

25
28j

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



Facultad de Estudios Superiores
"CUAUTITLAN"

"INGENIERIA DE REFRIGERACION"

(Mantenimiento preventivo y correctivo a sistemas que utilizan como fluido de trabajo FREON-22.)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A ;
MANUEL IGNACIO SANCHEZ HERRERA

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. Enero 1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N D I C E .

	PAGINA
OBJETIVO	1
INTRODUCCION	2
CAPITULO I	
PRINCIPIOS BASICOS DE REFRIGERACION	
1.1 Definiciones	3
1.1.1 Que es refrigeración	3
1.1.2 Calor	3
1.1.3 Calor sensible y Calor latente	3
1.1.4 Temperatura	4
1.1.5 Calor específico	4
1.1.6 Tonelada de refrigeración	5
1.1.7 Presión	5
1.1.8 Entalpía	6
1.1.9 Ebullición	6
1.2 Ciclo termodinámico de Refrigeración	7
1.3 Ciclo de compresión en refrigeración	8
1.4 Diagrama de Mollier	9
1.5 Capacidad de condensación	12
1.6 Capacidad de evaporación	14
CAPITULO II	
DESCRIPCION DE EQUIPOS PARA UN SISTEMA DE REFRIGERACION INDUSTRIAL	
2.1 Compresor tipo tornillo	15
2.2 Condensadores	18
2.3 Evaporadores	20
2.4 Mecanismos de control automático	23
2.4.1 Control de temperatura (Termostatos)	23
2.4.2 Control de la presión	24
2.4.2.1 Presostato de alta presión	24
2.4.2.2 Presostato de presión de aceite	24
2.4.2.3 Válvulas de seguridad	25
2.5 Control de flujo del refrigerante	28
2.5.1 Válvula de expansión	28
2.5.2 Válvula sclenoide	28
2.6 Control de flujo de agua o de salmuera	28
2.7 Motores eléctricos	29
2.8 Recibidores de líquido	30
2.9 Separadores de aceite	30
2.10 Acumuladores de succión	32
2.11 Deshidratadores	34
2.12 Indicadores de humedad y líquido	34

CAPITULO III

OPERACION DE UN SISTEMA DE REFRIGERACION

PAGINA

3.1 Operación segura	35
3.2 Operación eficiente	38
3.3 Operación económica	39

CAPITULO IV

CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO

4.1 Mantenimiento preventivo	40
4.2 Mantenimiento correctivo	44
4.3 Programa de mantenimiento del sistema de refrigeración en estudio	45

CAPITULO V

ANALISIS ECONOMICO

5.1 Evaluación de costos del mantenimiento preventivo	49
5.2 Evaluación de costos del mantenimiento correctivo	56

CAPITULO VI

CONCLUSIONES	58
APENDICES	60
BIBLIOGRAFIA	88

OBJETIVO.**EL**

DESARROLLAR Y FOMENTAR EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE REFRIGERACION INDUSTRIAL, CON EL OBJETO DE INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS DE ESTE RAMO INDUSTRIAL.

DE MANERA QUE Nos ayude a :

- O PROPORCIONAR LOS CONOCIMIENTOS BASICOS NECESARIOS QUE DEBEN CONOCER TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE SE INICIEEN O QUE TENGAN RELACION CON LA REFRIGERACION A NIVEL INDUSTRIAL.
- O CONOCER LOS PRINCIPALES PROBLEMAS QUE PODEMOS ENCONTRAR EN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE REFRIGERACION INDUSTRIAL.
- O CONOCER Y COMPARAR METODOS DE REALIZACION Y EJECUCION DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LOS DIFERENTES EQUIPOS QUE COMPONEN UN SISTEMA DE REFRIGERACION INDUSTRIAL.

PARA QUE

SE MANTENGA LA APARIENCIA Y ADECUADO FUNCIONAMIENTO DE LOS BIENES FISICOS , LA SEGURIDAD DEL PERSONAL Y UN NIVEL DE ACUERDO CON BAJO COSTO Y ALTA PRODUCTIVIDAD.

