

41126
39



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN**

**“CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE
REFRIGERACIÓN; REFRIGERANTES Y EQUIPOS
DE REFRIGERACIÓN APLICADOS EN UN
PROYECTO DE FRIGORÍFICOS PARA UN
AUTOSERVICIO”**

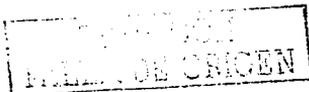
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
Á R E A M E C Á N I C A
P R E S E N T A :
J A I M E G A R C Í A C O R T É S

**ASESOR DE TESIS:
ING. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ**

MÉXICO

2003





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A TODOS AQUELLOS QUE HAN FORMADO PARTE DE MI VIDA

GRACIAS

GRACIAS A USTEDES MAMA Y PAPA POR EL APOYO INCONDICIONAL QUE SIEMPRE ME HAN DADO.
POR SUS DESVELO, POR SUS LAGRIMAS, Y POR SUS SUEÑOS QUE FUERON Y SON DEDICADOS A MI.
POR SER LA INSPIRACION DE MI VIDA PERSONAL Y PROFESIONAL Y GRACIAS POR JAMAS HABER PERDIDO LA CONFIANZA Y FE EN MI

CON CARIÑO PARA MIS HERMANOS PACO, JULY, Y CHELA POR COMPARTIR SU VIDA CONMIGO, SER UN ALICIENTE DE SUPERACION Y SOPORTAR MI MUY PERSONAL FORMA DE SER

A GUNDA POR TENERME TANTAS CONSIDERACIONES Y CARIÑO

A TODOS MIS AMIGOS Y AMIGAS POR SU APOYO Y CONFIANZA Y POR COMPARTIR TANTOS BUENOS MOMENTOS CONMIGO
GRACIAS POR SU AMISTAD

CON MUCHO CARIÑO JAIME

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN – UNAM**

**JEFATURA DE CARRERA DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

OFICIO: ENAR/JAME/0440/2002

ASUNTO: Sinodo

**LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
SECRETARIO ACADÉMICO
P R E S E N T E**

Por este conducto me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sinodo del Examen Profesional del alumno **JAIME GARCIA CORTÉS**, con Número de Cuenta: **8842406-4**, con el tema de tesis: **"CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE REFRIGERACION; REFRIGERANTES Y EQUIPOS DE REFRIGERACION APLICADOS EN UN PROYECTO DE FRIGORÍFICOS PARA UN AUTOSERVICIO"**.

PRESIDENTE:	ING. JORGE ANTONIO RODRÍGUEZ LUNA	MAYO	89
VOCAL:	ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO	MAYO	90
SECRETARIO:	ING. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ	MAYO	90
SUPLENTE:	ING. JOSÉ ANTONIO ÁVILA GARCÍA	NOVIEMBRE	90
SUPLENTE:	ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA	MAYO	91

Quiero subrayar que el Director de Tesis es el Ing. David Moisés Terán Pérez, el cual esta incluido basándose en lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Bosques de Aragón, Estado de México, 24 de mayo de 2002.
EL JEFE DE CARRERA



ING. RAÚL BARRÓN VERA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

C c p - Lic Ma Teresa Luna Sanchez - Jefa del Depto de Servicios Escolares.
C c p - Ing. David Moises Teran Perez. - Asesor de Tesis
C c p - Alumno
RBVamce

JUSTIFICACION

A manera de justificación para este trabajo de Tesis, se consideraron los siguientes puntos:

1.- En la actualidad, conocer los principios básicos del Aire Acondicionado y la Refrigeración es tan amplio, que sería difícil cubrirlo todo en un trabajo como este; pues abarca desde los principios fundamentales de Física y Termodinámica, hasta los problemas prácticos de Ingeniería; éstos a su vez pueden ser innumerables, ya que varían de un lugar a otro, dependiendo de múltiples factores, tales como las condiciones climatológicas, económicas y de diversa índole.

2.- El trabajo de tesis, no contiene un estudio exhaustivo de esta especialidad, ni de la teoría en que se basa la misma. Su objetivo primordial es exponer los conceptos fundamentales de la materia, combinando la teoría con sus aplicaciones, a fin de que el potencial lector de este trabajo, se familiarice con los métodos y procedimientos que utiliza el Ingeniero en el ejercicio de su profesión.

3.- En cada tema expuesto en este trabajo de tesis, se considera que el potencial lector ya posee los conocimientos teóricos de Física y Termodinámica necesarios para comprender cabalmente los problemas planteados. Sin embargo, con el fin de que este trabajo de tesis también sea útil a quienes por algún motivo carezcan de los conocimientos adecuados ó bien, los hayan olvidado, se ha tratado de simplificar lo más posible el contenido de cada capítulo.

4.- En el desarrollo de este trabajo, se ha insertado bastante información teórica que sin duda será de gran ayuda para asimilar la materia. Finalmente, cabe notar que, tratándose de un trabajo de tesis; no se han incluido los temas propios del campo profesional como lo sería la selección de equipos en los Catálogos de los diferentes fabricantes. No obstante, para facilitar la solución de los problemas prácticos, se dan Tablas y Curvas Características necesarias para ese fin.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OBJETIVO GENERAL.

Proporcionar los conceptos y los fundamentos de la Refrigeración, los Equipos Principales de Refrigeración y los Tipos de Refrigerantes.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- 1.- Proporcionar los conceptos básicos de la Refrigeración y del Aire Acondicionado.
- 2.- Proporcionar los Fundamentos de Refrigeración.
- 3.- Proporcionar los fundamentos básicos de los Refrigerantes, así como los diversos tipos de estos materiales que se utilizan a nivel Industrial.
- 4.- Proporcionar los fundamentos de los equipos que principalmente se utilizan en la Refrigeración.

FALLA DE ORIGEN

CAPITULO I

GENERALIDADES.

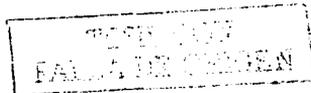
Durante miles de años, el Hombre ha intentado vencer las incomodidades del calor y la humedad excesivos. Pero fue en los primeros años del presente siglo, que se inició el acondicionamiento del aire. El acondicionamiento científico del aire se originó en 1902. Primero se utilizó para ayudar en los procesos industriales, como por ejemplo; en el hilado del algodón, en la producción de fibras sintéticas, para imprimir colores múltiples en diversos productos, etcétera.

Se hizo popular en la década de los años veinte, cuando cientos de teatros fueron equipados con sistemas de enfriamiento para atraer a los clientes durante los calurosos meses del verano. Desde entonces, el aire se acondiciona en muchos lugares; escuelas, oficinas, industrias, casas, automóviles.

La clasificación de los oficios siempre ha sido un problema. El referente al acondicionamiento de aire entra en la categoría de la construcción. Pero el trabajo de un mecánico en acondicionamiento de aire no puede definirse con facilidad, ya que incluye los trabajos de muchas otras ramas de la construcción.

Los sindicatos designaron como trabajo a las tareas específicas, tales como carpintería y plomería, dentro de los trabajos de construcción. Al hacerlo, han asignado el poco atractivo título de *montador de refrigeración* a los muchísimos hombres y al creciente número de mujeres que se están convirtiendo en mecánicos de acondicionamiento de aire.

El acondicionamiento de aire es una industria todavía nueva, comparada con las otras industrias de la construcción. Carpinteros, plomeros, albañiles y electricistas han estado en ella durante mucho tiempo. Pero las cinco ramas requieren aptitudes y destrezas similares. Y la mayoría de las instalaciones de aire acondicionado necesitan mecánicos de las cinco especialidades para trabajar unidos en un grupo. El albañil; por ejemplo, construye las plataformas del equipo para instalaciones en azoteas. Además, hacen los orificios de acceso para la conexión de los ductos que alimentan el aire de la unidad en el área acondicionada.



El plomero conecta las líneas de agua, gas ó petróleo a la unidad de acondicionamiento de aire. En algunos trabajos estos artesanos pueden conectar líneas de condensado de la unidad de Aire Acondicionado a un sumidero de piso ó al drenaje. Pero también el mecánico de Aire Acondicionado puede construir la plataforma del equipo, hacer los orificios necesarios de acceso y tender las líneas de condensado ó de agua. Para evitar la confusión, el contrato firmado define quién debe hacer cada tarea específica. Además, en muchos trabajos, el mecánico de Aire Acondicionado debe trabajar con los albañiles y oficiales.

En dondequiera que las líneas de refrigeración crucen pisos de concreto colado ó muros, el mecánico en Aire Acondicionado debe colocar botes ó tubos provisionales que permitan tener orificios ó pasos en el concreto lo suficientemente grandes como para alojar las líneas aisladas de refrigerante. Esta tarea debe hacerse *antes* de que el personal de albañilería vacíe ó cuele el concreto. Si los botes no se colocan antes del colado, el mecánico en el Aire Acondicionado tiene que usar un taladro para realizar las aberturas, tarea que puede costar mucho tiempo y dinero.

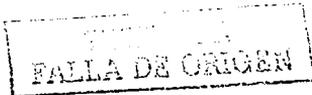
Los principios básicos de la refrigeración tienen como fundamento dos Leyes Termodinámicas. *Termodinámica* es una palabra griega que quiere decir energía térmica. La Termodinámica estudia las relaciones entre el calor y las otras formas de energía. La Primera Ley de la Termodinámica establece que el calor siempre se transmite del cuerpo más caliente hacia el más frío. Nunca del objeto más frío hacia el más caliente. Además, mientras más grande es la diferencia de temperaturas, más rápidamente se transmite el calor.

La Segunda Ley de la Termodinámica, trata de la Energía. La Energía puede definirse como la capacidad para desarrollar Trabajo. Para encontrar qué cantidad de Energía se consume, se multiplica simplemente la Potencia del equipo que se desee utilizar, por el número de horas que se utilizó dicho dispositivo. Esta Ley establece que la Energía no puede destruirse: Sólo puede ser transformada de una forma a otra. Es importante la comprensión de estas dos Leyes Termodinámicas. Ellas constituyen los principios básicos de la Refrigeración. Enunciadas de manera simple, son:

1.- El Calor siempre se mueve del objeto más caliente hacia el más frío. Entre mayor es la diferencia de temperatura, más rápidamente se mueve.

2.- La Energía no puede destruirse. Únicamente se transforma.

La *Refrigeración* es el proceso de transferir ó remover Calor. Un simple enfriador de comida campestre; por ejemplo, utiliza hielo para refrigerar su contenido. El Calor es removido cuando se drena el agua de la hielera. Una unidad de refrigeración mecánica trabaja del mismo modo. Un refrigerador bombea el calor de la parte interior hacia la parte exterior. El resultado es lo que se llama "frío".



El frío no puede fabricarse, sino que es la condición resultante de remover el Calor. Para entender mejor el concepto de *Refrigeración*, se analizarán los elementos de los diferentes tipos de refrigeración:

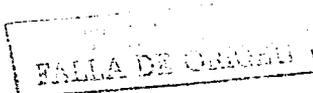
1.- *Doméstica*.- La refrigeración doméstica ó casera, como también se le llama, se usa primordialmente para la preservación de los alimentos. Las bajas temperaturas controlan el crecimiento de bacterias en los alimentos. Cuando se reduce dicho crecimiento se evita que los alimentos se descompongan. Los mecánicos que hacen trabajos de refrigeración doméstica son personas que principalmente se dedican a hacer reparaciones.

2.- *Comercial*.- La refrigeración comercial abarca: Equipo para supermercados, refrigeración para restaurantes y diversos tipos de refrigeradores comerciales, tales como los que se pueden encontrar en las morgues, hospitales y florerías. La refrigeración comercial utiliza dos escalas de temperatura. La primera, ligeramente arriba del punto de congelación (32°F. (0°C)); se utiliza para el almacenamiento de carne, quesos, bebidas; por nombrar sólo algunas de sus aplicaciones. Puesto que estos productos contienen agua, una temperatura inferior a 32°F (0°C) los congelará. La segunda escala es para trabajar a bajas temperaturas. El patinaje sobre hielo, los almacenes fríos, y todos los gabinetes para alimentos congelados, son aplicaciones de bajas temperaturas. Éstas normalmente oscilan entre 0 y -15°F (-18 a -26°C).

3.- *Aire Acondicionado*.- El Aire Acondicionado, es una aplicación de refrigeración a temperatura alta. La temperatura del refrigerante en el evaporador se diseña a 40°F (4.4°C). Así, se perciben signos de congelamiento en un serpentín de enfriamiento de un equipo de aire acondicionado, dicho equipo está funcionando mal. Se necesitan los mismos conocimientos a nivel de iniciación tanto para mecánicos de Refrigeración como de Aire Acondicionado. La diferencia principal está en los controles de temperatura. En el Aire Acondicionado, mientras más grande es el equipo, más complicado es el sistema de control. En Refrigeración, mientras más baja sea la temperatura, es más complejo el sistema de control. El Aire Acondicionado y la Refrigeración son dos campos separados, pero no independientes.

4.- *Marina*.- La Refrigeración Marina se usa en la industria pesquera. Muchos Países como por ejemplo; Rusia y Japón, tienen grandes flotas pesqueras que cuentan con un barco "matriz" que convierte la pesca en comida ó en fertilizantes. La Refrigeración en barcos requiere una instalación especial para superar los problemas de corrosión causada por el aire y el agua salinos que se usan para condensar vapores de refrigerante a líquidos.

