



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SIMULADOR DIDACTICO PARA  
EL ESTUDIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A N**

**CARLOS FIGUEROA DE LA PEÑA**

**FRANCISCO ADRIAN LOPEZ DAMIAN**

**ANTONIO SOUSA PADILLA**

**JUAN MANUEL ZUGARAZO ROCHA**

**DIR: ING. JORGE SOTA GARCIA**

**MEXICO, D. F.**

**JUNIO 1986**



## **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 está 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.

# INDICE

	PÁGINA
I. JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	1
II. DEFINICION DE REFRIGERACION.....	2
III. CICLOS DE REFRIGERACION.....	5
IV. CICLO DE UN VAPOR REFRIGERANTE.....	14
IV.1 Extensión.....	15
IV.2 Evaporación.....	16
IV.3 Compresión.....	17
IV.4 Condensación.....	18
V. CARACTERISTICAS Y TIPOS DE REFRIGERANTES.....	20
V.1 Clasificación de los refrigerantes.....	28
VI. CARGA DE ENFRIAMIENTO.....	30
VII. EQUIPO PRINCIPAL DE REFRIGERACION.....	37
VII.1 Compresor.....	37
VII.1.1 Tipos y características de los compresores.....	39
VII.1.2 Funciones y partes de opera- ción del compresor.....	43
VII.1.3 Controles limitantes ó de segu- ridad.....	51
VII.1.4 Selección del compresor.....	56
VII.2 Evaporador.....	57
VII.2.1 Tipos de evaporadores.....	57
VII.2.2 Tipos de construcción y funcio- namiento.....	57
VII.2.3 Capacidad del evaporador.....	64
VII.3 Condensador.....	66
VII.3.1 Tipos de condensadores y funcio- namiento.....	67

VII.4	Válvulas de expansión.....	76
	VII.4.1 Tipos de válvulas.....	76
	VII.4.2 Funcionamiento.....	78
VIII.	DISEÑO DEL PROTOTIPO Y CARACTERISTICAS.....	88
	VIII.1 Memoria de cálculos y planos.....	90
IX.	PRACTICAS.....	98
XI.	ANEXO.....	117
	Introducción.....	118
	Pruebas y ajustes finales de sistemas de re- frigeración.....	119
	Once sugerencias de tuberías para el manejo más eficiente de sistemas pequeños de refri- geración.....	128
	Once pasos muy sencillos para pruebas de fu- gas de refrigeración.....	133
	Carga y pruebas de un sistema nuevo con re- frigerante.....	139
	Los compresores centrífugos.....	148
	I. Para mejores resultados opere el cen- trífugo con este programa.....	152
	II. Use tabla de diagnóstico para resolver más rápido los problemas.....	153
	Diecinueve formas de arruinar el equipo de refrigeración.....	156
	Nivel de aceite de refrigeración.....	160
	Aumente la capacidad del sistema de refrige- ración: use la válvula de expansión adecuada..	164
	Refrigeración: preguntas y respuestas.....	174
XII.	BIBLIOGRAFIA.....	194

## I

## JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la educación tecnológica en México, es la falta de actividad aplicada dentro de la propia enseñanza. Esta actividad aplicada implica el desarrollo de habilidades y destrezas que permitan al técnico una mejor preparación para el desenvolvimiento en el campo profesional. Por tal motivo, es menester equipar talleres y laboratorios con equipo adecuado para el logro de estos fines.

Sin embargo, resulta difícil adquirir en el mercado nacional equipo didáctico que sea eficaz y conveniente; por lo que siempre hay que recurrir a las importaciones, ya que no existen empresas que se dediquen al diseño y desarrollo de estos equipos.

Lo anterior implica dependencia tecnológica educativa, salida de divisas y pérdidas enormes de tiempo por compras externas, trámites aduanales, transportes, etc.

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un prototipo que ayude a los alumnos del colegio y escuelas de enseñanza técnica a comprender mejor los fenómenos

que encierra la refrigeración y llevar a cabo prácticas escolares que les ayuden a comprender la problemática de esa actividad.

Asimismo, pretende de una manera objetiva demostrar que es posible contar con una tecnología educativa propia para la enseñanza media superior y evitar que se importen equipos y materiales que no se adecuan a la realidad de nuestro país.

El prototipo que se desarrolla aquí utiliza equipos y partes de fabricación nacional por lo que será de fácil y rápida construcción.

## II

## DEFINICION DE REFRIGERACION

Refrigeración es el proceso de reducir y mantener más baja la temperatura de un espacio dado que su alrededor.

No hace mucho tiempo que el hielo natural era el principal medio de refrigeración, por lo que la capacidad de refrigeración se relacionaba con el calor latente de fusión del hielo.

Por definición tenemos que:

$$\begin{aligned} 1 \text{ tonelada de refrigeración estándar} &= 288,000 \text{ BTU/día} \\ &= 12,000 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

Para obtener el efecto de enfriamiento llamado refrigeración, se debe efectuar trabajo (ENERGIA DISPONIBLE).

El coeficiente de funcionamiento (CF), se define como la relación de refrigeración al trabajo suministrado.

$$CF = \frac{\text{Refrigeración}}{\text{Trabajo suministrado}} = \frac{AQa}{EAWa} \text{ CICLO}$$

La refrigeración es el calor añadido a la sustancia de trabajo en el ciclo, y es el trabajo o energía disponible para accionar el aparato.

En cualquier sistema de refrigeración, el elemento empleado para absorber el calor, es llamado, "AGENTE REFRIGERANTE".

En refrigeración necesitamos una teoría básica, y ésta es el conocimiento del CICLO DE CARNOT.

El proceso de refrigeración lo podemos clasificar en dos tipos:

- a) Proceso latente
- b) Proceso sensible

PROCESO LATENTE. Se llama proceso latente, cuando el agente refrigerante cambia de estado a la misma temperatura.

PROCESO SENSIBLE. Se llama proceso sensible, cuando la temperatura del agente refrigerante varía al absorber calor.

En ambos casos el agente refrigerante debe estar a menor temperatura que el medio que se va a refrigerar.



## III

## CICLOS DE REFRIGERACION

EVAPORACION. El agente refrigerante, es evaporado, para esto necesita absorber el calor latente (de evaporación), el cual lo toma del espacio que rodea al evaporador.

Control de temperatura de evaporación

Todos los refrigerantes a cada presión les corresponde una temperatura de evaporación. Por lo tanto, para controlar dicha temperatura es necesario controlar la presión y esto se hace por medio de una válvula; la función de esta válvula consiste en controlar el flujo del refrigerante. Generalmente se usa una válvula de expansión termostática.

Recuperación del refrigerante

Por razones de economía y de costos es necesario recuperar el vapor que sale del evaporador y para este fin, primero se recolecta el vapor, para posteriormente condensarlo, por lo que es necesario un condensador en el sistema.

El refrigerante absorbe el calor latente necesario para evaporarse, por lo que, para poder condensar al refrigerante, es necesario otro medio para que absorba este calor.

Este medio generalmente es agua o aire.

Para que el refrigerante pueda fluir al medio del condensador, es necesario que el medio del condensador esté con menos temperatura que el refrigerante, para esto, se aumenta la temperatura del refrigerante (ya que éste tiene la temperatura del líquido evaporado, la cual es muy baja). Y esto se obtiene comprimiéndolo con el compresor.

Teniendo el medio refrigerante a alta presión y alta temperatura se descarga al condensador, así se realiza la condensación a presión y temperatura constantes.

Resumiendo el ciclo de refrigeración diríamos lo siguiente:

- a) Evaporador (serpentin). Es el medio que nos proporciona, el espacio necesario para que el agente refrigerante absorba el calor del espacio a refrigerar.
- b) Línea de succión. Tiene como objetivo transportar el vapor de baja presión al compresor.
- c) Compresor. Baja la presión del evaporador. Sube la presión y temperatura del vapor y remueve el vapor del evaporador.
- d) Línea de descarga. Transporta el vapor a alta

presión y temperatura al condensador.

- e) Condensador. Absorbe el calor del refrigerante a través del medio de condensación.
- f) Tanque recibidor. Almacena el refrigerante.
- g) Línea líquida. Transporta el refrigerante líquido hacia la válvula de control de flujo.
- h) Válvula de control. Controla la cantidad del refrigerante. Baja la presión del líquido que entra al evaporador, y así conseguimos que se evapore a la presión y temperatura deseadas.

### Compresión de vapor

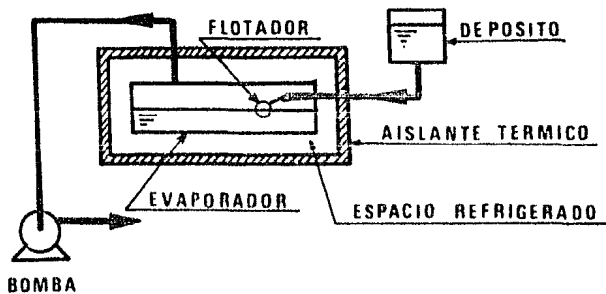
Este ciclo puede considerarse como una modificación del ciclo de Carnot.

En los propósitos comerciales, se demandan rangos de temperatura pequeños en el ciclo de refrigeración, por lo que el trabajo producido en la expansión es insignificante comparándolo con el trabajo de compresión. Es por esta razón que en los sistemas de refrigeración, utilizamos las válvulas reguladoras en lugar de las turbinas de expansión.

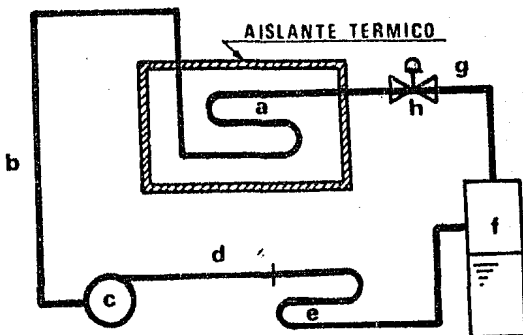
### Elementos del ciclo de compresión de vapor

- ab) Regulando la entalpía constante a la temperatura menor

## CONDENSACION DEL REFRIGERANTE.



## CICLO COMPLETO DE REFRIGERACION.



Ta expansión irreversible 34.

BC) Adición de calor en el evaporador a la temperatura menor Ta absorción de calor a presión constante irreversible 41.

cd) Adición de trabajo en la compresión isentrópica a la temperatura mayor Tr.

Compresión adiabática reversible 12.

da) Calor eliminado en el condensador a la temperatura Tr. Suministro de calor a presión constante reversible 23.

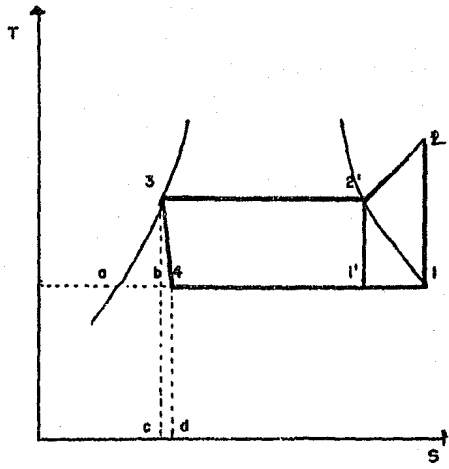
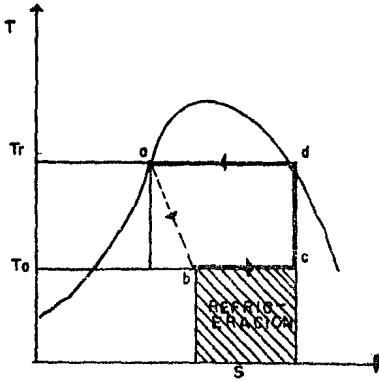
En la regulación, la temperatura del refrigerante baja a la temperatura de saturación correspondiente a la presión mantenida en el evaporador por la succión del compresor.

En la realidad, todos los procesos son irreversibles y se presentan diferencias en la temperatura.

La Ta al final de la regulación es menor a Ta' (del espacio a refrigerar) y la diferencia entre estas temperaturas nos da la velocidad de vaporización del refrigerante.

El refrigerante que entra en el evaporador puede ser vapor húmedo o seco, esto depende en dónde se coloca la toma de vapor en el evaporador.

La compresión con vapor seco es preferible, ya que se puede obtener un mayor efecto de refrigeración y además



CICLO DE UN REFRIGERANTE EN DIAGRAMA T-S

si se tienen gotas de algún líquido en el compresor, esto representa peligro para el mismo.

A consecuencia de lo mencionado anteriormente, el estado final está situado en la región sobrecalentada a una temperatura mayor a  $T_r$ .

El gas es enfriado y condensado en el condensador gracias a una diferencia de temperatura entre el gas y el enfriador.

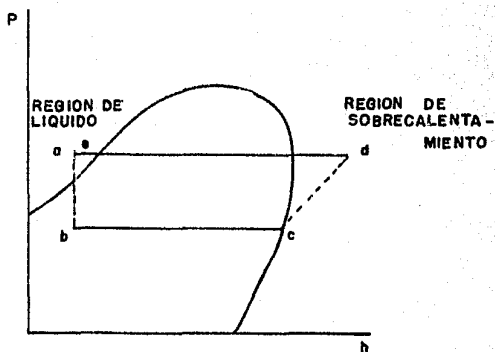
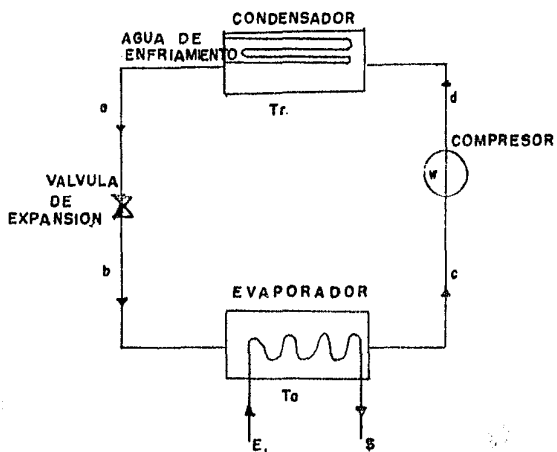
El diseño del condensador es para facilitar el subenfriamiento del punto "e" al punto "a" a una temperatura cercana al del medio de enfriamiento  $T_a$ .

COMENTARIOS. Supóngase que se opera el compresor, sin flujo de refrigerante, entonces la presión  $P_{bc}$  tiende a 0, ahora dejamos entrar el refrigerante y, como tenemos un cuerpo caliente que será enfriado, el refrigerante absorbe calor y por lo tanto se evapora, con un enorme volumen específico, debido a la baja presión. Por lo tanto, se excede la capacidad del compresor y se eleva la presión  $bc$ ; con esta elevación de presión se alcanza un estado estable a esa presión (o temperatura) determinada por la capacidad del compresor.

Así en esta forma se pueden usar compresores de pis-

tón para pequeños rangos de temperatura o pequeñas capacidades de refrigeración, mientras que para bajas temperaturas y grandes demandas de capacidad se emplean máquinas centrífugas o rotativas.



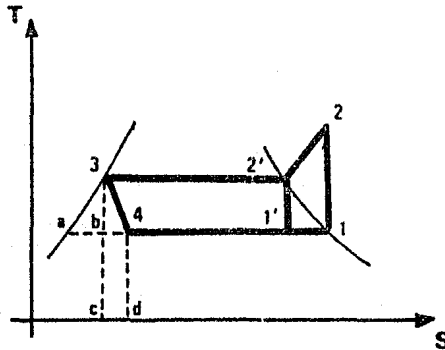


## IV

## CICLO DE UN VAPOR REFRIGERANTE

El ciclo consta de los siguientes pasos:

12. Compresión adiabática reversible.
23. Suministro de calor a presión constante reversible.
34. Expansión irreversible.
41. Absorción de calor a presión constante reversible.



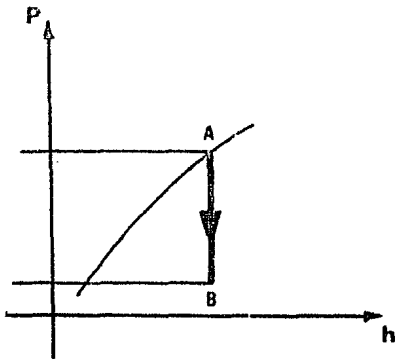
En el diagrama teórico de refrigeración se considera que el vapor sale del evaporador y entra al compresor saturado, y que el líquido sale del condensador y entra como líquido saturado a la válvula de control.

Los procesos llevados a cabo en el ciclo son los siguientes:

#### IV.1 EXPANSIÓN

Ocurre en la válvula, la presión del líquido se reduce de la presión de condensación a la presión de evaporación. Cuando ocurre la expansión a través de la válvula, la temperatura del refrigerante disminuye de la temperatura de condensación a la temperatura de evaporación.

El proceso de expansión del punto A al B es isentálpico sin producir trabajo.



**EFECTO DE REFRIGERACION.** Es la cantidad de calor que puede absorber un peso dado de refrigerante.

Ejemplo: Una libra de hielo a 32°F absorbe al derre-

tirse 144 BTU. En un líquido es igual al calor latente del refrigerante a la presión de vaporización, menos la cantidad de calor que desprende el líquido al enfriarse de la temperatura de entrada a la válvula a la temperatura de salida; este calor evapora parte del mismo líquido antes de entrar al evaporador.

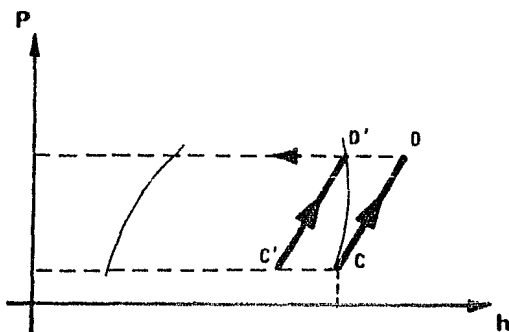
CAPACIDAD DEL SISTEMA. Es la cantidad de calor extraído del espacio refrigerado. Sus unidades son toneladas de refrigeración o BTU/hr.

TONELADA DE REFRIGERACION. Una tonelada de hielo al derretirse, absorbe 288,000 BTU; si esto sucede en 24 horas, absorberá 288,000 BTU/día ó 12,000 BTU/hr, o bien 200 BTU/min.

## IV.2 EVAPORACIÓN

Se realiza en el evaporador. El líquido que sale de la válvula de expansión cambió de vapor, conforme absorbe calor del lugar a refrigerar. El calor absorbido incrementa la entalpía del refrigerante y el vapor de salida se considera en el ciclo teórico, seco y saturado. En el ciclo real, generalmente el refrigerante sale del evaporador sobrecalentado.

El proceso de vaporización se lleva a cabo a presión y temperatura constante.



#### IV.3 COMPRESION

Se supone que es un proceso adiabático. Se llama compresión seca, cuando se lleva a cabo desde la línea de saturación a la región de sobrecalentamiento (CD) y húmeda si empieza en la región de saturación y termina antes de la línea de saturación (C'D').

#### IV.4 CONDENSACION

En el condensador es donde el agente absorbe el calor del refrigerante, transformando el gas sobrecalentado que sale del compresor, en líquido saturado o subenfriado (ver figura). El proceso DD' se realiza a presión constante bajando la temperatura hasta la saturación; el proceso D'A se realiza a presión y temperatura constantes.

El calor absorbido por el condensador es igual que el calor absorbido en el evaporador más el calor equivalente al trabajo suministrado por el compresor.

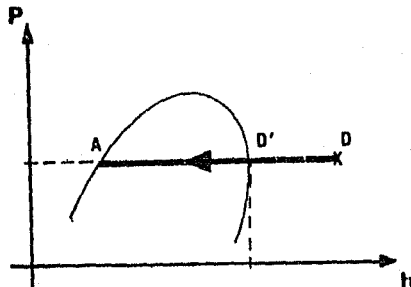
$$q_3 = q_1 + q_2$$

donde:

$q_3$  = calor absorbido por el condensador por libra de refrigerante en BTU/lb

o bien:

$$q_3 = h_D - h_A$$



### Efecto de sobrecalentamiento en la succión del compresor

- a) En el evaporador produciendo frfo útil
- b) En el tubo de succión del compresor

### Efecto de subenfriamiento del líquido

CAMBIADOR DE LIQUIDO. Con este sistema, el líquido se subenfria después del condensador y el gas de la succión se sobrecalienta antes del compresor.

El uso de este cambiador es muy discutido ya que si bien produce un subenfriamiento, también produce quizá un sobre calentamiento volumétrico y de la eficiencia volumétrica (Nv).

Nv = relación de cantidad de vapor transportado en  $\text{ft}^3$  por minuto a la presión y temperatura de succión al desplazamiento del pistón por minuto y es generalmente de 76% a 90%.

## V

## CARACTERISTICAS Y TIPOS DE REFRIGERANTES

## CARACTERISTICAS

1. Efecto de Refrigeración
2. Punto de Ebullición
3. Temperatura y Presión de Condensación
4. Relación de Compresión
5. Coeficiente de Comportamiento
6. Densidad
7. Calor Específico del Líquido
8. Calor Específico del Vapor
9. Temperatura y Presión Críticas
10. Punto de Congelación
11. Estabilidad Química y Efecto de la Humedad
12. Relación Refrigerante - Aceite
13. Toxicidad
14. Inflamabilidad
15. Detección de Fugas
16. Olor
17. Costos y Disponibilidad
18. Tipos de Refrigerantes



EFEECTO DE REFRIGERACION. Se mide por la cantidad de calor que es capaz de absorber desde que entra al evaporador como líquido hasta que sale como vapor.

También se puede decir que es la diferencia entre el calor que contiene el líquido y el calor contenido en el vapor después de pasar por el evaporador.

El refrigerante que contiene un alto calor latente de evaporación contiene un buen efecto de refrigeración.

PUNTO DE EBULLICION. El punto de ebullición de un refrigerante a la presión atmosférica es básico al escoger el equipo y el tipo de servicio.

CO <sub>2</sub> (Bióxido de carbono)	109.4°F a la presión atmosférica
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> (Diclorometano)	103.6°F
NH <sub>3</sub> (Amoniaco)	-28.0°F

Por su punto de ebullición se divide en cuatro grupos:

- Temperaturas ultrabajas - 65°F o menos
- Temperaturas bajas - 65°F a -20°F
- Temperaturas intermedias - 20°F a +20°F
- Temperaturas altas - 20°F o más

## TEMPERATURA Y PRESION DE CONDENSACION

- I. La temperatura de ebullición a presión atmosférica no siempre da un índice definitivo de las características de presión temperatura.
- II. La relación temperatura-presión de ebullición no es la misma para todos los refrigerantes.

RELACION DE COMPRESION. Es la que existe entre la presión de compresión y la presión de evaporación.

COEFICIENTE DE COMPORTAMIENTO. Es la medida de su eficiencia en utilizar energía gastada en el compresor en relación con la energía absorbida durante la evaporación.

DENSIDAD. Si el refrigerante es de alta densidad, al fluir a través de los tubos habrá más fricción y, por lo tanto, una caída de presión y esto puede causar evaporación prematura reduciendo la eficiencia del sistema.

CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO. Mientras más pequeño sea el calor específico del líquido, mayor será el efecto de refrigeración.

CALOR ESPECIFICO 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

po 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, es ventajoso.

TEMPERATURA Y PRESION CRITICAS. 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 está muy arriba de la temperatura de condensación, excepto la del  $\text{CO}_2$ .

La presión crítica debe estar arriba de la presión de condensación.

La presión y temperatura crítica del  $\text{CO}_2$ , apenas está arriba de las de trabajo.

Cuando se trabaja con  $\text{CO}_2$ , la temperatura del aire a veces está arriba de la temperatura crítica del  $\text{CO}_2$  por lo que la condensación es imposible.

PUNTO DE CONGELACION. Casi todos los refrigerantes tienen punto de congelación menor al del agua, por eso se debe tener mucho cuidado al escoger un refrigerante, dependiendo de las temperaturas que se quieran obtener.

Por lo tanto, el punto de congelación del refrigerante debe ser menor que la temperatura más baja que se obtiene en el evaporador.

ESTABILIDAD QUIMICA Y EFECTO DE HUMEDAD. Los refrigerantes deben ser capaces de resistir los constantes cambios de presión y temperatura sin afectar sus propiedades. También deben resistir descomposición química ocasionada por contaminación con el aire, aceite y agua.

RELACIONES REFRIGERANTE-ACEITE. El aceite y refrigerante deben ser compatibles química y físicamente.

Refrigerantes poco miscibles: Amoníaco,  $CO_2$ ,  $SO_2$

Refrigerantes miscibles: Freón, Clorohidrocarburos,  
Hidrocarburos

El efecto de miscibilidad es reducir la viscosidad del aceite y disminuir la temperatura a la que se congela el lubricante, por esto representa una ventaja y una desventaja:

Ventaja: Es porque cuando el lubricante está mezclado con el refrigerante, lubrica las válvulas.

Desventaja: Porque baja la eficiencia, ya que los vapores de lubricante desplazan a los vapores

res de refrigerante y entran en el compresor.

**TOXICIDAD.** Casi todos los fluidos refrigerantes son tóxicos, excepto el aire; el grado de toxicidad varía de uno a otro y depende de sus características y del tiempo que esté expuesto a los mismos.

Debe tenerse en cuenta el grado de toxicidad, que muchas veces es decisivo al escoger un refrigerante.

**INFLAMABILIDAD.** Desde el punto de vista de seguridad, el refrigerante no debe ser inflamable ni explosivo.

La mayoría de los refrigerantes no son inflamables (freón,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , etc.), existen algunos que son ligeramente inflamables (amoniaco y clorometano). La familia de los hidrocarburos son inflamables y explosivos (butano, metano, propano), por eso se usan en sistemas de muy baja temperatura.

Cuando se presenta una fuga se deben tener muchas precauciones, como son: ventilación, extracción, alarmas, etc., para evitar incendios o explosiones.

**DETECCION DE FUGAS.** Los refrigerantes deben poseer buenas características para poder detectar fugas.

Mientras más denso es el refrigerante, menos es su posibilidad de fuga.

Las fugas provocan pérdidas costosas de refrigerante, peligro y baja eficiencia.

OLOR. Esto sirve para detectar rápido una fuga. El  $\text{SO}_2$  es muy oloroso e irritante; el amoníaco es oloroso e irritante; los clorohidrocarburos huelen a cloroformo; los freones son inodoros.

Los olores de los refrigerantes, como el  $\text{SO}_2$  y amoníaco afectan el sabor de ciertos alimentos.

El amoníaco acelera la putrefacción de carnes; el  $\text{SO}_2$  las conserva mejor.

COSTO Y DISPONIBILIDAD. En unidades pequeñas el costo de un refrigerante no es muy importante, pero en una instalación grande, sí es considerable.

El costo se debe analizar bajo el punto de vista eficiencia y no simplemente costo por peso.

El refrigerante que absorba o ceda calor al costo mínimo es un refrigerante económico.

Otro punto de vista que se toma en cuenta al seleccionar un refrigerante es la disponibilidad.

## TIPOS DE REFRIGERANTES

AMONIACO  $\text{NH}_3$ . Tiene muchas de las ventajas de un magnífico refrigerante, por eso lo prefieren.

Es el más antiguo y el más usado, es eficiente, económico y no requiere equipo pesado. Químicamente estable y pesa la mitad que el aire. Tiene alto calor específico como líquido y vapor. Es volátil, no se quema a temperatura ordinaria. Es muy irritante. Se le puede detectar, por olor, en caso de fuga.

BIOXIDO DE CARBONO  $\text{CO}_2$ . Para su uso es necesario equipo muy pesado, ya que requiere una excesiva presión. Pesa 1.53 veces más que el aire, no huele, es incoloro y no es tóxico.