La finalidad del mantenimiento es lograr la máxima - vida económica de un edificio, equipo, sistema o producto cualquiera . En base a lo anterior, el mantenimiento puede definir se como: El conjunto de actividades desarrolladas para conservar los bienes físicos de una empresa en condiciones de funcionamiento económico, incluyendo conceptos tales como: eficiencia, seguridad y confiabilidad.

En cualquiera de los tipos de mantenimiento (preventivo, correctivo, predictivo), o en caso de que ellos compitan en urgencia, el problema básico cotidiano del profesional del - mantenimiento es dar a cada tarea un orden.

El responsable del mantenimiento debe saber qué es lo que hay que hacer de inmediato, que cosa después; cuál diferir y hasta cuando; e inclusive ocasionalmente, cuál cancelar.

Generalmente sucede que cuando por primera vez, pasamos por alto una condición anómala, la probabilidad de que la paseemos por alto, una segunda vez aumenta. Cuando en algún sitio, se tiene una condición que puede ser mejorada y no sucede así, es casi seguro que nos acostumbraremos a verla así, por lo que estaremos -- perdiendo la oportunidad de corregir o mejorar tal situación.

El ingeniero de mantenimiento debe tomar decisiones - sobre la forma de como atacar los problemas de mantenimiento, y no nada más ésto, sino muchas otras desiciones como por ejemplo:

¿Qué refacciones deben existir?

¿Qué cantidad de material debe tener?

¿Qué y cuantas personas debe asignar a cada área?

¿En que máquinas debe extremar el control?

¿Qué instalaciones deben tener respaldo?

La tarea no es fácil ya que hay que cuantificar los - beneficios del mantenimiento y los problemas o pérdidas por el no mantenimiento, ya que se involucra conceptos difícilmente -- cuantificables, tales como la seguridad, fiabilidad, disponibilidad, confianza, prestigio, etc..

CAPITULO I

PRINCIPIOS BASICOS DE REFRIGERACION.

3

1.1 Definiciones.

Las definiciones que a continuación se mencionan son importantes para el ingeniero que se encuentre laborando en el área de refrigeración industrial.

1.1.1 Que es refrigeración.

Se puede definir la refrigeración como el proceso de reducir la temperatura de un cuerpo o un espacio determinado - sustrayendo una parte del calor natural de ese cuerpo o ese es pacio, sin olvidar además, el de mantener tal condición.

1.1.2 Calor.

El calor es una forma de energía. Esto es evidente ya que el calor puede ser convertido en otras formas de energía. Desde el punto de vista estrictamente termodinámico, el calor - esta definido como energía en transición de un cuerpo a otro - como un resultado de una diferencia de temperaturas entre dos cuerpos.

El calor se mide en Kilocalorias (Kcal) o Unidad Térmica Británica (Btu) según el sistema empleado. Una Kcal es la energía calorífica necesaria para elevar en 1°C, la temperatura de 1 Kg. de agua pura. El Btu es la energía calorífica necesaria para elevar en 1°F, la temperatura de 1 Lb de agua pura.

$$1 \text{ Kcal} = 3.96 \text{ Btu}$$

$$1 \text{ Btu} = 0.252 \text{ Kcal}$$

1.1.3 Calor sensible y calor latente .

Calor sensible. El calor sensible es tan común en nuestra vida diaria, y puede ser definido como el calor el cual produce un incremento en la temperatura. Cuando la temperatura de un líquido o de una sustancia cualquiera se eleva, está absorbiendo calor sensible y, por el contrario, cuando baja la temperatura de una sustancia, está desprendiendo calor sensible.

Calor latente. El término calor latente se refiere a la cantidad de calor necesaria para cambiar el estado de fase de una sustancia de sólido a líquido o de líquido a vapor, sin cambiar la temperatura de la misma. Se puede observar que el calor latente es de gran importancia en el estudio y aplicación de la refrigeración.