5.- *Industrial*.- La Refrigeración Industrial tiene muchas más aplicaciones que las refrigeraciones mencionadas anteriormente. Por ejemplo; cuando se fabrican losetas asfálticas ó de vinilo para pisos, se hace circular agua helada por los tambores que rolan los ingredientes fundidos calientes para hacer una hoja continua.



A medida que ésta viaja en un transportador, la hoja se estampa en bloques. Durante el proceso final se lleva el transportador a un túnel de aire refrigerado para enfriar y empaclar la loseta. La Refrigeración Industrial juega también un papel vital en la investigación del espacio exterior. Los científicos prueban metales a temperaturas tan bajas como 1°K (-272°C), que está a un sólo grado del cero absoluto (-273°C) (-460°F).

En teoría, la actividad molecular se detiene en el cero absoluto y se reduce la resistencia al flujo de corriente. Así a temperaturas ultrabajas, con la ayuda de Rayos Láser, los científicos pueden determinar la formación química de minerales. Mediante este método se encontró; por ejemplo, que no había nuevos elementos químicos en las rocas traídas desde la luna. Así mismo, se obtuvo el equivalente de toda la información de un juego completo de enciclopedias dentro de un pequeño Rayo Láser de luz.

Ahora que se ha definido la Refrigeración y el Aire Acondicionado, el siguiente paso es examinar una unidad de Aire Acondicionado que proporcione humidificación y filtrado electrónico de aire, así como calefacción y enfriamiento. Los componentes principales de un sistema de Aire Acondicionado se ilustran en la Fig. 1.1. La unidad condensadora Whirpool está colocada en el exterior. El equipo de calefacción, el serpentín evacuador, el humidificador y el filtro de aire se encuentran en el interior. A continuación se analizarán cada uno de estos elementos. El sistema opera como sigue:

1.- El *Termostato* regula el equipo de Aire Acondicionado. Enciende el "equipo de calefacción" cuando se necesita calor, así como la unidad condensadora cuando se necesita enfriamiento. El termostato (que no aparece en la fig. 1.1) está ubicado en un muro interior cerca de la rejilla de retorno de aire.

2.- Un *humidistato*, con su elemento sensor insertado en el ducto de retorno de aire, activa el *humidificador*, éste introduce humedad en el aire de alimentación si el porcentaje de humedad relativa (vapor de agua contenido en el aire de retorno) es inferior al punto en que está ajustado el control.

3.- La *dehumidificación*, ó remoción de humedad, tiene lugar cuando la unidad condensadora trabaja y suministra refrigerante líquido al serpentín del evaporador. A medida que el aire caliente pasa por el evaporador, éste transmite calor al refrigerante en ebullición dentro del evaporador a temperaturas entre 32° y 40°F (0 y 4.4°C). Esto, a su vez hace bajar la temperatura del aire por abajo de su temperatura de rocío, por lo cual el aire suelta algo de su contenido de humedad. La humedad condensada que proviene del aire de alimentación es llevada al drenaje a través de la línea de drenaje de condensado.

4.- El filtro de aire separa electrónicamente las partículas de polvo del aire antes de que puedan entrar al equipo de acondicionamiento.



5.- La unidad condensadora se conecta al evaporador mediante dos líneas de refrigerante. Proporciona refrigerante al evaporador a través de la línea de líquido y envía el vapor de refrigerante frío de regreso al compresor a través de la línea de succión. La función de la unidad condensadora es convertir el vapor refrigerante en líquido, de manera que pueda utilizarse nuevamente. La unidad condensadora transmite el calor recogido por el evaporador al aire del exterior.

Estos pasos demuestran las Leyes Termodinámicas. La energía para la unidad condensadora es proporcionada desde un interruptor eléctrico. Dicha energía hace trabajar el rotor del motor del compresor. Con lo cual pone a éste en movimiento. El motor del compresor convierte la energía eléctrica en energía mecánica. El trabajo realizado por el compresor se convierte en energía térmica. Esta energía térmica es transmitida al vapor refrigerante a medida que se le comprime. El evaporador a alta temperatura y a alta presión entra al compresor y transfiere su calor al aire ambiente exterior a medida que se condense y pase a la fase líquida.

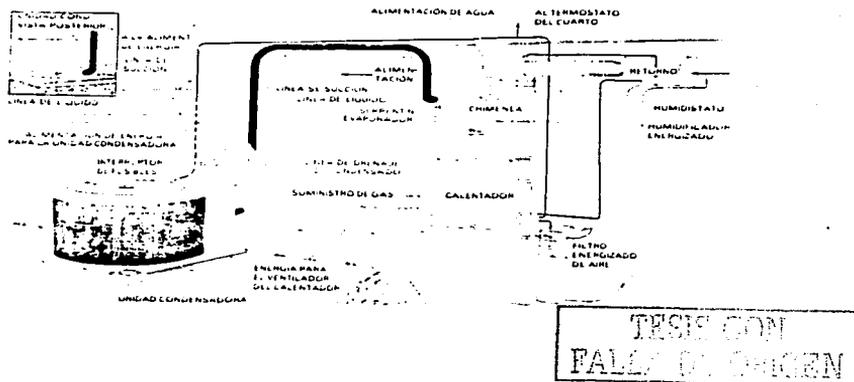


Fig. I.1.- Unidad Central de Aire Acondicionado.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN.

II.1. Generalidades.

"Refrigeración es la rama de la Ciencia que trata del proceso de reducir y mantener más baja que su alrededor, la temperatura de un espacio dado ó de un producto. Ya que el calor absorbido se transfiere a otro cuerpo, es evidente que el proceso de refrigeración es opuesto al de calefacción".¹

"Carga de calor es la cantidad de calor que debe retirarse del espacio por refrigerar, para reducir ó mantener la temperatura deseada. En la mayoría de los casos, la carga de calor es la suma del calor que se fuga al espacio refrigerado a través de paredes, rendijas, ranuras, etcétera; más el calor que produce algún producto por refrigerar ó motores eléctricos, alumbrado, personas, etcétera".²

En cualquier proceso de refrigeración, el cuerpo empleado como absorbente de calor se llama *Agente de Refrigeración ó Agente Refrigerante*.

Los procesos de refrigeración se clasifican en *sensibles y latentes*. El proceso es *sensible*, cuando la temperatura del refrigerante varía al absorber calor. Es *latente* cuando la temperatura del refrigerante, al absorber calor, permanece constante y causa cambio de estado. En los dos procesos, la temperatura del agente de refrigeración es menor que la temperatura del espacio por refrigerar.



¹ Hernández Goribar, Eduardo. (2001). "Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración". México: LIMUSA, p. 3.

² Hernández Goribar, Eduardo. (2001) Op. Cit., p. 4.

II.2.- Ciclo Mecánico de Compresión.

Supóngase un espacio bien aislado a 60°F (ver fig. II.1). Un refrigerante (R-12) se está evaporando dentro de él a $14.7\text{ Lb / pulgada cuadrada}$. La temperatura de saturación a $14.7\text{ Lb / pulgada cuadrada}$ es de -21.6°F . El refrigerante, para evaporarse, absorbe el calor latente de evaporación a una temperatura constante de -21.6°F , que lo toma del espacio que rodea el vaporizador. El dispositivo que se utiliza para llevar a cabo la evaporación es el *evaporador*.

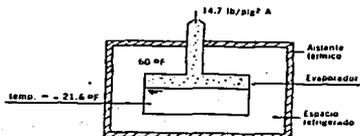


Fig. II.1.- Evaporación del Refrigerante.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

A cada temperatura de evaporación de cierto refrigerante, le corresponde una presión. Por tanto, para conseguir una temperatura determinada es necesario controlar la presión y para hacerlo se necesita controlar con una *válvula* la cantidad de refrigerante que se evapora (ver Fig. II.2).

Si la *válvula* se mantiene cerrada, la temperatura del líquido llegará a 60° F y su presión será la que corresponda a esa temperatura. Si se necesitaran temperaturas inferiores a -21.6° F; por ejemplo, se necesitaría abatir la presión, por medio de una *bomba* que succione el vapor y baje la presión a la que corresponda la temperatura deseada (ver Fig. II.3).

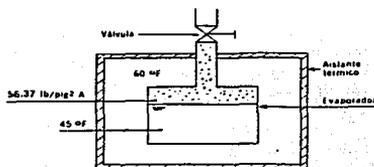


Fig. II.2.- Control de la Presión de un Refrigerante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para que el líquido del evaporador no se evapore por completo, es necesario suministrar continuamente refrigerante. Esto se puede lograr mediante una *válvula de flotador* que mantenga constante el nivel dentro del evaporador y un *almacenamiento ó depósito de refrigerante*, que contiene a éste a una presión "P", superior a la presión en el evaporador, como se aprecia en la fig. II.4. En este caso, la válvula del flotador controla la presión dentro del evaporador.

La *válvula reguladora del refrigerante*, parte esencial del sistema, es la que regula el flujo. La *válvula de expansión termostática*, es el tipo de válvula de control más usado. Controla el flujo a través de un serpentín que hace las veces de evaporador (ver fig. II.5).

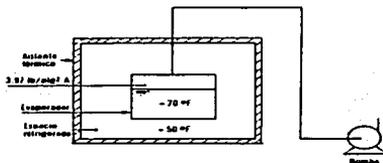


Fig. II.3.- Succión del Refrigerante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

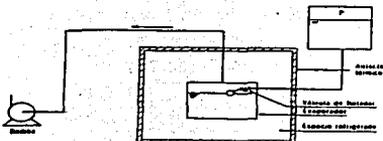


Fig. II.4.- Suministro del Refrigerante.

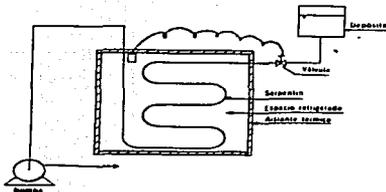


Fig. II.5.- Control de la Presión del Refrigerante Mediante una Válvula Automática.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es indispensable recuperar el refrigerante por razones de economía y conveniencia. Por esto, el vapor que sale del evaporador se debe recolectar y condensar para usarlo nuevamente. En esta operación se usa el condensador (ver fig. II.6).

Se ha dicho que el refrigerante absorbe el calor latente necesario para evaporarse en el evaporador del espacio por refrigerar, y que es necesario que otro cuerpo absorba este calor, para que el refrigerante se pueda condensar. Este cuerpo se llama *agente ó medio del condensador*, que por lo general es aire ó agua.

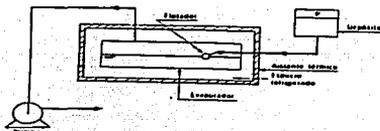


Fig. II.6.- Condensación del Refrigerante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para que el calor del refrigerante pueda fluir al medio del condensador, se requiere que el medio del condensador tenga menos temperatura que el refrigerante. Esto parece imposible, ya que el refrigerante tiene la temperatura del liquido evaporado, la cual es muy baja. Es necesario, por ello, incrementar la temperatura superior a la del medio del condensador.

Una vez comprimido el vapor a alta presión y a alta temperatura, se descarga al condensador, en donde la condensación se realiza a *presión y temperatura constante*. En esta forma se completa el ciclo de refrigeración (fig. II.7).

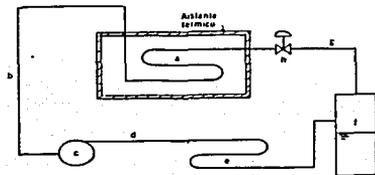
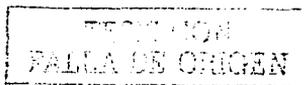


Fig. II.7.- Ciclo Completo de Refrigeración.



Las funciones de cada uno de los elementos que componen el sistema se pueden resumir como sigue:

a). *Evaporador*.- Provee la superficie de calefacción necesaria para pasar al refrigerante el calor del espacio por refrigerar.

b). *Línea de succión*.- Transporta el vapor de baja presión del evaporador al compresor.

c). *Compresor*.- Tiene las siguientes funciones:

1.- Remueve el vapor del evaporador.

2.- Baja la presión del evaporador.

3.- Sube la presión y la temperatura del vapor.

d). *Línea de descarga*.- Transporta, del compresor al condensador, el vapor de alta presión.

e). *Condensador*.- Provee la superficie de calefacción necesaria para que el calor fluya del refrigerante al medio del condensador.

f). *Tanque receptor*.- Almacena refrigerante, a fin de que exista un continuo suministro cuando se requiera.

g). *Línea líquida*.- Transporta refrigerante líquido, del tanque receptor a la válvula de control de flujo.

h). *Válvula de control de flujo*.- Controla la cantidad necesaria de refrigerante al evaporador y reduce la presión del líquido que entra al evaporador, de modo que el líquido se evapore en el evaporador a la presión y temperatura deseadas.



II.3.- Carga de Refrigeración.

Para el estudio de este inciso, se dividirá en dos conceptos a saber:

I.- Carga de refrigeración tratándose de aire acondicionado para comodidad.

II.- Carga de refrigeración tratándose de refrigeración industrial.