ANHIDRIDO SULFUROSO  $\text{SO}_2$ . Es incoloro, pesa el doble que el aire. No es inflamable, sus fugas no afectan los alimentos, tiene bajo efecto de refrigeración, es muy irritante y no se usa en trabajos domésticos.

GRUPO DE HIDROCARBUROS. Son incoloros, derivados del petróleo y del gas natural, mezclados con el aire son inflamables y explosivos, son anestésicos pero no venenosos.

Metano  
Etano  
GAS NATURAL: Propano  
Butano

GRUPO DE HALOGENOS. Son compuestos de los elementos carbón, hidrógeno y cloro. De los cinco existentes el cloro metano y el diclorometano son los más usados, los otros (cloroetano, dicloroetano, tricloroetano) son de poca importancia.

CLOROMETANO. Incoloro, anestésico, ligeramente oloroso, irritante y explosivo.

DICLOROMETANO. No es inflamable, ni tóxico, por lo que es muy usado en equipos de aire acondicionado.

HIDROCARBUROS FLUORADOS. Estos compuesto halogenados son el resultado de un esfuerzo por obtener buenos refrigerantes. No son tóxicos, irritantes ni inflamables. Son incoloros e inodoros. Entre ellos encontramos los siguientes: serie de metanos FREON: F-11, F-12, F-13, F-14, F-21.

## V.1 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

Se clasifican según sus temperaturas. Una clasifica



ción es de baja presión y alta temperatura. Se usan en el aire acondicionado.

Refrigerantes: freón-113, freón-11, dicloroetano, tricloroetano, agua.

Refrigerantes de presión media y temperatura media.

Utilizados en refrigeración doméstica, comercial e industrial, se usan para enfriadores de agua o de aceite y para conservar sustancias químicas.

Estos refrigerantes son: freón 12, 114, clorometano, dióxido de azufre.

Refrigerantes de alta presión y baja temperatura.

Utilizados generalmente en la industria (cremerías, cervecerías, fábricas de helados).

Cuando se llegan a utilizar doméstica o comercialmente se usan para congelar.

Refrigerantes: amoníaco, dióxido de carbono, propano, freón 12, 22.

REFRIGERANTES DE MUY ALTA PRESION Y MUY BAJA TEMPERATURA. Utilizados industrialmente, en la metalurgia, licuefacción de gases o en túneles de viento aerodinámicos.

Refrigerantes: etano, freón 13 y 24.

## VI. CARGA DE ENFRIAMIENTO

El término aire acondicionado debe comprender las condiciones de todo el año: enfriamiento durante el verano y calentamiento en el invierno. El acondicionamiento durante el verano implica enfriamiento, de tal modo que se tenga un ambiente de temperatura menor que el de los alrededores y bajo este aspecto el acondicionamiento de aire necesita usar equipo de refrigeración.

Fuentes de calor para producir la carga de enfriamiento:

1. Transmisión de calor a través de obstáculos o barreras tales como paredes, puertas, ventanas, cielos falsos, pisos y divisiones, el causado por las diferentes temperaturas que se tienen en los dos lados de la barrera.

Para calcular la transmisión de calor a través de barreras se aplica básicamente la siguiente ecuación:

$$Q = U A (t_0 - t_i) \text{ BTU transmitidos por hora}$$

empleando las temperaturas de diseño interiores y exteriores, teniendo en cuenta que para el caso de carga de enfriamiento, la temperatura exterior normalmente es ma-

yor que la temperatura interior.

Por lo general, la temperatura interior de diseño se considera entre 70 y 80 grados Fahrenheit (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 16:00 horas.

2. Calor producido por efectos solares. El calor del sol que recibe la tierra varía desde un mínimo de 415 BTU/h-pie<sup>2</sup> a 445 BTU/h-pie<sup>2</sup>.

a) Transmitido por radiación a través de ventanas y absorbido en el interior por superficies y mobiliario.

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

b) Absorbido por paredes o techos expuestos a los rayos solares y transferido al interior.

3. Calor y humedad introducidos con la infiltración del ai-

re exterior.

4. Carga de calor de los ocupantes (sensible y latente).

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.

5. Carga de calor de maquinaria, aparatos, alumbrado y equipo de combustión (equipo misceláneo).

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 o recomendaciones.

Cantidad de aire necesaria para manejar una determinada carga de refrigeración:

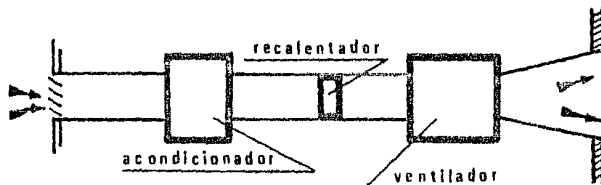
La cantidad de aire debe ser adecuada para manejar la carga de refrigeración, calentando el aire desde la temperatura de entrada a la temperatura del espacio. Mientras la temperatura de entrada sea menor, menos cantidad de aire se requerirá, pero es lógico que esta temperatura no puede ser menor de ciertos 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,  $2^{\circ}\text{F}$  por debajo de la temperatura del cuarto por cada pie entre el piso y el techo.

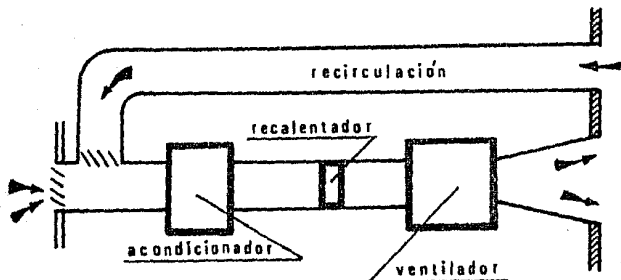
Existen varios métodos para manejar el aire que se suministra a un espacio acondicionado:

a) Aire exterior de suministro, sin recirculación:



El uso del aire exterior sin recirculación es anti-económico a menos que las condiciones exteriores sean muy aproximadas en cuanto a temperatura y humedad a las condiciones que se tienen en el interior. La recirculación no es adecuada en lugares donde se tengan olores objetables.

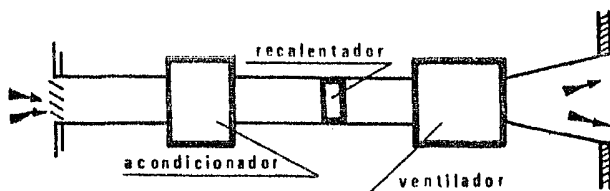
b) Aire recirculado y aire exterior de suministro.



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.

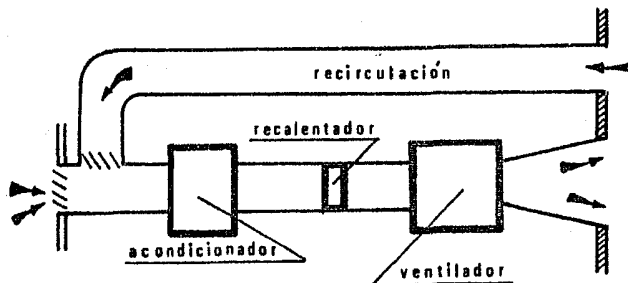
Existen varios métodos para manejar el aire que se suministra a un espacio acondicionado:

- a) Aire exterior de suministro, sin recirculación:



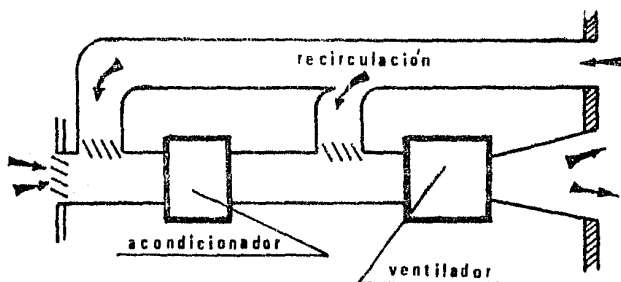
El uso del aire exterior sin recirculación es anti-económico a menos que las condiciones exteriores sean muy aproximadas en cuanto a temperatura y humedad a las condiciones que se tienen en el interior. La recirculación no es adecuada en lugares donde se tengan olores objetables.

- b) Aire recirculado y aire exterior de suministro.



El sistema de recirculación de aire es más económico que el sistema que usa todo el aire del exterior, ya que la temperatura del aire recirculado resulta más favorable que la temperatura del aire exterior. Para el caso de acondicionadores ordinarios, el aire debe ser enfriado a temperatura relativamente baja para condensar la humedad sobrante y cuando esta temperatura es demasiado baja para las condiciones deseadas de confort en el espacio acondicionado, será necesario proporcionar algún recalentamiento al aire deshumidificado.

c) Sistema de aire recirculado con desviación externa.



En el sistema de desviación, parte del aire recirculado es controlado por compuertas que lo desvían del acondicionador. Este aire caliente desviado es usado para recalentar el aire que sale de los serpentines del acondicionador para al final tener aire a la temperatura adecuada para su

distribución por las rejillas de salida. La desviación de aire produce un diseño más económico comparado con los sistemas que requieren de recalentador.

Después que ha sido calculada la carga de enfriamiento del espacio (carga interna de enfriamiento), la cantidad de aire se calcula tomando en cuenta la carga de calor sensible.

$$Q_s = 1.08 V (t_i - t_d)$$

donde:

$Q_s$  = ganancia de calor sensible en BTU/hr

$V$  = aire suministrado en pies<sup>3</sup>/min

$t_i$  = temperatura del espacio en grados Fahrenheit  
(bulbo seco)

$t_d$  = temperatura de entrada al espacio en grados Fahrenheit (bulbo seco)

El calor latente puede considerarse entre 1,050 y 1,060 BTU/lb, luego:

$$Q_L = M (W_i - W_d) \times 1050$$

donde:

$M$  = aire suministrado, en lb/hr

$W_i$  = humedad específica del aire requerida dentro del volumen por acondicionar



$W_d$  = humedad específica del aire en los difusores

$Q_L$  = ganancia de calor latente en BTU/hr

El factor de calor sensible o relación de calor sensible será:

$$FCS = \frac{Q_s}{Q_s + Q_L}$$

Relación entalpía - humedad (REH):

$$REH = \frac{Q_s + Q_L}{Q_L / 1,050}$$

## VII. EQUIPO PRINCIPAL DE REFRIGERACION

### VII.1 COMPRESOR

El compresor es una de las cuatro partes esenciales de un sistema de refrigeración por compresión, junto con el condensador, la válvula de expansión y el evaporador.

El compresor es la parte del movimiento principal por lo que se necesita hacer una adecuada selección del mismo para que el sistema de refrigeración trabaje de una manera eficiente y no haya desperdicio de carga.

La función del compresor, en el sistema vapor-compresión, es doble:

1) Separa el vapor cargado de calor del evaporador, y 2) eleva la presión de este vapor lo suficiente para que la temperatura de saturación sea más alta que la del medio de enfriamiento.

Comenzando con el lado de baja del evaporador, el vapor que se encuentra a temperatura y presión bajas fluye por la línea de succión, hacia el compresor, que comprime este gas, con lo cual se aumenta su temperatura y presión. El gas caliente y de alta presión pasa luego al condensador, en

donde cede calor y se condensa para formar líquido.

El compresor también reduce la presión del evaporador. Esto origina que el refrigerante hierva a una temperatura y presión reducidas. El calor del espacio por enfriarse fluye hacia el evaporador debido a la baja temperatura resultante. Este calor evapora al refrigerante líquido. El vapor de refrigerante que contiene el calor absorbido del evaporador se bombea (se empuja) de nuevo al compresor. Durante esta parte del ciclo la temperatura del gas aumenta. Este vapor de alta temperatura se descarga luego del compresor.

En términos breves, la función del compresor consiste en mantener la diferencia de presiones entre los lados de baja y alta del sistema.

En este proceso se originan algunas condiciones en que:

- La presión y temperatura del refrigerante en el evaporador se reducen, permitiendo que el refrigerante hierva y absorba calor del medio circunvecino.
- La presión y temperatura del refrigerante en el condensador se aumenta permitiendo que el refrigerante

rante ceda calor a las temperaturas existentes a cualquier medio que se utilice para absorber el calor.

### VII.1.1 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPRESORES

La variedad de refrigerantes, localización y aplicación de los sistemas son algunos de los factores que originan la necesidad de muchos tipos de compresores. Ya que las propiedades de los refrigerantes difieren, cierto compresor pudiera requerirse para el manejo de grandes volúmenes de vapor a pequeños gradientes de presión y de otro compresor para pequeños volúmenes de vapor a grandes gradientes de presión.

Existen tres grupos principales de compresores:

1. Reciprocantes
2. Rotatorios
3. Centrífugos

La acción de las partes mecánicas del compresor determinan su clasificación.

- En el compresor recíprocante, un pistón se desplaza hacia adelante y hacia atrás (alterna) en un cilindro.

- En el compresor rotatorio, una excéntrica gira dentro del cilindro.
- En el compresor centrífugo, un rotor (impulsor) con varias aletas gira dentro de un alojamiento, acepta el vapor y lo descarga a una alta velocidad por medio de fuerza centrífuga.

El coeficiente de funcionamiento de un compresor es una evaluación de la habilidad de la máquina para cumplir una tarea asignada.

El funcionamiento de un compresor, es el resultado de un diseño, el cual debe estar restringido por ciertas limitaciones del refrigerante, del compresor y del motor, mientras se trata de lograr lo siguiente:

1. El mayor efecto refrigerante para una menor potencia.
2. El menor posible de problemas durante la vida del sistema de refrigeración.
3. El mínimo costo posible.
4. Un amplio rango en las diferentes condiciones de operación.

En los compresores para refrigeración hay muchas desviaciones del ciclo ideal. Estas desviaciones se muestran

en forma de pérdidas, las cuales son cargas para el compresor y tienden a reducir la capacidad y aumentar la potencia necesaria en un compresor ideal.

A continuación trataremos de dar a conocer las pérdidas más importantes que aparecen en los compresores:

1. Caída de presión en el compresor debido a lo siguiente:
  - a) Cierre en las válvulas de succión y descarga
  - b) Coladera de succión
  - c) Múltiple de succión y descarga
  - d) Válvulas de succión y descarga
  - e) Silenciador interno
2. Ganancia de calor del refrigerante en el compresor, debido a las siguientes causas:
  - a) Fricción
  - b) Calor de compresión (intercambio de calor en el compresor)
3. Acción mecánica de las válvulas, tal como inercia y abertura de las válvulas.
4. Fugas de refrigerante en el pistón.
5. Calor o colchón de la cámara de compresión.

## Tipos de compresores reciprocantes

Los compresores reciprocantes pueden ser:

- a) Compresores herméticos
- b) Compresores abiertos
- c) Compresores semiherméticos

COMPRESORES HERMETICOS. Este tipo de compresor, ha sido desarrollado para lograr una disminución de trabajo y costo, y es ampliamente utilizado en equipo unitario de baja potencia. Un motor eléctrico se encuentra montado directamente en el cigüeñal del compresor, pero el cuerpo es una carcaza metálica herméticamente sellada con soldadura. En este tipo de compresores, no pueden llevarse a cabo reparaciones interiores, puesto que la única manera de abrirlos es cortando la carcaza del compresor.

COMPRESORES ABIERTOS. Los primeros modelos de compresores de refrigeración, fueron los llamados de tipo abierto, con pistones y cilindros sellados, en el interior de una carcaza y un cigüeñal, extendiéndose a través del cuerpo hacia fuera, para ser accionado por un motor.

COMPRESORES SEMIHERMETICOS. Este tipo de compresores es accionado por un motor eléctrico, montado directamente

te en el cigüeñal del compresor, con todas sus partes, tanto del motor como del compresor, herméticamente selladas en el interior de una cubierta común.

### VII.1.2 FUNCIONES Y PARTES DE OPERACIÓN DEL COMPRESOR

Los efectos sobre el funcionamiento de un compresor ideal, pueden ser medidos por las siguientes eficiencias:

**EFICIENCIA DE COMPRESION.** Se considera que sólo ocurre en el cilindro. Es la medida de la desviación de la compresión real a la compresión isentrópica. Estos valores se obtienen en tablas y se definen como la proporción del trabajo requerido para una compresión isentrópica del gas refrigerante sobre el trabajo hecho en el cilindro.

**EFICIENCIA MECANICA.** Se define como la relación del trabajo entregado al gas refrigerante, sobre el trabajo entregado al eje del compresor (se obtienen en diagramas proporcionados por el fabricante).

**EFICIENCIA VOLUMETRICA.** Se define como el volumen de vapor de refrigerante fresco entrando al cilindro, dividido en el desplazamiento del pistón.

En este caso vamos a hacer referencia únicamente del compresor reciprocante.



Como el compresor virtualmente tomó el calor al nivel más bajo de temperatura en el evaporador y lo eleva al más alto nivel de temperatura en el condensador, con frecuencia se llama bomba de calor, del tipo pistón-cilindro. Las partes principales incluyen el cilindro, pistón, biela de conexión, cigüeñal, cabezal del cilindro y válvula.

El mecanismo que controla el flujo de refrigerante de la línea de succión al cabezal del cilindro, se conoce como válvula de succión, la válvula correspondiente a la línea de descarga se denomina de descarga. Los anillos en el pistón evitan que el gas escape por el espacio entre el pistón y las paredes del cilindro, además de que mejora la eficiencia de operación.

El alojamiento del compresor que se denomina "carter", contiene parte de las superficies de frotamiento del cigüeñal y almacena el aceite que se utiliza para la lubricación del cigüeñal y de la biela de conexión.

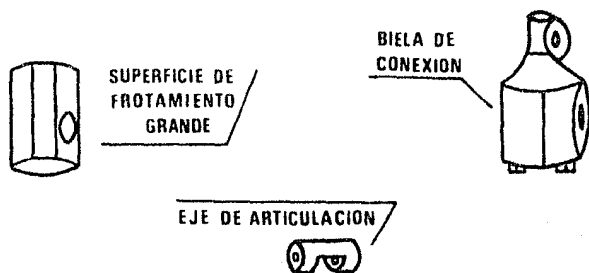
Existen muchos tipos comunes de compresores recíprocos. Una de las formas más usuales de clasificar los mismos es por medio del número de cilindros. Las instalaciones de gran capacidad requieren de compresores de 3 a 10 cilindros y aún más.

El arreglo de los cilindros es otro método para cla-

sificar los compresores. Algunos son verticales, otros horizontales, inclinados a  $45^\circ$ , tipo V, tipo W, radial y similares.

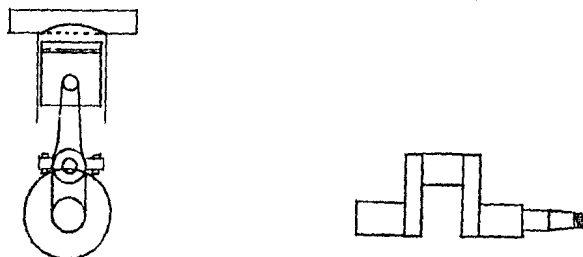
Igual que los módulos difieren en construcción y operación, las partes de los mismos también. Existen tres diseños diferentes de bielas de conexión, pistón y cigüeñal (o excéntrica). Aun cuando sus formas varían, cada uno de los mismos realiza la misma función en el compresor.

La construcción en (A) muestra un área de frotamiento grande poco usual para el pistón.

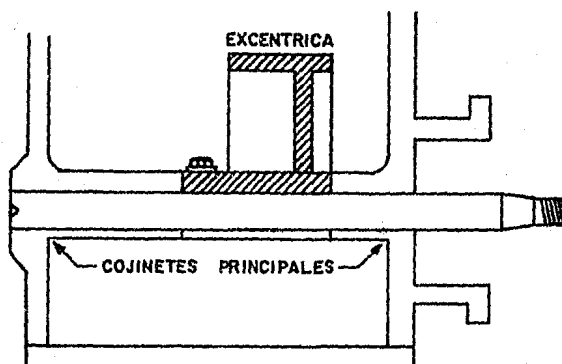


**FIGURA A**

La forma en que el movimiento rotatorio del cigüeñal cambia al movimiento recíprocante del pistón se muestra en la figura (B). El eje de articulación y el extremo superior de la biela de conexión tiene movimiento oscilante o recíprocante, mientras que el extremo inferior de la biela de conexión combina los movimientos recíprocante y rotatorio.



En la figura (C) se muestra la excéntrica, que es otro tipo de cigüeñal, el cual está formado de una excéntrica (disco fuera del centro 1) de hierro colado montado en un eje de acero. Comparativamente es de bajo costo de fabricación, proporciona una mayor superficie de desgaste para el cigüeñal y funciona más uniformemente debido a que se encuentra mejor balanceado.



### Válvulas de compresor

Válvulas de tipo placa de anillo inflexible.

En los compresores se utilizan dos tipos comunes de válvulas: la placa de anillo inflexible y el disco flexible.

La placa de anillo es un aro delgado que se mantiene cerrado sobre la entrada de gas de descarga circular en la parte superior del cilindro por medio de muelles. La válvula de succión es una placa de anillo que se monta alrededor del exterior y justamente abajo de la parte superior del cilindro. La válvula se mantiene cerrada por medio de pequeños muelles. Cuando la presión del refrigerante en estado de vapor dentro del cilindro es mayor que la tensión del muelle, la válvula se abre en el desplazamiento ascendente del pistón para permitir el paso del vapor a través de las puertas de descarga.

La válvula de succión abre en el desplazamiento descendente del pistón debido a que la presión del cilindro es menor que la presión de vapor en la línea de succión. La presión en el carter y la porción inferior del compresor es la misma que la presión de succión en el lado de entrada.

En el desplazamiento ascendente del pistón, la válvula de succión se cierra y la presión dentro del cilindro ori

gina que la válvula de descarga se abra. El vapor de alta presión pasa luego al cabezal del cilindro del compresor a través de los orificios centrales en la jaula de la válvula de descarga.

En caso de que penetre una bolsa de refrigerante líquido en el cilindro, el cabezal será expulsado debido al pequeño claro en el punto donde el pistón alcanza la parte superior de su desplazamiento ascendente. En lugar de fijarlo en posición, el cabezal del cilindro se mantiene firmemente en su lugar por medio de un muelle resistente. Cuando una bolsa de refrigerante líquido incondensable entra al cilindro, todo el cabezal se levanta y deja pasar el líquido hacia la salida de descarga. Cuando solamente existe vapor compresible en el cilindro, la presión producida durante la operación normal no es lo suficientemente alta para levantar el cabezal de seguridad.

El vapor de refrigerante se desplaza por el filtro o malla hacia el cabezal del cilindro donde se encuentra localizada la válvula de succión. Una sección de metal dentro del cabezal del cilindro separa las válvulas de succión y descarga. El alojamiento de la malla dispone de una pequeña abertura en el fondo que permite el arrastre del aceite con el vapor de succión de nuevo al carter.

### Válvulas de tipo flexible o de lengüeta

Los compresores de refrigeración modernos de tamaño pequeño utilizan válvulas de disco o lengüeta de acero de alto grado. Estas válvulas son silenciosas, simples, eficientes y de gran duración. Debido a estas peculiaridades, son adaptables especialmente para los compresores de alta velocidad.

Aun cuando algunos compresores tienen la válvula de acción en el cabezal del pistón, la tendencia ha sido la de localizar las válvulas de succión y de descarga en la placa de la válvula. La placa de la válvula está colocada entre el cuerpo y el cabezal. Este diseño hace posible sustituir ambas válvulas con un mínimo de dificultad.

La operación, asentamiento y hermetismo de las válvulas es importante; cuando las válvulas tienen fugas el gas que se comprime se pierde y la temperatura del gas de descarga aumenta hacia el condensador.

El gas caliente que se fuga por las válvulas y pistón incrementa la temperatura del gas de succión. Posteriormente, conforme el gas de succión caliente se comprime, el gas de descarga aumenta todavía más de temperatura.

En el siguiente desplazamiento del pistón el gas de

mayor temperatura regresa, con lo cual se tiene una temperatura de descarga aún mayor y con notable disminución de la capacidad y eficiencia del compresor.

#### Muelles de seguridad

Existen ocasiones en que el refrigerante líquido o el aceite inundan la línea de succión y el compresor. Esto se puede deber al defectuoso ajuste de la válvula de expansión, fugas de la válvula de flotador u otra dificultad similar. Cuando la cantidad de líquido es grande y en caso de que no pueda pasar por las puertas de la válvula, pueden resultar serios daños.

La válvula, el retén de la válvula, los muelles en espiral de la válvula de descarga y los tornillos de retención se montan en la placa de la válvula. Los muelles de espiral son lo suficientemente resistentes para mantener el retén de la válvula abajo durante la operación normal. En estas condiciones, la válvula de descarga se abre y permite el paso del gas a la cámara de descarga. El levantamiento de la válvula se limita por medio del retén de la válvula.

Cuando el líquido o aceite quedan atrapados entre la parte superior del pistón y la placa de la válvula, la presión hidráulica originada en el cilindro y la válvula fuer-

zan al retén de la válvula para que se levante. Este levantamiento de la válvula permite que el líquido se descargue hacia el cabezal en donde se evapora o pasa hacia el condensador. Cuando el líquido se ha eliminado del compresor, el retén de la válvula se vuelve a asentar. Aun cuando no se provoca ningún daño al compresor, se debe evitar cualquier condición que cause la inundación con líquido.

#### Sello del carter

El sello del carter está formado por dos empaques y un fuelle de dilatación con muelle flexible adaptado al cigüeñal. Un anillo del fuelle se mueve en contra de la superficie del sello y el relieve del sello del eje. Con una presión de muelle de 2.1 a 3.5 kg/cm<sup>2</sup> y con la lubricación normal de las superficies de rozamiento, el sello reduce las pérdidas de refrigerante al mínimo.

### VII.1.3 CONTROLES LIMITANTES O DE SEGURIDAD

Es necesario disponer de este tipo de controles que mantienen el sistema dentro de los límites razonables y/o seguros de presión y temperatura.

#### Control de baja presión

La operación mecánica de un control de baja presión



es la misma que cuando se hace uso de un interruptor "conectado-desconectado" para parar y arrancar al compresor. El control de baja presión interrumpe el funcionamiento del compresor a una presión de operación mínima determinada previamente. Este control de seguridad protege contra:

- Relaciones de compresión extremas
- Congelación del evaporador
- Entrada de aire y de vapor de agua que resulta de fugas o entradas por el lado de baja

#### Control de alta presión

Algunas veces las condiciones de operación originan presiones de carga excesivamente altas. Las condiciones tales como temperaturas de condensación ambiente elevadas o la presión de los gases incondensables en el sistema también originan lo anterior. Asimismo, una presión de carga alta puede resultar de cualquier condición que limite o interrumpa el flujo de agua a través del condensador enfriado con agua.

El control de cierre por alta presión se utiliza para evitar la formación de altas presiones que puedan dañar el equipo y dar lugar a condiciones inseguras. El control de alta presión es similar en construcción al control de ba-

ja presión. El fuelle o diafragma que se conecta con el tubo pequeño del compresor actúa como interruptor eléctrico. La presión de descarga, en lugar de la presión de succión (como en el caso del control de baja presión) altera con frecuencia este control.

Además, este interruptor eléctrico opera en forma inversa al control de baja presión, cuando la presión aumenta después de un punto de ajuste específico correspondiente a una presión de operación máxima de seguridad, el fuelle o diafragma del control de cierre por alta presión abre un interruptor eléctrico y consecuentemente origina la parada de la unidad de condensación.

El interruptor permanece abierto y no se deja que la unidad de condensación funcione hasta que la condición haya sido corregida o una vez que el condensador se haya enfriado y origine que la presión reducida cause que el diafragma o fuelle cierre el interruptor eléctrico e inicie la operación de la unidad de condensación.