1.1.4 Temperatura.

La temperatura es la medida del nivel de intensidad de calor; no es una energía calorífica ni cantidad de calor.

La temperatura se puede medir directamente mediante un termómetro, cuya unidad es el grado Centígrado o Fahrenheit en las escalas normales.

La equivalencia entre las escalas normales es la siguiente:

$$t_c = 5/9 (t_f - 32)$$

$$t_f = 1.8 t_c + 32$$

El punto en donde el hielo se derrite, se escogió arbitrariamente como 0 en la escala Centígrada y 32° en la Fahrenheit.

1.1.5 Calor específico.

Dos cuerpos diferentes, absorben diferente cantidad de calor para aumentar su temperatura el mismo número de grados. Este hecho lo hemos comprobado muchas veces cuando empleamos el termómetro para saber la temperatura de nuestro cuerpo. El mercurio dentro de este dispositivo, se dilata rápidamente al solo contacto de nuestra mano, pero en vez de mercurio se tuviera agua, ésta no sufriría la más mínima alteración, no obstante que el calor sería el mismo.

Para tener un patrón comparativo, se ha elegido el agua y se establece que: "El calor específico del agua vale 1", es decir, se requiere una Kcal. para elevar la temperatura de un kg. de agua pura, en 1 °C .

$$\text{Calor esp. del agua} = 1 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$= 1 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

El valor del calor específico de cualquier otro material, se compara con el del agua, así por ejemplo, decir que el calor específico del aluminio vale 0.226 significa que para elevar la temperatura de 1 lb. de aluminio en 1 °F, se requieren 0.226 BTU en tanto que para el agua en las mismas condiciones se requiere 1 BTU.

1.1.6 Tonelada de refrigeración.

Los equipos de refrigeración industrial y en algunas -- ocasiones también los comerciales, se especifican en " toneladas de refrigeración". Una TR es la cantidad de calor que debe adicionarse a una tonelada de hielo puro a 0°C, en el lapso de 24 horas. Esta cantidad de calor adicionada vale 72,576 Kcal. ó -- 288,000 BTU :

$$1 \text{ TR} = \frac{72,576}{24} = 3,024 \text{ Kcal/h}$$

$$1 \text{ TR} = \frac{288,000}{24} = 12,000 \text{ BTU/h}$$

1.1.7 Presión.

Presión es la fuerza ejercida por unidad de área. Puede ser descrita como una medida de la intensidad de una fuerza en un punto cualquiera sobre la superficie de contacto. Cuando una fuerza está distribuida uniformemente sobre una área, la presión será la misma sobre cualquier punto de la superficie de contacto y podrá ser calculada dividiendo la fuerza total ejercida entre el área total sobre la cual la fuerza está aplicada.

La presión es medida en unidades de fuerza por unidades de área. La presión es más frecuentemente dada en kg/cm².

La tierra está rodeada por una cubierta de aire atmosférico que se extiende hacia arriba de la superficie de ella. Debido a que este aire tiene masa y está sujeto a la acción de la gravedad, ésta ejerce una presión que se conoce como "presión atmosférica".

Se entiende por presión absoluta a la presión total que tiene un fluido, mientras que la presión manométrica es la presión que se lee en un manómetro. Es importante comprender que los manómetros están calibrados para leer cero cuando la presión es igual a la atmosférica y que ningún manómetro sea o no de tubo de Bourdon mide la presión total o verdadera que un fluido tiene en un depósito.

Cuando la presión del fluido es mayor que la presión atmosférica, la presión absoluta del fluido en el depósito se determina agregándole la presión atmosférica a la presión manométrica y cuando la presión del fluido es menor que la atmosférica se resta la presión manométrica. La relación entre la presión absoluta y manométrica es la siguiente:

$$\text{presión absoluta} = \text{presión manométrica} + \text{presión atmosférica}$$

1.1.8 Entalpía

El contenido de calor de un cuerpo a partir de un punto arbitrario escogido como "0" se llama ENTALPIA, la cual es nula en 0°C ó 32 °F para el agua. Su unidad es la kcal/kg ó BTU/lb.