Se comenzará el análisis de primer punto.

I.- Carga de refrigeración tratándose de aire acondicionado para comodidad.- En un espacio a refrigerar, la cantidad de calor que debe removerse con el equipo de refrigeración, se le llama carga de refrigeración, y se debe principalmente a las siguientes ganancias de calor:

1.- Ganancia de calor debida a la *transmisión a través de las barreras* que pueda haber; tales como paredes, ventanas, puertas, techos particiones y pisos, y que es ocasionada por la diferencia de temperatura entre los dos lados de la barrera.

2.- Ganancia de calor debida al efecto solar:

a). El calor transmitido por radiación a través de cristales y absorbido en el interior del espacio.

b). El calor absorbido por las paredes ó techos expuestos a los rayos solares y posteriormente transferidos al interior.

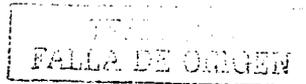
3.- Ganancia de calor debida al aire de infiltración.

4.- Ganancia de calor debido a los ocupantes.

5.- Ganancia de calor debida a máquinas, alumbrado ó cualquier otro equipo que genere calor.

6.- Ganancia de calor debida al aire de ventilación.

A continuación se analizarán cada uno de los conceptos anteriores:



1.- Ganancia de calor debida a la transmisión a través de barras.

La transmisión de calor a través de barreras se calcula de la siguiente manera:

$$Q = UA (t_e - t_i)$$

Por lo general, la temperatura interior de diseño se considera entre 70°F y 80°F (en aire acondicionado), y la temperatura exterior de diseño se selecciona de tablas, según el lugar. La temperatura de bulbo seco exterior de diseño tiene, por lo general, su máximo a las 16h00.

La diferencia de temperaturas $(t_e - t_i)$ se afecta en ocasiones,

debido al "efecto solar", pero esta consideración es un método para tomar en cuenta esta carga, que muchas veces no se utiliza. Las variables de la ecuación anterior se definen como:

Q = Carga de calor en BTU/Hora.

U = Coeficiente de transmisión de calor BTU/Hora-pie² - ° F.

A = Área neta en pies .

t_e = Temperatura de diseño exterior en ° F.

t_i = Temperatura de diseño interior en ° F.

2.- Ganancia de calor debida al efecto solar.

a). Generalidades.- El calor de el Sol, que recibe la Tierra, varía desde un mínimo de cerca de 415 BTU/Hora-pie cuadrado a 445 BTU/Hora-pie cuadrado. La cantidad que llega a la superficie terrestre se reduce considerablemente por dispersión ó reflexión al espacio y por absorción de la atmósfera. El calor de el Sol que llega a la Tierra a través de la atmósfera se conoce como *radiación directa*, y el calor que se dispersa se llama *radiación del cielo ó espacio*.

b). Calor ganado a través de los cristales.- El calor que se gana en un espacio a través de los cristales depende de lo siguiente:



- Latitud del lugar.
- Orientación de los cristales.
- Claridad de la atmósfera.
- Tipo de cristal usado.
- Dispositivo para sombrear.

Un cristal ordinario absorbe alrededor del 6 % de la energía solar y refleja ó transmite el resto. La relación de la energía transmitida con la energía reflejada depende del ángulo de incidencia. Existen tablas experimentales que según la latitud, tiempo del año y orientación de la ventana proporcionan la energía solar que entra al espacio considerado.

Se supone que la energía radiante transmitida por una ventana no afecta la diferencia de temperatura que hay a los lados de dicha ventana. Cuando los rayos solares chocan contra una ventana de cristal ordinario, se comportan de la siguiente manera: El calor que absorbe el cristal, es el 6 % del calor total incidente; de este 6 % se transmite al espacio 40 %; ó sea, 2.4 %. El 40% transmitido al espacio depende del coeficiente de la película exterior (2.8 BTU/Hora-pie cuadrado- °F) y del coeficiente de la película interior (1.8 BTU/Hora-pie cuadrado- ° F).

Cuando los cristales no son ordinarios, éstos absorberán más calor si son de mayor espesor y viceversa. Además, existen otros cristales tratados especialmente para absorber una mayor cantidad de calor (ver la Tabla II.1).

La *distribución del calor* en un cristal que absorbe el 52 % se representa gráficamente en la fig. II.8. Como puede verse, este cristal especial que absorbe más calor, permite menos paso de calor que uno ordinario. Generalizando, la forma de encontrar el calor transmitido al espacio a través de los cristales por el efecto solar, es el siguiente:

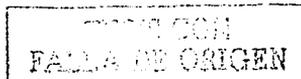
1.- En la Tabla II.1, se encuentra de acuerdo con la latitud y orientación, la *ganancia máxima* de calor q en BTU / Hora-pie cuadrado.

2.- En los valores tabulados en la Tabla se considera toda el área de una ventana que tenga aproximadamente el 85 % de cristal; en casos donde la ventana sea el tipo estructural de lámina de hierro y el cristal ocupe más del 85 % de la superficie se acostumbra multiplicar la ganancia de calor por el factor 1.17.

3.- Cuando el cristal no es *estándar*, y la ventana no tiene algún dispositivo para sombrear, la ganancia de calor se multiplica por el factor f

1

dado en la Tabla II.1, columna 1.



4.- Cuando la ventana tiene algún dispositivo para tapar el sol, como persianas interiores ó exteriores, la ganancia de calor se multiplica por el factor f que se obtiene en la Tabla II.1, columna 2 a 6. 2

5.- La Tabla II.1 está basada en un ambiente exterior, cuya temperatura de rocío es de 66.8° F. Añádase 7 % a la ganancia por cada 10°F por abajo de 66.8°F y disminuyase 7 % por cada 10° F arriba de 66.8°F. Esta corrección sólo se hace cuando se requiere mucha precisión.

6.- Por cada 1 000 pies arriba del nivel del mar, debe incrementarse la ganancia de calor un 0.7 %.

7.- En lugares donde la atmósfera está muy contaminada de humos, polvos ó vapores puede reducirse el valor de la ganancia de calor hasta en un 10 ó 15 %.

8.- Debido a que la Tabla II.1 se estimó en el mes de Julio y como la Tierra está más cerca de el Sol en Enero que en Julio, en las latitudes Norte cerca de el Ecuador, la ganancia se suele incrementar 7 %. Lo mismo se hace en este mes en las latitudes Sur.

9.- Cuando por alguna circunstancia como el espesor de los muros ó bien construcciones adyacentes proporcionan sombra a los cristales, se suele hacer alguna disminución a la ganancia de calor.

TESES CON
FALSA ORIGEN

c). *Calor ganado a través de muros y techos.*- Calcular el calor solar ganado a través de *muros y techos* es más complejo, ya que cuando el Sol calienta la superficie se inicia un flujo de calor hacia el interior del espacio, hasta llegar a un máximo; después, el flujo disminuye poco a poco durante la noche y vuelve a aumentar cuando el Sol calienta de nuevo la pared.

Este cálculo se simplifica usando el concepto de "*temperatura aire-sol*", desarrollando por "*Mackey y Wright*". La temperatura aire-sol es una temperatura del aire tal, que en la ausencia de efectos de radiación da al espacio interior la misma cantidad de calor que la combinación de radiación incidente de el Sol, energía radiante del espacio y convección del aire exterior.

Para resolver este problema de encontrar el calor ganado por el Sol, se han preparado Tablas que indican la *temperatura equivalente* que se debe usar en paredes ó en techos. Las Tablas están basadas en 15°F diferenciales de temperatura de diseño; en caso de que la diferencia sea otra de 15°F debe corregirse agregando ó disminuyendo a la temperatura equivalente a la diferencia entre 15°F y la diferencias del lugar. Así mismo, si la diferencia de temperatura exterior durante el día es distinta de 20°F, debe añadirse 1°F a la temperatura equivalente por cada 2°F abajo de 20 y disminuirse 1°F por cada 2°F arriba de 20.

3.- *Ganancia de calor debida a la infiltración de aire.*

Para determinar el *volumen de aire* y las *ganancias de calor* latente y sensible, se siguen los mismos pasos que para el caso de calefacción, ó sea, se debe considerar las pérdidas por infiltración debidas a:

a). Las *ranuras en puertas y ventanas* que se pueden calcular por el método de las ranuras en lo referente al tema de la calefacción. Cuando los espacios por acondicionar no están en edificios de gran altura, se suele despreciar la ganancia de calor debida a las ranuras.

b). La *abertura más ó menos constante de puertas*. Por esto se supone que de acuerdo con el tipo de aplicación y la clase de puerta hay una cantidad de aire que penetra por cada persona que lo ocupa.

4.- *Ganancia de calor debida a personas.*

La ganancia de calor producida por los *ocupantes* del espacio a enfriar está tabulada, y depende de la propia actividad que las personas desarrollen dentro del espacio y de la temperatura de ese ambiente. La ganancia puede considerarse dividida en dos partes:

a). Ganancia de calor sensible.

b). Ganancia de calor latente.



También existen curvas y Tablas que proporcionan el calor generado por personas a partir de la temperatura de comodidad, o bien, a partir de los pies-lb/hora que desarrolla un individuo. Así mismo, hay curvas que según la temperatura y actividad proporcionan la cantidad de evaporación de un individuo por hora.

5.- *Ganancia de calor debida al equipo misceláneo.*

Para obtener la *ganancia de calor debida al equipo* que se tenga instalado en el espacio por acondicionar, se recurre a Tablas experimentales. Siempre se debe considerar esta parte de la ganancia total que, en ocasiones, puede ser muy importante; a veces, se acostumbra a incrementar esta ganancia un 10 % por alguna contingencia imprevista que pudiera ocurrir.

6.- *Ganancia de calor debida al aire para ventilación.*

El aire que se requiere para *ventilación* se debe suministrar en cantidad suficiente para cumplir con ciertos códigos, reglamentos ó recomendaciones. Es evidente que para mantener un nivel bajo de olor se requiere cierta cantidad mínima de aire. Por lo general, se debe considerar un mínimo de 7.5 pies cúbicos / minuto por persona, cuando no se considere humo de cigarro; si se considera el humo de cigarro, se deben tomar de 25 a 40 pies cúbicos / minuto por persona que fuma.

El aire para ventilación se debe considerar independientemente de la propia carga de calor del espacio, ya que éste pasa antes por el acondicionador, en contraste con el aire debido a la infiltración que entra directamente al espacio por refrigerar.

La cantidad de aire debe ser adecuada para manejar la carga de refrigeración, calentando el aire desde la temperatura de entrada a la temperatura del espacio. Mientras la temperatura de entrada sea menor, menos cantidad de aire se requerirá, pero es lógico que esta temperatura no puede ser menor de ciertos límites. La temperatura del aire de entrada varía en general, de 5°F a 20°F por debajo de la temperatura deseada. La temperatura de entrada debe ser, por regla general, 2°F por debajo de la temperatura del cuarto por cada pie entre el piso y el techo.



II.- Carga de refrigeración tratándose de refrigeración industrial.

a). Generalidades.

El cálculo de la carga de refrigeración, para el caso presente, es similar que para el aire acondicionado, excepto dos ó tres partidas que se analizarán a continuación. Las cargas más comunes son:

- 1.- La *transmisión de calor a través de barreras*, ó sea, paredes, techos y pisos.
- 2.- La ganancia de calor debida al *efecto solar*.
- 3.- La ganancia de calor debida a la infiltración del aire.
- 4.- La ganancia de calor debida a los *ocupantes*.
- 5.- La ganancia de calor debida a máquinas, alumbrado ó cualquier otro tipo de *equipo que genere calor*.
- 6.- La ganancia de calor debida a los *productos por refrigerar*.
- 7.- La ganancia de calor debida al *aire por ventilación*.
- 8.- La ganancia de calor debida a la *respiración de algunos productos*.
- 9.- La ganancia de calor debida al tiempo que no funcionan los acondicionadores, durante el proceso de descongelamiento del evaporador.
- 10.- La ganancia de calor debida a *materiales de envoltura ó envases*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CARNES	Grupo de Almacén Materiales	Climatización y Ventilación				Iluminación				Seguridad			
		Temperatura interior	Temperatura exterior	Humedad relativa	Velocidad del viento	Intensidad de luz	Ángulo de luz	Distancia de luz					
Carne de resaca	1	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carne de resaca	2	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carne de resaca	3	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carne de resaca	4	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carne de resaca	5	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carne de resaca	6	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carne de resaca	7	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carne de resaca	8	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carne de resaca	9	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carne de resaca	10	10-15	10-15	60-70	0.5	45	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

**TRABAJA CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla II.2.- Datos de Diseño para Almacenamiento de Carnes.

Los vegetales y las frutas se encuentran aún vivas después de ser cortadas y continúan sufriendo cambios metabólicos en el lugar de almacenamiento. El cambio más importante, se debe a la respiración, proceso durante el cual el oxígeno del aire se combina con los carbohidratos resultando bióxido de carbono y calor. El calor que se obtiene se llama "calor de respiración" y debe considerarse para la carga total de refrigeración.

