductividad se usan dentro del sistema de refrigeración en sí mismo a causa de que es deseable que una transferencia de calor rápida ocurra tanto en el evaporador como en el condensador. El evaporador es donde el calor se remueve del espacio acondicionado o la sustancia o del aire que ha estado en contacto directo con la sustancia. El condensador disipa este calor a otro medio o espacio.

En el caso del evaporador el producto o aire esta a una mayor temperatura que el refrigerante dentro de la tubería y hay una transferencia de calor de mayor a menor temperatura, mientras que en el condensador el vapor del refrigerante esta a una mayor temperatura que la del medio enfriante viajando a través del condensador y aquí de nuevo hay una transferencia de mayor a menor temperatura. La tubería bien lisa, ya sea de cobre, aluminio o cualquier otro metal, transferirá calor de acuerdo a su conductividad o factor k, pero esta transferencia de calor puede incrementarse mediante la adición de aletas a la tubería. Estas incrementarían el área de la superficie de la transferencia de calor, por consiguiente incrementando la eficiencia total del sistema.

4.3.3.3.2 Resistividad. Es la propiedad intrínseca de la materia de impedir el flujo de calor a través del material. Los materiales aislantes eléctricos son también buenos aislantes térmicos. La resistencia térmica de partes metálicas de los cables es muy pequeña, cercana a cero y normalmente se desprecian en los cálculos. Se hace una analogía entre la resistencia térmica y la resistencia eléctrica al asociarlas con que el aislamiento eléctrico impide el paso de la corriente eléctrica, los aislantes térmicos impiden el flujo de calor. Esta propiedad de impedir o resistirse al paso o al flujo de la energía se asocia como un componente análogo resistivo. La ecuación de resistividad térmica para una superficie plana será la siguiente:

$$T = P_{th} \frac{l}{S}$$

4.3.3.3 Aislamiento. Cualquier material que deteriore o ayude a evitar la transferencia de calor por cualquier medio, se llama y puede usarse como aislamiento.

Sustancias tales como corcho, fibra de vidrio, lana mineral y espuma de poliuretano, son buenos ejemplos de materiales aislantes; pero otras numerosas sustancias se usan para aislar espacios refrigerados o edificios. Los materiales comprensibles, tales como sustancias fibrosas, ofrecen mejor aislamiento si se instalan flojas o en forma de sabanas, que si se comprimen o empaquetan fuertemente.

La conductividad térmica de materiales, la temperatura del espacio refrigerado, la temperatura del medio ambiente que rodea el espacio cerrado, es espesor permisible del material aislante y el costo de los diferentes tipos de aislamiento, son los puntos a considerar al seleccionar material apropiado para un proyecto dado.

4.3.4 Medidas de temperatura. Cuando se analiza un sistema de refrigeración son importantes las lecturas precisas de temperatura, el aparato más común para medir temperaturas es el manómetro.

El manómetro se acomoda en un recipiente metálico protector, la cabeza del termómetro tiene un anillo para colocar una cuerda con el fin de suspenderla si es necesario, los rangos del manómetro de vidrio varían, pero el de -30 a 120°F es la escala más común para los sistemas de refrigeración y el termómetro está calibrado con marcar de dos grados. Algunos tienen mercurio pero otros utilizan un líquido rojo que es más fácil de leer.

Algunos de estos manómetros tienen en su interior glicerina, para evitar que en lugares donde se genere vibración sea clara su lectura.

4.3.5 Medidas de presión. Las medidas de temperatura usualmente se toman en el exterior del sistema en operación, pero es también necesario para el técnico de servicio conocer lo que sucede en el interior del sistema y esto se alcanza básicamente con los instrumentos de presión.

4.4 FLUIDOS

Es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre sí por fuerzas cohesivas débiles y/o las paredes de un recipiente; el término engloba a los líquidos y los gases. En el cambio de forma de un fluido la posición que toman sus moléculas varía, ante una fuerza aplicada sobre ellos, pues justamente fluyen. Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propios. Las moléculas no cohesionadas se deslizan en los líquidos, y se mueven con libertad en los gases.

Por consiguiente un refrigerante puede clasificarse como fluido, ya que, dentro del ciclo de refrigeración, existe como líquido y como vapor o gas.

4.4.1 Características

- La posición relativa de sus moléculas puede cambiar de forma abrupta.
- Todos los fluidos son compresibles en cierto grado. No obstante, los líquidos son fluidos igual que los gases.
- Tienen viscosidad, aunque la viscosidad en los gases es mucho menor que en los líquidos.

4.4.2 Presión del fluido. La presión del fluido es la fuerza por unidad de área ejercida por un gas o un líquido. Usualmente se expresa en términos de PSI (libras por pulgada cuadrada). Varía directamente con la densidad y la profundidad del líquido y a la misma profundidad debajo de la superficie, la presión es igual en todas las direcciones. Fuerza quiere decir peso total de la sustancia; presión quiere decir la fuerza unitaria o la fuerza por pulgada cuadrada.

$$presion = \frac{fuerza}{area}$$

4.4.3 Densidad. Desde un punto de vista científico o físico, densidad es el peso por unidad de volumen de una sustancia, y puede expresarse en cualquier combinación conveniente de unidades usadas, de peso y volumen, tales como libras por pulgada cubica o libras por pie cubico. Puede formularse una ecuación para expresar esta relación

$$D = \frac{W}{V}$$

Donde

D = densidad

W = peso

V =volumen

4.4.4 Volumen específico. Es el volumen ocupado por unidad de masa de un material. En el caso de líquidos variara con la presión y la temperatura. El volumen de un líquido será afectado por un cambio en su temperatura; ya que es prácticamente imposible comprimir los líquidos, el volumen no se afecta por un cambio en presión.

El volumen de un gas o vapor se afecta definitivamente por cualquier cambio en su temperatura o presión a la cual está sujeto. En refrigeración el volumen del vapor bajo las condiciones variantes es lo más importante de la selección de las líneas de refrigerante adecuadas.

Está definida por

$$v = \frac{V}{m} \equiv \frac{1}{p}$$

Donde

V= volumen

m= masa

p= densidad del material

4.4.5 Presión atmosférica. La tierra está rodeada capa de aire llamada atmosfera. El aire tiene peso y también tiene una presión conocida como *presión atmosférica*, que es la fuerza ejercida por el aire sobre la tierra. Considerando estudios y tomas de muestras en diferentes puntos del planeta, la presión atmosférica normal se considera que es 14,7 PSI, al nivel del mar.