La entalpía de un vapor incluye el calor sensible del líquido más el calor latente necesario para la formación de vapor a esa misma temperatura.

1.1.9 Ebullición.

Cuando se tiene agua dentro de un recipiente abierto y se le suministra calor, la temperatura irá en aumento constante hasta que se desprenda algo de vapor. Esta evaporación se realiza a 100 °C si el recipiente está al nivel del mar. Si se reduce la presión sobre la superficie líquida, el líquido hervirá a menor temperatura y viceversa, es decir, la temperatura de ebullición cambia si se cambia la presión ejercida sobre la superficie libre del líquido.

1.2 Ciclo termodinámico de refrigeración.

Se denomina motor de Carnot a un motor ideal, imaginado por Carnot teniendo un rendimiento máximo, dados un foco calorífico a una cierta temperatura y un depósito a temperatura más baja.

El ciclo de Carnot representado en la figura 1, está limitado por dos procesos a temperatura constante y dos procesos con calor constante. De este modo, todo el calor es suministrado al motor a la misma temperatura elevada, y todo el calor cedido por el motor es expulsado a la misma temperatura baja. Las transformaciones a temperatura y calor constante del ciclo de Carnot pueden imaginarse efectuadas en cualquier sentido. En el sentido indicado en la figura 1 entra la cantidad de calor Q_2 , sale la cantidad de calor Q_1 y se realiza por el motor un trabajo W . Las flechas de la figura pueden invertirse, en cuyo caso tendríamos un ciclo de refrigeración; esto es, saldría el calor Q_2 , entraría el calor Q_1 y tendría que hacerse el trabajo W sobre la máquina frigorífica.

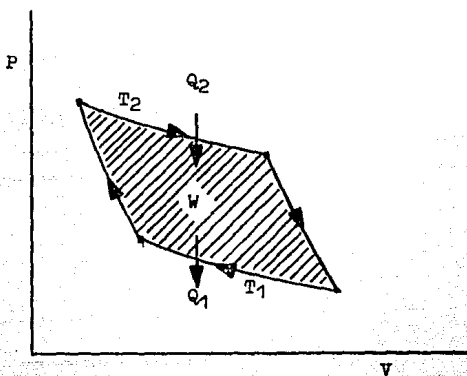


FIGURA 1. Ciclo de Carnot

1.3 Ciclo de compresión en refrigeración.

El diseño y operación de un sistema de compresión en refrigeración dependen del líquido refrigerante utilizado. Este líquido desempeña las funciones de absorber, transportar y eliminar calor. Para comprender el funcionamiento es esencial entender el comportamiento del refrigerante dentro del sistema.

Al circular el refrigerante no se efectúan cambios químicos, pero si, está constantemente cambiando su forma física. puede ser líquido o gas, o una mezcla de ambos, dependiendo donde este en el ciclo.

Examinemos el sistema de la figura 2, comencemos a la salida de la válvula de expansión. Encontramos, en primer término refrigerante líquido saturado a baja presión y temperatura fluyendo dentro del evaporador, a medida que fluye absorbe calor y se evapora. El gas refrigerante sobrecalentado a baja temperatura fluye del evaporador a la línea de succión del compresor. Este presuriza el gas añadiendo más calor y descargándolo caliente. El gas refrigerante sobrecalentado a alta presión y temperatura pasa del compresor al condensador, donde pierde el exceso de calor saturándose parte líquida y parte vapor; continúa perdiendo calor hasta que termina por licuarse completamente. Una posterior eliminación de calor subenfía el líquido el cual se dirige del condensador a la válvula de expansión donde es forzado a través de restricción e introducido repentinamente a una área de baja presión, el refrigerante se expande y una mezcla fría de líquido y vapor fluye al evaporador. El ciclo vuelve a empezar y se repite una y otra vez.