La temperatura del evaporador, a veces es más baja que la del punto de congelación de la humedad del aire, por lo que en los serpentines se forma una capa de hielo, que baja la transmisión de calor y, por lo tanto, la eficiencia. Es pues, indispensable eliminar esa capa de hielo, lo cual se lleva a cabo de varias maneras:

a). *Descongelamiento cuando se interrumpe el ciclo.* - Este sistema consiste en dejar recircular el líquido antes de la expansión durante el tiempo necesario para que se realice el descongelamiento total. Este sistema consume bastante tiempo y por lo tanto, se requiere recuperar la carga perdida durante ese lapso.

b). *Descongelamiento con agua.* - En este sistema, se interrumpe el ciclo y se hace pasar agua por el exterior del serpentín hasta que se descongela.

c). *Descongelamiento automático.* - En este caso se calientan los tubos del evaporador, por medios ajenos al sistema, como calentadores eléctricos, de agua caliente ó gases calientes que salen del compresor.

III.- Refrigeración por absorción.

a). Generalidades.

Los sistemas de *absorción*, que en ciertos casos particulares son muy ventajosos, no son tan populares como el sistema convencional de compresión. Sin embargo, en la actualidad se fabrican aparatos de absorción de grandes capacidades, que se usan generalmente en aire acondicionado. Así mismo, con el sistema de absorción se fabrican pequeños refrigeradores domésticos que trabajan con una simple flama como fuente calorífica.

El principio de la refrigeración por absorción consiste, por lo general, en aprovechar la propiedad que puede tener una sustancia para absorber otra; por ejemplo, el agua tiene gran afinidad con el amoníaco y al absorberlo lo evapora y ese calor latente necesario para la evaporación lo toma del calor sensible del espacio por refrigerar, con el consiguiente abatimiento de temperatura; de la misma manera, el *bromuro de litio* al absorber el agua produce el mismo efecto y reduce la temperatura. Los sistemas de absorción que se describen en esta sección son:



- 1.- Sistema de amoniaco y solución agua-amoniaco.
- 2.- Sistema bromo-litio.

b) Descripción de los sistemas.

- 1.- Sistema de amoniaco y solución de agua-amoniaco.

El esquema de la figura II.9 muestra un equipo de refrigeración por absorción, que usa *amoniaco y solución de agua-amoniaco*. En el "absorbedor" se suministra una solución de amoniaco no saturada, que absorbe el amoniaco de evaporador hasta que la solución se satura. Este proceso se lleva a cabo a la presión del evaporador. Durante la absorción se genera calor, que a su vez se disipa en el agua de enfriamiento.

El agua saturada se bombea a través de un cambiador de calor al *generador*, que opera a la presión del condensador. Se suministra calor al generador y el amoniaco se evapora y se separa de la mezcla, hasta que el agua queda a la presión y temperatura de saturación.

El vapor de amoniaco pasa del generador al *condensador* donde se condensa, y ya en forma líquida pasa al evaporador a través de la *válvula de expansión*.

El agua del generador (agua caliente) pasa al cambiador de calor, donde se enfría, y al absorbedor para absorber de nuevo amoniaco del evaporador.

Comparación compresión-absorción

Sistema de compresión

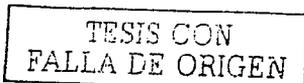
Sistema de absorción

Condensador.....	Condensador
Válvula de expansión.....	Válvula de expansión
Evaporador.....	Evaporador
Succión.....	Absorbedor
Compresión.....	Bomba de solución pesada
Suministro de amoniaco.....	Generador

La energía suministrada consiste en la energía cedida por la pequeña bomba de solución pesada y en la energía calorífica necesaria para hacer hervir y evaporarse el amoniaco en el generador.

En el sistema de absorción hay los siguientes sistemas:

- 1.- Amoniaco del generador hasta el absorbedor.
- 2.- Solución saturada (pesada) de agua-amoniaco del absorbedor al generador.
- 3.- Solución ligera (agua) del generador al absorbedor.



4.- Vapor condensado.

5.- Agua de enfriamiento.

El vapor que se desprende del generador (vapor amoniaco) va acompañado, por lo general, de vapor de agua, que al enfriarse un poco se condensa y se separa. El *analizador* tiene esta función, haciendo que el vapor esté en contacto con el agua fría y se condense.

Para evitar en lo posible el vapor de agua, se instalan dispositivos especiales como rectificadores.

En lugares donde se cuenta con energía calorífica, como por ejemplo donde se tiene generadores de vapor, este sistema para absorción puede tener grandes ventajas económicas.

Con el mismo principio que se ha expuesto para sistemas de agua, se usan también otros refrigerantes con otras sustancias absorbedoras.

Este sistema es similar al sistema por compresión. Los dos enfrían por evaporación del líquido refrigerante, sólo que en el sistema bromo-litio se usa agua como refrigerante; por lo cual, se utiliza cuando no se requieren temperaturas menores a 32°F.

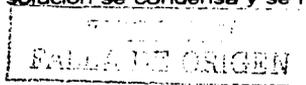
Como absorbedor se usa el bromuro de litio. La presión de evaporación de una solución acuosa de bromuro de litio es muy baja y si el agua y dicha solución se colocan juntas en un sistema cerrado, lógicamente el agua se evapora.

El esquema de la figura 11.10 muestra los elementos de un sistema de absorción de bromuro de litio, desarrollado por la Carrier Corporation.

a).- Considérese dos recipientes cerrados, en uno hay un absorbente, como bromuro de litio, y en el otro, agua. Así como la sal absorbe la humedad del ambiente, el bromuro de litio tiene gran afinidad con el agua y la absorbe del evaporador, el calor latente de evaporación lo toma del calor sensible del agua que queda en el recipiente y la enfría, produciéndose un efecto de refrigeración. Para utilizar este efecto, se usa un serpentín, con lo que se enfría el líquido que finalmente se requiere enfriar.

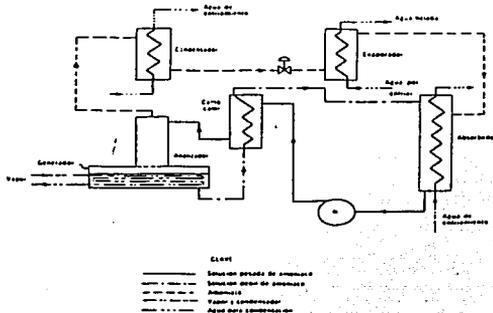
b).- En un ciclo real, la substancia absorbente se va perdiendo su capacidad para absorber, conforme la solución se va debilitando. Para mantener la concentración de la solución en un punto adecuado se bombea a un generador en donde se evapora el exceso de humedad, y la solución absorbidora se retorna al propio absorbedor.

c).- El vapor, una vez separado de la solución se condensa y se regresa al evaporador.



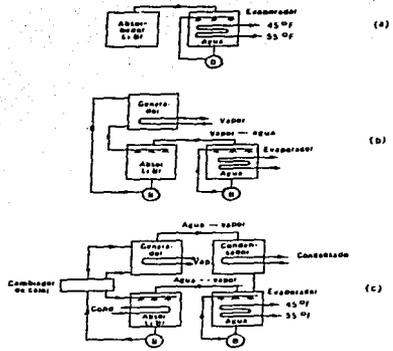
Se usa un *cambiador de calor* para precalentar la solución que sale del absorbedor. El sistema de agua de enfriamiento es para condensar el vapor de agua y la solución de bromuro de litio en el absorbedor.

En la figura II.11 se puede apreciar un equipo de refrigeración por absorción de la marca Carrier Corporation. Estas unidades aunque parecen muy complejas, son sencillas y fáciles de operar; su uso se ha extendido sobre todo en lugares donde se tiene disponible el vapor de agua, como en el caso de Hoteles, Hospitales, etcétera.



CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. II.8.- Refrigeración por Absorción. Sistema Amoníaco-Agua-Amoníaco



TEMA CON FALLA DE ORIGEN

Fig. II.9.- Refrigeración por Absorción. Sistema Bromo-Litio.

CAPITULO III.

FUNDAMENTOS DE REFRIGERANTES.

III. 1.- Introducción.

Refrigerante es cualquier sustancia capaz de absorber calor de otra; como el hielo, el agua, el aire, la salmuera, etcétera. En este capítulo se tratarán solamente aquellos que se puedan adaptar a la refrigeración mecánica. Como la refrigeración mecánica se basa en la evaporación y la subsecuente condensación del fluido para absorber y disipar el calor, el refrigerante debe poseer tales características físicas para que se pueda repetir en ella la transformación de líquido en gas y de gas en líquido.

Se requiere también que las transformaciones se realicen a la temperatura adecuada para los diferentes servicios, y a la presión conveniente y apropiada a la economía, diseño, construcción y operación de los equipos. Además de las características físicas, se deben tomar en cuenta otros factores como son: *Las propiedades termodinámicas, químicas, de seguridad, económicas, etcétera.*

REFRIGERACION
FALLA DE ORIGEN

III.2.- Efecto de Refrigeración.

El efecto de refrigeración de un refrigerante se mide por la cantidad de calor que es capaz de absorber desde que entra al evaporador como líquido, hasta que sale como vapor. Por lo tanto, los líquidos que poseen un alto calor latente de evaporación poseen un buen efecto de refrigeración. Se puede decir, por lo anterior, que el efecto de refrigeración es la diferencia entre el calor que contiene el líquido y el calor contenido en el vapor después de pasar por el evaporador.

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

III.3.- Punto de Ebullición.

El punto de ebullición de un refrigerante a la presión atmosférica es básico al escoger el equipo requerido y el tipo de servicio para el que se va a usar.

1.- Bióxido de Carbono (CO_2).

El Bióxido de Carbono tiene un punto de ebullición de -109.4°F a la presión atmosférica.

2.- Diclorometano (CH_2CL_2).

En el otro extremo está el Diclorometano, que tiene un punto de ebullición de 103.6°F a la presión atmosférica.

3.- Amoniaco (NH_3).

Como refrigerante intermedio entre los dos anteriores, está el amoniaco que tiene un punto de ebullición de -28°F a la presión atmosférica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.4.- Temperatura y Presión de Condensación.

La Tabla III.1 muestra las características de la presión de condensación de los principales refrigerantes.

	Punto de evaporación a la presión atmosférica	Presión de evaporación a 5°F	Presión de condensación a 80°F	Relación de presiones de 5°F a 80°F
	*F	lb/plg ²	lb/plg ²	Pres. cond. pres. evap.
Amoniaco	-28.0	34.27	169.2	4.94
Bisóxido de carbono	-109.0	332.0	1043.0	3.15
Etano	-127.5	230.0	675.8	2.87
Freón 12	-21.6	26.51	107.4	4.05
Freón 21	46.0	5.24	31.23	5.97
Freón 22	-41.4	63.0	174.5	4.06
Freón 113	117.6	0.982	7.850	8.02
Dicloro metano	-11.0	21.0	95.5	4.58
Bisóxido de azufre	14.0	11.81	66.4	5.63

TEXIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla III.1.- Características de Presión de Evaporación y Presión de Condensación de los Principales Refrigerantes.

A partir de dicha Tabla se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1.- La temperatura de ebullición, a presión atmosférica, no siempre dá un índice definitivo de las características Presión-Temperatura. Comparando el Freón 12 con el Amoniaco: La diferencia en el punto de ebullición entre ambos refrigerantes es apenas de 6.4 ° F a presión atmosférica; sin embargo, la diferencia en la presión de condensación a 86 ° F es de 61.8 Lb/Pulgadas cuadradas. Si se compara el etano con el Bióxido de Carbono, la diferencia es todavía más marcada.

2.- La relación Temperatura-Presión de ebullición no es la misma para todos los refrigerantes.

3.- La presión de condensación depende del refrigerante usado y para temperaturas similares, la presión tiene variaciones muy grandes, que en un momento dado pueden ser definitivas para la elección.

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

III.5.- Relación de Compresión.

Relación de compresión, es la que existe entre la presión de compresión y la presión de evaporación. Como se verá, con altos radios de compresión, la potencia requerida por el compresor es muy grande. Las temperaturas y las presiones se fijan de la siguiente manera:

a). Temperatura de vaporización.- Depende de la temperatura deseada en el evaporador y en cierto modo de la humedad relativa deseada.

b). Temperatura de condensación.- Depende de la temperatura del agente del condensador (del agua ó del aire).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.6.- Coeficiente de Comportamiento.

Coeficiente de comportamiento de un refrigerante es la medida de su eficiencia en utilizar la energía gastada en el compresor, en relación con la energía absorbida durante la evaporación. El coeficiente de comportamiento es una de las propiedades más importantes de un refrigerante. Mientras menos energía necesite el refrigerante para comprimirse, mayor será el coeficiente de comportamiento en el sistema. Este coeficiente depende de la combinación de las propiedades térmicas y físicas, incluyendo el efecto de refrigeración, el volumen específico, el calor específico del líquido, el de evaporación y la relación de compresión.

SECCION CON
FALLA DE ORIGEN

III.7.- Densidad.

La resistencia de un fluido a circular a través de una tubería ú orificio es una indicación de su densidad. Esta resistencia a fluir es mayor mientras mayor sea la densidad. Si el refrigerante es de alta densidad, al fluir en las tuberías tendrá mayor fricción y, por lo tanto, una caída de presión considerable.