#### Control de falla de presión de aceite

El control de falla de presión de aceite interrumpe el funcionamiento del equipo de refrigeración lubricado a presión cuando la presión del aceite disminuye abajo de un

límite seguro durante cierto período especificado. Este control sirve como una combinación de control de presión diferencial y un relevador de retraso de tiempo. El control de presión diferencial mide la presión de aceite útil. El relevador de retraso de tiempo evita que el compresor quede fuera de funcionamiento cuando debería estar operando.

La presión de aceite útil en el compresor lubricado a presión es la diferencia entre la presión de descarga de la bomba de aceite y la de succión. La presión de aceite está relacionada con la succión de la bomba de aceite como una medida de protección contra una falla de lubricación. Las presiones de aceite y succión están relacionadas en el control de presión diferencial mediante el uso de fuelles de presión que se oponen entre sí. La presión de descarga de la bomba de aceite se ejerce en el otro. Es decir, la presión de aceite útil es la diferencia entre la descarga de la bomba de aceite y la presión de succión.

Cuando la presión de aceite útil aumenta hasta el punto de corte dentro del tiempo especificado, se abren los contactos del interruptor de presión diferencial.

Por contraste, cuando la presión de aceite útil falla en cuanto a aumentar hasta el punto de corte dentro del tiempo permitido, el efecto del calentador excitado actúa pa

ra doblar la cinta bimetálica. Los contactos del interruptor del sincronizador quedan interrumpidos y el compresor deja de funcionar.

En caso de que durante la operación suceda que la presión de aceite disminuya abajo del punto de corte, la presión del carter fuerza a los contactos del interruptor de presión diferencial para que se cierren. Esto origina que el circuito del calentador quede excitado y, a menos que la presión de aceite regrese a la normal dentro del tiempo de retraso, el compresor dejará de funcionar.

#### Válvulas de retención de presión de succión

Un compresor puede sobrecargarse cuando se introducen cargas pesadas de modo periódico en el sistema, a menos que se haya seleccionado un motor con exceso de tamaño. Esta condición puede existir en un sistema de enfriador de líquido, en que la cantidad de líquido se enfría desde una temperatura alta hasta una baja. Tal enfriador requiere de una gran superficie a baja temperatura ya que cuando es alta, existe la posibilidad de evaporar una cantidad excesiva de refrigerante.

La válvula de retención de presión de succión se utiliza para evitar que la presión de succión sea demasiado al-

ta en el compresor. Aun cuando el efecto de esta válvula es inverso, es bastante similar al regulador de presión del evaporador. La válvula de retención de presión de succión permite que sólo una cantidad máxima predeterminada de gas llegue al compresor. La presión de succión en el compresor consecuentemente queda imposibilitada de aumentar después de un punto de ajuste en la válvula. La capacidad del sistema se limita efectivamente debido a que el gas retenido atrás por la válvula, aumenta la presión en el evaporador y reduce su capacidad.

#### VII.1.4 SELECCIÓN DEL COMPRESOR

Utilizaremos un compresor del tipo abierto, debido a que en caso de reparación del motor o del compresor, o de un mantenimiento preventivo, es mucho más accesible este tipo.

Otra de las ventajas del compresor tipo abierto, es que el refrigerante al estar en el compresor, no obtendrá ganancia de calor, debido al calor producido por el motor, esto ocurre en los compresores herméticos y semiherméticos.

En los compresores abiertos, hay menos posibilidades de una caída de presión, como consecuencia de una fuga de refrigerante, a través del motor, como ocurre en los compresores semiherméticos.

Los compresores herméticos sólo son usados para bajas capacidades y sistemas unitarios, tales como: aire acondicionado comercial y residencial, congeladores, refrigeradores, hieleras de refrescos y enfriadores de agua.

## VII.2 EVAPORADOR

### VII.2.1 TIPOS DE EVAPORADORES

Un evaporador es cualquier superficie de transferencia de calor en el cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor de un espacio o producto refrigerado. Debido a las diversas aplicaciones de la refrigeración mecánica, los evaporadores se fabrican en una gran variedad de tipos, formas, tamaños y diseños y se pueden clasificar de diferentes maneras, tales como tipo de construcción, método de alimentación del líquido, condiciones de operación, método de circulación de aire (o líquido), tipo de control del refrigerante y por sus aplicaciones.

### VII.2.2 TIPOS DE CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Los tres tipos principales de construcción de evaporadores son: 1) de tubo descubierto, 2) de superficie de placa, y 3) aletados. Los evaporadores de tubo descubierto y superficie de placa algunas veces se les clasifica como evaporadores de superficie primordial, debido a que para ambos tipos la superficie completa queda más o menos en contacto

con el refrigerante vaporizado interior. Con el evaporador aletado, los tubos que conducen el refrigerante constituyen la superficie principal, las aletas en sí no tienen refrigerante en su interior y, por lo mismo, son superficies secundarias en la transferencia de calor cuya función es recoger el calor del aire de los alrededores y conducirlo hacia los tubos que llevan el refrigerante.

Aun cuando los evaporadores de superficie primordial, tanto los de tubo descubierto como los de superficie de placa dan servicio satisfactorio para una gran variedad de aplicaciones trabajando en cualquier rango de temperatura, estos son más frecuentemente utilizados en aplicaciones de enfriamiento con líquido y en aplicaciones de enfriamiento con aire, donde la temperatura del espacio es mantenida abajo de 34°F y la acumulación de escarcha sobre la superficie del evaporador no puede evitarse con facilidad. La acumulación de escarcha en los evaporadores de superficie primordial no afecta la capacidad del evaporador en la magnitud que a los evaporadores aletados.

Además, para casi todos los evaporadores de superficie primordial, y en particular los de tipo de superficie de placa, pueden deshielarse fácilmente en forma manual, ya sea por la acción de un cepillo o por raspadura. Esto puede

efectuarse sin interrumpir el proceso de refrigeración y sin poner en peligro la calidad del producto refrigerado.

EVAPORADORES DE TUBO DESCUBIERTO. Los evaporadores de tubo descubierto por lo general se construyen de tubo de acero o de tubo de cobre. El tubo de acero se usa en evaporadores grandes y en evaporadores que trabajan con amoníaco, mientras que los de tubo de cobre se utilizan en la fabricación de evaporadores pequeños y se les usa con refrigerante que no sea amoníaco. Los evaporadores de tubo descubierto se fabrican en gran número de tamaños, forma y diseño y es muy común que sean fabricados a la medida según cada caso específico. Con frecuencia se emplean serpentines de tubo descubierto en forma de espiral para enfriamiento de líquido.

Se utilizan con frecuencia serpentines muy grandes de tubo descubierto, suspendidos del cielo, en cuartos o almacenes, congeladores y almacenes de enfriamiento en donde se requiere circular grandes cantidades de aire a velocidad baja. También se usan ya sea con aplicación en "seco" o con "serpentines rociados" junto con sopladores centrífugos que proporcionan aire frío de alta velocidad para operaciones de enfriamiento o congelamiento con corrientes de aire.

EVAPORADORES DE SUPERFICIE DE PLACA. Los evaporadores de superficie de placa son de varios tipos, algunos son



construidos con dos placas planas de metal realzadas y soldadas una con otra de tal modo que puede fluir el refrigerante entre las dos placas. Este tipo particular de evaporador de superficie de placa es muy usado en refrigeradores y congeladores caseros debido a que su limpieza es muy fácil y su fabricación muy económica.

Otro tipo de evaporador de superficie de placa consiste de tubería doblada instalada entre dos placas metálicas, las cuales están soldadas por sus orillas, con objeto de tener un buen contacto térmico entre las placas soldadas y la tubería que conduce el refrigerante, el espacio entre placas es llenado con una solución eutéctica o se hace el vacío entre ellas de tal manera que la presión atmosférica ejercida sobre la superficie exterior de las placas permita tener un contacto firme entre las placas y la tubería interior. Los que contienen solución eutéctica son especialmente útiles donde se requiere tener una capacidad diferida, se emplean mucho en camiones refrigeradores. La capacidad refrigerante almacenada en la solución eutéctica es suficiente para refrigerar al producto durante las operaciones del siguiente día. La temperatura de las placas es controlada por el punto de fusión de la solución eutéctica.

Los evaporadores de superficie de placa han dado ex-

celentes resultados como anaqueles en cuartos congelados y de aplicaciones similares. También son muy usados como divisiones en congeladores, en unidades congeladoras de exhibición de alimentos, en gabinetes helados, en fuentes de sodas, etc. Los evaporadores de placa son especialmente útiles para instalaciones de enfriamiento con líquido donde las condiciones de cargas pico poco comunes, ocurren periódicamente. Colocando un banco de hielo sobre la superficie de las placas durante períodos de cargas ligeras, ayuda a la capacidad del equipo a continuar con su capacidad de refrigeración a fin de soportar la carga de la condición pico. Esto permite usar equipo de capacidad menor que el que ordinariamente se usaría.

EVAPORADORES ALETADOS. Los serpentines aletados son serpentines de tubo descubierto sobre los cuales se colocan placas metálicas o aletas. Las aletas, sirven como superficies secundarias absorbedoras de calor y tienen el efecto de aumentar el área superficial externa del evaporador, mejorándose por lo tanto la eficiencia para enfriar aire u otros gases. Con los evaporadores de tubo descubierto, mucho del aire que circula sobre el serpentín pasa a través de los espacios abiertos entre los tubos y no hace contacto con la superficie del serpentín. Cuando se agregan las aletas al serpentín, éstas se extienden hacia afuera ocupando los espa-

cios abiertos entre los tubos y actúan como colectores de calor. Estos absorben calor del aire que ordinariamente no es taría en contacto con la superficie principal y conducen este calor a la tubería.

Es evidente que para que las aletas sean efectivas, deberán estar unidas a la tubería de tal manera que se asegure un buen contacto térmico entre las aletas y la tubería. En algunos casos las aletas están soldadas directamente a la tubería; en otros, las aletas se hacen deslizar sobre la tubería y se hace expandir el tubo por presión o mediante algún otro medio, lo que permite a las aletas quedar bien sujetadas en la superficie del tubo, estableciéndose un buen contacto térmico. Una variación de este último método es acampañar ligeramente el agujero de la aleta para permitir que ésta se deslice sobre el tubo. Después que la aleta ha sido instalada, se endereza y se asegura con firmeza al tubo.

El tamaño y espaciamiento de las aletas, en parte, depende del tipo de aplicación para el cual está diseñado el serpentín. El tamaño del tubo determina el tamaño de la aleta. Tubos pequeños requieren de aletas pequeñas. A medida que se aumenta el tamaño del tubo puede aumentarse efectivamente el tamaño de la aleta. El espaciamiento de las aletas varía desde 1 hasta 14 aletas por pulgada, dependiendo prin-

principalmente de la temperatura de operación del serpentín.

La acumulación de escarcha es inevitable en serpentines usados en enfriamiento de aire, trabajando a temperaturas bajas. Debido a esto, los evaporadores diseñados para aplicaciones de baja temperatura deben tener un mayor espaciamiento (dos o tres aletas por pulgada), a fin de minimizar el daño por la restricción de circulación del aire. Por otra parte, el diseño de serpentines para aire acondicionado y otras instalaciones donde los serpentines trabajan a temperaturas suficientemente altas, de tal modo que no haya acumulación de escarcha sobre la superficie del serpentín, podrán tenerse hasta 14 aletas por pulgada.

Cuando la circulación de aire sobre serpentines aletados es por gravedad, es importante que el serpentín ofrezca la mínima resistencia al flujo del aire; por lo tanto, en general, el espaciamiento de aletas deberá ser mayor para serpentines de convección natural que para serpentines que emplean ventiladores.

Si el aletado externo afecta sólo la superficie exterior, el agregar aletas más allá de cierto límite no necesariamente aumentará la capacidad del evaporador. De hecho, en algunos casos, un aletado excesivo podrá reducir la capacidad del evaporador porque restringiría innecesariamente la

circulación de aire a través del serpentín.

Debido a que la capacidad se afecta más por la acumulación de escarcha, los serpentines aletados darán mejores resultados para aplicaciones de alta temperatura, se deberá tener algunos medios para deshielar el serpentín a intervalos regulares.

¿Por qué se tienen aletas? Los serpentines aletados tienen más área superficial por unidad de longitud y ancho que los evaporadores de superficie primordial y por lo mismo pueden construirse en forma más compacta. Por lo general, un serpentín aletado ocupa menos espacio que cualquier otro evaporador, sea de tubo descubierto o de superficie de placa; esto para igualdad de capacidad. Lo anterior proporciona un ahorro considerable de espacio, lo que hace que los serpentines aletados sean idealmente apropiados para usarse con ventiladores en unidades de convección forzada.

### VII.2.3 CAPACIDAD DEL EVAPORADOR

La capacidad de cualquier evaporador o serpentín de enfriamiento, es la razón por la cual pasa calor a través de las paredes del evaporador proveniente del espacio o producto refrigerado a la vaporización del líquido interior y gene

ralmente se expresa en BTU/hr. Un evaporador seleccionado para cualquier aplicación específica deberá tener suficiente capacidad de transferencia de calor para permitir la vaporización del refrigerante, para absorber calor con la rapidez necesaria y para producir el enfriamiento requerido cuando está trabajando a las condiciones de diseño.

El calor llega al evaporador por los tres métodos de transferencia de calor. En las aplicaciones con enfriamiento de aire, casi todo el calor que llega al evaporador es por corrientes de convección puestas en el espacio refrigerado ya sea por la acción de un ventilador o por circulación debida a la gravedad resultante por la diferencia de temperatura entre el evaporador y el espacio refrigerado. También, algo de calor es radiado directamente al evaporador porque el producto está en contacto térmico con la superficie exterior del evaporador, el calor es transferido del producto al evaporador por conducción directa. Esto es cierto para aplicaciones con enfriamiento de líquido donde el líquido que está siendo enfriado siempre está en contacto con la superficie del evaporador. Sin embargo, es necesario tener alguna circulación del fluido enfriado ya sea por gravedad o por la acción de una bomba, lo cual es necesario para tener una buena transferencia de calor.

Independientemente de cómo llegue el calor a la superficie exterior del evaporador, éste debe pasar por conducción al refrigerante a través de las paredes del evaporador. Por lo tanto, la capacidad del evaporador, que es la razón a la cual pasa calor a través de las paredes, se obtiene por los mismos factores que gobiernan la razón de flujo de calor por conducción a través de cualquier superficie de transferencia de calor y es expresada por la ecuación:

$$Q = A \times U \times D$$

donde:

Q = cantidad de calor transferido en BTU/hr

A = área de la superficie exterior del evaporador

U = factor total de conductancia en BTU/hr-ft<sup>2</sup>-°F

D = diferencia de temperatura media logarítmica en grados Fahrenheit, entre la temperatura exterior del evaporador y la temperatura del refrigerante dentro del evaporador

### VII.3 CONDENSADOR

Igual que los evaporadores, el condensador es una superficie de transferencia de calor. El calor del vapor refrigerante caliente pasa a través de las paredes del condensador para su condensación. Como resultado de su pérdida de

calor hacia el medio condensante, el vapor refrigerante es primero enfriado hasta su saturación y después condensado hasta su fase de estado líquido.

Aun cuando la salmuera o algunos refrigerantes de expansión directa son usados como medios condensantes en aplicaciones de baja temperatura, en general, para la gran mayoría de los casos, el medio condensante empleado es aire, agua o una combinación de ambos.

### VII.3.1 TIPOS DE CONDENSADORES Y FUNCIONAMIENTO

Los condensadores son de tres tipos generales: 1) en friados con aire, 2) enfriados con agua, y 3) evaporativos. Los condensadores enfriados con aire, emplean al aire como medio condensante mientras que los condensadores enfriados con agua, emplean agua para condensar el refrigerante. Para ambos condensadores enfriados con aire y enfriados con agua, el calor cedido por el refrigerante aumenta la temperatura ya sea del aire o el agua que está pasando a través del condensador. La condensación del refrigerante en el condensador evaporativo se efectúa principalmente por la evaporación del agua rociada o atomizada sobre el condensador. La función del aire, es aumentar la razón de evaporación sacando el vapor de agua que resulta del proceso de evaporación.



CONDENSADORES ENFRIADOS CON AIRE. La circulación de aire sobre un condensador enfriado con aire puede ser por convección natural o por la acción de un ventilador o soplador. Cuando la circulación del aire es por convección natural, la cantidad de aire que circula sobre el condensador es baja relativamente y se necesita una superficie condensante grande. Por la capacidad limitada de los condensadores de convección natural, estos se usan en unidades pequeñas, principalmente refrigeradores y congeladores domésticos.

Los condensadores de convección natural son empleados en refrigeradores domésticos generalmente de superficie de placa o con tubería aletada. Cuando se usa tubería aletada, las aletas están muy espaciadas de tal manera que ofrecen muy poca o ninguna resistencia a la circulación libre de aire. Además, con aletas más espaciadas se reduce la posibilidad de que se acumulen hilachas y polvo en el condensador.

El condensador de tipo de placa está instalado por atrás del refrigerador de tal manera que se forma un tiro de aire para aumentar la circulación del mismo. Los condensadores con tubos aletados están instalados ya sea por atrás del refrigerador, o en un ángulo abajo del refrigerador. Independientemente del tipo o localización del condensador, es importante que el refrigerador esté situado tal que se pueda

tener circulación libre de aire a través del condensador y durante todo el tiempo. Además, deberá evitarse hasta donde sea posible instalarlo cerca o al lado de un horno.

Los condensadores enfriados con aire emplean ventiladores o sopladores para tener circulación forzada de aire, estos pueden dividirse en dos grupos de acuerdo a la localización del condensador: 1) instalados en un bastidor, y 2) remotos.

Un condensador enfriado con aire instalado en un bastidor, queda colocado en el mismo bastidor del compresor y motor del compresor de tal manera que se constituya en un paquete que se le llama "unidad condensante" enfriada con aire. Un condensador "remoto" enfriado con aire generalmente está instalado por separado y un poco retirado del compresor. Los condensadores remotos enfriados con aire, pueden estar localizados dentro o fuera del local. Cuando se instala por dentro, debe hacerse de modo que se tenga un suministro adecuado de aire exterior hacia el condensador. Si el condensador está instalado en un lugar caliente, tal como un ático o en el cuarto de calderas, deberán utilizarse ductos que suministren aire al condensador y que lo regresen al exterior. Sólo las unidades pequeñas se instalan en el interior. Cuando los condensadores enfriados con aire están instalados en el exterior del local, estos podrán montarse sobre el piso,

en el techo o en pared.

Los condensadores enfriados con aire están disponibles en una gran variedad de diseños para instalación vertical u horizontal y los tamaños fluctúan desde menos de 1 tonelada hasta 100 toneladas o más. Algunos están diseñados con dos o más circuitos refrigerantes separados y pueden ser usados para dar servicio a diferentes sistemas refrigerantes, incluyendo aquellos que empleen refrigerantes diferentes. Otros modelos están equipados con un circuito de líquido subenfriado. Para asegurarse que los circuitos subenfriados trabajen efectivamente, estos condensadores deben usarse sin ningún depósito receptor en el sistema. Cuando se use depósito receptor de líquido para un sistema de bombeo en vacío, éste deberá quedar instalado corrientes arriba del circuito de subenfriamiento.

CONDENSADORES ENFRIADOS CON AGUA. Los condensadores enfriados con agua básicamente son de tres tipos: 1) de doble tubo, 2) de casco y serpentín, y 3) acorazados.

Como su nombre lo indica, el condensador de doble tubo consiste de dos tubos dispuestos de tal manera que uno queda dentro del otro. El agua pasa a través del tubo interno mientras que el refrigerante fluye en dirección opuesta entre el espacio anular de los tubos. Con este arreglo se

puede proporcionar al refrigerante algo de enfriamiento con aire además del enfriamiento con agua. Siempre es deseable tener a los flúidos en contraflujo, esto para cualquier cambiador de calor, ya que con esto se tiene diferencia de temperatura media entre los flúidos de más alto valor y, por lo tanto, la razón más alta de transferencia de calor.

Los condensadores de doble tubo equipados con válvulas reguladoras del agua se constituyen en un excelente condensador de "refuerzo" durante los periodos de carga pico para usarse junto con condensadores enfriados por aire instalados sobre un bastidor. Debido a que la válvula de agua puede ser ajustada para abrirse y permitir que fluya el agua a través del condensador sólo para cuando aumente la presión condensante hasta un valor determinado, la cantidad de agua usada es relativamente pequeña comparada con el ahorro de potencia producido por el aumento de eficiencia en el compresor.

Los condensadores de casco o cilindro y serpentín son construidos de uno o más tubos descubiertos o del serpentín de tubos aletados encerrado en un cilindro de acero soldado. El agua condensante circula a través del serpentín mientras que el refrigerante está contenido en el depósito circular rodeando los serpentines. El refrigerante caliente

entra por la parte superior del cilindro y se condensa al estar en contacto con el agua del serpentín. El líquido condensante sale de los serpentines por la parte inferior del cilindro el cual con frecuencia sirve también como tanque colector. Debe tenerse cuidado de no sobrecargar al sistema con refrigerante ya que una excesiva acumulación del líquido en el condensador tendería a cubrir demasiado la superficie condensante, lo que causaría un aumento en la temperatura y presión de carga.

Muchos de los condensadores de cilindro y serpentín están equipados con un circuito de agua separado. Las dos partes del circuito están conectadas en serie para sistemas de agua no recirculada y en paralelo para sistemas de recirculación. Como regla general, los condensadores de cilindro y serpentín se usan sólo para instalaciones pequeñas hasta de aproximadamente 10 toneladas de capacidad.

Los condensadores de cilindro y serpentín se limpian con sustancias químicas circuladas a través de los serpentines de agua.

Los condensadores acorazados consisten de un depósito cilíndrico de acero en el cual se tiene un determinado número de tubos colocados paralelamente y unidos en los extremos a un cabezal de tubos. Su construcción es casi idéntica

a los enfriadores tipo acorazado de líquido inundado. El agua condensante circula a través de los tubos, los cuales pueden ser de acero o de cobre, descubierta o de superficie alargada. El refrigerante está contenido en el cilindro de acero entre los cabezales de tubo.

El agua circula por los espacios anulares entre el cabezal de tubos y las placas extremas, las placas de los exremos tienen desviadores que actúan como distribuidores para guiar la corriente de agua que atraviesa los tubos. La distribución de los desviadores de las placas de los extremos determina el número de pasos de agua a través del condensador desde un extremo hasta el otro antes de la salida del condensador. El número de pasos puede ser desde dos hasta veinte o más.

Los condensadores tipo acorazado están disponibles en capacidades que fluctúan desde 2 toneladas hasta varios cientos o más de toneladas.

**CONDENSADORES EVAPORATIVOS.** Esencialmente un condensador evaporativo es una unidad empleada para conservar el agua y, en efecto, es una combinación de condensador y torre de enfriamiento en una sola unidad.

Como ya se mencionó anteriormente, tanto el aire co-

mo el agua se utilizan en un condensador evaporativo. El agua es bombeada desde el depósito inferior de la unidad hasta el cabezal de atomización, la atomización se efectúa hacia abajo pasando sobre los serpentines refrigerantes hasta el depósito inferior de la unidad. El aire es tomado del exterior por la parte inferior del condensador utilizando un soplador, el aire es descargado al exterior por la parte superior del condensador. En algunos casos, tanto la bomba como el soplador son impulsados por el mismo motor, en otros casos se usan motores separados. Los eliminadores se instalan en la corriente de aire arriba del cabezal atomizador, esto para evitar la entrada del aire al soplador.

Aun cuando el proceso termodinámico real que tiene lugar en el condensador evaporativo es algo complicado, fundamentalmente es un proceso de enfriamiento evaporativo. El agua es evaporada debido a la atomización y al paso del aire a través de la superficie humedecida del condensador, siendo la fuente de calor vaporizante al refrigerante condensante en el serpentín condensador.

Eventualmente todo el calor cedido por el refrigerante en el condensador sale del mismo, ya sea como calor sensible o calor latente (humedad) en la descarga de aire, ya que tanto la temperatura como el contenido de humedad del aire

se aumentan a medida que el aire pasa a través del condensador, la efectividad del condensador en parte depende de la temperatura del bulbo húmedo del aire que entra al condensador. A menos temperatura del bulbo húmedo se tendrá condensador evaporativo más efectivo.

Con objeto de facilitar la limpieza y eliminar las incrustaciones, el serpentín condensador se hace de tubo des cubierto en vez de tubo aletado. La cantidad de superficie de serpentín por tonelada de capacidad varía según el fabricante y depende en gran parte del aire y agua en circulación.

Generalmente, la capacidad de los condensadores evaporativos se aumenta al aumentar la cantidad de aire en circulación a través del condensador. Como una cosa práctica, la cantidad máxima de aire que puede circular a través del condensador está limitada por los requerimientos de potencia del ventilador y por la velocidad máxima del aire que puede admitirse a través de los eliminadores sin que se transporten partículas de agua.

La cantidad de agua que circule sobre el condensador deberá de ser la necesaria para conservar lo bastante hume cida la superficie de los tubos a fin de obtener la eficien cia máxima de la superficie del tubo y tener el mínimo de in crustaciones. Sin embargo, una razón de flujo de agua en ex



ceso al necesario para tener la superficie de los tubos suficientemente humedecida, traerá como consecuencia un aumento en el suministro de potencia de la bomba sin que se aumente materialmente la capacidad del condensador.

## VII.4 VALVULAS DE EXPANSION

### VII.4.1 TIPOS DE VÁLVULAS

Hay seis tipos básicos de válvulas para control de refrigerante: 1) la válvula de expansión manual, 2) la válvula de expansión automática, 3) la válvula de expansión termostática, 4) el tubo capilar, 5) la válvula de flotador de presión baja, y 6) la válvula de flotador de presión alta.

Independientemente del tipo, la función de cualquier control de flujo refrigerante es doble: 1) medir el refrigerante líquido en la tubería del líquido que va hacia el evaporador con una rapidez que sea proporcional a la cual está ocurriendo la vaporización en esta última unidad, y 2) mantener un diferencial de presión entre los lados de alta y baja presión del sistema a fin de permitir vaporizar el refrigerante bajo las condiciones de baja presión deseadas en el evaporador y al mismo tiempo efectuar la condensación a la presión alta que se tiene en el condensador.

VALVULA DE EXPANSION MANUAL. Las válvulas de expansión manual son válvulas de aguja, operadas manualmente. La razón de flujo líquido a través de la válvula depende del diferencial de presión a través del orificio de la válvula, esta última siendo de ajuste manual. Suponiendo que permanece constante el diferencial de presión a través de la válvula, la razón de flujo a través de la válvula de expansión manual permanecerá siempre constante independientemente de la presión que se tenga en el evaporador y de la carga en el mismo.

Es evidente que la válvula de expansión manual es adecuada para usarse sólo en sistemas grandes donde se tenga una persona en servicio y donde la carga del sistema sea realmente constante. Cuando se desea tener un control automático y/o cuando el sistema está sujeto a fluctuaciones muy frecuentes de carga, deberá utilizarse algún otro tipo de control de flujo refrigerante.

El uso principal que actualmente se le da a la válvula de expansión manual, es para control de refrigerante auxiliar instalándose en una tubería de desviación. Con frecuencia también se le usa para controlar la razón de flujo a través de tuberías de purgado o sangrado.

VALVULA DE EXPANSION AUTOMATICA. Este tipo de válvulas consiste principalmente de una aguja y asiento, un fue-

lle o diafragma de presión y de un resorte cuya tensión se puede variar por medio de un tornillo de ajuste. Por lo general se instala un filtro a la entrada del líquido con el fin de evitar la entrada de materiales extraños los cuales pueden causar interrupción del flujo.