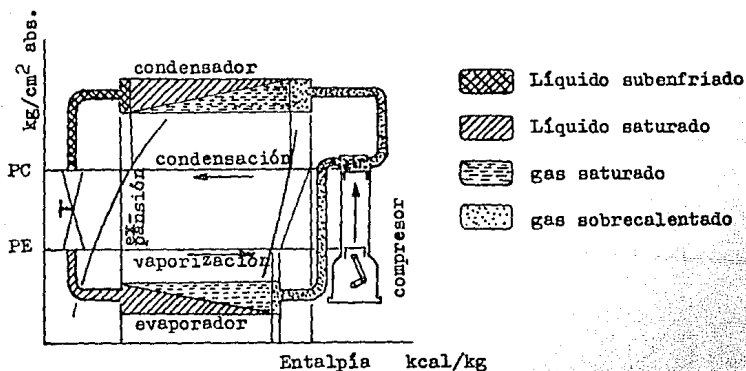


FIGURA 2. Ciclo de compresión en refrigeración.

1.4 Diagrama de Mollier.

Un buen conocimiento de el ciclo de compresión de vapor requiere un estudio intenso, no únicamente de los procesos individuales que hacen el ciclo, sino también, la relación que existe entre los varios procesos termodinámicos que se llevan a cabo y los cambios que pueden afectar un proceso individual a todo el ciclo. Esto es grandemente simplificado por el uso de cartas y diagramas sobre el cual el ciclo completo puede ser mostrado gráficamente.

La condición del refrigerante en un estado termodinámico puede ser representado como un punto sobre el diagrama presión-entalpía (carta de Mollier). El punto sobre el diagrama el cual representa la condición del refrigerante en cualquier estado termodinámico en particular puede ser localizado si dos propiedades del estado del refrigerante son conocidas. Todas las otras propiedades del refrigerante para este estado pueden ser determinadas directamente del diagrama.

Como es mostrado por el diagrama esquemático en la figura 3, el cual es dividido en tres áreas las cuales son separadas una de otra por las curvas de líquido y vapor saturado. El área sobre la carta del lado izquierdo de la curva de líquido saturado es llamada la región de sobrefriamiento. En cualquier punto sobre la región de sobrefriamiento el refrigerante esta en estado líquido y su temperatura está abajo de la temperatura de saturación correspondiendo la misma presión. El área de la derecha de la curva de vapor saturado es la región de sobrecalentamiento y el refrigerante está en la forma de un vapor sobrecalentado. La sección central de la carta, entre las curvas de vapor saturado y líquido saturado, representa el cambio de fase del refrigerante entre los estados líquido y vapor. En un punto entre las dos curvas del refrigerante se tiene la forma de una mezcla de líquido-vapor. Las líneas de líquido saturado y vapor saturado no son exactamente paralelas una de otra porque el calor latente de vaporización del refrigerante varía con la presión en el cual el cambio de fase ocurre.

Sobre la carta, el cambio de fase del estado líquido al de vapor toma lugar progresivamente de izquierda a derecha, mientras que el cambio de fase del estado vapor al estado líquido ocurre de derecha a izquierda. Cercano a la curva de líquido saturado la mezcla de líquido-vapor es casi toda líquida, mientras si se esta cerca de la curva de vapor saturado la mezcla líquido-vapor es casi toda vapor. Las líneas de calidad constante mostradas en la figura 4, se extiende desde la parte superior a la parte inferior a través de la sección central de la carta y aproximadamente paralela a las curvas de vapor y líquido saturado, indica la fracción de vapor en la mezcla con incrementos de 10% .

FIGURA 3. Carta esquemática ilustrando las tres regiones del diagrama y la dirección de cambio de fase.