Esta presión no es constante; variara con la altitud o elevación sobre el nivel del mar y hay variaciones debidas a cambios en la temperatura y en el contenido del vapor de agua del aire.

Figura 2. En la caricatura se ilustra el peso de la atmosfera sobre cualquier masa



4.4.6 Presión de un gas. Es la presión ejercida por un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene, a una temperatura determinada y se debe a los choques de las moléculas del gas, siempre en movimiento, contra las paredes del recipiente.

Esta presión puede ser: parcial, total, reducida o crítica. La parcial es aquella que ejercería un gas de una mezcla sobre las paredes del recipiente que lo contiene si él sólo ocupase todo el volumen disponible.

El volumen de un gas se afecta por el cambio en la presión o la temperatura, o ambas. Hay leyes que gobiernan los cálculos matemáticos al computar estas variables.

La ley de Boyle establece que el volumen de un gas varía inversamente con su presión si la temperatura de un gas permanece constante.

4.4.7 Expansión de un gas. La mayoría de los gases se expandirán en volumen a prácticamente la misma tasa con un incremento en temperatura siempre y cuando la presión no cambie. Y, si el gas se confina de tal manera que su volumen permanezca el mismo, la presión en el recipiente se incrementará a la misma tasa con el incremento en temperatura.

Teóricamente si la presión permanece constante un gas se expandirá o contraerá a la tasa de $\frac{1}{492}$ por cada grado de cambio en temperatura. El resultado de esta teoría sería un volumen cero a la temperatura de -460 °F o a cero grados absolutos.

La ley de Charles establece que el volumen de un gas es proporcional directa a su temperatura absoluta, cuando la presión permanece constante; y la presión absoluta de un gas es proporcional directa a su temperatura absoluta cuando el volumen se mantiene constante. Esto es:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Donde:

V = volumen absoluto

T = temperatura absoluta

P = presión absoluta

4.5 PARTES DEL EQUIPO

4.5.1 Compresores. Tiene dos funciones en el ciclo de refrigeración:

- succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador a un punto en el que puede ser mantenida la temperatura de evaporación deseada.
- El compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto, de modo que la temperatura de saturación sea superior a la temperatura del medio enfriante disponible para la condensación del vapor refrigerante.

4.5.2 Condensadores. Tiene por objetivo la disipación del calor absorbido en el evaporador y de la energía del compresor, que intercambia calor con el ambiente. El vapor a alta presión y a alta temperatura que sale del compresor está supercalentado y este supercalentamiento generalmente se retira en la línea de descarga de gas caliente y en la primera porción del condensador. Como la temperatura del refrigerante es bajada a su punto de saturación, el vapor se condensa en líquido para reusarse en el ciclo.

Los condensadores pueden ser enfriados por aire, agua o evaporación. Los refrigeradores domésticos generalmente tienen un condensador enfriado por aire, el cual depende del flujo de gravedad del aire que circula a través de él. Otras unidades enfriadas por aire usan ventiladores para secar o extraer grandes

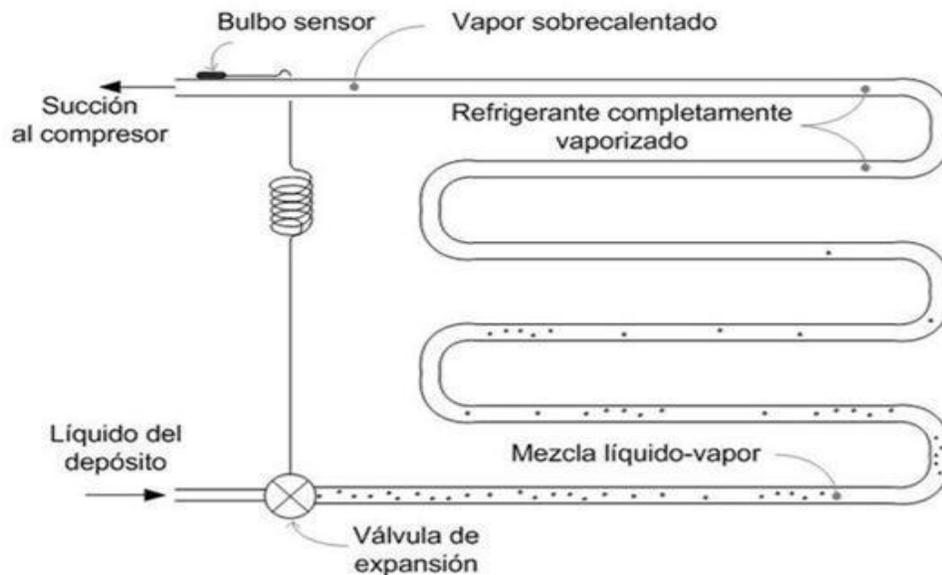
volúmenes de aire a través de los serpentines del condensador.

4.5.3 Evaporadores. Se conoce por evaporador al intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo. Su nombre proviene del cambio de estado sufrido por el refrigerante al recibir esta energía, luego de una brusca expansión que reduce su temperatura. Durante el proceso de evaporación, el fluido pasa del estado líquido al gaseoso. Los evaporadores caen dentro de tres tipos:

- De tubo desnudo
- De tubo aleteado
- De placa

La mayoría de vitrinas, enfriadores y refrigeradores de floristerías comerciales utilizan el diseño de serpentín de tubo aleteado. Un evaporador de este tipo tiene una ventaja definitiva sobre el tipo de evaporador de tubo desnudo, la carga de calor manejada por el evaporador alcanza al serpentín de enfriamiento en uno o más de los tres tipos de transferencia de calor: conducción, convección o radiación, pero este calor es transferido al refrigerante por uno solo de estos medios. El área extra de las aletas en adición a las del tubo desnudo permite un grado más alto de transferencia de calor del aire que rodea el serpentín, por consiguiente, a mayor área superficial para la conducción de calor del producto al refrigerante en el evaporador, mayor la posible transferencia de calor, si el calor del producto alcanza el evaporador, pero no es absorbido por el refrigerante dentro del serpentín, la caja o área alcanzara una temperatura mayor que la deseada. Al incrementar el área superficial del evaporador se incrementa la capacidad del evaporador.

Figura 3. Esquema de evaporador de expansión directa



4.5.4 Capacidad de serpentín de expansión directa. El serpentín es un equipo intercambiador de calor que al estar en contacto con el aire de retorno el cual regresa caliente, enfría el aire gracias al refrigerante a baja temperatura que circula por su interior, y lo envía de nuevo mediante los ductos transportadores a las instalaciones.