#### VII.4.2 FUNCIONAMIENTO

Las funciones de la válvula de expansión automática son las de mantener una presión constante en el evaporador inundado, alimentando una mayor o menor cantidad de flujo a la superficie del evaporador, en respuesta a los cambios de carga que se tengan en el mismo. La característica de presión constante resulta de las interacciones de dos fuerzas opuestas: 1) la presión en el evaporador, y 2) la tensión en el resorte. Por un lado se ejerce la presión del evaporador sobre los fuelles o diafragma, para dar movimiento a la válvula en la dirección de cerrado, mientras que la tensión en el resorte actúa en el lado opuesto de los fuelles o diafragma, para mover a la válvula en la dirección correspondiente a abrirse. Cuando el compresor está funcionando, la válvula actúa manteniendo la presión del evaporador en equilibrio con la tensión del resorte.

Como su nombre lo indica, la operación de la válvula

es automática y, una vez que la tensión en el resorte es ajustada a la presión deseada en el evaporador, la válvula operará automáticamente para regular el flujo del refrigerante líquido hacia el operador, independientemente de la carga que se tenga en el evaporador.

Es importante notar que las características de operación de la válvula de expansión automática son tales que la válvula cerrará rápidamente cuando "para" el ciclo del compresor y permanecerá cerrada hasta que se inicie el ciclo de arranque del compresor. Durante el ciclo de paro, la presión en el evaporador siempre excederá a la presión ejercida por la tensión del resorte y la válvula estará fuertemente cerrada. Cuando se inicia el ciclo en el compresor, se reducirá inmediatamente la presión en el evaporador hasta un valor menor que la presión originada por el resorte, como consecuencia de ello, la válvula se abrirá para admitir suficiente líquido hacia el evaporador para establecer el equilibrio operante entre las presiones en el evaporador y la originada en el resorte.

La principal desventaja de la válvula de expansión automática es relativa baja eficiencia comparada con los otros controles de flujo de refrigerante.

En vista de su baja eficiencia para condiciones de

carga pesada, la válvula de expansión automática es más adecuada para equipos pequeños que tengan cargas relativamente constantes, tales como en refrigeradores y congeladores domésticos pequeños y en unidades refrigeradoras para venta al menudeo de helados.

VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA. Debido a su alta eficiencia y a lo fácil de adaptarse a cualquier tipo de aplicaciones de refrigeración, la válvula de expansión termostática es probablemente la que más se usa en la actualidad para control de refrigerante. Mientras que la válvula de expansión automática está basada en mantener presión constante en el evaporador, la válvula de expansión termostática se basa en mantener un grado constante de sobrecalentamiento de la succión en la salida del evaporador, circunstancia que permite mantener al evaporador completamente lleno de refrigerante bajo las condiciones de carga del sistema, sin peligro de derramar líquido dentro de la tubería de succión. Devido a su habilidad para proporcionar un amplio y efectivo uso de la superficie del evaporador bajo todas las condiciones de carga, la válvula de expansión termostática es prácticamente adecuada para control del refrigerante en sistemas que están sujetos a variaciones grandes y frecuentes de la carga.

Las partes principales de la válvula de expansión termostática son: 1) una aguja y asiento, 2) fuelles o diafragma de presión, 3) un bulbo remoto cargado con cierto fluido en el cual está abierto en el lado de los fuelles o diafragma a través de un tubo capilar, y 4) un resorte, cuya tensión es ajustada por un tornillo de ajuste.

La característica de operación de la válvula de expansión termostática resulta de la interacción de tres fuerzas independientes, o sea: 1) la presión en el evaporador, 2) la presión ejercida en el resorte, y 3) la presión ejercida por la mezcla de líquido vapor que se tiene en el bulbo remoto.

El bulbo remoto de la válvula de expansión está puesto firmemente al tubo de succión en la salida del evaporador, donde responderá a los cambios de temperatura que el vapor refrigerante tenga en dicho punto.

La presión del fluido en el bulbo remoto actúa en uno de los lados de los fuelles o diafragma a través del tubo capilar y tiende a mover a la válvula en la dirección de abrirse, mientras que la presión en el evaporador y la tensión en el resorte actúan juntamente sobre el otro lado de los fuelles o diafragma y tiende a mover la válvula hacia la dirección de cerrarse.

La cantidad de sobrecalentamiento necesario para lograr el equilibrio con la válvula de expansión termostática depende de la tensión que se tenga en el resorte. Por esta razón, al ajuste del resorte se le llama "Ajuste de sobrecalentamiento". Al aumentar la tensión en el resorte, se aumenta el sobrecalentamiento necesario para compensar la tensión en el resorte y llevar a la válvula a la condición de equilibrio. Generalmente es indeseable tener un grado alto de sobrecalentamiento porque tiende a reducir la cantidad de superficie efectiva de evaporador. Por otra parte, una disminución en la tensión del resorte reduce la cantidad de sobrecalentamiento necesario para mantener a la válvula en la condición de equilibrio y por lo tanto tiende a aumentar la superficie efectiva. Sin embargo, si también es bajo el sobrecalentamiento en la válvula, la válvula perderá control sobre el refrigerante hasta el grado de que en forma alterna "limitará" o "sobrealimentará" al evaporador. Como regla general las válvulas de expansión termostáticas son ajustadas por el fabricante para un sobrecalentamiento de 7° a 10°F.

A diferencia de la válvula de expansión automática, la válvula de expansión termostática no puede mantener una cierta temperatura y presión en el evaporador, solamente un sobrecalentamiento constante. Cuando se usa una válvula de expansión termostática para control de refrigerante, la tem-

peratura y presión en el evaporador variarán con la carga del sistema.

Salvo algunas excepciones, el fluido en el bulbo remoto es refrigerante usado en el sistema.

TUBOS CAPILARES. El tubo capilar es el más simple de los controles de flujo refrigerante; consiste de una tubería de longitud fija, de diámetro pequeño, instalada entre el condensador y el evaporador, generalmente se coloca por el lado de la tubería del líquido. Debido a la gran resistencia por fricción que resulta de su longitud y diámetro pequeño y por el efecto del estrangulamiento resultante de la formación gradual de gas en el tubo a medida que la presión del líquido se reduce hasta un valor menor a la presión de saturación, el tubo capilar actúa para restringir o medir el flujo del líquido del condensador al evaporador y también para mantener la diferencia de presión de operación entre estas dos unidades.

Para un sistema que use tubo capilar, operará a su máxima eficiencia sólo para ciertas condiciones de operación fijadas. Para otras condiciones de operación la eficiencia del sistema será algo menor a la máxima. Sin embargo, el tubo capilar es hasta cierto grado autocompensante y si está debidamente diseñado y aplicado, dará servicio satisfactorio



para un rango razonable de condiciones de operación. Normalmente, a medida que la carga del sistema aumenta o disminuye, la capacidad de flujo del tubo capilar aumenta o disminuye, respectiva y parcialmente por el cambio de presión condensante que de ordinario producen estos cambios en la carga del sistema y parcialmente también por el cambio de cantidad de líquido subenfriado que se tiene en el condensador.

El tubo capilar difiere de los otros tipos de control de flujo refrigerante, en que no cierra ni detiene el flujo del líquido hacia el evaporador durante el ciclo de "paro". Cuando "para" el compresor, se igualan las presiones en los lados de alta y baja presión a través del tubo capilar abierto y el residuo del líquido que se tiene en el condensador pasa hacia el evaporador, de presión menor, donde permanece hasta que nuevamente se inicia el ciclo del compresor.

Además de su construcción sencilla y bajo costo, el tubo capilar tiene la ventaja adicional de permitir ciertas simplificaciones en el sistema refrigerante, con lo cual se pueden reducir los costos de fabricación. Debido al equilibrio de presiones a través del tubo capilar, en los lados de alta y baja presión durante el ciclo de parada, el compresor arranca en condiciones de "descarga".

Los tubos capilares deberán emplearse sólo en aquellos sistemas especialmente diseñados para su uso. Su mejor empleo es para sistemas que tengan carga relativamente constante como en las unidades paquete herméticas de motor compresor. Específicamente, el tubo capilar no debe usarse con compresores tipo abierto. Debido a que la carga refrigerante en condiciones críticas, podrá filtrarse alrededor del se llo del eje de un compresor tipo abierto, con lo cual lo ha ría inoperante en un tiempo relativamente corto.

VALVULA DE FLOTADOR DE PRESION BAJA. La válvula de flotador de presión (en el lado de baja presión) actúa para mantener un nivel constante de líquido en el evaporador regu lando el flujo de refrigerante líquido hacia la unidad, de acuerdo con la rapidez a la cual el suministro de líquido es tá siendo agotado por vaporización. Este responde sólo a ni vel del líquido del evaporador y mantendrá lleno de refrigerante líquido al evaporador hasta el nivel deseado, para todas las condiciones de carga independientemente de la temperatura y presión que se tenga en el evaporador.

La operación del flotador de presión baja puede ser continua o intermitente. Para operación continua la válvula del flotador de presión baja tiene una acción estranguladora en la que ésta modula hacia la posición de abrir o cerrar pa

ra suministrar más o menos líquido hacia el evaporador en respuesta directa a los cambios mínimos que se tengan en el nivel del líquido del evaporador. Para operación intermitente, la válvula está diseñada para que responda sólo a los niveles mínimos y máximos del líquido, en cuyos puntos la válvula podrá estar completamente abierta o cerrada de acuerdo a la posición que se tenga en el mecanismo que acciona la válvula.

VALVULA DE FLOTADOR DE PRESION ALTA. Al igual que la válvula de flotador de presión baja, la válvula de flotador de presión alta controla el flujo refrigerante para tener un determinado nivel de líquido en el evaporador de acuerdo con la rapidez a la cual el líquido está siendo vaporizado. La válvula de flotador de presión alta está localizada en el lado de alta presión del sistema y controla indirectamente la cantidad de líquido en el evaporador, manteniendo constante el nivel del líquido en la cámara del flotador la cual se encuentra a alta presión.

El principio de operación de este tipo de válvula es relativamente simple. El vapor refrigerante del evaporador se condensa y cambia a líquido en el condensador, después pasa hacia la cámara del flotador haciendo subir el nivel del líquido, causando así que suba la bola del flotador para

abrir la lumbrera de la válvula, de manera que una cantidad proporcional del líquido es descargada de la cámara del flotador para suministrar líquido al evaporador. Debido a que siempre se condensa vapor en el condensador a la misma rapidez que el líquido es vaporizado en el evaporador, la válvula de flotador de presión alta estará continua y automáticamente alimentando el líquido de regreso al evaporador a una rapidez que es proporcional a la rapidez de vaporización independientemente de la carga del sistema. Cuando "para" el compresor, baja el nivel del líquido en la cámara del flotador lo que hace que se cierre la válvula del flotador y permanezca cerrada hasta que nuevamente arranque el compresor.

## VIII

## DISEÑO DEL PROTOTIPO Y CARACTERISTICAS

NOMBRE DEL PROYECTO. Diseño y construcción de un simulador didáctico para el estudio de refrigeración y aire acondicionado.

GABINETE. Este gabinete será de lámina negra, pintado de color azul, según lineamientos de códigos de colores, para aire acondicionado, con las siguientes dimensiones: alto total: 82 pulgadas; ancho total: 40 pulgadas, y fondo total: 24 pulgadas. Este gabinete contendrá los siguientes componentes:

Compresor. Tipo recíprocante, abierto, de dos cilindros, con capacidad para manejar  $5.32 \text{ ft}^3/\text{min}$ , accionado por motor eléctrico de 2 Hp a 220/3/60, girando a 370 RPM, enfriado por aire, selección Gilbert Copeland.

Motor eléctrico. Tipo cerrado a prueba de goteo, enfriado por aire, selección asea de 2 Hp, 220-400 volts, 3 fases y 60 ciclos/seg.

Serpentín evaporador. Este será del tipo aletado, con tubos de cobre, de 4 hileras, 8 aletas por pulgada, con

las siguientes dimensiones netas de enfriamiento: ancho: 18 pulgadas; alto: 8 pulgadas, y fondo: 8 pulgadas. Con conexión derecha en vista trasera, es decir, entrando el aire por el serpentín, probado hasta para 300 lb/pulg<sup>2</sup>.

Serpentín condensador. Este es igual al anterior, pero de 16 tubos, 3 hileras y 8 aletas por pulgada, con las siguientes dimensiones: ancho: 22 pulgadas; alto: 16 pulgadas, y fondo: 3 pulgadas; selección Gilbert Copeland.

Y todos los demás accesorios que se muestran en los planos, tales como: válvulas de expansión, válvulas de paso, indicador de líquido-humedad, filtro deshidratador, separador de aceite, recibidor de líquido, manómetros en línea de baja presión, manómetros en línea de alta presión, termómetros en línea de baja presión, termómetros en línea de alta presión, control de baja presión, arrancador termomagnético, estación de botones, ventiladores axiales para el evaporador, ventilador axial para el condensador, tubería de cobre para línea de alta presión, tubería de cobre para línea de baja presión.

Aplicación. Con este prototipo se pensó poder provocar las fallas más comunes, las cuales son:

1. Válvula de expansión seleccionada para una capa

- cidad menor que la requerida.
2. Válvula de expansión obstruida.
  3. Válvula de expansión completamente cerrada.
  4. Válvula de expansión seleccionada para una capa cidad mayor que la requerida.
  5. Válvula de expansión atorada en posición abierta.
  6. Válvula de expansión desajustada.
  7. Filtro en la línea de líquido obstruido.
  8. Falta de aire de condensación.
  9. Control de baja presión puesto muy alto.
  10. Válvula en el receptor de líquido parcialmente cerrada.

Para poder provocar estas fallas, es necesario consultar los procedimientos que se exponen en cada una de las prácticas, según el índice de esta tesis.

### VIII.1 MEMORIA DE CALCULOS Y PLANOS

Consideraciones. Para el cálculo de este diseño, estamos basados en diferentes tipos de consideraciones que a continuación se detallan.

Presión. Estos cálculos están basados para trabajar con una presión barométrica de 11.28 lb/pulg<sup>2</sup> (586 mm de Hg).

Altitud. Esta es de 7573 ft, sobre el nivel del mar (Observatorio Tacubaya).

Temperatura. Para ésta nos estamos basando en temperaturas recomendables para cálculo, de bulbo seco 86°F y bulbo húmedo 62°F (concretamente son condiciones para el Distrito Federal).

NOTA. Para estas condiciones, nos estamos basando en normas AMICA - 2 - 1955.

Otras consideraciones son también:

- No hay recirculación de aire por el evaporador, por tal motivo el aire entrando a éste es de 86°F siempre.
- Este diseño parte de una capacidad térmica de 12,000 BTU/hr o una tonelada de refrigeración, con el fin de familiarizar al estudiante con este término tan común.
- Para la selección del compresor, motor eléctrico, condensador, receptor, separador de aceite y control de baja presión, así como del ventilador del condensador, estamos partiendo de la selección de una unidad de condensación enfriada por aire que contiene a todos estos elementos integrados en un



bastidor, por tal motivo aparecerá únicamente la selección de dicha unidad completa.

#### SELECCION DEL SERPENTIN EVAPORADOR

Esta selección, está basada en el Catálogo Recold de Serpentes (Copyright 1966 Recold Los Angeles Calif. Bulletin 124 - 7000 ft) de expansión directa utilizando refrigerante Freón 12.

Condiciones. Temperatura del refrigerante en la succión = 45°F, velocidad del aire pasando por el área neta de enfriamiento = 500 FPM. La cantidad de aire necesaria queda expresada por la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Q_s}{0.83 AT}$$

donde:

V = gasto de aire en CFM (pies cúbicos por minuto)

Qs = calor sensible en BTU/hr

AT = diferencia de temperatura del aire entrando y saliendo del serpentín evaporador en °F

0.83 = factor de conversión para expresar la cantidad de aire por unidad de volumen, en lugar de por unidad de masa

Entrando al catálogo Recold, con temperaturas de

85°F de bulbo seco y 62°F de bulbo húmedo a 500 FPM (de velocidad) y 45°F de temperatura de succión del refrigerante, obtenemos:

Un serpentín evaporador de 4 hileras, 8 aletas/pulg<sup>2</sup> y una capacidad térmica de 14,800 BTU/hr ft<sup>2</sup>, con temperaturas en la salida de 57.8°F de bulbo seco y 53.4°F de bulbo húmedo, con estos datos podemos determinar la cantidad de aire necesaria, así como el área neta de enfriamiento necesaria.

$$V = \frac{12,000}{0.83 \times (85 - 57.8)} = 531 \text{ CFM}$$

Ahora bien, como la selección del serpentín evaporador se basó en una velocidad de paso de aire de 500 FPM, podemos determinar el área como sigue:

$$\frac{531 \text{ CFM}}{500 \text{ FPM}} = 1.06 \text{ ft}^2$$

Entrando de nuevo al catálogo Recold de Serpentes, en donde se encuentran las dimensiones de los serpentines, encontramos:

Para 1.06 ft<sup>2</sup> tenemos un serpentín que por su forma nos es adecuado y mide:

18 pulgadas de largo  
 8 pulgadas de alto

$$18 \times 8 = 144 \text{ pulg}^2 - 1 \text{ ft}^2,$$

Por lo tanto, usaremos un serpentín evaporador de:

- 18" largo
- 8" alto
- 4 hileras
- 4 tubos
- 8 aletas/pulg<sup>2</sup>
- Selección Recold

#### VENTILADOR PARA EL EVAPORADOR

El ventilador tendrá que ser adaptado al factor de forma que tiene ya el evaporador, por tal motivo estamos restringidos a algo parecido a 18" x 8", que sea capaz de manejar 531 CFM, así pues del catálogo de ventiladores ARMEE, encontramos un ventilador del tipo axial que puede ser adaptado, y que además maneja un gasto de 395 CFM, lo cual no es suficiente y pueden seleccionarse dos ventiladores; estos son:

Ventilador tipo axial, selección ARMEE - Chicago, construido por Equipos Electromecánicos, S. A., con capacidad para manejar 395 CFM, modelo EX-8, accionado directamente por un motor eléctrico de 1/50 Hp a 125 volts, 1 fase y

60 ciclos con las siguientes dimensiones: 8" Ø de aspas.

Unidad condensadora de refrigerante enfriada por aire. Esta unidad incluye el compresor que es del tipo abierto recíprocante enfriado por aire, motor eléctrico, transmisión mediante poleas y bandas, serpentín condensador, recibidor de líquido, separador de aceite y control de baja presión.

Entrando al catálogo Gilbert Copeland, con las siguientes condiciones:

Temperatura de evaporación de 45°F, refrigerante Freón-12.

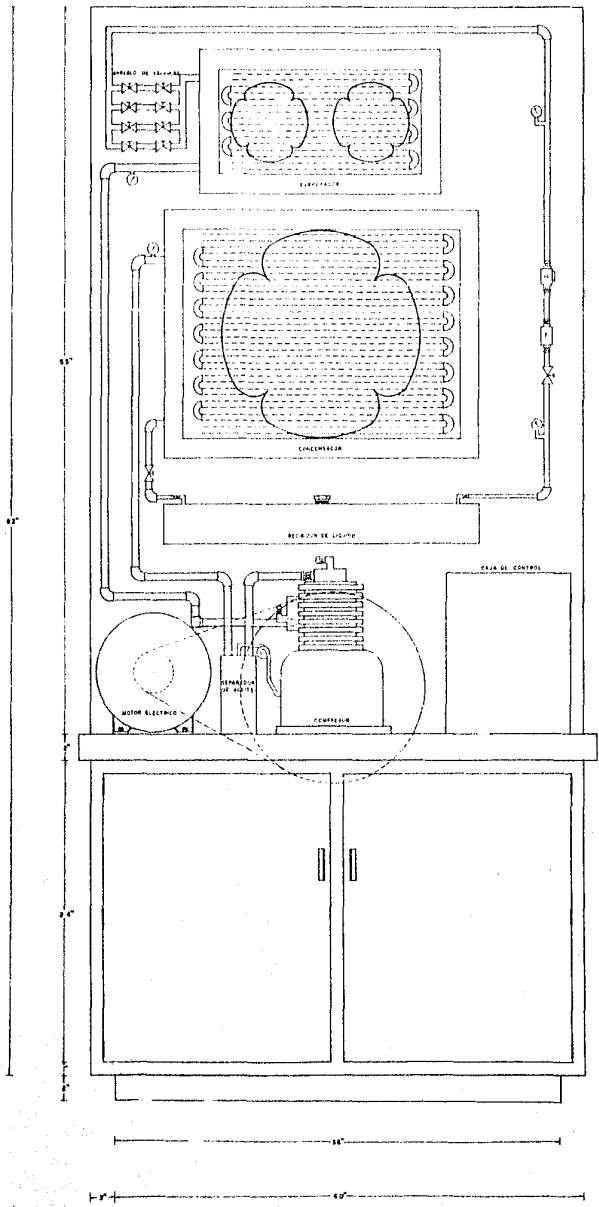
Tenemos que, con una unidad A-200 A obtenemos una capacidad térmica de 15,505 BTU/hr, la cual es más que suficiente, ya que el modelo inmediato superior se sale de nuestras necesidades.

Número de práctica	Temperatura en la línea de GAP °C y °F	Temperatura en la línea de LAP antes del filtro °C y °F	Temperatura en la línea de LAP después del filtro °C y °F	Temperatura en la línea de GBP °C y °F
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Presión en la línea de GBP lb/pulg <sup>2</sup>	Presión en la línea de LAP antes del filtro lb/pulg <sup>2</sup>	Presión en la línea de LAP después del filtro lb/pulg <sup>2</sup>	Presión en la línea de GBP lb/pulg <sup>2</sup>

**Conclusiones:**

Conversión de °C a °F = °C x 1.8 + 32      °F a °C =  $\frac{°F - 32}{1.8}$        $\frac{kg}{cm^2} = \frac{2.202643173 \text{ lb} \times 2.54^2}{cm^2}$

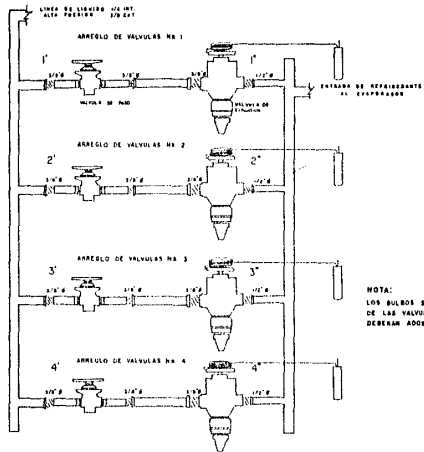


**NOMENCLATURA**

- (M) - MANOMETRO
- (V) - VALVULA DE PASO
- (E) - VALVULA DE EXPANSION TERMOESTATICA
- (A) - VENTILADOR AXIAL
- (F) - FILTRO DESHIDRATADOR
- (L) - INDICADOR DE LIQUIDO - HUMEDAD

<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>		
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PARALAJER DISEÑADO PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO		
<b>TITULO DE LA TESIS</b>		
<b>ALZADO GENERAL DEL PROTOTIPO</b>		
SE DE PLANO	ESCALA	C. TITULO
P-1	1:25	ANEXO 1998

# ESPECIFICACIONES GENERALES DE LAS VALVULAS DE EXPANSION Y ARREGLO DE CONEXION DE LAS MISMAS

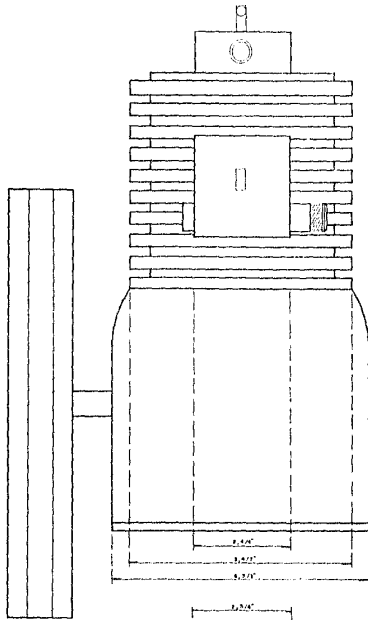


ARREGLO DE VALVULAS	VALVULA DE EXPANSION
ARREGLO DE VALVULAS No. 1 — CAPACIDAD MENOR QUE LA REQUERIDA	SELECCION PRISTINA CAPACIDAD 80 TON. CONEXION PLANO C — ENTRADA 1/2" B SALIDA 1/2" B
ARREGLO DE VALVULAS No. 2 — CAPACIDAD MAYOR QUE LA REQUERIDA	SELECCION PRISTINA CAPACIDAD 120 TON. CONEXION PLANO C — ENTRADA 3/4" B SALIDA 1/2" B
ARREGLO DE VALVULAS No. 3 — CAPACIDAD REQUERIDA PERO DE AJUSTAR	SELECCION PRISTINA CAPACIDAD 120 TON. CONEXION PLANO C — ENTRADA 3/4" B SALIDA 1/2" B
ARREGLO DE VALVULAS No. 4 — CAPACIDAD REQUERIDA	SELECCION PRISTINA CAPACIDAD 120 TON. CONEXION PLANO C — ENTRADA 3/4" B SALIDA 1/2" B

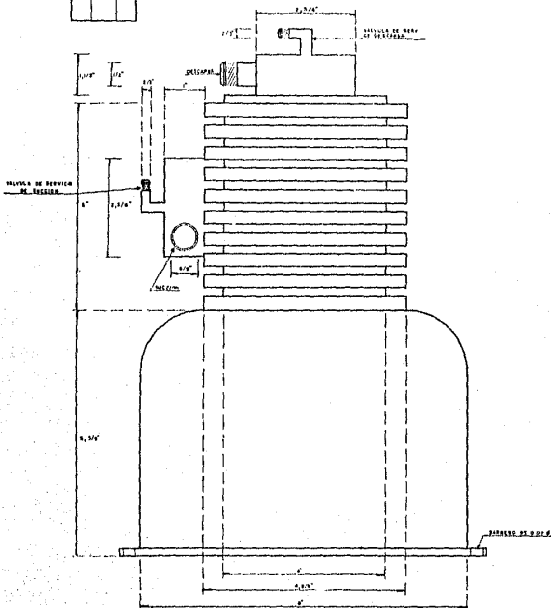
<b>HOMBRE DE LA TERCERA</b>	
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN EQUIPO DISEÑADO PARA EL ESTUDIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO	
NOMBRE	C.A. P.A.
<b>ARREGLO Y CONEXION DE VALVULAS DE EXPANSION</b>	
EL DISEÑO	TERCERA
P. 2	ESCALA 1/8" = 1"



COMPRESOR ABIERTO TIPO RECIPROCANTE DE 2 CILINDROS  
 ENFRIADO POR AIRE PARA COMPRIMIR REFRIGERANTE  
 FREON 12 TIPO 2 SELECCION GILVERT COPELAND

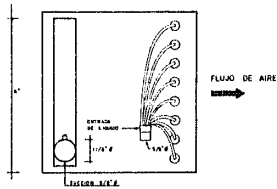
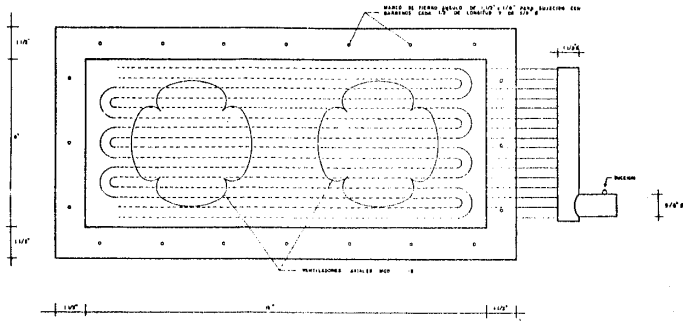


UNIDAD CONDENSADORA  
 MARCA: GILVERT COPELAND  
 MODELO: S-200  
 MOTOR: 2 HP  
 CAPACIDAD NOMINAL DE  
 15,400 BTU/HR.