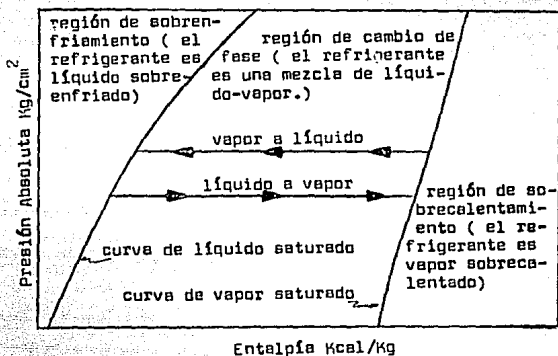
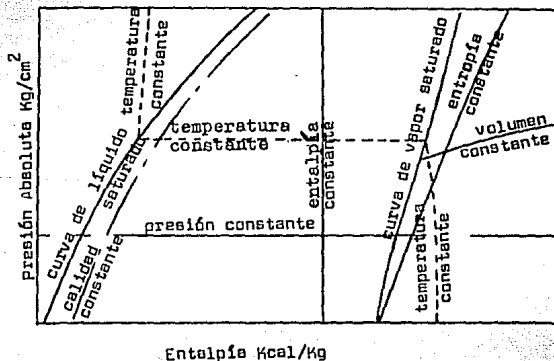


FIGURA 4. Carta esquemática mostrando partes de presión constante, temperatura constante, volumen constante, entalpía constante y entropía constante.



La presión es graficada a lo largo del eje vertical y la entalpía es graficada a lo largo del eje horizontal, donde las líneas horizontales se extienden a través del diagrama y son líneas de presión constante y las líneas verticales son líneas de entalpía constante.

Las líneas de temperatura constante en la región de sobrefriamiento son casi verticales y paralelas a las líneas de entalpía constante. En la sección del centro donde el refrigerante cambia de estado a una temperatura y presión constante, las líneas de temperatura constante corren horizontalmente a través del diagrama y son paralelas a las líneas de presión constante. En la curva de vapor saturado las líneas de temperatura constante cambian nuevamente de dirección y en la región de vapor sobrecalentado bajan bruscamente hasta la parte inferior del diagrama.

Las líneas rectas que se extienden diagonalmente y cruzan casi verticales la región de vapor sobrecalentado, son líneas de entropía constante. Las curvas que cruzan la región de vapor sobrecalentado son casi horizontales y son líneas de volumen constante.

Los valores de cualquiera de las diferentes propiedades del refrigerante, y que son importantes en el ciclo de refrigeración pueden leerse en forma directa en el diagrama desde cualquier punto, de donde podrá obtenerse el valor de alguna propiedad que resulte ser muy importante para el proceso.

En el apéndice 1 se muestran los diagramas de Mollier para los refrigerantes freón 11, 12, y 22 .

1.5 Capacidad de condensación.

La cantidad de calor disipado en el aire o agua de enfriamiento por un gas refrigerante que se licua en el condensador, se calcula por la siguiente fórmula :

$$Q_c = v V_{th} \frac{(i_3 - i_1)}{3,024 v}$$

Donde: Q_c = cantidad de calor extraído del condensador en TR.
 i_1 = entalpía del gas refrigerante en la descarga ---
 (kcal/kg) ver figura 4a

La capacidad del condensador se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula :

$$Q_c = UA DMLT$$

Donde: Q_c = capacidad del condensador
 U = coeficiente de transmisión de calor
 (kcal/m²hr °C) .
 A = área de transferencia de calor (m²)
 $DMLT$ = Diferencial media logarítmica de temperaturas entre la temperatura de condensación y el medio de enfriamiento (aire o agua) (°C) .