Por esto, los refrigerantes de baja densidad tienen más ventajas y puede ser un factor importante para seleccionarlos. La caída de presión, muchas veces puede causar evaporación prematura en la línea del líquido y reducir la capacidad del sistema. Para evitar las pérdidas excesivas de presión, es evidente que se necesitan mayores diámetros de las tuberías, con lo cual se baja la velocidad del fluido.

FALLA DE ORIGEN

III.8.- Calor Especifico del Líquido.

El efecto de refrigeración es igual que su calor latente de evaporación, menos el calor sensible perdido en enfriar el líquido de la temperatura al entrar al evaporador a la temperatura final. Por lo anterior, mientras más pequeño sea el calor específico del líquido, mayor será el efecto de refrigeración.

RECIBO
FALLA DE ORIGEN

III.9.- Calor Específico del Vapor.

Es usual permitir un sobrecalentamiento de aproximadamente 10°F ; que causa una baja en la eficiencia volumétrica del compresor, pero al mismo tiempo produce una ganancia en el calor absorbido en el evaporador, que está regida por el calor *específico del vapor*. El calor específico de vapor de alto grado; por lo tanto, es ventajoso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III. 10.- *Temperatura y Presión Críticas.*

El refrigerante seleccionado debe tener una *temperatura crítica* mayor que la más alta temperatura, al salir del compresor. De otra manera, la condensación es imposible, independientemente del valor de la presión. La temperatura crítica de casi todos los refrigerantes, excepto el Bióxido de Carbono, está muy arriba de la temperatura de condensación. La *presión crítica* también debe estar muy arriba de la presión de condensación.

Esta presión está regida por la Calidad y temperatura del medio enfriador. La presión y temperatura crítica del Bióxido de Carbono apenas está arriba de las de trabajo. Cuando se trabaja con Bióxido de Carbono, la temperatura del aire a veces está arriba de la temperatura crítica del Bióxido de Carbono por lo que la condensación es imposible.

TEME CON
FALLA DE ORIGEN

III.11.- Punto de Congelación.

Mientras que la mayoría de los refrigerantes tienen un *punto de congelación* menor que el punto de congelación del agua (de -20°F a 10°F), cuando se requieren temperaturas extrabajas, se debe tener mucho cuidado al escoger el refrigerante. El punto de congelación de un refrigerante debe ser bastante menor que la más baja temperatura obtenida en el evaporador.

TRIPLO
FALLA DE ORIGEN

III. 12.- Estabilidad Química y Efecto de la Humedad.

Los refrigerantes deben ser de tal naturaleza que los continuos cambios de presión y temperatura no afecten sus propiedades. Así mismo, deben resistir cualquier descomposición química ocasionada por contaminación con el aire, el aceite ó el agua. Muchos refrigerantes, en su estado puro, no son corrosivos, pero al combinarse con agua se vuelven muy corrosivos. El Amoniaco puro; por ejemplo, no ataca los metales no ferrosos, como el cobre, ó aleaciones de bronce; pero cuando se combina con agua, forma hidróxido de amoniaco que es muy corrosivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.13.- Relación Refrigerante - Aceite.

La presencia de aceite lubricante en un sistema es obvia, por lo que el refrigerante y el aceite deben ser compatibles química y físicamente. El refrigerante ideal es el que permanece *químicamente estable* en presencia de aceite lubricante y, a su vez, no influye en las características químicas del lubricante. Hay refrigerantes que tienen la capacidad de mezclarse con el aceite (miscibilidad) en cualquier proporción, algunos se mezclan poco y otros nada. Esto hace que el diseño de un sistema tenga variaciones de un refrigerante a otro.

- Refrigerantes poco miscibles.- Amoníaco, Bióxido de Carbono, Bióxido de Azufre.

- Refrigerantes miscibles.- Freón, Clorohidrocarburos, hidrocarburos.

El efecto de la *miscibilidad* es reducir la viscosidad del aceite y disminuir la temperatura a la que se congela un lubricante; por ello, representa una ventaja y una desventaja.

El efecto de un lubricante en el sistema es bajar la eficiencia, ya que se forma una capa en los tubos del evaporador y baja la transmisión de calor; esto sucede con refrigerantes poco miscibles. Por otro lado, baja la eficiencia debido a que la presencia de lubricantes desplaza los vapores del refrigerante y entran en el compresor cuando el refrigerante es miscible. Cuando el refrigerante viene mezclado con lubricante, éste lubrica bien las válvulas y alarga su vida.

Existen separadores de aceite tipo mecánico por fuerza centrífuga, gravedad, congelación, etcétera. Cuando el refrigerante es miscible, no hay posibilidad de tener depósitos de aceite en el evaporador, ya que el aceite no viene sólo, sino mezclado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III. 14.- Toxicidad.

Existe el peligro de la *intoxicación*, de la que hay que tener cuidado, debido a la gran posibilidad de fuga que puede haber en los sistemas de refrigeración. La sofocación y el envenenamiento están comprendidos en la toxicidad. Casi todos los fluidos son tóxicos, con excepción del aire. El grado de toxicidad varía de uno a otro y depende de sus características y del tiempo en que se esté expuesto a los mismos. Debe tenerse en cuenta el grado de toxicidad, que muchas veces es decisivo, al escoger el refrigerante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III. 15.- *Flamabilidad.*

Bajo el punto de vista de seguridad, un refrigerante no debe ser *flamable* ni *explosivo*. Las fugas pueden causar una concentración crítica y causar incendios y explosiones. La mayoría de los refrigerantes no son *flamables* como el Freón, el Bióxido de Azufre y el Bióxido de Carbono. Existen otros que lo son ligeramente, como el Amoníaco y el Clorometano. La familia de los Hidrocarburos son muy *flamables* y *explosivos*; como el metano, el propano y el butano; por eso se usan en sistemas de muy baja temperatura. Para evitar incendios ó explosiones, se deben tener muchas precauciones cuando se presente una fuga, como ventilación, extracción y alarma

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

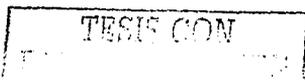
III.16.- Olor.

Cuando hay una fuga, los refrigerantes olorosos se detectan con facilidad. Pero en ciertos casos, algunos olores no se pueden permitir. El Bióxido de Azufre es el refrigerante más oloroso y desagradable y produce irritaciones en las membranas mucosas. El Amoniaco, también es oloroso e irritante. Los Clorohidrocarburos huelen a Cloroformo. Los Freones son prácticamente inodoros, así como el Bióxido de Carbono.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III. 17.- Costo y Disponibilidad.

El costo de un refrigerante en unidades pequeñas, no es de mucha importancia; lo contrario sucede en instalaciones grandes. El costo se debe analizar bajo el punto de vista de la eficiencia térmica y no simplemente del costo por peso. El refrigerante que absorba ó ceda calor al mínimo costo por BTU es el más económico, sin importar el costo por peso. Otro factor que debe tenerse en cuenta al seleccionar un refrigerante y en un momento dado, es el factor determinante, es su *disponibilidad*.



III.18.- Tipos de Refrigerantes.

Los refrigerantes más usados se pueden dividir según la Tabla III.2, de acuerdo con sus compuestos químicos.

Refrigerantes	Formula quimica
I. Amonaco	NH_3
II. Dioxido de carbono	CO_2
III. Dioxido de azufre	SO_2
IV. Grupo de los hidrocarburos	
Etano	$CH_3 CH_3$
Eteno	$CH_2 CH_2$
Propano	$CH_3 CH_2 CH_3$
Isobutano	$CH_3 (CH_2)_2 CH_3$
Butano	$CH_3 CH_2 CH_2 CH_3$
V. Grupo de los halogenos	
a) Familia de los hidrocarburos clorados	
Cloro metano	$CH_3 Cl$
Cloro etano	$CH_3 CH_2 Cl$
Tricloro metano	$CH_3 Cl_3$
Dicloro etano	$CH_2 Cl CH_2 Cl$
Tricloro etano	$CHCl_2 CCl_2$
b) Familia de los hidrocarburos fluorados (serie de metanos)	
Freon 11 triclorofluorometano	$CCl_3 F$
Freon 12 diclorodifluorometano	$CCl_2 F_2$
Freon 13 monoclouro difluoro metano	$CCl F_3$
Freon 14 tetra fluorometano	$C F_4$
Freon 21 dicloro mono fluorometano	$CH Cl_2 F$
Freon 23 mono cloro difluorometano	$CH Cl F_2$
c) Familia de los hidrocarburos fluorados (serie de etanos)	
Freon 113 triclorotrifluoro etano	$CCl_3 F CCl_2 F_2$
Freon 114 diclorotetrafluoro etano	$CCl_2 F_2 CCl_2 F_2$
d) Familia de los hidrocarburos fluorados (bromados)	
Rubene 123 bromotrifluorometano	$CH F_2 Br$
VI. Aereotipos	
Catrefos 7	
VII. Varios	
Vapor de agua	
Aire	
Oxido nitroso	$N_2 O$
Formato de metilo	$HCCOOH$
Etilamina	$C_2 H_5 NH_2$
Metilamina	$CH_3 N H_2$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Tabla III.2.- Clasificación de los Refrigerantes.

I.- Amoníaco (NH₃).

El Amoníaco posee muchas de las ventajas de un magnífico refrigerante, por eso muchos operadores y fabricantes lo prefieren. El Amoníaco es el refrigerante más antiguo y de más uso. Por sus características térmicas y físicas, es muy eficiente, económico y no requiere equipo muy pesado. Es químicamente estable, no afecta al lubricante y pesa la mitad del aire. Prácticamente no se mezcla con el aceite, ni reduce su viscosidad. Cuando hay humedad, el aceite y el amoníaco forman una emulsión que causa dificultades.

El Amoníaco tiene alto calor específico del líquido, pero también es alto el calor específico del vapor. Tiene muy alto efecto de refrigeración. Es volátil, no se quema a temperaturas ordinarias, sólo cuando se expone a una llama abierta. Cuando se combina con cierta cantidad de aire y se comprime, forma mezcla explosiva y es más grave si en la mezcla también existe vapor de lubricante.

Es muy irritante a las membranas mucosas y a los ojos, y nunca se usa para aire acondicionado en hospitales ó instalaciones marinas. Se le puede detectar fácilmente por el olor y con velas de sulfuro causa humos que al combinarse con el Amoníaco producen nubes blancas. En presencia de agua, ataca metales no ferrosos; por eso no se usa nunca con bronce ó cobre. Sus límites mínimos de temperatura están entre -80°F y 90°F, que corresponden a presiones de 1.86 y 274 Psia, respectivamente.

II.- Bióxido de Carbono (CO₂).

El uso del Bióxido de Carbono requiere equipo sumamente pesado, en virtud de la excesiva presión y requiere un costo inicial muy elevado. Su temperatura crítica es 87.8°F, por lo que requiere temperaturas muy bajas para los agentes enfriadores en el condensador. Es excelente para muy bajas temperaturas, pues se obtienen -110°F a la presión atmosférica. No permanece líquido cuando la presión está abajo del triple punto de 75.1 Lb/pulgada cuadrada; esto se debe a que la evaporación ocurre tan rápidamente que la temperatura del líquido baja del punto de congelamiento formando nieve ó hielo seco.

Bajo la presión atmosférica el hielo seco se sublima. La temperatura del hielo seco es de -110°F a -114°F a 1 Atmósfera. Pesa 1.53 más que el aire. No huele, es incoloro, es difícil detectar sus fugas, no es tóxico; en grandes concentraciones causa la muerte por sofocación y no es flamable. Es químicamente estable, es inmiscible con aceite y no varía su viscosidad. No afecta ningún metal. Su efecto de refrigeración es bajo y su volumen específico también es bajo, por lo que no requiere altas capacidades embolares.



III.3. Anhídrido Sulfuroso (SO₂).

Incoloro, pesa el doble que el aire aproximadamente. No es flamable y no se quema a temperaturas ordinarias. Sus fugas no perjudican los alimentos; por el contrario, los conservan. No afecta la viscosidad del aceite. Combinado con aceites, produce un lodo que obstaculiza los conductos. Tiene bajo efecto de refrigeración y alto volumen específico, lo cual requiere grandes desplazamientos volumétricos. Es muy tóxico, irrita las membranas mucosas y los ojos. No se usa en trabajos domésticos, es químicamente estable y tiene baja presión de condensación. Las fugas se detectan con facilidad, pues se identifica con un estropajo saturado en amoníaco acuoso, hasta que aparece una nube blanca. Con la humedad forma ácidos muy corrosivos.

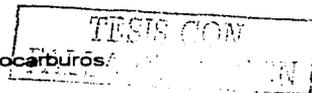
IV.- Grupo Hidrocarburos.

Son incoloros y derivados del petróleo y del gas natural. Son muy poco usados y mezclados con el aire son inflamables y explosivos. No son venenosos, pero si anestésicos. No atacan los metales; son miscibles con el aceite y se descubren con burbujas de agua jabonosa. Atacan el hule. La Tabla III.3 analiza a los Hidrocarburos.