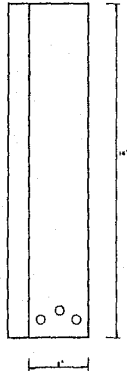
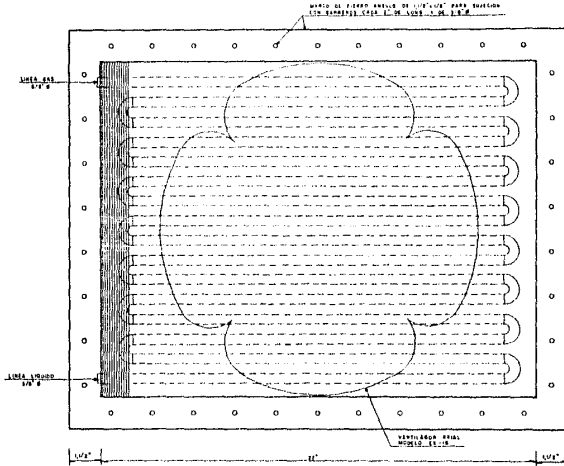
NOMBRE DE LA TESIS	
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SIMULADOR DISEÑADO PARA EL ESTUDIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO	
NOMBRE DEL ALUMNO	
COMPRESOR	
BY: M. PLAZO	FECHA: 1968-1968
P-5	13

# EVAPORADOR DE TUBOS Y ALETAS



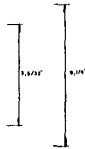
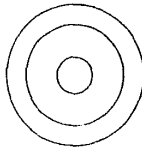
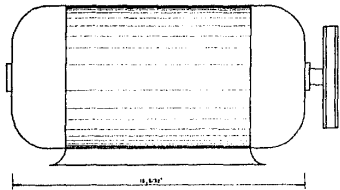
<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>		
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR INDUCTIVO PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO		
<b>NOMBRE DEL PLANO</b>		
<b>EVAPORADOR</b>		
<b>NO. DE PLANO</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
P-4	1:1	1998-1999

# CONDENSADOR DE TUBO Y ALETAS ENFRIADO POR AIRE



- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**
- 16 TUBOS
  - 3 MILERAS
  - 6 ALETAS POR PULGADA CUADRADA

<b>NOMBRE DE LA TESIS:</b>	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONDENSADOR ENFRÍADO POR AIRE PARA EL SERVICIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO	
<b>NOMBRE DEL ALUMNO:</b>	
<b>CONDENSADOR</b>	
SI DE ALAMBRE ENRROLLADO	SI DE TUBO ENRROLLADO
P. 5	1-18

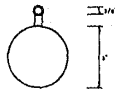
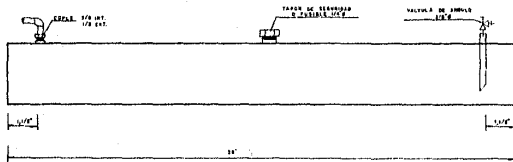


**MOTOR ELECTRICO**

MARCA: ASEA

POENCIA: 2 HP

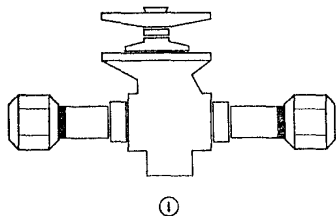
TRIFASICO A 220-440/80 CICLOS



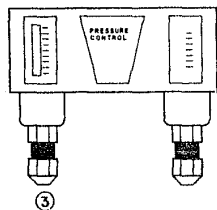
**RECIBIDOR DE LIQUIDO**

CON VALVULAS DE ANGAULO DE 30°S

<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>	
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN EMULSION DOMESTICO PARA EL ASTRON DE REFRIGERACION Y AIRE CONDICIONADO	
<b>NOMBRE DEL PAIS</b>	
MOTOR DEL COMPRESOR Y RECIBIDOR DE LIQUIDO	
DE UN PLANO	RECALCULO
P-8	118
Aprobado: 1964	



①



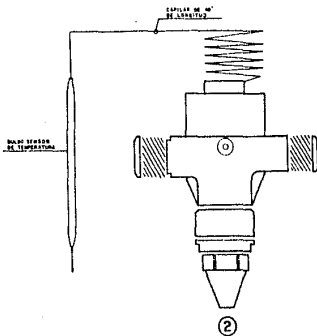
③

**①- VALVULA DE PASO.**

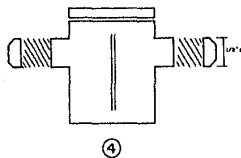
CONEXION FLARE 1/4" FLARE  
 SELECCION: HERMETIK  
 MODELO: VP-38 DE TIPO DIAFRAGMA  
 CON ASIENTO DE BALIN

**③- CONTROL DE BAJA Y ALTA PRESION.**

SELECCION: RIMBA  
 TIPO: DMS  
 50mm Hg VACIO A 6 kg/cm<sup>2</sup> EN BAJA PRESION 0.8kg/cm<sup>2</sup> A 20kg/cm EN ALTA PRESION  
 RANGO: 20" VACIO A 88 100.7psig<sup>2</sup>  
 DIFERENCIAL: .8kg/cm<sup>2</sup> MINIMO Y 4kg/cm<sup>2</sup> MAXIMO  
 CONEXION MACHO 1/4" FLARE  
 2 CAPILARE CON TUERCA DE 1/4" FLARE  
 HEMBRA 1/4" FPT  
 REFRIGERANTE: FREON-12



②



④

**②- VALVULA THERMOSTATICA DE EXPANSION.**

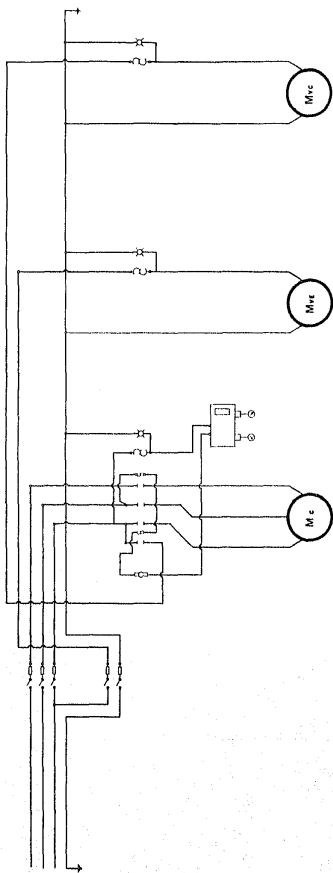
CONEXION FLARE 1/8" SALIDA Y 3/8" ENTRADA  
 RANGO DE OPERACION +5°C A -30°C  
 ESPECIFICACIONES TECNICAS:  
 TEMPERATURA DE CONDENSACION=68°F  
 TEMPERATURA DE EVAPORACION=45°F  
 MARCA: FRIGOTHERM  
 MODELO: VT-80, VT-100 Y VT-150  
 REFRIGERANTE: FREON-12

**④- INDICADOR DE LIQUIDO Y HUMEDAD.**

SELECCION: HERMETIK  
 MODELO: ILH-12  
 CONEXION: FLARE 3/8"  
 ESPECIFICACIONES TECNICAS:  
 INDICADOR DE LIQUIDO Y HUMEDAD A PRUEBA DE FUGAS CON UNA EMERGA SOLICITA UN CAMBIO DE COLOR EN CASO DE DETECTAR HUMEDAD EN EL SISTEMA.  
 COLOR AZUL: INDICA QUE EL SISTEMA ESTA SECO  
 COLOR ROSADO: INDICA QUE EL SISTEMA TIENE HUMEDAD  
 REFRIGERANTE: FREON-12

<b>NOMBRE DE LA TESIS</b>			
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SIMULADOR DINAMICO PARA EL ESTUDIO DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO			
<b>NOVENA DEL TITULO</b>			
<b>ACCESORIOS PARA REFRIGERACION</b>			
DE DE FLARE	ESCALA	PUNTO	
P-7	ESCALA	ANEXO 1000	

DIAGRAMA ELECTRICO



NOVENCLATURA Y SIMBOLOGIA

- ⊖/⊕ - INTERRUPTOR DE SEGURIDAD O FUSIBLE
- ⌚ - ELEMENTO TERMICO
- ⌘ - FOCO PUNTO
- ⊞ - INTERRUPTOR DE ALTA Y BAJA PRESION
- ⊞ - MOTOR DEL COMPRESOR
- ⊞ - MOTOR DEL VENTILADOR DEL CONDENSADOR
- ⊞ - MOTOR DEL VENTILADOR DEL EVAPORADOR
- ∇ - NEUTRO
- ⌚⌚⌚ - ARRANCADOR INERTICIA
- ⌚ - SIGNAL

NOMBRE DE LA TESIS			
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DIGITAL PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO			
AUTOR			
DIAGRAMA ELECTRICO Y DE CONTROL			
FECHA	SEMA	FECHA	SEMA
P. 1	1	P. 1	1

IX  
PRACTICAS

## PRACTICA 1

VALVULA DE EXPANSION SELECCIONADA PARA  
UNA CAPACIDAD MENOR QUE LA REQUERIDA

GENERALIDADES. Si la caída de presión disponible para la válvula de expansión ha sido seleccionada incorrectamente o simplemente la selección de la válvula de expansión se hizo para una capacidad menor que la necesaria, el orificio de la válvula de expansión será pequeño y en este caso pasará poco refrigerante líquido al serpentín evaporador provocando que la presión de succión sea baja, pero con la línea de succión y parte del serpentín evaporador, relativamente calientes.

OBJETIVO. Que el estudiante observe el comportamiento del sistema, cuando se le somete a la falla y que determine cómo corregirla adecuadamente.

PROCEDIMIENTO. Para la simulación de esta falla se operará el arreglo de válvulas 1 que contiene a la válvula de paso 1' y a la válvula de expansión 1" como sigue:

- Se abre totalmente la válvula de paso 1' con el fin de dejar pasar todo el refrigerante líquido por la válvula de expansión 1".



- Se procede a leer los manómetros y termómetros que están distribuidos en todo el sistema y se llena la hoja de datos, para compararla con la hoja de datos del sistema que opera bajo condiciones normales.

## PRACTICA 2

## VALVULA DE EXPANSION OBSTRUIDA

GENERALIDADES. Algunas veces la válvula de expansión puede atorarse en posición cerrada por existir polvo o algo de humedad dentro del sistema y ésta congelarse en el orificio de la válvula de expansión; en cualquier caso existirá un pequeño escurrimiento de refrigerante líquido a través de la válvula de expansión provocando que el compresor arranque y pare a intervalos frecuentes, porque el líquido es admitido insuficientemente al serpentín evaporador; por tal motivo el compresor es capaz de bajar la presión de succión muy rápido y como resultado el compresor parará cuando la presión en el serpentín evaporador ha alcanzado la posición del switch de baja presión.

Mientras el compresor está parado la presión se restablecerá de nuevo hasta el punto donde el switch de baja presión mande arrancar de nuevo el compresor.

Otros síntomas son el aire de enfriamiento al igual que el serpentín evaporador, relativamente calientes, escarcha en la descarga de la válvula de expansión y baja presión en la succión.

**OBJETIVO.** Que el estudiante observe el comportamiento del sistema, cuando se le somete a la falla y que determine cómo corregirla adecuadamente.

**PROCEDIMIENTO.** Para la simulación de esta falla se operará el arreglo de válvulas 1, que contiene a la válvula de paso 1' y a la válvula de expansión 1" como sigue:

- Se cierra casi en su totalidad la válvula de paso 1' con el fin de dejar pasar un poco de refrigerante líquido para la válvula de expansión 1". Se debe tener cuidado de no cerrar en su totalidad la válvula de paso 1', ya que el compresor parará y además se pretende que exista el escurrimiento a través de la válvula de expansión 1", se procede a leer los manómetros y termómetros que están distribuidos en todo el sistema y se llena la hoja de datos para compararla con la hoja de datos del sistema que opera bajo condiciones normales.

## PRACTICA 3

## VALVULA DE EXPANSION COMPLETAMENTE CERRADA

GENERALIDADES. En algunas ocasiones la válvula de expansión puede atorarse en posición completamente cerrada por existir polvo o humedad dentro del sistema y ésta congelarse en el orificio de la válvula de expansión provocando que no pase refrigerante líquido en lo absoluto a través de la válvula de expansión, cuando se presenta este caso la presión de succión baja muy rápido y el switch de baja presión mandará parar al compresor.

Se presentan como síntomas el aire de enfriamiento al igual que el serpentín evaporador relativamente calientes, escarcha en la descarga de la válvula de expansión y arranques a intervalos frecuentes en el compresor.

OBJETIVO. Que el estudiante observe el comportamiento del sistema cuando se le somete a la falla y que determine cómo corregirla adecuadamente.

PROCEDIMIENTO. Para la simulación de esta falla se operará el arreglo de válvulas 1, que contiene a la válvula de paso 1' y a la válvula de expansión 1" como sigue:

- Se sierra totalmente la válvula de paso l' con el fin de no dejar pasar refrigerante al serpentín evaporador, se procede a leer los manómetros y termómetros que están distribuidos en todo el sistema y se llena la hoja de datos, para compararla con la hoja de datos del sistema que opera bajo condiciones normales.

## PRACTICA 4

VALVULA DE EXPANSION SELECCIONADA PARA UNA  
CAPACIDAD MAYOR QUE LA REQUERIDA

GENERALIDADES. Si la válvula de expansión ha sido seleccionada para una capacidad mayor que la requerida, ésta dejará pasar demasiado refrigerante líquido al serpentín evaporador, y esto puede provocar que llegue líquido refrigerante al compresor; además, el tubo de succión condensará demasiado, todo esto se agudizará más aún si el bulbo sensor de la válvula de expansión no está haciendo un buen contacto con el tubo de succión.

OBJETIVO. Que el estudiante observe el comportamiento del sistema, cuando se le somete a la falla y que determine cómo corregirla adecuadamente.

PROCEDIMIENTO. Para la simulación de esta falla se opera el arreglo de válvulas 2 que contiene a la válvula de paso 2' y a la válvula de expansión 2" como sigue:

- Se mantiene totalmente abierta la válvula de paso 2' con el fin de dejar pasar todo el refrigerante líquido al serpentín evaporador a través de la válvula de expansión 2", se procede a leer los manómetros y termómetros que están distribuidos en

todo el sistema y se comparan las lecturas del sistema en falla con el sistema en operación normal.

- Llenar la hoja de datos con las lecturas tomadas.

## PRACTICA 5

VALVULA DE EXPANSION ATORADA  
EN POSICION ABIERTA

GENERALIDADES. Si la válvula de expansión está atorada en posición abierta, habrá una cantidad muy grande de condensado en la línea de succión, dada la cantidad excesiva de líquido admitido hacia el serpentín evaporador.

Cuando se presenta esta falla, normalmente se debe a que no existe un buen contacto entre el tubo de succión y el bulbo sensor de la válvula de expansión provocándose con esto que la válvula de expansión siga pidiendo más refrigerante y que por lo tanto no cierre.

OBJETIVO. Que el estudiante observe el comportamiento del sistema cuando se le somete a la falla y que determine cómo corregirla adecuadamente.

PROCEDIMIENTO. Para la simulación de esta falla se operará el arreglo de válvulas 2 que contiene a la válvula de paso 2' y a la válvula de expansión 2" como sigue:

- Se abre totalmente la válvula de paso 2' con el fin de dejar pasar en su totalidad al refrigerante, y se retira el bulbo sensor de la válvula de



expansión del tubo de succión, posteriormente se toma el bulbo sensor con la mano y se aprieta fuertemente a fin de transmitirle el calor del cuerpo humano, que relativamente es caliente; inmediatamente este calor provocará que el sensor mande abrir el vástago de la válvula de expansión, se procede a leer los manómetros y termómetros que están distribuidos en todo el sistema y se llena la hoja de datos, para compararla con la hoja de datos del sistema que opera bajo condiciones normales.

## PRACTICA 6

## VALVULA DE EXPANSION DESAJUSTADA

GENERALIDADES. Normalmente una válvula de expansión en una instalación opera con cierto desajuste, sin embargo, dicho desajuste puede ser tolerado por el sistema repercutiendo simplemente en el arranque y paro del sistema; refiriéndonos con esto a que el equipo puede estar más tiempo trabajando, si el desajuste es hacia una baja capacidad, o menos tiempo trabajando si el desajuste es hacia una mayor capacidad, estos desajustes pueden repercutir hasta un 5% como máximo, si el desajuste no es exagerado, pero si lo es, se presentan las fallas, para el caso de baja capacidad como en la práctica 1, si lo es para mayor capacidad, la falla se rá como en la práctica 4, por tal razón, se recomienda pedir las válvulas para la capacidad real.

OBJETIVO. Que el estudiante observe el comportamiento del sistema cuando se le somete a la falla y que determine cómo corregirla adecuadamente.

PROCEDIMIENTO. Para la simulación de esta falla se operará el arreglo de válvulas 3 que contiene a la válvula de paso 3' y a la válvula de expansión 3" como sigue:

- Se abre totalmente la válvula de paso 3' con el fin de dejar pasar todo el refrigerante líquido por la válvula de expansión 3"; ésta tiene un tornillo regulador en la parte inferior de la válvula; este tornillo se abrirá o cerrará arbitrariamente, ya que el desajuste se puede dejar para que pase más o menos refrigerante; se procede a leer los manómetros y termómetros que están distribuidos en todo el sistema y se llena la hoja de datos para compararla con la hoja del sistema que opera bajo condiciones normales.

## PRACTICA 7

### FILTRO EN LA LINEA DE LIQUIDO OBSTRUIDO

GENERALIDADES. Ocasionalmente la línea de líquido puede estar obstruida con suciedad. Cuando esto ocurre la línea de líquido en el lado de descarga del filtro se sentirá más fría que la línea de líquido entrando a éste; si está demasiado tapado algo de escarcha o condensados aparecerán en la descarga del filtro; también se observarán burbujas en el indicador de líquido-humedad, ya que esto equivale a escasez de refrigerante en el serpentín evaporador, también los síntomas serán el serpentín evaporador y el aire de enfriamiento relativamente calientes.

OBJETIVO. Que el estudiante observe el comportamiento del sistema cuando se le somete a la falla y que determine cómo corregirla adecuadamente.

PROCEDIMIENTO. Para la simulación de esta falla se operará la válvula de paso que se encuentra antes del filtro deshidratador, teniendo cuidado de no cerrarla en su totalidad, la medida en que esta válvula deberá cerrarse se puede tomar en base al burbujeo en el indicador de líquido-humedad, ya que si se excede el cierre de esta válvula, el compresor

parará rápidamente, debido a la alta presión, posteriormente se procede a leer los manómetros y termómetros que están distribuidos en todo el sistema y se llena la hoja de datos para compararla con la hoja de datos del sistema que opera bajo condiciones normales.

## PRACTICA 8

## FALTA DE AIRE DE CONDENSACION

GENERALIDADES. Cuando se presenta esta falla, es muy común que se deba a una mala ventilación a causa de una mala instalación, esto repercutirá en una alza de presión y los elementos térmicos de sobrecarga del arrancador del motor pararán al compresor; una vez que el compresor pare, la presión bajará de nuevo y como seguirá la demanda de refrigeración, volverá a arrancar y así sucesivamente dañando a fin de cuentas el compresor.

OBJETIVO. Que el estudiante observe el comportamiento del sistema cuando se le somete a la falla y que determine cómo corregirla adecuadamente.

PROCEDIMIENTO. Para la simulación de esta falla bastará con desconectar el ventilador del condensador con el interruptor etiquetado con la abreviación VC. Se procede a tomar las lecturas rápidamente antes de que pare por alta presión.

## PRACTICA 9

## CONTROL DE BAJA PRESION PUESTO MUY ALTO

GENERALIDADES. Cuando el control de baja presión está puesto o calibrado en posición alta, éste mandará parar el motor del compresor, más rápidamente, ya que éste está diseñado para que el compresor pare cuando está succionando más abajo del punto que considere como crítico el fabricante de los compresores, por tal motivo el compresor arrancará y parará a intervalos más frecuentes de tiempo, lo cual implica una deficiencia en el ciclo de refrigeración; en los equipos más grandes que el propuesto para este trabajo vienen equipados con control de alta presión que es prácticamente lo contrario que este control.

OBJETIVO. Que el estudiante observe el comportamiento del sistema, cuando se le somete a la falla, y que determine cómo corregirla adecuadamente.

PROCEDIMIENTO. Para la simulación de esta falla se operará el switch de baja presión que está pintado de verde y se calibrará a más o menos el doble de como viene calibrado antes de moverlo.

## PRACTICA 10

VALVULA EN EL RECIBIDOR DE LIQUIDO  
PARCIALMENTE CERRADA

GENERALIDADES. Si por alguna razón la válvula que se encuentra entre la descarga del condensador y la entrada al receptor de líquido, se encuentra parcialmente cerrada, la línea de líquido se sentirá más fría que el líquido dentro del receptor, también se llegarán a presentar algo de condensados en la línea de refrigerante líquido y todo esto redundará en la baja de eficiencia en el ciclo de refrigeración. Otro problema será el arranque y paro del compresor por ser capaz éste de bajar la presión rápidamente, o viceversa, que alcance a parar por alta presión, si el equipo tiene control de alta presión, éste se disparará, o se botarán los fusibles o algún otro medio de protección del motor del compresor.

OBJETIVO. Que el estudiante observe el comportamiento del sistema cuando se le somete a la falla y que determine cómo corregirla adecuadamente.

PROCEDIMIENTO. Para la simulación de esta falla basta con cerrar no en su totalidad, la válvula que está en la entrada del receptor de líquido y empezar a observar que



aparezca algo de condensados en la línea de refrigerante líquido, se procede a leer los manómetros y termómetros, que están distribuidos en todo el sistema y se llena la hoja de datos para compararla con la hoja de datos del sistema que opera bajo condiciones normales.

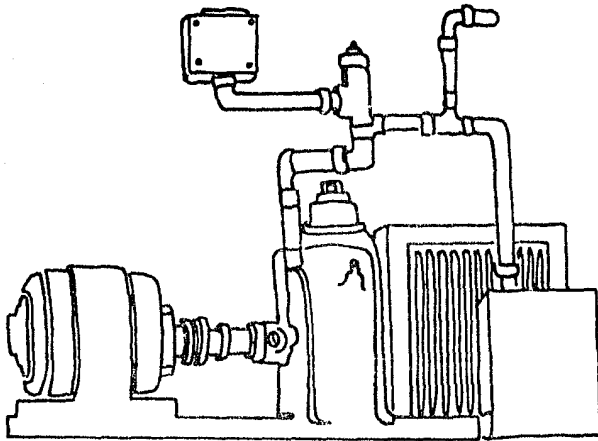
XI

ANEXO

## INTRODUCCION

Este documento contiene temas selectos sobre el apasionante mundo de la Refrigeración y su conocimiento representa para el técnico una importante herramienta, cuya correcta aplicación hará de él un conocedor profundo de la problemática que encierra la instalación, operación y mantenimiento de este campo.

Estos temas contienen información diversa que orienta al técnico hacia un manejo más eficaz de sistemas de refrigeración, con reglas y recomendaciones elaboradas por aquellos que han experimentado en el campo y han aguilatado experiencias por muchos años.



## PRUEBAS Y AJUSTES FINALES DE SISTEMAS DE REFRIGERACION

LA MEJOR FORMA de evitar costosas y molestas interrupciones después de que ha empezado a operar un sistema de refrigeración, es escudriñarlo antes del arranque. Luego, pruébelo otra vez después de 72 horas de marcha y de nuevo al cabo de una semana.

### Antes de la operación

Antes del arranque inicial del nuevo compresor de refrigeración, examine todo el sistema. Haga funcionar los controles en su ciclo completo.

Ajuste el interruptor de baja presión de modo que el compresor arranque siempre que la presión suba a más de la graduación deseada. Ajuste los puntos de diferencial o de corte lo más bajo que sea posible para evitar ciclos cortos.

Compruebe también el punto de corte del interruptor de alta presión. Suele ser de 175 psi.

Compruebe que todas las interconexiones funcionen bien. Por ejemplo, se debe parar el compresor si el condensador no trabaja en forma correcta.

Pruebe que la válvula termostática de expansión tenga el ajuste correcto de supercalentamiento. Ponga un termómetro en el tubo de succión cerca del bulbo remoto de la válvula termostática (esquema en la siguiente página). Observe la temperatura del refrigerante en un punto lo más cerca posible del bulbo remoto, pero en el lado del compresor tanto del bulbo como de la conexión para el tubo compensador externo.

Para tener lecturas de temperatura de máxima exactitud, se debe utilizar un "termopozo". Si no hay ese "pozo", sujete el termómetro con sellador para conductos o utilice un termómetro del tipo con broche. En estos dos métodos, la exactitud de la lectura depende de la adherencia entre el termómetro y el tubo.

Observe la lectura del manómetro de presión de succión en el orificio de cierre de la válvula de succión del compresor. La diferencia entre la lectura del termómetro en el tubo de succión y la temperatura calculada con la presión de succión constituye el supercalentamiento.

Este método no tiene en consideración ninguna caída de presión en el lado de baja presión del sistema. Si sospecha una caída anormal de presión, se debe medir para determinar su efecto.

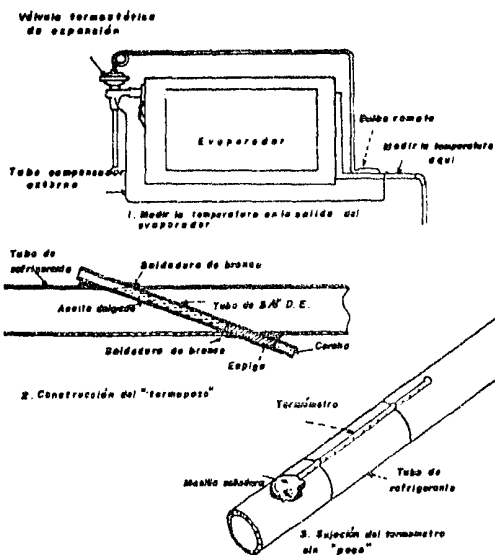
Un método para medir la caída de presión es instalar una T en la conexión entre el tubo compensador externo de la válvula de expansión y el tubo de succión. Conecte un manómetro múltiple para refrigeración en esta T. Con esto se tiene la lectura verdadera de la presión en la salida del evaporador. Las lecturas de los manómetros se pueden utilizar para obtener las mediciones de supercalentamiento.

En la mayoría de las instalaciones de aire acondicionado, hay graduaciones de supercalentamiento de unos 10°F.

Compruebe, también, la presión de la cabeza. Si es muy alta, gradúe la válvula reguladora de agua para mayor circulación. Si la presión de la cabeza es muy baja, gradúe la válvula para reducir la cantidad de agua.

Gradúe el termostato para mantener la temperatura deseada en el área que se va a enfriar.

Antes de arrancar el sistema, compruebe las siguientes condiciones:



1. Válvula de corte en el tubo de agua para el condensador de tubos y casco abierta.
2. Aceite en el compresor en el centro de la mirilla o más arriba.
3. Válvulas de succión y descarga del compresor abiertas.
4. Todas las partes móviles deben estar libres. (Para probarlo, gire el compresor varias veces a mano, desde el cople de impulsión).
5. Todas las válvulas de corte abiertas, excepto las de derivación instaladas para otros propósitos.