La capacidad de cualquier serpentín de expansión directa depende de:

- La temperatura del refrigerante circulado.
- Las temperaturas (de bulbo seco y húmedo) del aire circulado por el serpentín.
- El volumen del aire circulado.

Si la temperatura del líquido que entra al serpentín de enfriamiento se varia, el efecto refrigerante también varia, esto afecta la capacidad del serpentín de enfriamiento y si la temperatura del aire sobre el serpentín permanece la misma, cualquier variación en la temperatura de succión también cambiara la diferencia de temperatura entre el refrigerante y el aire. Si esta diferencia de temperatura decrece la rata a la cual el refrigerante evapora también decrecerá.

4.5.5 Controles de flujo de refrigerante. Un componente fundamental e indispensable de cualquier sistema de refrigeración es el control de flujo, o aparato de medición. Sus principales propósitos son:

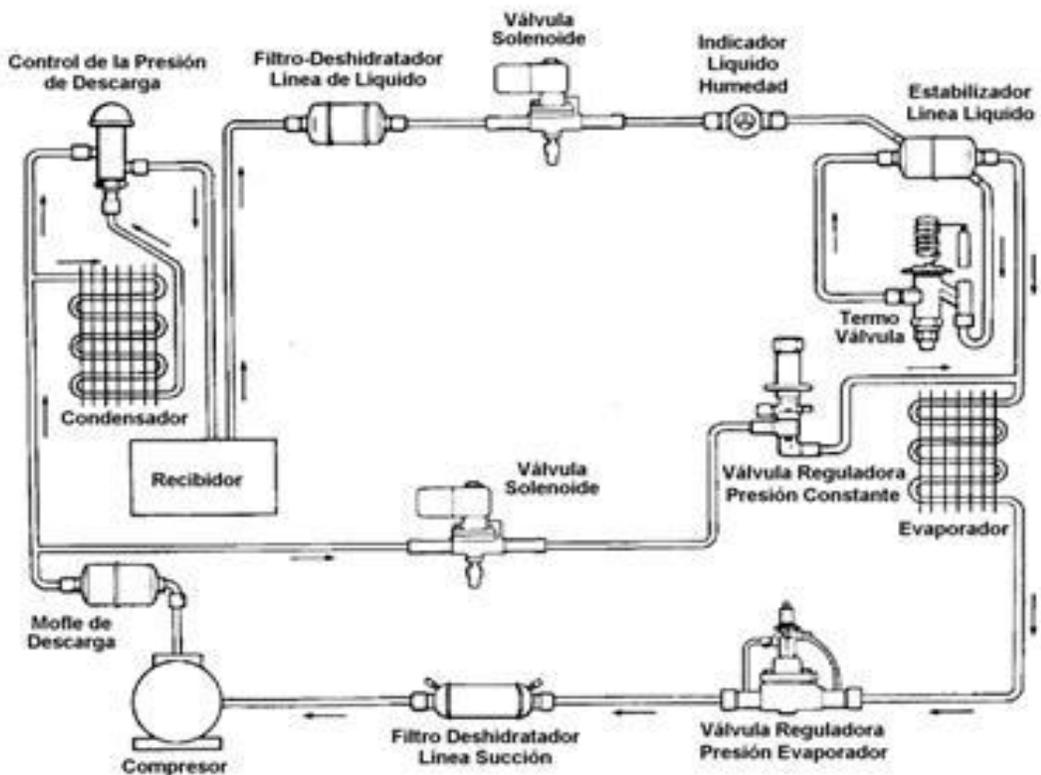
Los cinco tipos principales de aparatos de medición, usados ahora en varias fases de la refrigeración son:

- Válvula de expansión automática.
- Válvula de expansión termostática.
- Tubo capilar.
- Flotador en el lado de baja.
- Flotador en el lado de alta.

Todos se usan para reducir la presión en el refrigerante.

- Permitir el flujo de refrigerante al evaporador a la rata necesaria para remover el calor de la carga.
- Mantener el diferencial de presión apropiado entre los lados de alta y baja en el sistema de refrigeración.

Figura 4. Controles de flujo más utilizados



4.6 RELACIONES REFRIGERANTE -ACEITE

Salvo unas pocas excepciones, el aceite necesario para la lubricación del compresor es el contenido del cárter del cigüeñal del compresor que es donde está sujeto al contacto con el refrigerante.

El dióxido de azufre y los halocarburos reaccionan en cierto grado con el aceite lubricante, generalmente la reacción es ligera bajo condiciones de operación normales.

Cuando hay contaminantes en el sistema tales como aire y humedad, en una cantidad apreciable, se desarrollan reacciones químicas involucrando a los contaminantes y tanto el refrigerante como el aceite refrigerante como el aceite lubricante pueden entrar en descomposición, formándose ácidos corrosivos y sedimentos en superficies de cobre y/o corrosión ligera en superficies metálicas pulidas. Las temperaturas altas en las descargas, por lo general aceleran estos procesos.

En los sistemas que usan refrigerantes halocarburos, es muy común que varias partes del compresor se encuentren cobrizadas. La causa exacta del cobrizado no ha sido determinada en forma definitiva, pero se tienen grandes evidencias que los factores que contribuyen a eso son la humedad y la pobre calidad del aceite lubricante.

4.6.1 Clasificación De Los Refrigerantes

4.6.1.1 Refrigerantes del grupo 1: Son los de toxicidad e inflamabilidad despreciables. De ellos, los refrigerantes 11, 113 y 114 se emplean en compresores centrífugos.

Los refrigerantes 12, 22, 500 y 502 se usan normalmente en compresores alternativos y en los centrífugos de elevada capacidad.

4.6.1.2 Refrigerantes del grupo 2: Son los tóxicos o inflamables, o ambas cosas.

El grupo incluye el Amoníaco, Cloruro de etilo, Cloruro de metilo y Dióxido de azufre, pero solo el Amoníaco (r-717) se utiliza aún en cierto grado.

4.6.1.3 Refrigerantes del grupo 3: Estos refrigerantes son muy inflamables y explosivos. A causa de su bajo costo se utilizan donde el peligro está siempre presente y su uso no agrega otro peligro, como por ejemplo, en las plantas

petroquímicas y en las refinerías de petróleo.