TESIS CON
FALLAS EN EL
TRABAJOS

Refrigerante		Fórmula química	Constituyentes moleculares	Peso molecular	Gravedad específica del vapor (agua = 1)	Punto de ebullición (°F) a 1 atm
Serie parafínica	Serie olefínica					
Metano		CH ₄	1 átomo de C 4 átomos de H	16.03	0.544	-259
	Eteno	C ₂ H ₄	2 átomos de C 4 átomos de H	28.03	0.9749	-155
Etano		C ₂ H ₆	2 átomos de C 6 átomos de H	30.04	1.05	-128
	Propeno	C ₃ H ₆	3 átomos de C 6 átomos de H			-54
Propano		C ₃ H ₈	3 átomos de C 8 átomos de H	44.06	1.562	-44
Isobutano		C ₄ H ₁₀ (CII ₂) ₃ CH	4 átomos de C 10 átomos de H	58.12	2.067	-10.3
	Buteno	C ₄ H ₈	4 átomos de C 8 átomos de H			20
Butano		C ₄ H ₁₀	4 átomos de C 10 átomos de H	58.12	2.065	31.3

Tabla III.3.- Características de los Hidrocarburos



V.-Grupo Halogenado.

a). Familia de los hidrocarburos clorados.

<i>Refrigerantes</i>	<i>Punto de evaporación (°F)</i>	<i>Presión de condensación a 80°F (lb/plg²)</i>	<i>Presión de evaporación a 5°F (lb/plg²)</i>
Clorometano	- 11.3	95.5	21.0
Cloroetano	53.9	27.1	4.76
Diclorometano	104.6	10.05	1.18
Dicloroetano	122.4	6.97	0.827
Tricloroetano	187.0	1.82	0.156

TESE CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla III.4.- Características de los Hidrocarburos Clorados.

Son compuestos de los elementos carbón, hidrógeno y cloro (ver Tabla III.4).

De los cinco existentes sólo dos son muy usados, el *clorometano* y el *diclorometano*, los demás son poco importantes.

I.- Clorometano.- Es un refrigerante incoloro, anestésico, ligeramente oloroso, irritante, flamable y explosivo a cierta concentración con el aire. No ataca a los metales cuando están libres de agua, pero al formar ácidos los ataca, sean ferrosos ó no. Es miscible con el aceite y disminuye la viscosidad, causa obstrucciones en válvulas y orificios y tiene un buen efecto de refrigeración.

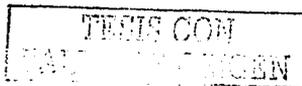
II.- Diclorometano.- No es flamable, ni tóxico; por lo que es muy usado en instalaciones de Aire Acondicionado, en teatros, auditorios, etcétera. No ataca los metales, ni al hule. Se usa mucho en compresores centrifugos ya que no es venenoso ni tóxico. No importa que sea miscible con el aceite, puesto que en este tipo de compresores, los sistemas de lubricación son independientes.

b). Familia de los Hidrocarburos Fluorados.

1.- Serie de los metanos.- Sus características aparecen en la Tabla III.5. Estos compuestos halogenados son el resultado de un esfuerzo para llegar a tener buenos refrigerantes y cubren un rango desde temperaturas ultrabajas hasta las altas. No son tóxicos, ni irritantes ó flamables y, en condiciones normales, tampoco son corrosivos.

Son incoloros, inodoros y químicamente estables. Su detección es difícil. No afectan a los lubricantes ni son afectados por ellos, aunque sean más ó menos miscibles. Mientras mayor sea el número de hidrógenos que tengan, más flamables serán. Tienen buenas cualidades térmicas.

2.- Serie de los etanos.- La segunda serie de Freón son los compuestos halogenados que tienen un etano como base. De éstos, el que más se usa es el Freón 114, cuyas características son variadas.



FREON		Fórmula química	Punto de ebullición (°F)
Sin H	{ 10	C Cl ₄	170
	{ F-11	C Cl ₃ F	74.7
	{ F-12	C Cl ₂ F ₂	-21.6
	{ F-13	C Cl F ₃	-114.5
	{ F-14	C F ₄	-196.2
1 átomo H	{ 20	CH Cl ₃	142
	{ F-21	CH Cl ₂ F	48.0
	{ F-22	CH Cl F ₂	-41.4
	{ F-23	CH F ₃	-119.0
2 átomos H	{ 30	CH ₂ Cl ₂	104
	{ F-31	CH ₂ Cl F	16
	{ F-32	CH ₂ F ₂	-61
3 átomos H	{ 40	CH ₃ Cl	-11
	{ F-41	CH ₃ F	-109
* Metano	50	CH ₄	-260

REVISIÓN
 FASE DE ORIGEN

Tabla III.5.- Características de los Hidrocarburos Fluorados.

c). Bromos.

Otro grupo de refrigerantes halogenados son los bromos, de los cuales el Kulene 131 es el más usado. Su olor se parece al éter. No es tóxico, ni flamable ó corrosivo. Es ligeramente soluble en aceite y se usa con cualquier metal, incluyendo el cobre. Tiene un punto de ebullición bajo y su coeficiente de comportamiento y su efecto de refrigeración son bajos.

VI.- Familia de los Azeótropos.

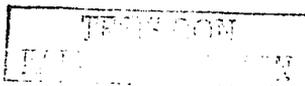
Un fluido *azeotrópico* consiste de una mezcla de dos ó más líquidos que combinados, actúan como un compuesto. El Carrene 7, por ejemplo, está compuesto del 74.2% de Freón 12, el 25.8% de Difluoroetano (Genetrón 100), alcanzando así un punto de ebullición de -28°FF y una eficiencia bastante mayor (18%) que la del Freón 12. En otras palabras, con Carrene 7, se obtiene 18% más capacidad de refrigeración que con el Freón 12, usando exactamente el mismo equipo. El Carrene 7 no es combustible, ni tóxico.

VII.- Refrigerantes Misceláneos.

De los refrigerantes misceláneos, el agua y el aire son los más importantes:

a). Vapor de agua.- Dentro de sus límites de temperaturas (32°F), el vapor de agua es un excelente refrigerante. No es tóxico, ni flamable; por esto es el fluido más seguro para Aire Acondicionado. Tiene un alto efecto de refrigeración y un coeficiente de comportamiento de 4.2. Su gran desventaja es el gran volumen que se requiere manejar (476.6 pies cúbicos/minuto/tonelada, ó sea 4.7 veces más que el Freón 113), por este motivo, se emplea con compresores centrífugas.

b). Aire.- El aire, como refrigerante, tiene un coeficiente de comportamiento muy bajo (1.67). Como refrigerante se ha usado mucho en la industria de la aviación, para eliminar el calor generado por la fricción del aire debido a altas velocidades. Sus ventajas son seguridad, disponibilidad y costo nulo.



III. 19.- Clasificación de los Refrigerantes.

Los refrigerantes se pueden clasificar según sus temperaturas. Así, los refrigerantes en uso se clasifican como sigue:

I.- Refrigerantes de baja presión y alta temperatura.

Utilidad. Aire Acondicionado: Teatros, edificios de oficinas, auditorios, fábricas, suministro de agua fría en fábricas, equipo de enfriamiento, destilación, cambiadores de calor, etcétera.

Refrigerantes: Freón 113, Freón 11 (Carrene 2), Dicloroetano (Dielene), Tricloroetano (Trielene), Clorometano (Carrene 1) y Agua.

II.- Refrigerantes de presión media y temperatura media.

Utilidad. Doméstica: Refrigeradores, enfriadores de agua, acondicionadores de aire.

Comercial: Refrigeradores, acondicionadores de aire, enfriadores móviles, cámaras de refrigeración de carnes.

Industrial: Enfriadores, de agua, enfriadores de aceite, almacenamiento de sustancias químicas.

Refrigerantes: Freón 12, Freón 114, Clorometano, Dióxido de Azufre, Isobutano, Carrene 7.

III.- Refrigerantes de alta presión y baja temperatura.

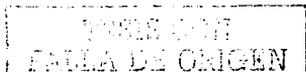
Utilidad. Industrial: Cremierias, plantas con almacenamiento frío, cervecerías, fábricas de helados. Doméstica y Comercial: Congeladores.

Refrigerantes: Amoniaco, Dióxido de carbono, Freón 22, Freón 12, Propano, Kutene 131.

IV.- Refrigerantes de muy alta presión y muy baja temperatura.

Utilidad. Industrial: Túneles de viento aerodinámicos, metalúrgia, licuefacción de gases.

Refrigerantes: Eteno, Etano y Freones 13 y 24.



III.20.- Refrigerantes Secundarios.

Algunos de los refrigerantes secundarios más usados son:

- Agua.
- Cloruro de Calcio.
- Cloruro de Sodio.
- Eteno.
- Glicol etilénico.
- Metano.
- Glicerina

1.- Agua.- En la mayoría de los casos, cuando la temperatura no baja de 32°F, el agua se usa siempre como segundo refrigerante, ya que tiene magníficas propiedades tales como fluidez, alto calor específico, alto coeficiente de película, muy bajo costo y casi no es corrosivo. En el Aire Acondicionado, el agua helada circula a través de serpentines ó de atomizadores, logrando al mismo tiempo, la humidificación del aire.

2.- Salmuera.- El agua obviamente no puede emplearse como refrigerante secundario, cuando se requieren temperaturas por debajo del punto de congelación, en cuyo caso se usa la *salmuera*. La salmuera es solución de sales y agua. Si la sal se disuelve en agua, la temperatura de congelamiento de la solución será menor que la del agua pura.

Hasta cierto punto, mientras más sal tenga la solución, menor es el punto de congelación. Sin embargo, si la concentración se aumenta más allá de cierto grado, el punto de congelación aumentará en vez de bajar. En otras palabras, una solución de sal y agua tiene una concentración a la cual es mínimo el punto de congelación. Este punto se llama solución eutéctica. Las salmueras comerciales son de dos clases: Cloruro de calcio y Cloruro de Sodio.



III. 21.- Anticongelantes.

Los anticongelantes, compuestos solubles en agua, a menudo se usan para bajar el punto de congelación. Los más comunes son:

- Glicol etilénico.
- Glicol propilénico.

Metanol (alcohol metílico).

Glicerina.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO IV.

EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN.

IV.1.- Generalidades.

Ya se ha visto que el equipo principal, en un sistema convencional de refrigeración mecánica, se compone principalmente de los siguientes elementos:

- 1.- Compresor.
- 2.- Evaporador.
- 3.- Condensador.
- 4.- Controles de flujo refrigerante.
- 5.- Equipo de medición y control secundario.
- 6.- Tuberías y aislamiento.
- 7.- Accesorios; como válvulas, acumuladores, filtros, etcétera.

El presente capítulo estudia, en forma muy breve y elemental, solamente *el evaporador, condensador, equipo de control de flujo* y algo sobre *los controles secundarios*.

Se supone que el lector, ya conoce cada uno de los equipos que intervienen en el sistema; tales como los compresores, cambiadores de calor, tuberías, equipos de medición, etcétera.

a). Evaporadores - Como ya se ha estudiado, *el evaporador* proporciona la superficie de calefacción necesaria para que el refrigerante se evapore y absorba calor.

1.- Clasificación. - Los evaporadores pueden clasificarse de varias maneras:



- Por el tipo de construcción.
- Por las condiciones de operación.
- Por el medio de circulación.
- Por el tipo de control.
- Por la aplicación, etcétera.

Los evaporadores se clasifican en dos grandes ramas; de acuerdo al método de circulación:

- 1.- Inundados.
- 2.- De expansión seca.

1.- *Evaporador Inundado.*

El *evaporador inundado* siempre está completamente lleno de líquido refrigerante; el nivel se mantiene como una válvula de flotador ó con algún otro control (fig. IV.1).

El vapor acumulado por la ebullición se extrae de la parte superior por la acción del compresor. La principal ventaja del evaporador inundado es que la superficie interior del evaporador siempre está mojada por el líquido, condición que produce un alto coeficiente de transmisión de calor. La principal desventaja es que usualmente son voluminosos, ocupando mucho lugar y requiriendo una carga grande de refrigerante.

2.- *Evaporadores de Expansión Seca.*

El líquido se alimenta a través de una válvula de expansión que provee de líquido de tal modo que éste se vaya evaporando, conforme va entrando hasta que salga del evaporador (fig. IV.2).

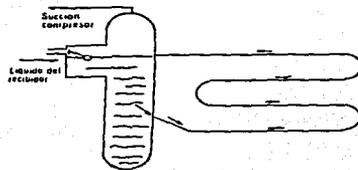
Para cualquier tipo de evaporador, el gasto de refrigerante depende de la rapidez de la evaporación y aumenta ó disminuye según la carga. Cuando en un evaporador seco la carga es pequeña, la cantidad de líquido en el mismo es pequeña; pero cuando la carga aumenta la cantidad de líquido, también aumenta; por esto, en este tipo de evaporador, la eficiencia aumenta al aumentar la carga.

II.- *Construcción de evaporadores.*

- 1.- Tubos desnudos.
- 2.- Placas de superficie.

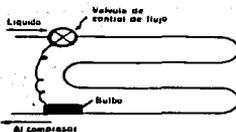


3.- Tubos con aletas.



FRIG CON
FABR DE ORIGEN

Fig. IV.1.- Evaporador Inundado.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALABAZAS DE LA VIEJA

Fig. IV.2.- Evaporadores de Expansión Seca.