6. Válvula de corte solenoide en el control de la bobina magnética.
7. Todos los manómetros de succión, descarga y presión de aceite del compresor, conectados y abiertos para indicar las presiones de funcionamiento.
8. Lecturas correctas en los manómetros del compresor cuando se arranca y para el compresor varias veces a intervalos de 10 segundos. (Corrija cualquier dificultad del funcionamiento antes de seguir adelante).

Después de hacer estas comprobaciones deje funcionar el sistema normalmente, cuando menos 72 horas antes de hacer una comprobación final.

Durante el asentamiento inicial de 72 horas:

1. Vigilar con cuidado el nivel de aceite del compresor y no permitir nunca que la unidad trabaje con poco aceite.
2. Inmediatamente después del arranque, tomar lectura de amperaje y voltaje en todos los motores, para determinar que funcionen en las condiciones indicadas en la placa de identificación.
3. Revisar todo el sistema para ver si hay fugas durante el periodo de 72 horas.
4. Comprobar el funcionamiento correcto de los controles; graduarlos si es necesario; ver que estén bien calibrados.

5. Observar y registrar las presiones y temperaturas de funcionamiento.
6. Comprobar la graduación de supercalentamiento de la válvula termostática de expansión; ajustarla si es necesario.
7. Ajustar y graduar el sistema de control de capacidad del compresor. Aunque se suele graduar en la fábrica, hay que volver a graduarlo si es necesario.

Después de 72 horas:

Se deben comprobar los siguientes puntos después de que el sistema ha trabajado 72 horas:

1. Nivel de aceite del compresor. Si está bajo, no agregue el aceite en este momento; tenga el sistema en marcha tres o cuatro horas y revíselo con frecuencia durante tres o cuatro horas de marcha, para ver que permanezca constante.
2. Flujo de refrigerante en la mirilla de cristal. Debe pasar un chorro sólido de refrigerante, sin burbujas, las cuales indican falta de refrigerante. Si ahora hay burbuja, quizá existe una fuga; se debe probar todo el sistema con el detector del tipo de llama o el detector electrónico.
3. Tubo de líquido del receptor a la válvula de expansión.

Veamos que no haya cambio apreciable en la temperatura a todo lo largo del tubo. Si un colador o una válvula de corte están calientes en la entrada y fríos en la salida, hay flujo restringido o subenfriamiento inadecuado. Si el líquido tiene subenfriamiento correcto, hay una obstrucción. Desmunte y limpie la pieza obstruida.

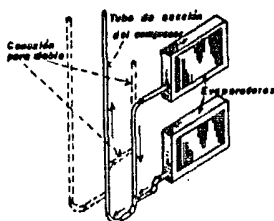
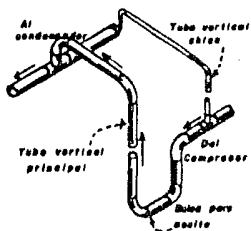
4. La graduación para supercalentamiento de la válvula de expansión.
5. Ajuste de la válvula reguladora de presión de evaporador.
6. Presión de cabeza (alta) y succión. Si está correcta, se deben cerrar las válvulas de corte de succión y descarga. Quite los manómetros múltiples (salvo que sean permanentes) y tapone los agujeros para los manómetros.
7. Sello del compresor. Pare el sistema y pruebe el sello con el detector de fugas para comprobar su hermeticidad.
8. Alineación del motor. Compruebe la alineación y la lubricación del motor del compresor. Evite el exceso de lubricante.
9. Lave el colador de agua que está antes de la válvula reguladora de agua.
10. Unidades para manejo de aire. Ajuste las correas (bandas) a la tensión correcta y compruebe la alineación. Compruebe la lubricación; evite el exceso de lubricante.

Examine los filtros de aire para cerciorarse de que están limpios.

Después de una semana

1. Saque el aceite del cuerpo del compresor. Quite la placa de inspección y lave con cuidado el cuerpo con trapos mojados y un limpiador adecuado. Llénelo con el aceite para refrigeración recomendado por el fabricante.
2. Apriete los tornillos en el acoplamiento entre el motor y el compresor.
3. Limpie todos los filtros en todo el sistema, tanto en el compresor como en el tubo para líquido.

No efectúe estas operaciones en la comprobación de las 72 horas. Se necesita más tiempo de funcionamiento normal para eliminar todos los cuerpos extraños del sistema.



## ONCE SUGERENCIAS DE TUBERIAS PARA EL MANEJO MAS EFICIENTE DE SISTEMAS PEQUEÑOS DE REFRIGERACION

Instale bien los tubos de sus unidades pequeñas de refrigeración y tendrá máxima eficiencia todo el año. Estos consejos le pueden ahorrar tiempo y dinero.

NO TODOS los fabricantes de compresores pequeños conectan sus unidades en la misma forma. Pero se presentan algunas de las más comunes. Se trata de once para freón y cloruro de metilo.

Tubos para gas caliente. Cuando la carga sobre el

compresor varía mucho y el condensador está muy alto sobre el compresor, son buenos los tubos dobles verticales de ascenso (Fig. 1). Con cargas bajas, el aceite se acumula en una bolsa y sella el tubo grande. El gas sube por el tubo vertical chico a 1,500 pies por minuto, o sea la velocidad necesaria para arrastrar el aceite. Con carga máxima, el gas que fluye por la bolsa arrastra consigo el aceite a 1,500 pies por minuto.

La trampa para aceite (Fig. 2) tiene la misma función que el tubo vertical doble. Su tamaño debe ser el adecuado para la caída normal de presión a carga máxima. El aceite va directo de la trampa al compresor.

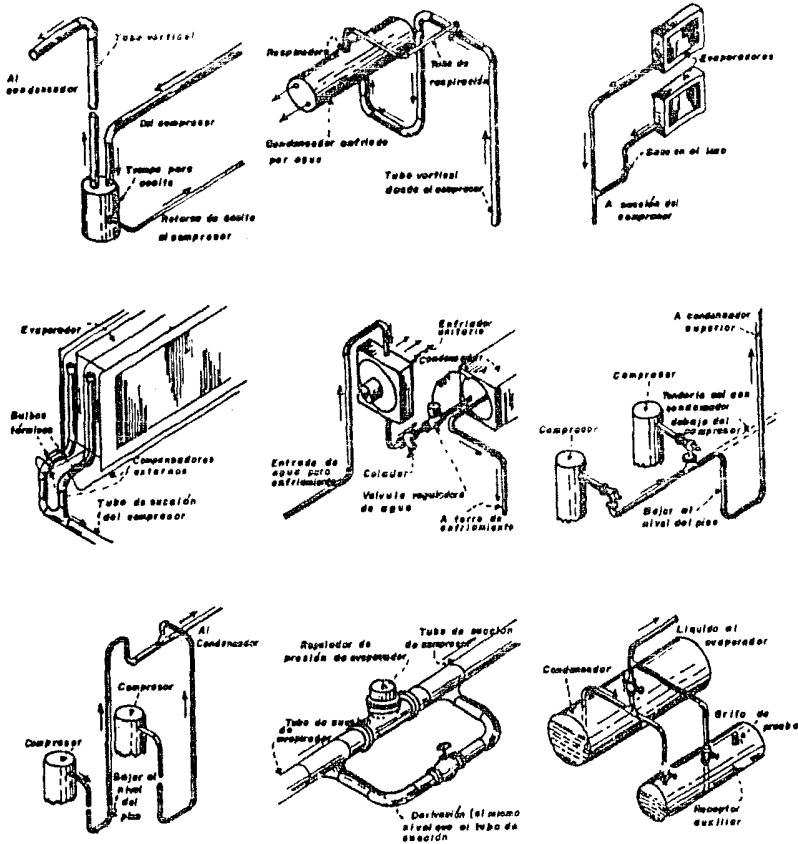
Cuando el condensador está encima del compresor y tiene entrada por la parte baja, haga un lazo con el tubo para gas caliente de modo que forme un sello (Fig. 3). La parte superior del lazo debe estar 6 pies encima del nivel de líquido del condensador o conecte un tubo de respiración como en la figura 3.

Cierre la válvula de respiración después de evacuar.

Tubos de succión. Con dos o más evaporadores, encima o al mismo nivel que el compresor, haga el lazo en el tubo inferior de succión (Fig. 4). Esto evita que el aceite

del evaporador superior se acumule en el inferior mientras está parado.

Con dos o más evaporadores debajo del compresor, tienda los tubos de succión como se ilustra con líneas continuas en la figura 5. Cuando se necesite doble tubo vertical, tiéndalo como indican las líneas continua y discontinua en la figura 5. Entonces, el evaporador inferior quedará encima del superior que se ilustra.



Válvulas de expansión. Algunos evaporadores tienen dos o más válvulas de expansión.

Para evitar que un circuito de válvula altere el otro, tienda tubos separados de succión (Fig. 6). Cada tubo debe medir varios pies antes de la conexión con el tubo común de succión.

Enfriamiento del cuarto. Cuando en el cuarto de compresores hace calor o los reglamentos exigen ventilación, conviene el método de la figura 7. El agua para enfriamien-



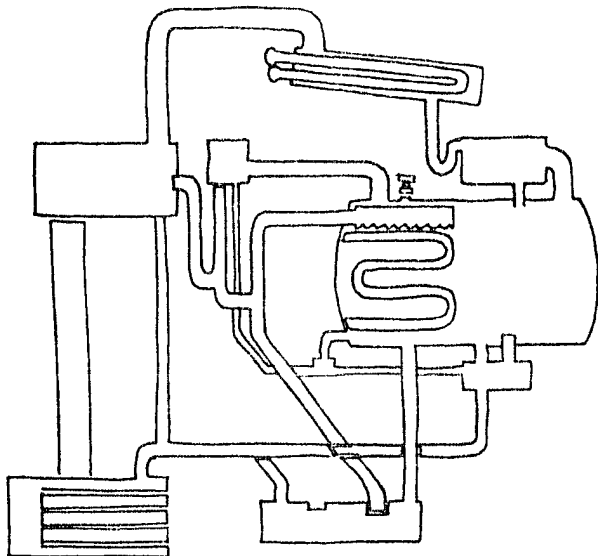
to en camino al condensador pasa por el enfriador unitario provisto de ventilador, que funciona cuando está en marcha el compresor.

Operación en paralelo. Cuando los compresores están muy juntos y descargan en un condensador encima de ellos, tienda el tubo de descarga como en la figura 8, si el tubo puede estar cerca del piso. Cuando el tubo no puede estar cerca del piso, tiéndalo como en la figura 9. El lazo se usa cuando el condensador está encima de los compresores.

Regulador de contrapresión. Una derivación con válvula (Fig. 10) le permite trabajar en las partes vitales del regulador de contrapresión sin parar el sistema. El tubo de derivación debe estar al mismo nivel que el de succión.

Receptor. La mayoría de los sistemas pequeños no necesitan receptor separado; pero cuando hay una carga grande, un receptor es una gran ayuda. Las conexiones de la figura 11 son útiles porque el receptor tiene cerrada la válvula en todo momento, excepto cuando se evacua el sistema.

Recuerde que las conexiones ilustradas son de tipo general. El fabricante del compresor puede preferir otras diferentes para su unidad. Consulte con él antes de cambiar los tubos viejos o tender otros nuevos. Los diagramas sirven de guía.



## ONCE PASOS MUY SENCILLOS PARA PRUEBAS DE FUGAS DE REFRIGERACION

¿PIENSA INSTALAR MAYOR capacidad de refrigeración para manejar las cargas de aire acondicionado en verano? ¿Tiene problemas "haciéndole al detective" con fugas pequeñas en su sistema existente? Entonces, la guía más reciente utilizada por The Trane Company es para usted. En su "mapa" para lograr un sistema de refrigerante libre incluso de la mínima fuga. En once pasos, fáciles de seguir, está la esencia.

1. Si las presiones de prueba exceden la graduación de la válvula de desahogo o los límites seguros de presión en el fuelle utilizado en los controles de presión, desmón-

telos antes de producir presión (pruébelos antes de cubrir los tubos o de conectar el agua para el condensador).

2. Tapone la entrada a la válvula termostática de expansión para tener la seguridad de que prueba por completo los lados de alta y baja presión del sistema. El método común es: sacar los tornillos de cabeza y colocar un tapón en el cuerpo de la brida de la válvula; sujete el tapón en su lugar con un diafragma sólido sobre la entrada. No olvide desconectar el tubo compensador externo en la válvula de expansión.

Quite la unidad de la válvula termostática de expansión durante la prueba de fugas para no dañarla.

3. Para conexión de prueba en el lado alto, cierre las válvulas de succión y descarga del compresor para tener la seguridad de que no está probando el compresor. Conecte un tambor de CO<sub>2</sub> seco en la válvula de carga de líquido. Una pequeña precaución: no utilice oxígeno o acetileno en lugar del CO<sub>2</sub>, porque hay riesgo de una explosión. Incluya un manómetro y regulador en el tambor de CO<sub>2</sub> para controlar la presión.

La presión del CO<sub>2</sub> puede subir a 1,000 psi o más si no se vigila. Un segundo manómetro, entre el regulador y

la válvula de carga de líquido, indica la presión de prueba. Instale este manómetro con una T abocinada.

Deje entrar CO<sub>2</sub> al lado alto del sistema hasta que el manómetro indique 225 psi o la presión especificada por los reglamentos. Cierre las válvulas reguladoras y de carga. Desconecte el tambor junto a la T. Para leer la presión de prueba en el lado alto, tapone la T y abra la válvula de carga.

4. Para conexión de prueba en el lado bajo: deje entrar CO<sub>2</sub> al tubo de succión por el tubo compensador externo que se desconectó en la válvula de expansión (paso 2). El tambor debe estar vertical y provisto con manómetro y regulador. El manómetro, instalado con una T abocinada entre el regulador y el tubo compensador indica la presión de prueba. Para aislar el tambor del sistema, instale una válvula de diafragma sin empaque entre el regulador y el manómetro.

Deje entrar CO<sub>2</sub> con lentitud hasta que el manómetro indique 125 psi (sistemas de freón-12); cierre el regulador y la válvula de diafragma sin empaque. Desconecte el tambor en la válvula de diafragma y tapone el lado abierto de la válvula.

No olvide consultar los reglamentos para las presiones de prueba según el tipo de refrigerante.

5. Con el sistema a las presiones para prueba, dé unos golpecitos en las conexiones soldadas con un mazo de caucho o de cuero crudo. Golpee con fuerza suficiente para que empiecen las fugas por las conexiones deficientes, pero no tan fuerte como para romper una conexión buena.
6. Una caída en la presión marcada en el manómetro indica una fuga grande. Se pueden localizar si se busca el ruido del gas al escapar.

Para encontrar fugas pequeñas, aplique agua jabonosa en todos los posibles puntos de fuga y vea si hay burbujas. Unas cuantas gotas de glicerina en el agua jabonosa fomenta la producción de burbujas; si usa agua destilada o de lluvia, se tienen mejores resultados.

7. Después de la prueba con burbujas de los lados alto y bajo, abra un poco la válvula de carga y las conexiones del tubo compensador externo y deje escapar el  $\text{CO}_2$ . Repare todas las fugas localizadas con el manómetro o el agua jabonosa. Una advertencia, no trate de reparar fugas cuando hay presión en el sistema. Además, separe las conexiones malas, límpielas y vuelva a formar una conexión nueva. No agregue más soldadura de bronce en una conexión deficiente.

8. Repare las fugas; cargue los lados de alta y baja presión del sistema con una pequeña cantidad de freón-12. Use 5 libras de F-12 por cada 10 toneladas de refrigeración y ponga la mayor parte en el lado de baja presión. (Para cargar, haga las conexiones como para la prueba con CO<sub>2</sub>). Desconecte el tanque de refrigerante, conecte el cilindro de CO<sub>2</sub> y produzca la presión original para prueba.
9. Pruebe todo el sistema con el detector del tipo de llama abierta. Pase el tubo explorador por todas las partes del sistema en donde haya freón. Una fuga pequeña hace que la llama se ponga verde. Una fuga grande puede apagarla o volverla azul intenso con punta rojiza. Si hay F-12 en el aire del cuarto, ventílelo bien, porque el detector indicará fuga, en cualquier posición. Si no se puede usar el detector de llama abierta, repita la prueba con burbujas en donde reparó las fugas. Si aparecen fugas adicionales, repárelas y repita la prueba.
10. Después de localizar todas las fugas del sistema, deje el equipo a la presión para prueba durante 24 horas. Si los manómetros indican cambio en la presión, teniendo en cuenta los cambios de temperatura, hay que hacer más pruebas de fuga. Pero recuerde que la presión sube

rá o bajará unas 3 psi por cada 10°F de diferencia en la temperatura.

11. Al concluir las pruebas de fugas y reparaciones finales, descargue la presión, quite los tapones de las válvulas de expansión y arme el equipo para su operación normal. Ya puede evacuar el sistema, como se ilustra en el diagrama, a fin de prepararlo para la carga.

## CARGA Y PRUEBAS DE UN SISTEMA NUEVO CON REFRIGERANTE

SI LA CARGA INICIAL del sistema de refrigeración para aire acondicionado no se hace en forma correcta, habrá mal funcionamiento. Si no hay suficiente carga en el sistema, las presiones en los lados alto y bajo caen a menos de lo normal. También se reduce la capacidad del sistema. Si se pone demasiado freón, hay alta presión de descarga (cabeza). Esto también disminuye la capacidad de enfriamiento.

La carga inicial del sistema nuevo es importante. Aquí es donde el operador conoce a su equipo, mientras se está calentando.

Cuando acaba de entrar el freón al sistema, haga la prueba de fugas. Lea "Pruebas de un sistema nuevo con freón" en la siguiente página para los detalles completos de la prueba de fugas. Si se encuentran fugas grandes, descargue y evacue el sistema y repárelo antes de seguir adelante.

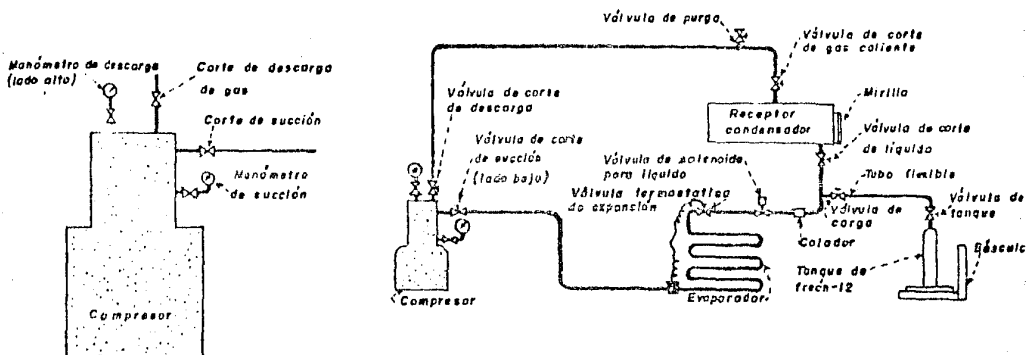
Al cargar, hágalo con lentitud para buscar fugas pequeñas. Cargue el freón gradualmente. Pare el compresor a intervalos fijos y determine el peso del tanque de freón para ver la carga aplicada. Marque las fugas pequeñas según las encuentre. No se puede esperar que un sistema nuevo esté hermético. Es preferible encontrar las fugas en ese mo-



mento.

Una vez cargado a la presión total, vuelva a hacer la prueba de fugas. Márquelas. Descargue y evacue el sistema, corrija todas las fugas y cárguelo.

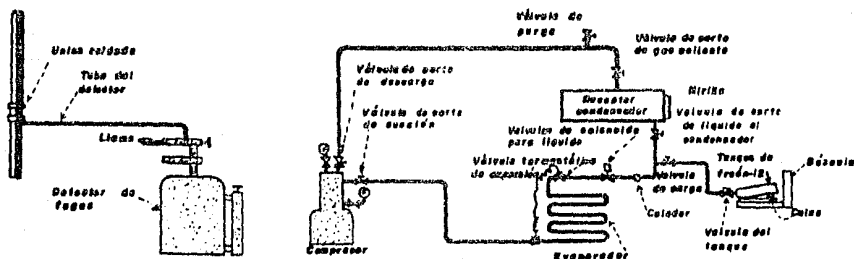
Examine el colador para líquido. El freón-12 es un buen limpiador y afloja las incrustaciones y mugre del sistema.



1. El primer paso para cargar un sistema nuevo es conectar el manómetro múltiple de exactitud en la conexión para el manómetro de succión. El manómetro debe ser del tipo para presión y vacío. Conecte un manómetro en la conexión de descarga. Estos manómetros son de instalación permanente.

2. Ponga el tanque de freón 12 en la báscula y conéctelo con la válvula de carga en el tubo para líquido. Use tubo de cobre flexible o una manguera metálica flexible de 3/8" Ø. Esto es importante, porque el tubo macizo se esfuerza cuando se mueve la báscula y ocasiona fugas o una rotura. Abra un poco la válvula del tanque para ver si hay fugas en las conexiones de carga. Aplique agua jabonosa y aparecerán burbu-

jas si hay fugas. Abra las válvulas de descarga y succión del compresor, las válvulas para gas y líquido del condensador y la válvula de solenoide para líquido. Abra la válvula de carga y abra la válvula del tanque lo suficiente para que haya 40 psi en el sistema.

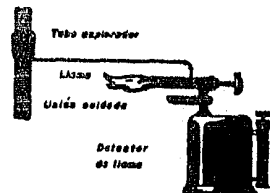
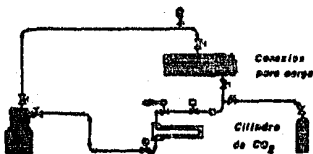
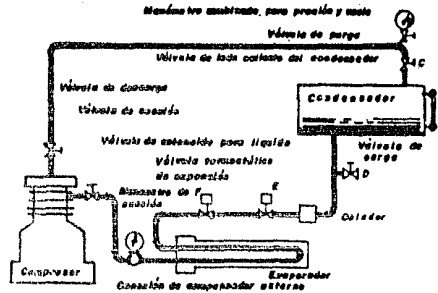


3. Pruebe todas las conexiones del sistema con el tubo explorador del detector de tipo de llama. Tenga especial cuidado en las conexiones en el compresor. La mínima cantidad de freón-12 hace que la llama del soplete se ponga azul verdoso. Repare las fugas y vuelva a probar con el detector para ver que todo el sistema esté hermético.

4. Arranque el ventilador del aire acondicionado para aplicar carga al evaporador. Cierre la válvula de líquido del condensador. Vea el peso del tanque de freón. Si el tanque no cabe en la báscula, póngalo en el suelo y péselo de vez en cuando. Abra la válvula de carga y la válvula del tanque. Circule agua por el condensador y tenga el compresor en funcionamiento intermitente hasta que se cargue el sistema. El freón debe aparecer en una mirilla del condensador. Cierre la válvula de carga y abra la válvula de líquido del condensador. Para aire acondicionado la presión de succión debe ser de 30 a 45 psi y la descarga entre 115 y 140 psi.

ANTES DE PONER en servicio una planta nueva para aire acondicionado, hay que hacer una cuidadosa prueba de fugas en todos los tubos del sistema de refrigeración. No importa lo bien que estén hechas las uniones ni lo cuidadoso que haya sido el operario: la única forma de saber si el sistema está hermético, es la prueba de fugas. ¿Qué significan las fugas para el operador? Pues que se perderá la carga de freón y el sistema no trabajará bien. Incluso las fugas más diminutas serán un dolor de cabeza día tras día. Cada unión en el sistema es una posible fuente de fugas. El contratista debe hacer cuidadosa búsqueda de fugas antes de entregar la planta. Como usted será el responsable desde ese momento, es preferible saber cómo se hace esta prueba, para verificar el trabajo conforme lo van haciendo. En las ilustraciones se indica la forma correcta de hacer la prueba de fugas en un sistema de freón-12.

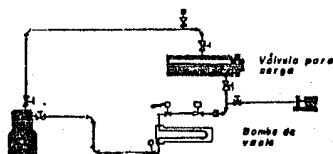
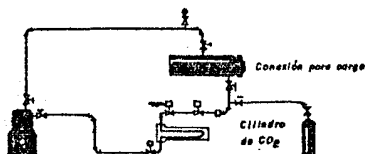
1. Cierre las válvulas de succión y descarga del compresor. Abra la válvula C en el lado caliente del condensador, la válvula D de carga, la válvula E de solenoide para líquido y la válvula F termostática de expansión. Desconecte el tubo compensador externo en la válvula de expansión para que no se cierre. Conecte los manómetros en los lados alto y bajo del sistema. El manómetro del lado alto se puede conectar en la válvula de purga. El manómetro para el lado bajo se puede poner en la conexión del compensador externo después de conectarlo.



2. Conecte un cilindro de  $\text{CO}_2$  de nitrógeno seco en la válvula de carga. Suba la presión del sistema a unas 15 psi.

Aplique agua jabonosa con unas gotas de glicerina para probar las uniones sospechosas. Si no hay burbujas, suba a 50 psi y vuelva a poner agua jabonosa. Suelde las conexiones defectuosas y repita la prueba hasta que no haya burbujas y se mantenga la presión en el sistema.

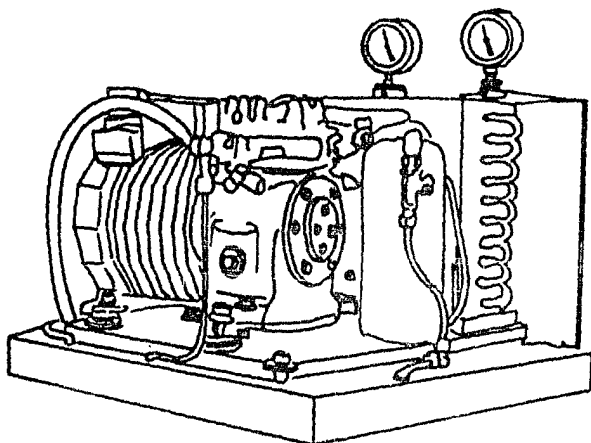
3. Quite el cilindro de  $\text{CO}_2$  y conecte el tanque de freón-12. Suba la presión del sistema a unas 10 psi. Pruebe todas las conexiones con el detector de fugas. La mínima cantidad de freón-12 hará que la llama azul del detector se ponga verdosa. Hay detectores de tipo de llama, antiguos, para gasolina; también para alcohol desnaturalizado, acetileno o propano.



4. Desconecte el tanque de freón-12 y conecte el cilindro de  $\text{CO}_2$ . Quite cualesquiera válvulas de desahogo de presión y tapone las aberturas. El sistema todavía tiene unas 10 psi de freón; aplique  $\text{CO}_2$  para aumentar a 175 psi. Pruebe todas las uniones con el detector. Repare las fugas y repita la prueba hasta eliminar las fugas. Mantenga las 175 psi

durante 24 horas. Si no cae la presión, el sistema está hermético.

5. Descargue el sistema. Conecte la succión de la bomba de vacío en la válvula de carga. Tenga la bomba en marcha 24 horas. Si el sistema no pierde más de alrededor de 1 pulgada de vacío, se puede considerar deshidratado y libre de fugas. Esta es una triple prueba de fugas y el único método aprobado antes de aceptar la planta.



### LOS COMPRESORES CENTRIFUGOS...

...son fuertes, confiables, tienen pocos problemas. Siga estas sugerencias en instalaciones de refrigeración para que todo ande bien. Si surge un problema, consulte las 60 correcciones indicadas, todas bien comprobadas.