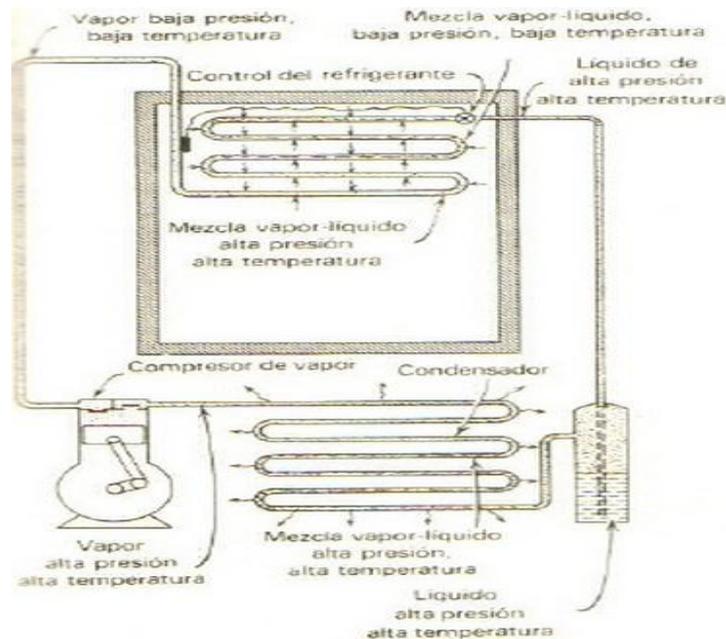
El grupo incluye el Butano, Propano, Isobutano, Etano, Etileno, Propileno y Metano.

Estos refrigerantes deben trabajar a presiones mayores que la atmosférica para evitar que aumente el peligro de explosión. Las presiones mayores que las atmosféricas impiden la penetración de aire por pérdidas porque es la mezcla aire-refrigerante la que resulta potencialmente peligrosa.

4.7 DIAGRAMA PRESION – ENTALPIA

4.7.1 Efecto refrigerante. Para realizar un trabajo eficiente en un sistema o ciclo de refrigeración, cada libra de refrigerante en circulación en el sistema debe hacer su porción del trabajo. Debe absorber una cantidad de calor en el evaporador o serpentín de enfriamiento y disiparlo, mas el que es añadido en el compresor, al exterior con la ayuda de condensador, bien sea si es enfriado por aire, agua o evaporación. El trabajo hecho por cada libra de refrigerante cuando viaja por el evaporador se refleja en la cantidad de calor que recoge de la carga de refrigeración, principalmente cuando el refrigerante sufre un cambio de estado de líquido a vapor.

Figura 5. Ciclos del refrigerante en el sistema



4.7.2 Diagrama del ciclo. Primero el refrigerante pasa del estado líquido al estado de vapor cuando absorbe calor en el serpentín. La etapa de compresión, donde el vapor refrigerante incrementa su presión y temperatura, es la siguiente: el refrigerante cede su calor en el condensador al medio enfriante del ambiente y el vapor refrigerante, se condensa a líquido en donde está listo para ser usado de nuevo en el ciclo.

Los cambios en estado de vapor a líquido – el proceso de condensación – ocurren cuando el camino del ciclo va de derecha a izquierda; mientras el cambio en estado líquido a vapor – el proceso de evaporación – va de izquierda a derecha. La presión absoluta se indica sobre el eje vertical y eje Y horizontal indica el contenido de calor o entalpía en Btu/ libras.

Figura 6. Diagrama de un ciclo de refrigeración simple

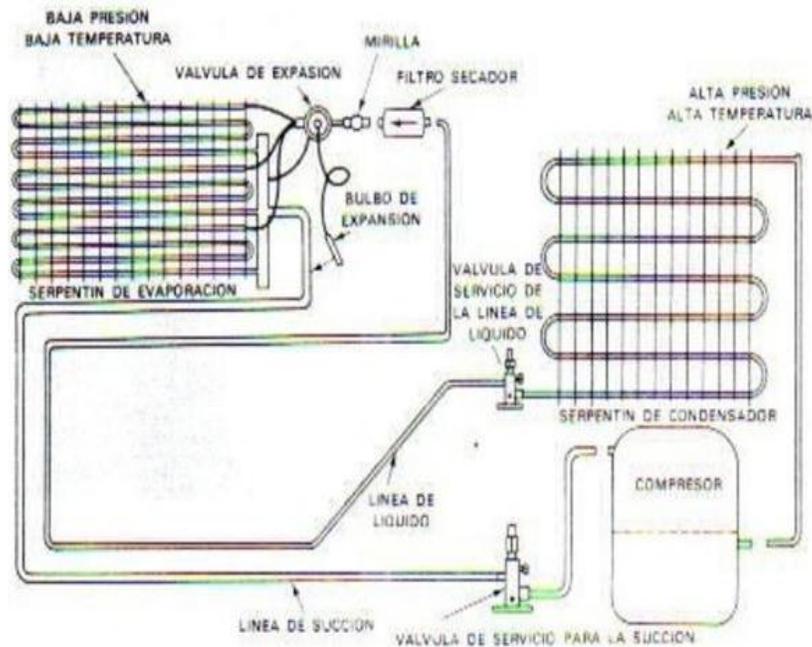


Diagrama esquemático de un ciclo de refrigeración simple.

4.7.3 Coeficiente de comportamiento. Dos factores son de importancia en la decisión de cual refrigerante debe usarse para un proyecto dado de remoción de calor. Ordinariamente, esta decisión se alcanza durante el aspecto de diseño del sistema de refrigeración y aire acondicionado.

Los dos factores que determinan el coeficiente de comportamiento (CoC) de un refrigerante son: el efecto refrigerante y el calor de compresión. La ecuación puede describirse así:

$$\text{CoC} = \frac{\text{Efecto refrigerante}}{\text{Calor de compresión}}$$

4.7.4 Entalpía. Es una magnitud termodinámica, simbolizada con la letra H, cuya variación expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno. En un proceso de flujo constante tal como un ciclo de refrigeración, la entalpía representa el contenido de energía por cada libra o kilo de refrigerante. Los valores absolutos de la entalpía no son de un significado particular, pero los cambios de entalpía entre los puntos de un proceso son muy importantes.

4.7.5 Entropía. Es una magnitud física que permite, mediante cálculo, determinar la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo. Es una función de estado de carácter extensivo y su valor, en un sistema aislado, crece en el transcurso de un proceso que se dé de forma natural. La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos. En un proceso de trabajo termodinámicamente reversible, la entropía permanece constante. Además no puede detectarse por medio de los sentidos, ya que es una relación matemática entre el calor y la temperatura. El cambio de entropía se define como la relación de la cantidad de calor que se agrega o se resta la temperatura absoluta en la que ocurre el flujo térmico.