1.- *Tubos Desnudos.*- En este tipo de evaporador, las tuberías son generalmente de acero ó de cobre. Los evaporadores de acero se usan con amoníaco para grandes capacidades, y los de cobre se utilizan con otros refrigerantes y para capacidades más ó menos pequeñas. Existen en gran variedad de formas, tamaños y diseños; como espirales, zig-zag, óvalo, etcétera (fig. IV.3).

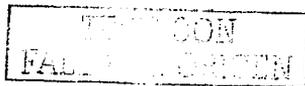
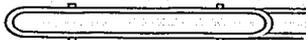


Fig. IV.3.- Evaporador de Tubos Desnudos.

2.- Evaporadores de Placas de Superficie.- Estos evaporadores pueden ser de varios tipos, por ejemplo:

a). Dos placas metálicas soldadas de tal manera que, entre las dos, formen el conducto del flujo del refrigerante. Pueden ser de aluminio ó de lámina de acero, tratada con pintura especial para evitar la corrosión. Este tipo de evaporador se usa mucho en refrigeradores y congeladores domésticos, por su facilidad de limpieza y economía (fig. IV.4).



TESTEADO
FALLA DE ORIGEN

Fig. IV.4.- Evaporador de Placas de Superficie.

b).- Otro tipo de evaporador consiste en un serpentín que tiene una placa en cada lado. Para asegurar un buen contacto entre el serpentín y las placas, se llena el espacio A con una solución eutéctica, ó se hace el vacío, para que la presión atmosférica trate de aprisionar los tubos.

Este tipo de evaporador se usa mucho en camiones refrigerados, para que, cuando no esté trabajando, se pueda conectar a una planta de refrigeración, de tal modo que la capacidad de refrigeración se almacene en la solución y esté disponible al siguiente día de operación. Estas placas también se usan en los almacenes como casilleros, ó en particiones y en general son útiles para sobre llevar los picos de carga.



TEXTOS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. IV.5.- Evaporador de Serpentín con Placa.

3.- *Evaporadores de tubos con Aletas.*- Los evaporadores de *tubos con aletas*, son evaporadores desnudos, a los que se les instalan placas ó aletas. Las aletas son absorbedores secundarios de calor y tienen por objetivo aumentar el área ó superficie del evaporador. Las aletas remueven el calor del aire que, por lo general, no estaría en contacto directo con el serpentín desnudo. En algunos casos, la aleta va soldada al serpentín y en otros entra a presión, pero siempre debe haber buen contacto entre la aleta y la tubería.

Cuando la distancia entre las aletas es demasiado reducida, se forma mucho hielo que impide el paso del aire; cuando no se llega al punto de congelación, como con el aire acondicionado, puede haber hasta 14 aletas por pulgada de serpentín. Los evaporadores con aletas se usan más, por lo general, en aire acondicionado ó en procesos donde no se llegue a 32°F. Cuando se usan por debajo de esa temperatura, se debe descongelar muy a menudo, ó bien espaciar más las aletas.

III.- Capacidad de los evaporadores

La capacidad de un evaporador ó de un enfriador, es la cantidad de calor que éste absorbe para evaporar el líquido refrigerante. Se expresa en BTU/Hora. El calor es absorbido en el evaporador por los tres métodos de transferencia de calor:

a). *Convección.*- En enfriadores, la mayor parte del calor se transmite por convección, ya sea forzada ó por gravedad.

b). *Radiación.*- En algunos casos, la radiación directa del evaporador es la principal transferencia de calor.

c). *Conducción.*- Cuando el producto a refrigerar está en contacto con la superficie exterior del evaporador, el calor se transfiere por conducción; como enfriadores de cerveza, de leche, etcétera.

La capacidad se expresa como:

$$Q = (A)(U)(T \quad) \\ m$$

donde:

- Q = Capacidad en BTU / Hora.
- A = Área de calefacción en pies cuadrados.
- U = Factor de conductividad BTU / Hora - pie cuadrado - °F
- T = Temperatura media en °F.

m



- El factor de conductividad "U".- La resistencia de flujo de calor ofrecido por las paredes del evaporador es la suma de tres factores cuya relación se expresa con la ecuación:

$$1/U = R/f_i + x/K + 1/f_e$$

donde:

U = BTU / Hora - pies cuadrados - °F.

f = Factor de conductancia de la película interior en BTU / Hora-pie cuadrado - °F.

x = Espesor del tubo en pulgadas.

K = Conductividad térmica en BTU / Pulgada / Hora - pie cuadrado - °F.

f = Factor de conductancia de la superficie exterior de la película en BTU / Hora - pie cuadrado - °F.

R = Relación de la superficie exterior con la superficie interior.

Por lo general, se requiere un metal con factor "U" muy alto, pero también se debe escoger un metal que no sea atacado por el refrigerante.

- Temperatura media.- La temperatura del aire, según la figura IV.6, decrece progresivamente conforme pasa por el serpentín enfriador. Se supone que la temperatura del refrigerante es constante y, por lo tanto, la diferencia máxima entre las temperaturas del aire y la del refrigerante es a la entrada. La temperatura media puede considerarse de dos maneras:

1.- Temperatura media aritmética. La temperatura media aritmética está expresada en la siguiente forma:

$$T_m = (t_e - t_r) - (t_i - t_r) / 2$$

donde:

t_e = Temperatura del aire de entrada.

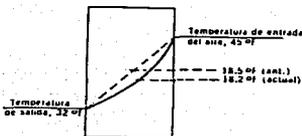
t_i = Temperatura de aire de salida.

t_r = Temperatura del refrigerante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.- Temperatura media logarítmica.- Al calcular la media aritmética se comete un error, ya que la variación de temperatura no se puede representar como una línea recta. La media logarítmica vale:

$$T_m = \frac{(t_e - t_r) - (t_i - t_n) \log(t_e - t_r) / (t_e - t_i)}{1 - \log(t_e - t_r) / (t_e - t_i)}$$

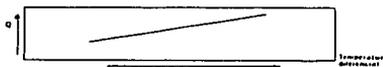


TEMAS CON
EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Fig. IV.6.- Curva Temperatura - Área en un Evaporador.

- Superficie de calefacción.- Según la expresión de la capacidad de los evaporadores. La capacidad variará directamente con el área, lo cual es cierto siempre y cuando el Factor de Conductividad U y la Temperatura Media, permanecieran constante. En la mayoría de los casos, el valor de " U " y la Temperatura Media son afectadas al variar el Área de Calefacción " A ", con la cual la Capacidad " Q " no variará directamente con " A ".

- Temperatura diferencial.- La temperatura diferencial es una de las características más importantes de un evaporador. La temperatura diferencial se define como la diferencia de temperatura del medio que entra al evaporador y la temperatura de saturación correspondiente a la presión del refrigerante que sale del evaporador.



TESIS CON
FALLA EN EL REFRIGERANTE

Fig. IV.7.- Curva Capacidad - Temperatura Diferencial de un Evaporador.

La capacidad del evaporador varía directamente con la temperatura diferencial (fig. IV.7). Es evidente que un evaporador con pequeña área y con gran temperatura diferencial puede tener la misma capacidad de otro que tenga gran área y pequeña temperatura diferencial. Para elegir un evaporador se requiere:

1.- Conocer la temperatura diferencial.

2.- Encontrar el área que a esa temperatura diferencial produzca la carga suficiente.

- Efecto de la temperatura diferencial en la humedad del aire a enfriar.- La humedad es de capital importancia en la refrigeración, ya que las bajas humedades producen excesiva deshidratación en frutas, flores, vegetales, etcétera; mientras que las altas humedades producen crecimiento de hongos y algunas bacterias en: carnes, pescado, etcétera.

Cuando el producto está enlatado ó refrigerado, la humedad tiene poca importancia. La humedad depende del movimiento del aire, del tipo de control, del modo de acomodar el producto, de las condiciones exteriores del aire y de la infiltración.

A menores temperaturas diferenciales, hay mayor humedad, y a mayores temperaturas diferenciales menor humedad, ya que se produce mayor condensación mientras menor sea la temperatura de saturación ó sea, mientras mayor sea la temperatura diferencial. Cuando el control de la humedad es importante, la temperatura diferencial es un factor importante para seleccionar el evaporador. La siguiente tabla da una idea de cuál debe ser el valor de la temperatura diferencial para obtener una humedad relativa determinada.

b).- Condensadores.

Los condensadores proveen la superficie de calefacción necesaria para condensar el refrigerante que sale del compresor.

1.- Tipos:

- Enfriados por aire.
- Enfriados por agua.
- Evaporativos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.- Capacidad.

$$Q = (A) (U) T_m$$

donde:

Q = Capacidad (BTU / Hora).

A = Área de calefacción (pies cuadrados).

U = Coeficiente de transmisión de calor (BTU/Hora-pie cuadrado-°F).

T_m = Temperatura media superficial.

m

3.- Cantidad y temperatura del medio refrigerante.

$$q = (M)(C_p)(T_2 - T_1)$$

donde:

q = Capacidad del condensador (BTU/Hora).

M = Peso del aire ó agua (Libras/Hora).

C_p = Calor específico del medio (BTU/Hora-°F).

p

T₂ = Temperatura del medio a la salida (°F).

2

T₁ = Temperatura del medio a la entrada (°F).

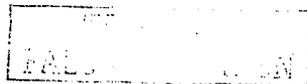
1

4.- Condensador de aire.

Los condensadores que usan el aire como medio, pueden clasificarse como sigue:

- Tiro natural.- Refrigeradores domésticos, congeladores, enfriadores de agua, etcétera.

- Tiro forzado.- Unidades grandes industriales, congeladores domésticos, enfriadores de botellas, aire acondicionado, etcétera.



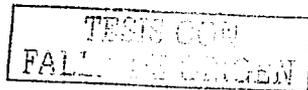
5.- Condensadores de agua (fig. IV.8).

Los condensadores que usan como medio, el agua, pueden clasificarse de la siguiente manera. Bajo el punto de vista del sistema:

- 1.- Sistema abierto, usando agua del municipio y eliminándola.
- 2.- Sistema cerrado, usando torres de enfriamiento para recuperar el agua.

Bajo el punto de vista de construcción:

- Tubos enchaquetados.
- Serpentin y cubierta.
- Tubos y cubierta (de uno ó varios pasos).



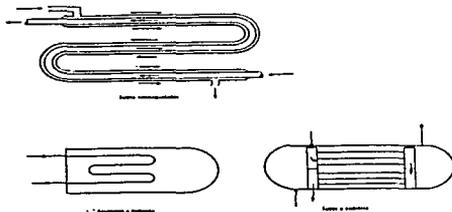
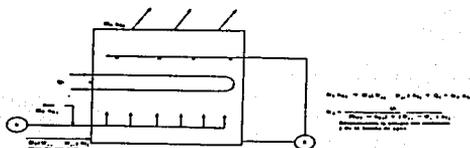


Fig. IV.8.- Diferentes Tipos de Condensadores.

TRABAJO CON
FALTA DE ATENCIÓN

6.- Condensadores evaporativos.

El condensador evaporativo, es actualmente uno de los más usados en los Sistemas de Aire Acondicionado y de Refrigeración Industrial. El agua fría que recircula en el propio condensador, absorbe el calor de condensación y, a su vez, el agua se enfría por el aire que se satura con la propia agua y toma el calor latente de evaporación del calor sensible del agua (fig. IV.9).



TESIS CON
FALLA DE CUBIEN

Fig. IV.9.- Diferentes Tipos de Condensadores.

e). Controles de flujo de refrigerante.

Tipos básicos de controles:

- 1.- Válvula de expansión manual.
- 2.- Válvula de expansión automática.
- 3.- Válvula de expansión termostática.
- 4.- Tubos capilares.
- 5.- Control con flotador de baja presión.
- 6.- Control con flotador de alta presión.

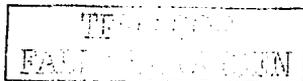
Como ya se ha explicado con anterioridad, las funciones del control de flujo del refrigerante son las siguientes:

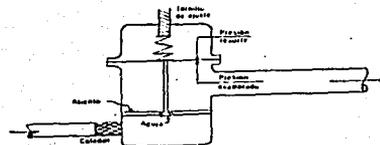
1.- *Medir el refrigerante líquido*, para que pase al evaporador con un flujo igual a la cantidad que se evaporará.

2.- *Mantener una presión diferencial* entre el lado de alta y de baja presión, para que el refrigerante se evapore a la baja presión deseada y la temperatura correspondiente.

I.- **Válvula de Expansión Manual.**- Esta válvula se usa en equipos donde se requiere una carga constante, ó bien, como "By-pass" de válvulas automáticas. La construcción de la válvula es similar a una válvula de aguja.

II.- **Válvula de Expansión Automática.**- Cuando la presión aumenta en el evaporador, esta presión vence el resorte y cierra la aguja. Así mismo, al bajar la presión, el resorte se expande y se abre la aguja, permitiendo el paso del refrigerante al evaporador (fig. IV.10). La válvula automática de expansión proporciona baja eficiencia en el evaporador; por lo cual, generalmente se usa en equipos pequeños. Su característica es de mantener una presión constante.

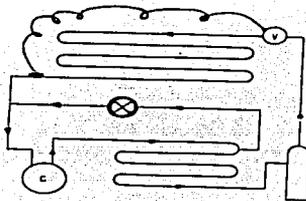




TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. IV.10.- Válvula de Expansión Automática.