LOS COMPRESORES CENTRIFUGOS son muy confiables y no suelen presentar problemas de operación. Pero si surge una dificultad, usted querrá corregirla de inmediato. Para ello, debe conocer las señales de dificultades, causas y correcciones. La tabla II incluye los problemas de operación y lo



que se puede hacer. Veamos cómo la puede aprovechar en su trabajo cotidiano en la planta.

Operación. Si ha trabajado con compresores alternativos para refrigeración, ya sabe que la alta presión en la cabeza disminuye el rendimiento. Esto mismo ocurre con los centrífugos. Un aumento en la presión de cabeza o carga, gradual o repentino, significa aire en el condensador, si no cambian la carga, la velocidad y otras condiciones. Mida la diferencia en temperatura entre la descarga de agua del condensador y el gas del condensador. El aumento, con carga fija, puede significar aire en el condensador. El aumento en la presión del enfriador también puede significar aire.

Purgue la unidad para eliminar el aire.

Otros problemas fuera del condensador ocasionan aumento en la presión de descarga. La tabla indica cuáles son y cómo se corrigen. La eliminación de humedad es tan importante como la eliminación de aire. Revise si la máquina tiene fugas por los tubos, si hay demasiada agua en la unidad de purga todos los días. El agua se separa con rapidez cuando se detiene la máquina. Si hay mucha agua, ponga en marcha la unidad de purga un tiempo después de que se detenga la máquina antes de que vuelva a arrancar.

Controles típicos. El paro automático de la máquina

ocurre por baja presión de aceite del compresor, temperatura de refrigerante y la salmuera y alta presión en el condensador. Las graduaciones de los controles de seguridad para freón-12 varían, aunque se acostumbran a 6 psi con baja presión de aceite y marcha a 12 psi. El corte por temperatura del refrigerante se suele graduar a unos pocos grados menos que la temperatura de diseño, según la salmuera que se utilice.

El corte por agua muy fría trabaja a unos pocos grados menos que la temperatura deseada para el paro. El paro por presión del condensador ocurre a 15 psi y arranca a 8 psi, con freón-11. La única diferencia necesaria en los controles de seguridad para el motor y el turbocompresor, es el método utilizado en el paro.

Sus controles de seguridad deben detener la máquina con cualquiera de los problemas antes citados. Si ocurre, consulte la tabla, revise la máquina y corríjala.

Impulsión. En la tabla sólo se indican las dificultades en las máquinas con motor eléctrico, porque es difícil generalizar los problemas con la turbina. Si su compresor es de turbina de vapor, consulte el manual de instrucciones de la máquina, que indica las dificultades y correcciones.

Registro del compresor. Un buen registro ayuda a lo

calizar pronto los problemas. En la segunda fase aparece una hoja típica para la mayoría de instalaciones con compresores centrífugos. La tabla indica los puntos a comprobar durante la marcha y los mejores intervalos entre las verificaciones.

Recuerde que no todos los trabajos de refrigeración son iguales. Quizá tenga que cambiar un poco sus procedimientos de operación según el caso. La idea es recordar que los compresores necesitan inspección y cuidado periódico durante toda la operación y los paros. No los "mime", sólo trátelos bien.

I. PARA MEJORES RESULTADOS OPERE EL CENTRIFUGO CON ESTE PROGRAMA

<u>COMPRESOR</u>		Presión de refrigerante.	Cada hora	Alineación.	Cada año
Presión de aceite.	Cada hora	Controles de seguridad.	Cada seis meses	<u>REDUCTOR DE ENGRANES</u>	
Temperatura de cojinetes.	Cada hora	<u>SISTEMA DE PURGA</u>		Nivel de aceite.	Cada hora
Cambio de aceite.	Cada año	Aceite del compresor.	Cada día	Presión del aceite.	Cada hora
Nivel de aceite en cámara de bomba.	Cada año	Lubricación del motor.	Cada mes	Cambiar aceite.	Cada año
Nivel de aceite en cámara de flotador atmosférico.	Cada hora	Limpiar condensador.	Cada mes	<u>MOTOR ELECTRICO</u>	
Reemplazar el filtro de aceite	Cada año	Nivel del aceite	Cada hora	Nivel de aceite.	Cada hora
Limpiar el colador de aceite	Cada año	Cambiar aceite.	Cada año	Cambiar aceite.	Cada año
		Válvula de desahogo	Cada día	Escobillas.	Cada año
		Eliminación de agua.	Cada día		
<u>ENFRIADOR</u>		Separador de aceite.	Cada año	<u>TURBINA</u>	
Limpiar tubos. Cuando se necesite		Válvula del compresor.	Cada año	Presión del aceite.	Cada hora
Temperatura del refrigerante	Cada hora	<u>ACOPLAMIENTOS</u>		Nivel de aceite.	Cada hora
Nivel del refrigerante	Cada día	Lubricación, tipo con aceite.	Cada semana	Paro de emergencia.	Cada día
Presión del refrigerante	Cada hora	Lubricación, tipo con lubricante líquido.	Cada seis meses	<u>PARTES DE REPUESTO</u>	
<u>CONDENSADOR</u>				Completar existencia.	Cada año
Limpiar tubos. Cuando se necesite					

## II. USE TABLA DE DIAGNOSTICO PARA RESOLVER MAS RAPIDO LOS PROBLEMAS

Síntomas	Causas posibles del problema: Correcciones	Síntomas	Causas posibles del problema: Correcciones
ALTA PRESION DEL CONDENSADOR	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Insuficiente agua en el condensador.</li> <li>2. Válvulas para agua estrangulada.</li> <li>3. Bomba del agua incorrecta.</li> <li>4. Colador o tubos obstruidos.</li> <li>5. Torre de enfriamiento deficiente; ventilador parado; aspersores o bomba obstruidos.</li> <li>6. Incrustaciones en tubos del condensador.</li> <li>7. Aire en el condensador; encontrar y reparar la filtración.</li> <li>8. Válvula del flotador del condensador pegada; cerrada; ajustar el flotador.</li> </ol>	<p><b>SOBRECALENTAMIENTO DEL LADO DE EMPUJE</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cojinete gastado por falta de lubricación; reemplazarlo.</li> <li>2. Exceso de presión de engranes o acoplamiento; ver si hay interferencias mecánicas.</li> </ol>
BAJA PRESION DEL CONDENSADOR	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Baja temperatura de agua de entrada; estrangular.</li> <li>2. Falta de carga de refrigerante; agregar refrigerante si se necesita.</li> </ol>	<p><b>ALTA O BAJA PRESION DE ACEITE</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Exceso de dilución del aceite con refrigerante o espuma al arrancar, separarlo con paños y arranques momentáneos del compresor; sacar aceite diluido y cambiarlo.</li> <li>2. "Presuretrol" de aceite desajustado; comprobarlo y ajustarlo.</li> <li>3. Velocidad del compresor muy baja (turbina).</li> </ol>
CONTROL INCORRECTO DEL REGISTRO DE SUCCION	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aire de control descontado; revisar filtro y controlador de aire.</li> <li>2. Articulaciones u hojas del registro trabadas; mover el registro a todo su recorrido, con la mano.</li> <li>3. Controlador incorrecto; revisar y ajustar.</li> </ol>	<p><b>ALTA TEMPERATURA DE COJINETES DEL COMPRESOR</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Insuficiente flujo de agua de enfriamiento en el enfriador de aceite; abrir grifo de estrangulación del enfriador.</li> <li>2. Exceso de dilución del aceite refrigerante al arranque o calentador eléctrico de aceite desconectado durante el paro.</li> <li>3. Temperatura de la cámara de la bomba mayor a 150°F al arranque; conectar agua más tiempo antes del arranque; ver si hay serpentines obstruidos.</li> <li>4. Cojinete de empuje o de eje rayado; revisar holgura de cojinete de eje.</li> </ol>

NIVEL DE  
F-11  
MUY BAJO

1. Pérdida de carga, o atrapada en el condensador o economizador por los flotadores; encontrar la fuga; probar flotadores; agregar refrigerante.
2. Fuga por unidad de purga; probar válvula de desahogo.

EL COMPRESOR  
PIERDE  
ACEITE

1. Serpentina gastada; comprobar equilibrio del rotor y desgaste de cojinetes.
2. Fugas del sistema de aceite; revisar tuberías y corregirlo.
3. Nivel de aceite muy alto; extraer aceite.

PERDIDA DE  
CAPACIDAD

1. Condensador no transfiere suficiente calor. Véase "alta presión del condensador", al principio de la tabla.
2. Válvula de derivación de gas caliente parcialmente abierta; cerrarla.
3. Contaminación gradual de refrigerante con aceite; rectificar el refrigerante.
4. Aumento súbito en la diferencia en temperatura entre el refrigerante y el agua; ver si hay placas divisoras y juntas rotas en la caja de agua del enfriador.
5. Aumento gradual en la temperatura del agua y refrigerante; limpiar tubos del enfriador, superficie de aspersión; eliminar el exceso de aceite del refrigerante; regular la velocidad según la carga; revisar las placas divisoras y juntas.

UNIDAD DE  
PURGA  
DEFICIENTE

1. Protector térmico de sobrecarga del motor, quemado; reemplazarlo.
2. Contactos del interruptor de corte por alta presión, abiertos; probar graduación y funcionamiento; ajustar si es necesario.
3. Condensador enfriado por aire obstruido con polvo y mugre; limpiarlo con aire comprimido.
4. Válvulas de corte cerradas.
5. No hay corriente; revisar interruptor, contactos y conexiones.
6. Banda rota; reemplazarla.
7. Válvula de flotador del separador pegada; sacar la válvula, evaporar el F-11, abrir el tanque y reparar el flotador.
8. Válvula de descarga de aire pegada; para la unidad de purga, sacar la válvula y repararla o reemplazarla.
9. Válvula reductora del tubo de succión pegada; desmontar la válvula en la unidad o tubo en el condensador, revisarla y separarla o reemplazarla.

**BORBOTE EN  
EL COMPEN  
SADOR**

1. Carga muy ligera; abrir la válvula de derivación.
2. Entrada de aire; accionar el sistema de purga y reparar la filtración.
3. Alta presión de condensadores; véase este concepto al principio de la tabla.

**PAROS DEL  
COMPRESOR**

1. Alta presión del condensador; comprobar calidad de agua, válvula de flotador del condensador; purgar el aire.
2. Baja presión; ver si el colador está limpio y graduación de la válvula reductora.
3. Baja temperatura del refrigerante o agua muy fría; comprobar el nivel de refrigerante; flujo de agua fría; regular la carga.

**ESCARCHA EN  
LA 2a. ETAPA  
DEL  
COMPRESOR**

1. Válvula de flotador del economizador bloqueada; probar funcionamiento del flotador.
2. Carga ligera con alta velocidad del compresor; agua fría en el condensador; aumentar presión del condensador, reducir velocidad.
3. Cierre del registro de succión, que ocasiona circulación de condensado del economizador.

**ACOPLAMIENTOS DEL  
COMPRESOR  
RUIDOSOS**

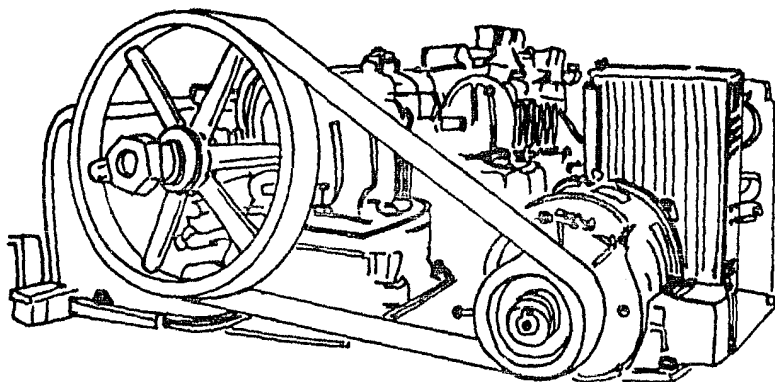
1. Desalineación; probar a temperatura normal; alinear.
2. Falta de lubricación; agregar aceite o grasa.
3. Desgaste excesivo; reemplazarlos.

**MOTOR  
SOBRECARGADO**

1. Alta temperatura o flujo de agua de enfriamiento; regularlas.
2. Registro abierto; regular según se requiera.
3. Nivel de refrigerante muy alto; sacar refrigerante.

**REDUCTOR  
SOBRECALENTADO**

1. Nivel de aceite muy alto; sacar aceite.
2. Enfriador obstruido; limpiarlo.
3. Falta de agua de enfriamiento; aumentar la circulación.
4. Acoplamiento desalineado; revisar.



### DIECINUEVE FORMAS DE ARRUIRAR EL EQUIPO DE REFRIGERACION

Hacer una lista de todas las formas en que los ingenieros de operación pueden agravar el desgaste normal del equipo de refrigeración, sería repetir la historia de la refrigeración; sin embargo, presentamos una lista de los errores más comunes que se presentan cotidianamente. Todos son el resultado de incompetencia, negligencia, descuido o mal uso. Ninguno de ellos es problema serio al principio, pero pueden ocasionar gastos y pérdidas adicionales de tiempo en mantenimiento si se descuidan.



1. LUBRICANTE INCORRECTO. Uso de aceite de bajo punto de inflamación para lubricar compresores. Aunque no es fácil que se inflame en el sistema, el aceite incorrecto se desintegrará con la presión, desgaste y calor de la compresión. Después, deposita carbón o lodos que rayan los vástagos, pistones, amortiguadores, anillos de pistón, paredes de cilindros, etc. Si el punto de fluidez es muy alto, cualquier arrastre se puede congelar en el evaporador.

2. ACEITE CONTAMINADO. Dejar el aceite mucho tiempo en el sistema sin filtrarlo, sin evacuar para eliminar lodos o cambiarlo, producirá lubricación incorrecta y partes rayadas o carbonizadas.

3. FILTROS SUCIOS. Olvido en limpiar los filtros de aceite antes de poner el aceite nuevo. Las impu-

rezas arrastradas se separan de los filtros y circulan por todo el sistema.

4. DESCARGA SIN FILTRAR. Otro error común es el descuido en filtrar el aceite sucio purgado del depósito antes de volver a ponerlo en el sistema.

5. BOTES SUCIOS PARA EL ACEITE. Contaminar aceite bueno con el uso de un bote sucio para ponerlo en el compresor.

6. OLVIDO DE ACEITAR. O engrasar cojinetes con lubricación separada.

7. ACEITE ARRASTRADO. Algunos sistemas de amoníaco no tienen separadores en la descarga del compresor. El arrastre de aceite al condensador o al evaporador reduce la eficiencia y hay más desgaste del compresor cuando el operador olvida extraerlo del sistema.

8. MECHAS DE FIELTRO DE LANA. Uso de mechas de fieltro de lana para lubricadores por capilaridad. El amoniaco es "veneno" para la lana, aunque esté empapada con aceite. Los pedacitos de lana entran al sistema y obstruyen los conductos para aceite. Use mechas de filtro de algodón y cámbielas con más frecuencia.

9. OLVIDO DE PURGAR. El aire u otros gases no condensables entran al sistema de refrigeración y reducen la eficiencia. El compresor tiene que trabajar contra presiones más altas para sostener la carga y se gasta con más rapidez.

10. DESCARGA CERRADA. Más de un operador ha tratado de arrancar un compresor contra la válvula de descarga cerrada. Si el motor tiene protección y no se para, ocurrirán daños muy cuantiosos, incluso explosiones.

11. LA ESCARCHA EN EL EVAPORADOR. Actúa como aislante y produce menor transferencia de calor, menor presión de succión, mayor relación de compresión, temperatura más alta del gas de descarga, más tiempo de funcionamiento, posibilidad de desintegración del aceite, mayor desgaste. Hay que descongelar a intervalos periódicos.

12. FUGAS NO REPARADAS. Peligro por pérdida directa de refrigerante en el aire, en el agua o en todos, con pérdidas indirectas por corrosión por los vapores químicos activos.

13. TENSION DE CORREAS TRAPEZOIDALES. Si una correa (banda) está muy floja, la polea de mando patina al arranque y puede quemar la correa. Si está muy apretada, se acabará en mínimo tiempo y también producirá desgaste de los cojinetes.

14. DESCUIDO CON LOS MOTORES. Permitir que los anillos colectores y motores se ensucien y sigan sucios, devanados llenos de pelusa, polvo e incluso aceite, pueden sobrecalentarse y gastar más pronto el motor.

15. INSTRUMENTOS. Muchos operadores no tienen suficientes instrumentos. Otros los tienen, dan por sentado que anda todo bien y los olvidan. Luego, operan a ciegas y no saben lo que ocurre en la máquina. Sale igual que no tenerlos.

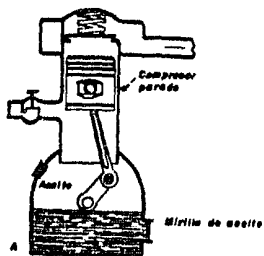
16. TUBOS SUCIOS EN EL CONDENSADOR. Si no se limpian a intervalos periódicos, aumentará la presión alta y habrá más consumo de corriente y de agua en el sistema.

17. JUNTAS INCORRECTAS. El uso de juntas de caucho en equipo para amoníaco equivale a abrir las puertas a los problemas.

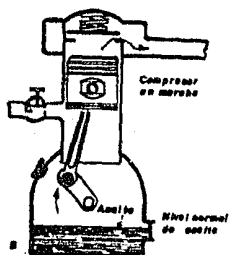
18. MALTRATO DE LA VALVULA DE EXPANSION. Poner una llave en el borde para desatornillar la tapa del diafragma en la válvula termostática ahorrará tiempo, pero costará una válvula nueva.

19. VALVULAS DE SEGURIDAD BLOQUEADAS. A veces pregunta uno si el encargado es operador de máquinas o violinista.

## NIVEL DE ACEITE DE REFRIGERACION

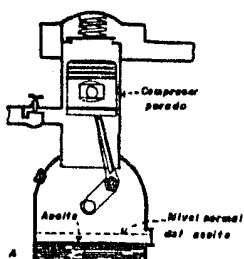


1. El nivel de aceite aparece incorrecto en el compresor de refrigeración que ha estado parado mucho tiempo, A. Se debe a que no hay forma de saber cuánto refrigerante está mezclado con el aceite. Después de un paro largo, el aceite contiene mucho refrigerante y el nivel está más alto.

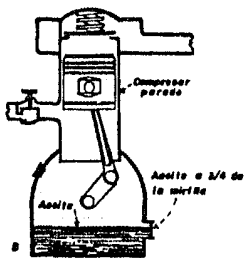


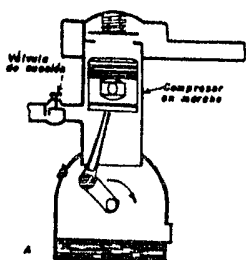
El mejor momento de comprobar el nivel es después que el compresor ha trabajado algún tiempo, B; con ello, sólo hay un poco de refrigerante mezclado con el aceite. Mientras funciona el compresor el refrigerante se vaporiza en el sistema hasta que sólo queda la cantidad normal en solución. Después, se verá el nivel por la mirilla.

2. Si el nivel de aceite está más bajo de lo normal después de un paro largo, A, lo más seguro es que el nivel con la máquina en marcha estará también bajo. Si se arranca el compresor sin agregar aceite, no pasará mucho tiempo antes que se vaporice el refrigerante en el aceite, y se inutilizará la máquina o, en el mejor caso, se dañarán los cojinetes.

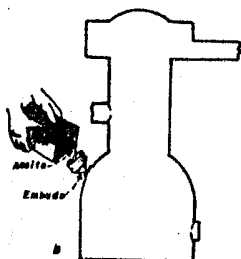


En este caso, agregue aceite hasta que el nivel llegue a 3/4 de altura de la mirilla, B, antes de arrancar el compresor. Después que trabaje cierto tiempo, vuelva a comprobar el nivel. Debe estar normal después que el refrigerante volvió al sistema. El nivel nunca debe bajar de la mirilla o no se sabrá la cantidad. El aceite debe estar al ni vel correcto.



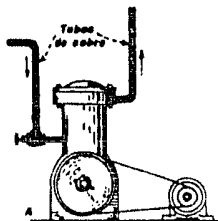


3. Para agregar aceite al compresor, cierre la válvula de succión, A, y abra la válvula de descarga. Haga funcionar el compresor unas cuantas vueltas. Esto reducirá la presión interna a muy poco más que la atmosférica. No deje que haya evacuación. Se trata de que haya una ligera presión para que el aire húmedo no entre al sistema de refrigeración.

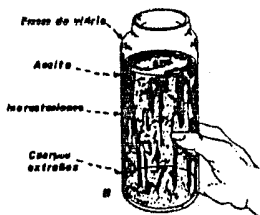


Quite despacio el tapón llenador de aceite para eliminar la ligera presión interna. Agregue el aceite con embudo limpio y seco, B. Vierta el aceite con un chorro constante para que no entre aire por el embudo. Saque el embudo con rapidez y ponga inmediatamente el tapón. Precaución: nunca deje abierto un sistema de freón más que lo indispensable; cierre lo más pronto que pueda. Esto también se aplica a otros refrigerantes.

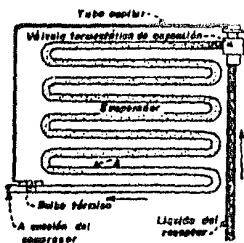
4. En la mayoría de sistemas de freón-12 se usa tubo de cobre, A. En la fábrica, al instalar se tiene mucho cuidado para que no entre mugre a los tubos. Si el sistema está limpio cuando es nuevo, lo más probable es que el aceite no esté contaminado al grado de tener que filtrarlo o cambiarlo después del asentamiento inicial.



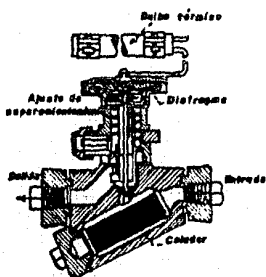
Quando se usan tubos y conexiones de acero y hierro con el freón-12, hay que tomar una muestra de aceite cada seis meses, B. Examine el aceite en el frasco. Si hay partículas de cuerpos extraños después de que desapareció la espuma, cambie el aceite. Este es un modo rápido de probar el aceite. Hay que cambiarlo cada seis meses.



1. Con una válvula termostática de expansión, el gas de salida del evaporador está supercalentado.



2. Válvula termostática de expansión para sistema de amoníaco.



AUMENTE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA DE REFRIGERACION: USE LA VALVULA DE EXPANSION ADECUADA

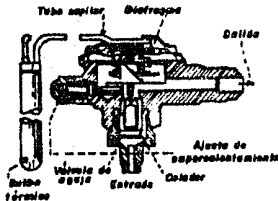
SI ALGUIEN LE PREGUNTASE cuál es la válvula más importante en su sistema de refrigeración, es probable que usted dijera que la válvula de expansión. Es una válvula de la cual no se puede prescindir. Si funciona bien, todo está bien; si "truena", lo sabrá muy pronto.

¿Qué hace la válvula? Su labor principal es controlar la circulación de refrigerante al evaporador. Si entra muy poco refrigerante líquido al evaporador, se vaporiza casi al instante sin absorber mucho calor. Si entra demasiado líquido al evaporador, no todo se vaporiza y una parte regresa a la succión del compresor y la inunda.

En cualquiera de los casos, usted tendrá problemas. Con líquido insuficiente, se re-



3. La válvula termostática para freón-12 tiene capacidad para 1/8 a 1 tonelada y es de construcción en ángulo.

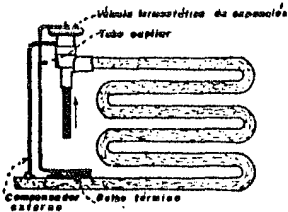


duce la capacidad de enfriamiento del sistema. El exceso de líquido puede inutilizar las válvulas y pistones del compresor, porque hay muy poco espacio en los cilindros y el refrigerante líquido es incompresible.

Válvulas termostáticas. En la actualidad, la casi totalidad de las válvulas de expansión son termostáticas. El supercalentamiento del gas que sale del evaporador (Fig. 1) cambia la presión del líquido en el tubo térmico. El aumento o descenso de la presión se transmite por el tubo capilar hasta un diafragma en la válvula de expansión, el cual la abre o la cierra.

En la figura 2 se ilustra una válvula termostática de expansión típica para amoníaco, con su bulbo térmico y bulbo capilar. La presión del tubo capilar abre la válvula en contra del resorte. La presión del evaporador y

4. El compensador externo con válvula termostática contrarresta los efectos de pérdida de presión.



el resorte tienden a cerrarla. Con una carga constante en el evaporador, se equilibran las tres fuerzas y la válvula permanece abierta en una posición. Cuando aumenta la carga, la presión del bulbo térmico aumenta por la temperatura más alta del gas de succión y la válvula abre más para mayor entrada de líquido. Cuando se reduce la carga, ocurre lo opuesto.

El líquido en el bulbo térmico suele ser el mismo que el refrigerante del sistema.

Supercalentamiento del gas. Para extraer el máximo calor con una libra de su refrigerante, debe entrar al evaporador como líquido y salir como gas. Con este método, el gas que sale del evaporador tendrá un ligero supercalentamiento. El bulbo térmico está conectado en un extremo del serpentín (Fig. 1). El supercalentamiento del gas de succión depende de la cantidad de refrigerante alimentado al evaporador y la rapidez con la cual se vaporiza por el calor de la carga. Si la válvula está graduada para supercalentamiento de  $10^{\circ}\text{F}$ , el gas que salga del evaporador estará  $10^{\circ}\text{F}$  más caliente que el líquido en evaporación, por tanto, en algún punto en el serpentín, por ejemplo A, el gas saturado em

pieza a absorber calor para volverse supercalentado.

Entre el punto A y el bulbo térmico, el serpentín evaporador sólo se usa para supercalentamiento. Cuando se reduce la carga, no hay suficiente absorción de calor entre A y el bulbo para dar los  $10^{\circ}\text{F}$  deseados. El bulbo se enfría y cierra la válvula para cortar el paso de líquido al serpentín. El punto A se mueve más cerca del tubo de líquido, con lo cual hay más longitud de serpentín para el supercalentamiento.

Cuando aumenta la carga, sube la temperatura de supercalentamiento. El bulbo térmico se calienta más y abre más la válvula de expansión para admitir más líquido. El punto A se acerca al bulbo. Entonces se puede ver que, cuando cambia la carga, el punto A se mueve para dar la longitud correcta de serpentín para el supercalentamiento necesario.

¿Cuál supercalentamiento? El refrigerante absorbe mucho más calor cuando el líquido se gasifica que cuando sólo se supercalienta un gas seco. Por ello, la sección del serpentín utilizada para supercalentar el gas, produce poco enfriamiento. Por esta razón, es aconsejable mantener bajo el supercalentamiento. Con ello, se puede usar más longitud del serpentín para enfriamiento útil.

Un supercalentamiento muy bajo puede hacer que el líquido inunde el tubo de succión. Un supercalentamiento muy alto reduce la capacidad. Hay muchas válvulas con una gama de ajuste de supercalentamiento de 5 a 25°F. Con una carga que cambia con rapidez, a menudo se usa un supercalentamiento de 10°F. El fabricante puede graduar la válvula para supercalentamiento si se le solicita. Algunas válvulas tienen también un ajuste del límite de presión de succión a fin de evitar la sobrecarga del sistema.

Compensador externo. Una caída grande de presión en el lado de baja presión del sistema reduce la capacidad del compresor y también puede reducir la de la válvula de expansión. Como se vio antes, la presión en el bulbo térmico regula la apertura de la válvula porque actúa contra la presión del resorte y del evaporador. Con una caída grande de presión en el evaporador, la temperatura de saturación del gas a la salida es más baja, porque la presión del gas es menor.