4.8 MANTENIMIENTO, UBICACIÓN DE FALLAS Y SOLUCIONES

4.8.1 Evacuación. Para evitar contaminaciones en el sistema principalmente aire, agua y gases de interés y asegurar un sistema seco antes de cargar, existen dos métodos utilizados para evacuar un sistema

4.8.1.1 Vacío Profundo. Es uno de los procedimientos más importantes en la instalación de un equipo o remplazo del compresor, porque solamente a través de la aplicación de un vacío profundo, podemos garantizar que se retire la humedad del sistema, ya que el agua en el sistema forma ácidos muy corrosivos.

El procedimiento a seguir debe llevarse con mucha cautela para evitar futuros daños en el sistema:

- Se conecta la bomba de vacío al sistema.
- Se pone en marcha la bomba.

- Nos detenemos cuando tengamos una lectura de 1500 micrones.
- Rompemos el vacío con nitrógeno y presurizamos el sistema con 2 libras.
- Soltamos el nitrógeno.
- Se pone en marcha la bomba.
- Nos detenemos cuando tengamos una lectura de 1500 micrones.
- Rompemos el vacío con nitrógeno y presurizamos el sistema con 2 libras.
- Soltamos el nitrógeno.
- Se pone en marcha la bomba.
- Nos detenemos cuando tengamos una lectura de 500 ó 250 micrones según sea el tipo de lubricante.
- Rompemos el vacío con el gas refrigerante.
- Cargamos con gas nuestro sistema.

En el trabajo de refrigeración, especialmente aquellos sistemas que operan en presiones de succión muy bajas, el método del vacío profundo es el más recomendado.

4.8.1.2 Triple Evacuación. También conocida como evacuación múltiple se realiza normalmente evacuando un sistema hasta alcanzar un vacío de 1 ó 2 mm, y luego permitiendo que entre en el sistema una pequeña cantidad de refrigerante. Entonces se vuelve a evacuar el sistema hasta que el vacío se reduce de nuevo a 1 mm Hg

A continuación se realiza la descripción del procedimiento a seguir

- Conecte un manómetro, se recomienda se instale en el orificio de válvula del receptor de líquido, en el mismo momento conectar la bomba de vacío a la válvula de succión y la válvula de descarga y poner en marcha.
- Deje funcionar la bomba de vacío hasta que el manómetro alcance 1 mm. El manómetro de mercurio debe ser colocado verticalmente para obtener medidas precisas.
- Permita que entre en el sistema una pequeña cantidad de refrigerante, hasta que el vacío sea de unos 500 mm Hg Esta pequeña cantidad de vapor refrigerante llenará el sistema y se mezclará con otros vapores presentes en el mismo.
- Abra de nuevo la válvula de vacío, para comenzar a extraer vapor del sistema. Deje que la bomba de vacío funcione hasta que el nivel de vacío alcance de nuevo 1mm Hg Repetir paso anterior.
- Cuando haya creado el vacío por tercera vez, permita entrar en el sistema el refrigerante hasta alcanzar 30KPa por encima de la presión atmosférica.

- Quite el manómetro y cargue en su totalidad el sistema.

En sistemas de refrigeración de mayor temperatura y en el trabajo de aire acondicionado, la evacuación triple es práctica.

4.8.2 Bomba De Vacío. El vacío se emplea en refrigeración para lograr la eliminación de incondensables y de la humedad. La humedad se ha de eliminar para evitar que las válvulas de expansión o el tubo capilar se obstruyan por un tapón de hielo. También para evitar la posibilidad de oxidación, corrosión y deterioro del refrigerante y del aceite.

Los incondensables (O₂, N₂) se han de eliminar para evitar el aumento de presión de condensación y la oxidación de los materiales.

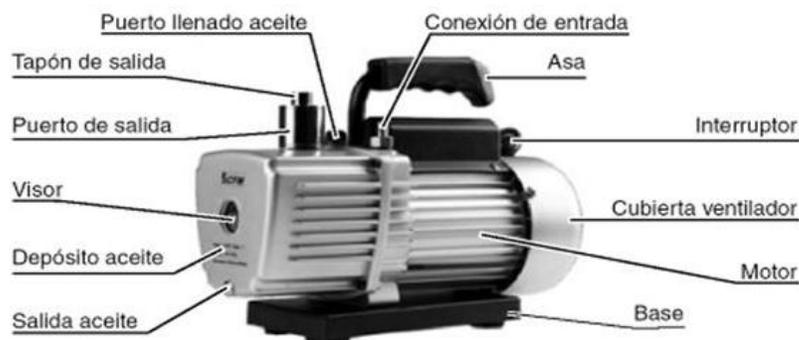
La relación entre el vacío y la humedad es muy simple, cuando más baja sea la presión obtenida, menos humedad y aire quedan en el sistema. Es más difícil eliminar agua en forma líquida de un sistema, que en forma gaseosa. El tiempo de vacío es función del volumen en m³/h de la bomba de vacío, el volumen de los tubos, el volumen del sistema y su tipo y el contenido de agua en el sistema.

Una bomba de vacío extrae moléculas de gas de un volumen sellado, para crear un vacío parcial. La mayoría son movidas por motor eléctrico o con poleas y bandas, la mayoría de las bombas para servicio de campo normal, son portátiles.

Existen varios tipos de bombas de vacío

- Rotativas de paletas
- Bomba de membrana o de diafragma
- De Canal Lateral

Figura 7. Bombas de vacío y sus componentes



4.8.2.1 Selección De Una Bomba De Vacío. Las bombas de vacío se caracterizan por el vacío límite y la velocidad de bombeo. . El tamaño de la bomba ha de ser el adecuado para el circuito. Una bomba demasiado grande puede hacer un vacío en muy poco tiempo, pero produce formación de hielo. Como que el hielo evapora muy lentamente, tenemos la impresión de que hemos obtenido el vacío deseado. Después de un cierto tiempo el hielo empezará a deshelar y evaporará, lo que aumenta la presión y en consecuencia encontraremos otra vez humedad en el circuito. Con una bomba demasiado pequeña, el tiempo de evacuación será demasiado largo. Los tamaños de las bombas de vacío se determinan de acuerdo al desplazamiento libre de aire en pies cúbicos por minuto o litros por minuto. El contenido de aceite en estas bombas sirve de lubricante y de junta estanca, llena los huecos vacíos y ayuda a refrigerar la bomba. Es importante cambiar el aceite de la bomba con regularidad ya que la humedad del circuito de refrigeración vuelve a aparecer en la bomba y provoca la oxidación de esta. Las bombas de doble efecto alcanzan presiones más bajas que con bombas de simple efecto.