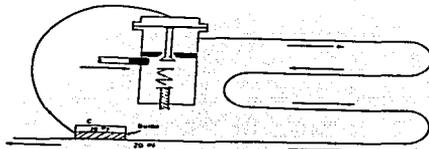
A veces se instala como "By-pass" entre el condensador y la línea de succión, para que la presión del evaporador no baje de cierto mínimo. Mientras el evaporador trabaje por arriba del valor fijado como mínimo, la válvula permanece cerrada y viceversa (ver la fig. IV.11).



TESIS CON
FACULTAD DE INGENIERIA

Fig. V.11.- Válvula de Expansión Automática Usada como "By-Pass".

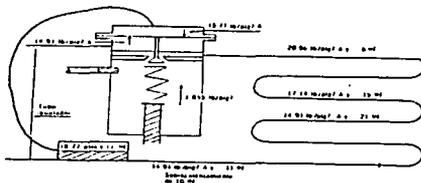
III.- Válvula de Expansión Termostática.- Por su gran eficiencia y adaptabilidad para cualquier aplicación, es el dispositivo de control que más se utiliza (ver la fig. IV.12). Su función es mantener un *sobrecalentamiento constante* en la salida del evaporador, lo que permite tener el evaporador completamente lleno a cualquier carga y, además, evitar la posibilidad de que entre líquido al compresor. En estas válvulas, la presión del gas del bulbo debe ser sensiblemente igual que la presión del evaporador.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. IV.12.- Válvula de Expansión Termostática.

- Válvula termostática con tubo igualador.- Al hablar de la válvula de expansión termostática, se consideró que no había caída de presión en el evaporador, pero la presión de salida es a veces bastante más baja que la de entrada. Por este motivo, se usa la válvula con tubo igualador (fig. IV.13).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. IV.13.- Válvula Termostática con Tubo Igualador.

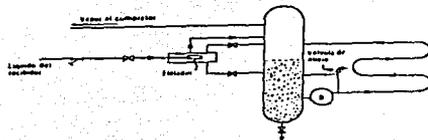
En el caso de la fig. IV.13, la presión del evaporador cae a 14.91 Lb/pulgadas cuadradas y la temperatura de sobrecalentamiento será -11°F (10°F de sobrecalentamiento). Por lo tanto, la presión de saturación correspondiente a -11°F será de 18.765 Lb/pulgadas cuadradas que es la presión que debe tener el bulbo de control. El tubo igualador tiene 14.91 Lb/pulgadas cuadradas; por lo tanto, el resorte tendrá $18.765 - 14.91 = 3.855$ Lb/pulgadas cuadradas. El tubo igualador se usa cuando la caída de presión en el evaporador es muy considerable.

- Válvula limitadora de presión.- Además de la termostática, se usa un *limitador de presión* que evita que la presión máxima de la termostática exceda de cierto límite. Las válvulas están activadas por un cartucho con gas que, en alguna forma evita que abra la válvula, en caso de haber llegado a la presión determinada.

IV.- Tubos Capilares.- *El tubo capilar* es el método más sencillo para controlar el flujo. Consiste exclusivamente, en una longitud fija de tubo de pequeño diámetro, instalado entre el condensador y el evaporador. Debido a la gran pérdida de fricción por su pequeño diámetro, el tubo capilar trabaja como un reductor de presión fija. Este sistema sólo da un máximo de eficiencia a ciertas cargas; en otras, la eficiencia es baja. Se usa en unidades paquete y pequeñas, y en todos los refrigeradores y congeladores domésticos.

V.- Control con Flotador de Baja Presión.- El control por medio de *flotador*, por lo general, se usa en los sistemas inundados. La principal ventaja del evaporador inundado es la alta capacidad y eficiencia. La entrada del líquido puede ser continua o intermitente. El flotador puede instalarse directamente en el evaporador (fig. IV.15), en el acumulador o bien, en una cámara controladora del nivel (fig. IV.14). Se llama *flotador de baja presión*, porque controla el nivel en el evaporador, ó sea, del lado de baja presión.

TRIS CON
PALA DE ORIGEN



TEMA CON
FALLA EN ORIGEN

Fig. IV.14.- Control con Flotador de Baja Presión.

VI.- Control con Flotador de Alta Presión.- El control con *flotador de alta presión* se lleva a cabo después del condensador por medio de un flotador que, conforme sube el nivel, abre la válvula (fig. IV.16). Se llama *flotador de alta presión*, porque el nivel se controla en el lado de alta presión.

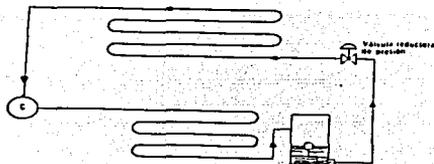


Fig. IV.16.- Control con Flotador de Alta Presión.

TESIS CCM
FALLA DE CIRCULO

VII.- Otras Válvulas y Accesorios de Control.

1.- Flotador con interruptor.- De acuerdo con el nivel del condensador, el flotador con interruptor manda una señal eléctrica a la válvula solenoide para mantener el nivel. Así mismo, cuando el nivel baja demasiado, manda otra señal para cerrar la válvula reguladora de presión del evaporador (fig. IV.17).

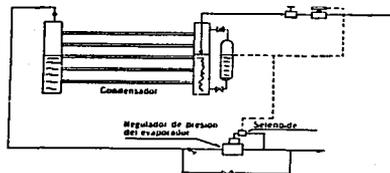
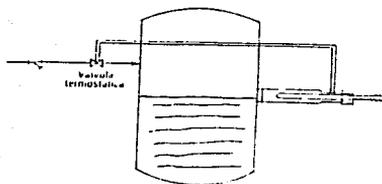


Fig. IV.17.- Flotador con Interruptor.

TESIS CON
FALLA DE CARGA

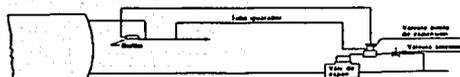
2.- Control de nivel con válvula termostática.- El controlador consiste en una resistencia eléctrica que sobre calienta el vapor que está en el interior del mismo controlador (fig. IV.18). Cuando el nivel aumenta, el vapor se enfría y acciona una válvula termostática que evita o permite el paso del refrigerante.



ES CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. IV.18.- Control de Nivel con Válvula Termostática.

3.- Válvulas piloto de control.- Las válvulas piloto se emplean en instalaciones muy grandes. La válvula piloto acciona la válvula de expansión. Según la fig. IV.19, cuando aumenta el sobrecalentamiento en el bulbo indicado que se necesita más refrigerante, el piloto acciona el cilindro de la válvula de expansión haciéndola abrir, y viceversa.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. IV.19.- Uso de la Válvula Piloto.

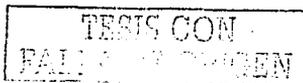
4.- Válvulas solenoides.- Las válvulas solenoides se usan para cerrar automáticamente una línea. Las válvulas de solenoide pueden ser de dos tipos:

- a.- Acción directa.
- b.- Operadas con piloto.

5.- Controles de la succión.

a). Reguladores de la presión del evaporador.- La función de los reguladores de la presión del evaporador es prevenir que esta presión, ó sea, la del vapor, baje de cierto valor predeterminado. De hecho, no regula la presión, sino únicamente no la deja bajar de un límite. Tales reguladores se usan en donde por ningún motivo la temperatura debe bajar de cierto límite, por congelamiento de algún producto ó descomposición, ó bien, porque no se desea que la humedad baje de cierto límite tratándose, por ejemplo, de Aire Acondicionado.

b). Reguladores de la presión de succión.- El objetivo del regulador de la presión de succión, es limitar dicha presión a un máximo predeterminado, a fin de proteger el compresor de una sobrecarga cuando la presión de succión es demasiado alta. Este dispositivo se usa para proteger el motor, cuando el sistema está sometido a altas cargas en el arranque, a altas temperaturas cuando se deshiela, ó a operaciones prolongadas con presiones de succión excesivas.



CONCLUSIONES

A manera de conclusiones se pueden expresar las siguientes:

La *comodidad* de las personas bajo el punto de vista del Aire Acondicionado y la Refrigeración, depende de cuatro factores primordiales, que son:

- a). Temperatura del aire.
- b). Humedad del aire.
- c). Movimiento del aire.
- d). Pureza del aire.

El comportamiento fisiológico del cuerpo humano desde el punto de vista del Aire Acondicionado y el de los productos desde el punto de vista de la Refrigeración; demanda que la cantidad de calor interno producido por el cuerpo y los productos, sea igual a la cantidad de calor externo perdido.

El cuerpo humano tiene un sistema de control de temperatura para regular sus pérdidas que ocurren por convección, radiación y evaporación. La proporción relativa de cada una depende de la cantidad de calor generado por el cuerpo, que a su vez depende de la actividad; también depende de la ropa y de la temperatura y condiciones del aire

En el caso de los humanos, el exceso de ropa, por ejemplo, reduce la pérdida de radiación y convección, pero la aumenta por evaporación. Del mismo modo, entre paredes muy frías una persona puede estar muy incómoda aunque el aire ambiente esté relativamente caliente, pero la radiación del cuerpo a las paredes produce una desagradable sensación de frío.

Si no hubiera control de la *temperatura*, la vida y la conservación de los productos sería imposible. Por esto, el control artificial de la temperatura dentro de un espacio cerrado fue el primer intento para lograr la "comodidad humana".

Gran parte del calor del cuerpo humano se pierde por *evaporación* a través de la piel. La evaporación se debe a la baja humedad relativa del aire; las altas humedades la retardan. Esto da una idea de la importancia que tiene el *control de la humedad*.



Los excesos de la humedad relativa producen no solamente reacciones fisiológicas molestas, sino también afectan las propiedades de algunos materiales y productos.

El *movimiento del aire* sobre el cuerpo humano incrementa la pérdida de calor y humedad y modifica la sensación de frío ó calor. Además, produce una sensación de "chiflón" agradable ó desagradable.

La *composición química y física* del aire es muy importante. Poco interesa que aumente el Bióxido de Carbono ó que disminuya el oxígeno debido a la combustión fisiológica, ya que con poca ventilación se resuelve el problema. La nulificación de olores requiere; sin embargo, mucha ventilación, ó bien, la purificación del aire por medio de algún recurso artificial.

Nulificar partículas sólidas en el aire es de vital importancia no sólo para la salud, sino porque disminuye los gastos de limpieza y mantenimiento. El humo que molesta los ojos y la nariz, requiere una buena ventilación. En ciertos casos, es necesario excluir el polen, porque causa asma y molestia a los que padecen cierto tipo de alergias. La contaminación ambiental es hoy en día uno de los más grandes problemas a los que tiene que enfrentarse la humanidad.

Para establecer "estándares" de *temperatura, humedad, movimiento y pureza del aire*, es indispensable encontrar los valores óptimos para que el cuerpo humano y los productos tengan la sensación de "comodidad". Debido a las grandes diferencias fisiológicas y psicológicas de los individuos, encontrar valores determinados es prácticamente imposible. La mejor forma de solucionar este problema es la *carta de temperatura efectiva*. Debido a que la temperatura, humedad y movimiento del aire influyen en la pérdida de calor del cuerpo, en esta carta se intenta encontrar una relación entre estos factores, a fin de que produzcan la mayor comodidad posible en el mayor número de personas y manejo de los productos.

TESIS CON
FALLA DE OPINIÓN

INDICE

Justificación	1
Objetivo General	2
Objetivos Particulares	3
Capítulo I.- GENERALIDADES	3
Capítulo II.- FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN	8
II.1.- Generalidades	8
II.2.- Ciclo Mecánico de Compresión	9
II.3.- Carga de Refrigeración	16
Capítulo III.- FUNDAMENTOS DE REFRIGERANTES	40
III.1.- Introducción	40
III.2.- Efecto de Refrigeración	41
III.3.- Punto de Ebullición	42
III.4.- Temperatura y Presión de Condensación	43
III.5.- Relación de Compresión	45
III.6.- Coeficiente de Comportamiento	46
III.7.- Densidad	47
III.8.- Calor Específico del Líquido	48
III.9.- Calor Específico del Vapor	49
III.10.- Temperatura y Presión Críticas	50
III.11.- Punto de Congelación	51
III.12.- Estabilidad Química y Efecto de la Humedad	52
III.13.- Relación Refrigerante-Aceite	53
III.14.- Toxicidad	54
III.15.- Flamabilidad	55
III.16.- Olor	56
III.17.- Costo y Disponibilidad	57
III.18.- Tipos de Refrigerantes	58
III.19.- Clasificación de los Refrigerantes	66
III.20.- Refrigerantes Secundarios	67
III.21.- Anticongelantes	68

TRIPLO
FALLA DE ORIGEN

Capítulo IV.- EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN	69
IV.1.- Generalidades	69
Conclusiones	98
Índice	100
Bibliografía	102

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA.

" Aire Acondicionado y Refrigeración "

Burguess Jennigs y Lewis Samuel.

" Introducción a la Termodinámica y Transferencia de Calor "

Mooney David.

" Refrigeración y Aire Acondicionado "

Gunther Raymond.

" Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración "

Hernández Goribar Enríque.