Con menor temperatura de saturación, se requiere más supercalentamiento del gas de succión para mantener abierta la válvula de expansión. Esto significa que se usa menor tamaño del evaporador para extraer grandes cantidades de calor de la carga y, con ello, baja la capacidad del sistema.

Una forma de aumentar la capacidad del evaporador cuando la caída de presión es grande, es usar un compensador externo (Fig. 4). Es un tubo conectado entre la parte interior del diafragma y la salida del evaporador. Ahora, la presión promedio del evaporador está en la parte inferior del diafragma.

Con el compensador externo, la válvula está libre, casi por completo, del efecto que produce la caída de presión y sólo responde al supercalentamiento del gas de succión. La válvula produce plena capacidad con supercalentamiento bajo y aumenta la capacidad del sistema.

Instalación. Algunos fabricantes de válvulas recomiendan no usar nunca una válvula termostática sin compensador externo cuando la caída de presión a lo largo del evaporador es de más de 2 psi. La ubicación exacta del compensador en el extremo del evaporador depende del evaporador; pero, por lo general, se conecta justo más allá del punto de máxima caída de presión.

Con un evaporador largo, de una sola pasada, en donde toda la caída de presión tiene lugar en el serpentín, el sistema de la figura 4 es bueno. Para evaporadores alimentados desde un cabezal distribuidor de líquido, consulte al fabricante de la válvula, quien le dirá la mejor forma de co-

nectar la válvula.

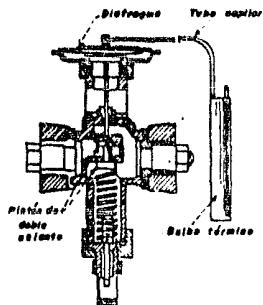
Bulbo térmico. Se utilizan bulbos térmicos internos y externos. Pero como los bulbos externos sirven para la mayoría de las instalaciones, se utilizan con mayor frecuencia.

Instale un bulbo externo en el tramo horizontal del tubo de succión cerca de la salida del evaporador (Fig. 6). No ponga el bulbo en un tramo de tubo en donde se pueda acumular y atrapar el líquido. Esto dará una respuesta falsa de la válvula y bajará la capacidad del sistema.

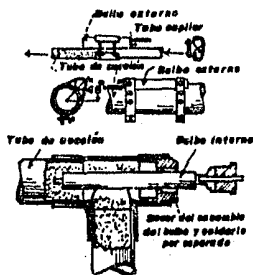
Cuando el diámetro exterior del tubo de succión es de 5/8 pulg o menos, el bulbo se suele sujetar en la parte superior (Fig. 6). Sujete el bulbo en un lado del tubo de 7/8 pulg o mayor, justo por encima de la línea horizontal del centro del tubo. Limpie el tubo y aplíquelo una capa de pintura de aluminio antes de instalar el bulbo.

**Bulbos internos.** Se utilizan cuando se necesita respuesta rápida por poco supercalentamiento. También son buenos cuando el tubo de succión tiene muchas conexiones cerca del punto en donde se debe fijar el bulbo al tubo. No lo instale cerca de un punto en donde se pueda acumular el líquido.

5. El pistón de doble asiento en esta válvula, controla F-12, F-22 y cloruro de metilo.

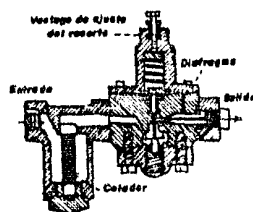


6. Arriba, el bulbo térmico se sujeta al tubo. Abajo, un bulbo interno.



Válvulas automáticas. Con una carga de evaporador razonablemente constante, se puede usar una válvula automática de expansión (Fig. 7). Mantiene una presión de succión constante en el sistema. Cuando hay dos o más evaporadores conectados con un compresor o cuando la carga cambia mucho, se suele recomendar la válvula termostática.

El resorte inferior y la presión de succión del evaporador actúan contra los resortes superiores (Fig. 7). La tensión del resorte superior se controla con el vástago en la parte superior de la válvula y se puede graduar para la presión deseada de succión. Cuando la presión del evaporador se vuelve muy alta, el exceso de presión se transmite a la parte inferior del diafragma de la válvula a través del orificio de compensación. El resorte superior se comprime y deja que el resorte inferior mueva



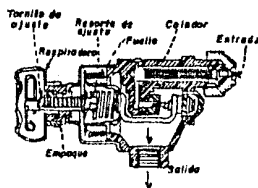
7. Válvula automática de expansión para sistemas de amoníaco con ajuste externo.



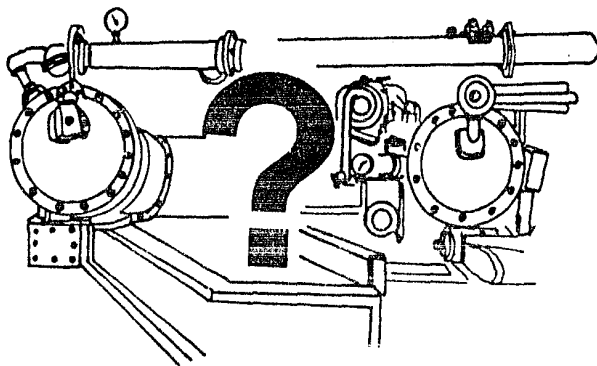
la aguja hacia el asiento. La presión de succión se corta en el punto en donde se equilibran las presiones en las partes superior e inferior.

Cuando la presión de succión baja menos del punto deseado, la presión reducida en el orificio de compensación desequilibrará las presiones contra el diafragma. El resorte superior empuja al pasador fuera del asiento y aumenta la presión de succión hasta el punto en el cual se vuelven a equilibrar las presiones en las partes superior e inferior. Cuando se para el compresor, el aumento en la presión en el evaporador cierra del todo la válvula.

Mantenga sus válvulas en acción. Este artículo sólo incluye los datos básicos para orientarlo. La selección y ubicación de la válvula son otros problemas que encontrará. Su mejor ayuda es el fabricante de las válvulas, quien cooperará con gusto.



8. Válvula automática de expansión para freón, dióxido de azufre y cloruro de metilo.



## REFRIGERACION: PREGUNTAS Y RESPUESTAS

27 preguntas que se formulan con frecuencia para conceder licencia de ingeniero en refrigeración.

1. ¿Qué es un sistema de refrigeración?

R. Un aparato o combinación de equipos mecánicos en los que se hace circular un refrigerante para enfriamiento, o para extraer el calor de los espacios o los cuerpos.

2. Nombre dos tipos de sistemas de refrigeración de uso general.

R. Sistemas de compresión y absorción.

3. ¿En qué tipo de sistema hay generadores, analizadores y enfriadores de solución débil?

R. En el sistema de absorción.

4. ¿En qué tipo de sistema se usa agua amoniacal?

R. En el sistema de absorción.

5. ¿Qué es un refrigerante?

R. Un compuesto químico o agente para producir refrigeración. La salmuera no es un refrigerante.

6. ¿Qué es un compresor y cómo se usa en el trabajo de refrigeración?

R. Un compresor es un aparato mecánico para manejar el gas evaporado del lado de baja presión y descargarlo del lado de alta presión en un sistema condensador. La unidad puede ser alternante, rotatoria o centrífuga.

7. Cierta sistema de refrigeración tiene una presión normal de succión de 150 psi manométrica y una presión de condensado de alrededor de 1,000 psi. ¿Cuál refrigerante es el que se usa? ¿Amoníaco, dióxido de carbono o freón?

R. Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

8. Mencione varios tipos de condensadores de uso general.

R. Coraza y tubo, tubo doble, atmosférico y evaporativo.

9. Describa brevemente un condensador de evaporación.

R. Este condensador tiene una serie de tubos o serpentes, normalmente del tipo de aletas, encerrado en un recipiente metálico. La superficie de enfriamiento se divide con frecuencia en dos secciones. Los gases calientes de la descarga entran en la sección superior, en donde es removido parte del calor latente de los gases calientes. Se riega agua sobre la sección inferior en cantidades suficientes para mantener mojadas las superficies. Un ventilador o soplador arroja un chorro de aire sobre superficies de enfriamiento, produciéndose una evaporación rápida. Este condensador tiene la ventaja de más capacidad ocupando un área pequeña y elimina las torres de enfriamiento.

10. ¿Qué quiere decir el término "refrigeración directa"?

R. Un sistema en donde se hace circular el refrigerante directamente en los espacios o sustancias que van a enfriarse. De ordinario recibe el nombre de sistema de expansión directa.

11. ¿Se permite en edificios públicos un sistema de expansión con serpentines de evaporación en el sistema de circulación de aire?

R. No, pero sí se permiten ciertos tipos de unidades portátiles con conexiones soldadas sólidas. Vea su código local.

12. ¿Cómo se clasifican usualmente los sistemas de refrigeración en cuanto a capacidad?

R. Esto varía en los diferentes códigos municipales. En la ciudad de Nueva York, la clase A es un sistema común que contiene 1,000 libras de refrigerante o más y tiene capacidad de 30 toneladas o más. La clase B contiene menos de 1,000 lb y más de 30 lb y tiene una capacidad de menos de 30 toneladas de refrigeración. La clase C contiene no más de 20 libras de refrigerante.

13. ¿Qué son los refrigerantes de hidrocarburo?

R. Estos refrigerantes contienen hidrógeno y carbón, como etano, propano y butano. Estos refrigerantes junto con el cloruro-mentol son inflamables cuando se mezclan con el aire.

14. ¿Se permiten los refrigerantes de hidrocarburo en sistemas de la clase A?

R. Muchos códigos prohíben refrigerantes inflamables en sistemas grandes. Vea su código local.

15. Describa el método para detectar fugas en un sistema que use freón.

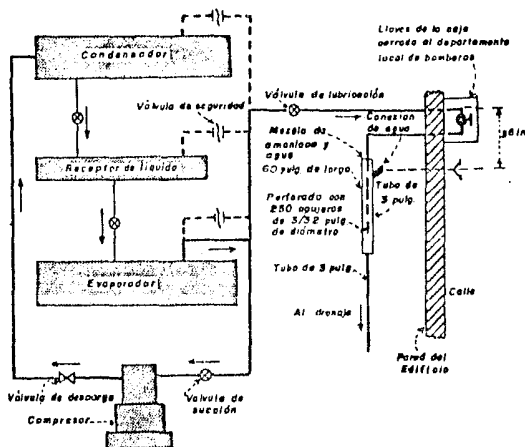
R. Normalmente se usa un soplete de sal halógena. Es te soplete tiene una placa de cobre encerrada en una concha metálica, que se calienta por medio de una flama de gas de acetileno. La flama de esta placa de reacción cambia a un color cuando entra en contacto con el freón. Pueden detectarse fugas de sólo el 0.01% en volumen.

16. ¿Cómo se detectan las pequeñas fugas de amoníaco?

R. Las fugas de gas en aire abierto normalmente se ve rifican con barras de azufre. Estas barras consis ten en un pesado cordón de algodón cubierto con azufre. Cuando se prenden y se ponen en contacto con el gas de amoníaco se vuelve el humo blanco. Las fugas en los sistemas de salmuera pueden detec tarse por varios reactivos.

17. Describa una regla general para ubicar las válvulas de seguridad.

R. Todos los recipientes a presión con combustión o sin ella, a los que se les puede poner una válvula como unidad separada, tales como los enfriadores de salmuera, receptores, acumuladores y tanques de



aire, deben estar protegidos por válvulas de seguridad apropiadas.

18. ¿Cuál es la presión máxima para ajustar las válvulas de seguridad de amoníaco y en enfriadores de salmuera de concha y tubos?

R. 150 psi manométricas.

19. ¿Cuál es la presión permitida en el lado de alta presión de los sistemas de amoníaco?

R. De 250 a 300 psi.

20. ¿A dónde deben descargar las válvulas de seguridad?

R. La descarga puede conectarse al lado de baja presión o succión del sistema, o bien, a la atmósfera, dependiendo del tipo y del tamaño de la planta.

Las válvulas de seguridad en los enfriadores de salmuera normalmente descargan a la línea principal de succión, justo por arriba de la válvula de retención.

21. Mencione otros dos lugares que requieran válvulas de seguridad.

R. Los compresores y los generadores de amoniaco deben tener válvulas para alivio de presión conectadas abajo de la válvula principal de descarga, arregladas para descarga dentro de la línea principal arriba de las válvulas de retención. Muchas unidades modernas tienen válvulas de alivio interconstruidas con el cabezal.

22. ¿Qué otras válvulas se necesitan en la línea de descarga arriba de la válvula principal de retención?

R. Debe instalarse una válvula unidireccional adecuada (válvula check) arriba del compresor, en la línea de descarga. Consulte su código local.

23. ¿Se puede empacar el vástago de una válvula de retención de amoniaco mientras está sujeta a presión?

R. La válvula de amoniaco tiene una superficie maquinada en la parte superior del disco de la válvula y en la parte inferior del bonete de la válvula.



Quando las válvulas están muy abiertas, estas superficies asientan, quitando la presión del vástago de la válvula y permitiendo empacarla cuando está sujeta a presión.

24. ¿Qué precaución debe tenerse al colocar una válvula de retención en la línea de descarga de un compresor?

R. La válvula debe estar colocada de manera que los gases de descarga entren a la válvula bajo del disco de la misma. La razón es que el disco de la válvula llega a aflojarse del vástago y éste no puede caer para cerrar la línea.

25. ¿Qué es un dispositivo para limitar la presión?

R. Muchos códigos exigen un dispositivo de corte de alta presión, arreglado de manera que cuando se alcance una presión predeterminada, se muevan los elementos de control o los interruptores en aceite que están en las líneas que van a los motores y corten la energía eléctrica. Algunos códigos exigen una estación de control remoto desde la cual pueda pararse toda la planta en caso de incendio o alguna emergencia.

26. ¿Qué es un mezclador de amoníaco y cuál es su uso?

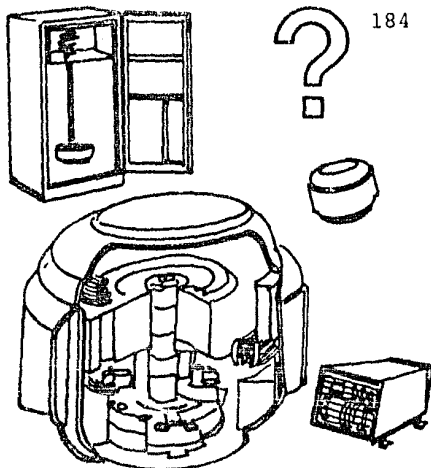
R. Existen varios tipos. Uno se opera manualmente,

otro en forma automática. Cada uno consta de válvulas arregladas de manera que, mediante conexiones al amoniaco, a los sistemas de drenaje y de alimentación de agua, la carga entera de amoniaco puede mezclarse con agua y descargarse dentro del sistema de drenaje en caso de incendio. Algunos códigos exigen que estos mezcladores accionados manualmente estén montados fuera de la planta, en un gabinete de metal pesado apropiado. Se proporcionan llaves de los gabinetes a las estaciones de bomberos locales. Vea los requisitos especiales en su código postal.

27. Diga brevemente cómo puede retirar la carga de amoniaco de la planta, para reutilizarla o transportarla.

R. Al bombardeo fuera de una planta, el refrigerante debe ser descargado en tambos aprobados por la autoridad local pertinente. Coloque los tambores vacíos sobre una báscula precisa, con manguera metálica flexible entre la conexión de amoniaco líquido y el tambor para pesarlo con precisión. Nunca llene los tambores a más del 90% de su capacidad en peso; esto permite una ligera imprecisión al llenarlo y evita que se llene demasiado, ya que debe dejar cierto espacio para la expansión del gas.

Los tambores nunca deben colocarse en exteriores donde les dé la luz solar. Sólo pueden almacenarse en tambores las cantidades de refrigerante que permita el código local. La mayoría de las áreas metropolitanas restringen esta cantidad a menos de 500 lb y algunas sólo permiten 300 lb.



18 preguntas que se formulan con frecuencia para obtener la licencia ilimitada como ingeniero en refrigeración

1. ¿Cuáles son los requisitos generales de ventilación para las casas de máquinas de refrigeración?

R. Los sistemas de clase A, con más de 1,000 libras de refrigerante necesitan: a) ventilador de extracción con capacidad de por lo menos 2,000 pies cúbicos por minuto, o b) áreas de ventanas al exterior de 25 pies cuadrados si están en muros opuestos o 60 pies cuadrados de ventanas abiertas a un lado del cuarto de máquinas. Vea su código local.

2. ¿Pueden bombearse los condensados de amoniaco o las líneas de descarga por medio del tipo normal de compresor de amoniaco en caso de fugas?

R. La mayoría de los compresores están equipados con derivación (bypass) y válvulas de extracción sobre el cabezal de la máquina, además de la succión principal y las válvulas de descarga. Para la ope

ración normal, las válvulas abiertas. La inversión de su posición permite bombear el gas de la línea de descarga y descargarlo en el lado de succión del sistema.

3. ¿Están permitidas las luces de flama abierta en los cuartos de máquinas?

R. No están permitidas las luces de arco u otras luces de flama abierta.

4. ¿Cuántos cascos y máscaras contra gas se necesitan en una sala de máquinas de refrigeración? ¿Dónde deben localizarse?

R. En los sistemas clase A, con más de 1,000 libras de refrigerante debe haber dos mascarillas en la sala de máquinas, cerca de la salida principal, y una o dos mascarillas en puntos convenientes, a través de la planta. Todos los códigos aprueban las mascarillas autorizadas por la U. S. Bureau of Mines para refrigerante en uso.

5. Si usted está probando un sistema nuevo que usa amoníaco anhidro como refrigerante, ¿qué pruebas de presión son necesarias?

R. La mayoría de los códigos exigen una presión de aire de 300 psi manométricas en el lado de alta pre-

sión y 150 psi en el lado de baja presión. (IMPOR-  
TANTE: Hay que tener mucho cuidado al bombear el  
aire a presión cuando se prueban los sistemas).  
No es aconsejable usar grandes compresores de amo-  
niaco para presiones por arriba de las 150 psi.  
Por arriba de este punto hay que usar un compresor  
pequeño de aire, diseñado para trabajar a alta pre-  
sión, y lubricado con aceite de compresor. El  
mejor procedimiento es: abrir todas las válvulas  
del lado de baja presión del sistema. Esto permi-  
te introducir la máxima presión permisible en los  
enfriadores de salmuera y en los acumuladores para  
igualar con la del lado de alta presión. Entonces  
puede probarse el sistema entero a 150 psi.

El siguiente paso es cerrar todo el sistema de ba-  
ja presión y meter aire comprimido, dejando abier-  
ta hacia la atmósfera una válvula en algún punto.  
Esto evita la posibilidad de que se genere una pre-  
sión más alta de lo que sería seguro en el lado de  
baja presión del sistema, mientras se prueba el la-  
do de alta presión. Entonces se genera la alta  
presión hasta el nivel requerido y se revisa si  
existen fugas. Se aplica jabonadura con una bro-  
cha de pintura que sea suave en todas las juntas.

Es un sistema simple de localizar fugas pequeñas. Después de verificar el sistema por completo con este método, se mete el aire a presión y se cierran todas las conexiones atmosféricas del lado de baja y se observa que estén abiertas las válvulas de expansión. Luego se hace un cierto vacío en el sistema extrayendo todo el aire posible. Se pueden usar compresores grandes para este objeto. El sistema está ahora listo para cargarse. Es buena práctica cargar sólo una pequeña cantidad de amoníaco, suficiente para elevar la presión del gas de 75 a 100 psi, y luego probar de nuevo cuidadosamente el sistema para ver si existen pequeñas fugas de gas. Este puede parecer un método demasiado meticulouso, pero cuando se lleva a cabo con cuidado ahorra tiempo y problemas.

6. ¿Están permitidas las válvulas de retención entre las válvulas de seguridad y los receptores, acumuladores y otros recipientes a presión para permitir la reparación de las válvulas de seguridad mientras el sistema está sujeto a presión?

R. No se permiten válvulas de ningún tipo ya que las válvulas de seguridad pueden quedar bloqueadas con virtiéndose en inútiles.

7. Si usted estuviera construyendo un receptor de amoniaco, digamos de 16 pulgadas de diámetro, soldando cabezas cóncavas o convexas, ¿colocaría usted la presión en el lado cóncavo o en el convexo?
- R. En el lado cóncavo; se permite una presión 40% mayor en los lados cóncavos.
8. ¿Son adecuadas las conexiones roscadas de latón y de cobre para los sistemas de amoniaco?
- R. No. Las conexiones para amoniaco se hacen de acero fundido de forja. Todas las tuberías deben ser de acero o de fierro negro.
9. Mencione el tamaño de las válvulas de seguridad que se necesitan en sistemas de 100 toneladas de capacidad que usan dióxido de carbono.
- R. De 1/2 a 3/4 de pulgada.
10. ¿Qué tipo de válvulas se necesitan para las mirillas de nivel del líquido?
- R. Las válvulas para mirillas deben ser del tipo "check" de bola, que cierran automáticamente en caso de que falle el vidrio. Una rejilla metálica o metal desplegado debe proteger estos vidrios.
11. ¿Se consideran explosivas las mezclas de gas de amonia-



co y el aire?

R. La mayoría de las autoridades sitúan los límites explosivos entre el 17 y el 25% de amoniaco, en volumen. Las más serias explosiones por una flama que entra en contacto con fugas grandes de amoniaco han sido originadas por la mezcla de gas de amoniaco, aire y vapor de aceite. No hay peligro de explosiones al cortar tubos, receptores o acumuladores de amoniaco con soplete de acetileno o al hacer conexiones soldadas si el sistema se comunica con la atmósfera y está ventilado.

12. ¿Qué es el calor latente?

R. El calor latente es el que se requiere para cambiar el estado de un cuerpo sin que cambie de temperatura, como el cambio que ocurre al fundir el hielo a 32°F, pasando a ser agua a temperatura constante.

13. ¿Es posible, en una torre de enfriamiento atmosférica, reducir la temperatura del agua de circulación por abajo de la de la atmósfera que la rodea?

R. Sí, siempre y cuando la temperatura de bulbo húmedo de la atmósfera sea más baja que la de bulbo seco; esto quiere decir que si la humedad relativa

de dicha atmósfera es baja, la temperatura de bulbo húmedo lo será también, por consiguiente, se obtendrán temperaturas de salida del agua en la torre más bajas que las del ambiente.

14. ¿Por qué se dejan agujeros en los aros de los volantes y en los rotores de los motores para unidades grandes?

R. Para facilitar darle vuelta a mano a la máquina cuando se hacen reparaciones y ajustes. (NOTA: 60% de los aspirantes opinan que es con objeto de balanceo).

15. ¿Qué podría originar que la temperatura del gas de descarga que deja un compresor de repente se hiciera anormalmente alta, sin cambio notable en las presiones de succión y descarga?

R. Existen varias causas: a) válvulas de succión o descarga rotas, b) anillos de pistón rotos, originando fugas ahí o en las válvulas, c) paso de gas caliente de la descarga al lado de succión del compresor.

16. ¿Qué podría originar que las temperaturas de descarga descendieran por abajo de lo normal, haciendo que la línea de descarga se volviera fría y se congele poco a poco el compresor?

- R. La cantidad excesiva de líquido refrigerante que pasa por la válvula de expansión, originando que se cuele líquido del lado de evaporación del compresor.
17. Si se le pidiera que se hiciera cargo de una planta de refrigeración grande que hubiera estado parada por algún tiempo, diga brevemente cómo procedería y qué precauciones tomaría.
- R. Suponiendo que la planta tuviera suficiente refrigerante en el sistema y fuera hermético, primero haría una inspección de todos los auxiliares, tales como sistema de alimentación de agua, las bombas, los enfriadores de salmuera o el lado del sistema de expansión y los condensadores. Verificaría la posición de todas las válvulas en los lados de alta y baja presión y revisaría que abrieran y cerraran con facilidad.
- Si se usan motores síncronos con voltajes altos, haría pruebas con el Megger para determinar el estado de aislamiento de los motores y los cables alimentadores. Verificaría el estado de los contactos en los interruptores de aceite y en los de corriente, quitaría las cubiertas de las máquinas verticales para verificar el estado de los pernos

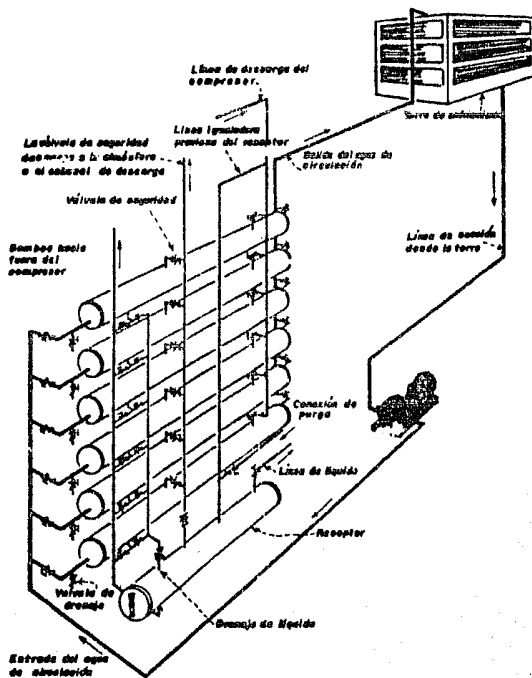
de los cojinetes de las bielas.

Verificaría completamente el sistema de lubricación. Le daría una vuelta completa, a mano, a las grandes máquinas reciprocantes y verificaría las holguras en los pistones. Revisaría el ajuste de todas las bielas y los prensaestoperos. Al arrancar los compresores abriría lentamente las válvulas de succión. Después del arranque observaría todos los cojinetes para ver que estuvieran girando todos los anillos de aceite, ya que estos a menudo no arrancan cuando las unidades han estado fuera de operación durante periodos largos. Hay que ver que la planta tenga el líquido adecuado de seguridad: mascarillas de gas, extinguidores de incendio adecuados y elementos de primeros auxilios.

18. ¿Cuál es el objeto de una cabeza de seguridad en un compresor de amoníaco de acción simple?

R. La cabeza de seguridad es una falsa cabeza que descansa sobre un hombro en la parte superior del cilindro compresor. Las válvulas de descarga se conectan a esta cabeza. Resortes fuertes, colocados entre la cabeza principal del cilindro y la cabeza de seguridad manteniendo a ésta en posición. En

el caso de que haya válvulas de succión rotas o  
grumos del líquido refrigerante, esta cabeza se le  
vanta, evitando un accidente serio en el compresor.



## XII BIBLIOGRAFIA

1. Roy J. Dossat, Principios de Refrigeración. CECSA, México, 1981.
  2. Air Conditioning and Refrigeration Institute. Refrigeración. Am Air Conditioning, Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 1979.
  3. Billy C. Langley, Refrigeration and Air Conditioning. Reston Publishing Company, Inc. Reston, Virginia, 1982.
  4. Edwin P. Anderson and Roland E. Palmquist, Refrigeration Home and Commercial. Theodore Audel & Co. Indianapolis, Indiana, 1979.
  5. Stephen M. Elonka, Operación de Plantas Industriales. McGraw-Hill, 1982.
- Manual Recold de Fan Coil Units.
  - Catálogo Gilbert Copeland, Unidades de Condensación Enfriadas por Aire.
  - Catálogo Rimsa Saginomiya, S. A.
  - Catálogo ARMBEE Chicago, Equipos Electromecánicos, S. A.
  - Trane Air Conditioning Manual, diciembre 1981.
  - Manual de Aire Acondicionado, Carrier Air Conditioning Company, Marcombo, S. A., 1978.
  - Eduardo Hernández Goribar, Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración, Limusa, México, 1982.