4.8.3 Carga de sistema. La cantidad de refrigerante que debe añadirse al sistema para carga inicial o recarga, depende del tamaño del equipo y de la cantidad refrigerante que se hace circular. En sistemas muy grandes es práctica común, simplemente pesar la carga.

Existen varios métodos efectivos para lograr una carga óptima de un sistema de refrigeración.

4.8.3.1 Por baja presión. Se conecta la manguera a la botella de gas refrigerante, se purga y se satura de gas el sistema, una vez se equilibran las presiones se arranca el equipo frigorífico y se abre la válvula del analizador de baja presión de manera que el propio sistema va introduciendo el gas en el equipo. Se podrá calentar la botella para que aumente la temperatura y a su vez la presión y así conseguiremos introducir gas más rápidamente.

Este método es el más utilizado ya que se puede ir midiendo el recalentamiento y subenfriamiento que ofrece el circuito frigorífico y se puede ajustar sin necesidad de conocer el peso final de refrigerante, otro de los indicativos que nos ayudara a saber si la carga es la adecuada será la intensidad de consumo del compresor así como los saltos térmicos que podremos medir en los intercambiadores.

Los datos aproximados para equipos de refrigeración serán:

Tabla 2. Indicadores de temperatura del refrigerante para la carga en el sistema

Estado	Temperatura °C
Recalentamiento	Entre 5 °C y 12 °C
Subenfriamiento	Entre 5 °C y 12 °C
Salto térmico en intercambiadores de aire	Aproximadamente 10 °C
Salto térmico en intercambiadores de agua	Aproximadamente 5 °C
Consumo eléctrico	Por debajo la intensidad nominal

4.8.3.2 Por alta presión. Se conecta la manguera a la botella de gas refrigerante, en caso de que no lleve toma de líquido colocaremos boca abajo la botella para asegurarnos que el refrigerante entrará en forma de líquido, esta operación se realizara con el equipo parado ya que si no fuera así la presión que abría en el circuito impediría la carga. Este sistema se utiliza en escasas ocasiones y solo si tenemos una bascula y calculamos el peso introducido cotejándolo con el peso de carga de refrigerante que aparece en la placa de características de los equipos. Si inyectamos refrigerante líquido por la toma de baja presión deberemos tener mucho cuidado afín de evitar los temidos golpes de líquido al compresor. Abriremos la llave suavemente, dejando el sistema que se estabilice. Aplicaremos para saber la carga necesaria los criterios detallados anteriormente. Inicialmente con el sistema parado podremos introducir refrigerante líquido por la línea de líquidos si disponemos de una toma entre la válvula de expansión o capilar y el condensador. Sucede que al poner en marcha el compresor la presión en la línea de líquidos aumenta y dificulta el paso de refrigerante desde la botella al circuito.

4.8.3.3 Detección Y Reparación De Una Fuga De Gas. La detección se efectúa estando la instalación con presión. Los métodos son:

- Agua jabonosa
- Detector electrónico
- Lámpara de rayos ultravioleta

Aplicaremos el método elegido en soldaduras, juntas, racores, prensaestopas, etc. La primera medida será observar las posibles trazas de aceite alrededor del circuito frigorífico. Si hay aceite hay o ha habido una fuga de gas.

4.8.4 Descongelación. Siempre que se retire humedad del aire u otro producto que se enfié o congele se acumulara escarcha sobre los elementos de enfriamiento que se debe ser retirada periódicamente. La escarcha actúa como un

aislamiento, reduciendo la transferencia de calor entre el aire y el refrigerante en el serpentín de enfriamiento.

Existen cuatro formas básicas de controlar el descongelamiento:

- Por medio de un timer de descongelamiento que trabaja a ciertos intervalos de tiempo.
- Por medio de un elemento que haga trabajar el sistema de descongelamiento basándose en el número de veces que la puerta del refrigerador se abra.
- Por medio de un reloj que trabaja solamente cuando la unidad trabaja. Después de cierto número de horas de trabajo se activa el descongelamiento.
- Un sistema que utiliza circulación forzada en el evaporador y que descongela estos evaporadores durante los periodos de paro ya sea por medio de resistencias o por gas caliente.

4.8.4.1 Descongelación por timer. Los sistemas de descongelación por resistencia, y dispositivo Bimetálico, regulan su ciclo de descongelación por medio de un Timer o reloj de descongelación.

El timer es un dispositivo electromecánico, utilizado para determinar y controlar los ciclos de descongelación automática; en todos los sistemas de refrigeración convencionales, que si bien no es un reloj propiamente dicho, es considerado como tal, por marcar unos periodos o ciclos horarios aproximados que puede ser cada 6/ 8/10/12, horas según el diseño y con una duración igualmente aproximada entre 20 y 30 minutos, para funcionar a voltajes de 110/220V y poder ser instalados en motores de hasta 1/2HP, si es utilizado como dispositivo directo de accionamiento del compresor.

Este tipo de timer, si bien no se utiliza como elemento de aplicación en sistemas de mayor capacidad, puede ser aplicado para accionar la bobina de un contactor, cuando se requiera realizar ciclos fijos de descongelación; puede ser una forma transitoria para remplazar en algunos cuartos fríos el reloj programable de descongelación.

4.8.4.1.1 Funcionamiento del timer. El timer cuenta con un pequeño motor eléctrico encargado de hacer funcionar, un sistema de discos y piñones que en su funcionamiento determinan el ciclo de descongelación.

Cuando un timer para 6 horas como el mostrado en la imagen, marca el ciclo de funcionamiento, el mecanismo interno del timer acciona los contactos (2) y (4)

Lo que hace que la energía que entra por el contacto (1) conocido como el común, llamado así porque es este punto el encargado de hacer una distribución de corriente, hacia los contacto (2) y (4), como también suministra corriente en una de sus fases al pequeño motor del timer, quien recibe la otra fase a través del contacto (3)

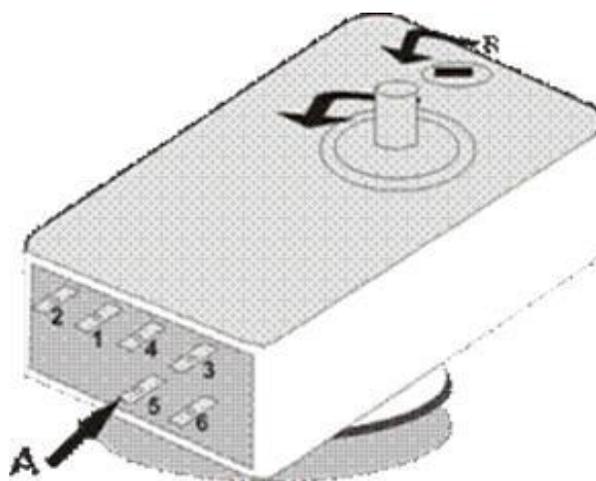
Nota: el termino fase debe ser entendido como el voltaje de alimentación para el funcionamiento del motor del timer, que dependiendo del tipo de corriente 110V, debe ser entendido como línea positiva y línea neutra y si es para 220V debe ser entendido como L1 y L2

El timer en su funcionamiento activa dos contactos eléctricos internos, uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado; la identificación de estos contactos generalmente es por medio de una numeración y en algunos modelos puede traer un diagrama eléctrico que ayuda a la conexión.

Por ejemplo un sistema que utiliza un timer para operar un ciclo de descongelamiento cada 12 horas trabajaría así:

- Para el compresor y el abanico del evaporador y arranca las resistencias eléctricas. Estas resistencias trabajan por 15 minutos.
- Para las resistencias y arranca el compresor.
- Los abanicos del evaporador arrancan alrededor de 4 minutos después de haber arrancado el compresor, y la unidad regresa a sus condiciones normales.

Figura 8. Timer de descongelación



4.8.4.2 Descongelamiento por gas caliente. Este método utiliza una válvula solenoide para abrir y cerrar el bypass de la descarga del compresor al evaporador. La siguiente figura nos muestra una válvula solenoide de este tipo. Estas Válvulas deben estar montadas verticalmente para que funcionen correctamente.

Figura 9. Válvula solenoide para descongelamiento por gas caliente

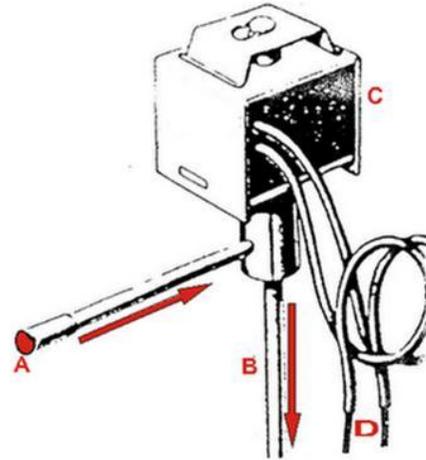
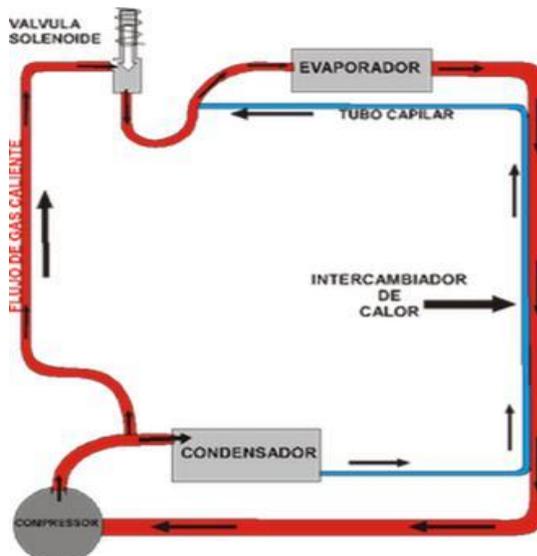


Figura 10. Circuito de descongelamiento por gas caliente



4.8.5 Cambios y reparaciones más frecuentes en un sistema de refrigeración

4.8.5.1 Cambio de compresor quemado. Se debe vaciar el circuito de refrigerante contaminado. Desmontar el compresor. Se procede a efectuar la limpieza. Se cambia el filtro y el elemento de expansión ya sea válvula o capilar. Se efectúa el vacío. Cargar gas.

4.8.5.2 Obstrucción. Se presenta por derrame de aceite en interior del sistema, por exceso de soldadura. Realizar vacío al sistema y cambiar filtro secador.

4.8.5.3 Condensación por cierre magnético. Roto, no ajusta bien. El sistema pierde eficiencia y se presenta bloqueo de hielo, cambiar el cierre y ajustar puertas.

4.8.5.4 Termostato descalibrado. El sistema trabaja mucho y dispara la seguridad térmica por no dar orden a prendido de Resistencia para descongelación

4.9 TUBERIA

La mayor parte de las tuberías que se utilizan en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado se fabrica de cobre. Sin embargo algunos fabricantes utilizan aluminio para la fabricación de circuitos internos de serpentín del evaporador y condensador. El aluminio no se ha hecho popular en la instalación en el campo de tuberías de conexión para el refrigerante debido a que no se puede trabajar con tanta facilidad como el cobre y su soldadura es más difícil. La tubería de cobre fabricada para trabajos de refrigeración y aire acondicionado se identifica como tubería ACR, lo que significa que está dedicada para uso en trabajos de aire acondicionado y refrigeración y que ha sido fabricada y procesada especialmente para este fin. La tubería ACR es presurizada con gas nitrógeno por el fabricante para sellar el metal contra el aire, la humedad y la suciedad, y también para minimizar los perjudiciales óxidos que normalmente se forman durante la soldadura. Las extremidades se tapan en el proceso y esos tapones deberán colocarse otra vez después de cortar un tramo de tubería.

4.9.1 Métodos para juntar tubos

Las paredes del tubo de cobre son demasiado delgadas para ser roscadas, de tal modo que deben aparecer otros métodos para conectarlos entre sí. Esto se divide en dos amplias categorías:

- Acoples mecánicos
- Juntas al calor

4.9.1.1 Acoples mecánicos

4.9.1.1.1 Conexiones acampanadas. Desde el siglo XIX las conexiones acampanadas han sido una de las técnicas usadas para unir tubos de cobre de trabajo suave, Es una válvula de solenoide 3vías colocado en una línea de sistema de refrigeración, que posee un ángulo de 45° de ensanchamiento y una boquilla con forma de campana.

4.9.1.1.2 Acampanamiento doble. Consiste en una superficie sellante de pared doble, la fabricación de un acampanamiento doble se hace con el uso de la herramienta convencional de acampanamiento provista adaptadores de doble acampanamiento.

4.9.1.1.3 Accesorios acampanados. Para acomodar los muchos tipos de juntas acampanadas necesarias en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado se dispone de una variedad de codos, té, uniones, etc.

4.9.1.1.4 Acoples a compresión. En años recientes ha habido una preferencia por el uso de elementos unidos a compresión, ya que reduce la labor de campo al no hacer conexiones acampanadas o soldaduras, cambiándolo por acoples de tipo compresión, el cual genera un trabajo libre de porosidad.

4.9.1.2 Juntas al calor. La junta al calor de los tubos refrigerantes se llama soldadura o estañado y consiste en juntar dos piezas de metal con un tercer metal o aporte de soldadura, la cual se funde a una temperatura menor que las piezas que se unen, cuando se funde, la soldadura fluye entre las dos piezas, el metal fundido se adhiere a la superficie de los dos metales y forma una coraza entre los dos, esta coraza tiene menor resistencia que los dos metales que una para funcionar como un fusible en caso de esfuerzos excesivos.

4.9.1.2.1 Soldadura suave. La soldadura más común es una mezcla de estaño y plomo, si es mitad estaño y mitad cobre, se denomina soldadura 50-50. La soldadura inicia a fundirse a 360°F pero no llega a ser fluido sino hasta que se calienta a 415°F. La soldadura de estaño y plomo 50-50, se le llaman soldaduras suaves y son utilizadas principalmente en plomería y sistemas de calefacción con temperaturas de trabajo hasta de 250°F.

4.9.1.2.2 Soldadura dura. Consiste en un proceso de unión de dos metales a través del calentamiento de estos y la posterior adición de un metal de aportación, el cual debe tener una temperatura de fusión superior a 450 °C y menor al del

metal base. Este material de aportación se colocará en el huelgo que dejan las dos partes a unir y se distribuirá entre las superficies de unión por atracción capilar. Este tipo de unión es muy común en la industria y sirve para unir la mayoría de los metales y aleaciones que encontramos en el sector de la metalurgia.

4.9.1.2.3 Traslape de tubos de cobre. Algunas veces en el ensamble de tubos de cobre del mismo diámetro, se usa por parte de algunos fabricantes como forma más confiable que es la juntar las dos piezas del tubo, haciendo una conexión traslapada con una sola junta, lo cual es algo similar a los acoples de acampanamiento.

4.9.1.2.4 Técnicas seguras para manipulación de soldadura. Hay seis pasos simples que se siguen para conseguir una junta fuerte y resistente, sin fugas las cuales son muy frecuentes en la soldadura suave como en el estañado.

- Buen ajuste y tolerancia apropiada.
- Limpieza de metal.
- Fundente apropiado.
- Ensamblado y soporte.
- Calentamiento y flujo de la aleación.
- Limpieza final y verificación de poros o fugas.

5. RESULTADOS

5.1 MECANICA

No se cambio la unidad condensadora de 1/2HP de potencia, que suministra aire frio a una cava de 1.5 toneladas por medio de un difusor de 4.000 Btu/h, ya que estos dos elementos mecánicos han estado funcionando correctamente.

El gas refrigerante R-134^a sale del compresor de 1/8 de HP marca TECUMSEH, sale a alta temperaturas pasando por la tubería flexible de 3/8 de cobre a altas presiones de trabajo entre 160-220 psi, se instaló un llave manual de paso de refrigerante a la salida del compresor para simular descongelación de gas caliente hacia el evaporador, luego sigue la ruta y pasa por la unidad condensadora quien a su vez le ayuda a el refrigerante en estado gaseoso pierda calor y al finalizar con la perdida de calor se convierta en refrigerante liquido; pasa después por el filtro secador quien absorbe la humedad e impurezas del sistema, circulado posteriormente por el tubo capilar(elemento de expansión), que a su vez hace que pierda presión y temperatura al pasar por este elemento y a si el refrigerante pasa de estar liquido a estas gaseoso pasando por el difusor de la cava quien absorbe calor del cuarto para que los productos que estén allí guardados sean conservados a temperaturas de 0° a 5° c y al finalizar retorne al compresor el refrigerante para así cumplir con el ciclo de refrigeración.

Este modulo cuenta con la visualización de 2 manómetros que se ubicaron para observar las presiones de trabajo del sistema, el manómetro de color azul no estará midiendo la presión de succión y el retorno del refrigerante al compresor, las presiones podrían ser entre 20 – 30 psi; y el manómetro de color rojo mostraría las presiones de alta y suministro y también de la descongelación manual por gas caliente hacia el difusor del evaporador cuando este se necesite para simular las condiciones operacionales del sistema.

5.2 MONTAJE

Se inicio con la exploración del anterior modulo que estaba totalmente malo, ya que al hacerse una exhaustiva inspección se encontró: los compresores, los manómetros totalmente descalibrado, fugas en el sistema, tubería de cobre en mal estado y conexiones eléctrica dañadas. Se procede a regenerarse el modulo cambiando los compresores y el gas refrigerante, instalando manómetros, tubería de cobre para la descongelación manual de gas caliente, instalación de tubo capilar en una de las unidades, mejorando el sistema eléctrico, pintura de las tuberías de cobre del modulo. Para que al terminar este proyecto de reforma, la Institución Universitaria Pascual Bravo cuente de nuevo con un simulador didáctico de refrigeración para una mejor ilustración de una de las ramas de la mecánica como es la Termodinámica y la refrigeración industrial.

CONCLUSIONES

El uso de herramientas de aprendizaje en las instituciones de educación superior ha sido de vital importancia para el desarrollo de los sistemas de aire acondicionado y refrigeración industrial, sobre todo para adquirir experiencia en el campo. El ritmo de expansión de la industria también es una consecuencia de que se requiera personal mejor capacitado y con aptitudes de investigación. Así pues, podemos decir que las herramientas didácticas y simuladores son el motor necesario para que los estudiantes pongan en práctica lo aprendido.

BIBLIOGRAFIA

BUQUE FRANCESC, Manual práctico de refrigeración y aire acondicionado. Tomo I, marcombo; boixareu editores, 2007, 208 páginas.

FRANCO LIJO, Juan Manuel. Manual de refrigeración, editorial reverté S.A, Barcelona, 2006, 230 páginas.

HERNANDEZ GORIBAR, Eduardo. Fundamentos del aire acondicionado y refrigeración, limusa noriega Editores, México, 1995, 461 páginas.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas colombianas para la presentación de tesis, trabajos de grado, y otros trabajos de investigación. Bogotá D.C; Incontec, 2008-07-23 NTC 1486.