El coeficiente de transmisión de calor se incrementa o disminuye de acuerdo a la velocidad del medio refrigerante (ya sea agua o aire). Este factor disminuye si se cubre de sarro, o se forma una película de aceite en la superficie de entrada o salida de los tubos del intercambiador (condensador), o si contiene impurezas el gas refrigerante, esto es, tener en la descarga una mezcla de aire y gas refrigerante. Esto -- ultimo ocasiona un aumento en la temperatura y presión en el condensador.

Generalmente hablando, un condensador que tiene un pequeño valor de UA y un gran valor de DMT se puede tener una insuficiente capacidad.

La cantidad de agua de enfriamiento o flujo de aire el cual absorbe calor del refrigerante a través del serpentín en un condensador es calculado de acuerdo a lo siguiente:

$$\text{Gasto de agua (lt/hr)} = \frac{\text{Calor de condensación (kcal/hr)}}{\text{temperatura de salida} - \text{temperatura de entrada}}$$

Donde el agua es limpia y tiene un calor específico

$$C_p = 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Gasto de aire (m}^3\text{/hr)} = \frac{\text{Calor de condensación (kcal/hr)}}{0.28(\text{ temp. de salida} - \text{ temp. de entrada})}$$

Donde: Calor específico del aire = 0.242 kcal/kg $^\circ\text{C}$

Volumen específico del aire = 0.80 m³/kg

entonces, el calor específico por 1 m³ = 0.28 kcal/ m³ $^\circ\text{C}$

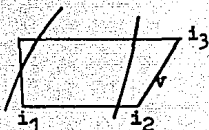


FIGURA 4a Diagrama de Mollier

DONDE:

v = eficiencia volumétrica

V_{th} = Desplazamiento del compresor (m³/hr)

i₁ = Entalpía del líquido refrigerante justo antes de la válvula de expansión (kcal/kg)

1.6 Capacidad de evaporación.

La cantidad de calor absorbido en el evaporador cuando el gas refrigerante se evapora es un poco menor que la capacidad de refrigeración en TR, así como cierta cantidad de calor es -- perdido en la tubería de succión. La cantidad de calor absorbido es calculado de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$Q_e = UA \text{ DMLT}$$

Q_e = cantidad de calor absorbido en el evaporador (kcal/hr)

U = coeficiente de transmisión de calor entre el refrigerante y la sustancia a enfriar (kcal/ m² hr °C)

A = superficie de transmisión de calor en el evaporador -- (m²) .

DMLT = Diferencial media logarítmica de temperatura entre la temperatura de evaporación y el medio a enfriar (°C).

En el caso del aire, el coeficiente de transmisión de calor es más pequeño que un líquido tal como agua. La escarcha, la incrustación o películas de aceite también reducen el coeficiente.

Es extremadamente importante que la superficie de transferencia de calor por el lado del refrigerante en el evaporador este totalmente inundado. La capacidad del evaporador puede ser disminuida grandemente si hay insuficiente líquido refrigerante y unicamente pasa a través de él gas refrigerante. Un valor -- adecuado de DMLT para un sistema de enfriamiento de agua esta en el rango de 5 a 6 °C, mientras un DMLT para un sistema de -- enfriamiento de aire puede ser de alrededor de 8 a 10 °C . Si -- estos valores son aumentados la capacidad del evaporador puede disminuir.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE EQUIPOS PARA UN SISTEMA DE REFRIGERACION INDUSTRIAL.

Al empezar el estudio de éste capítulo, es conveniente describir el sistema de refrigeración, que es comunmente utilizado en la industria. Este sistema en particular es para el enfriamiento de salmuera (CaCl_2) hasta -15°C , siendo su fluido de trabajo gas refrigerante freón-22, teniendo las siguientes condiciones de operación:

TEMPERATURA DE EVAPORACION = -20°C

TEMPERATURA DE CONDENSACION = 40°C

CAPACIDAD = 64 T.R.

Sus programas de mantenimiento son descritos posteriormente. En el diagrama de flujo que se muestra en la siguiente hoja, podemos observar todos los componentes del sistema, siendo sus funciones principales las siguientes.

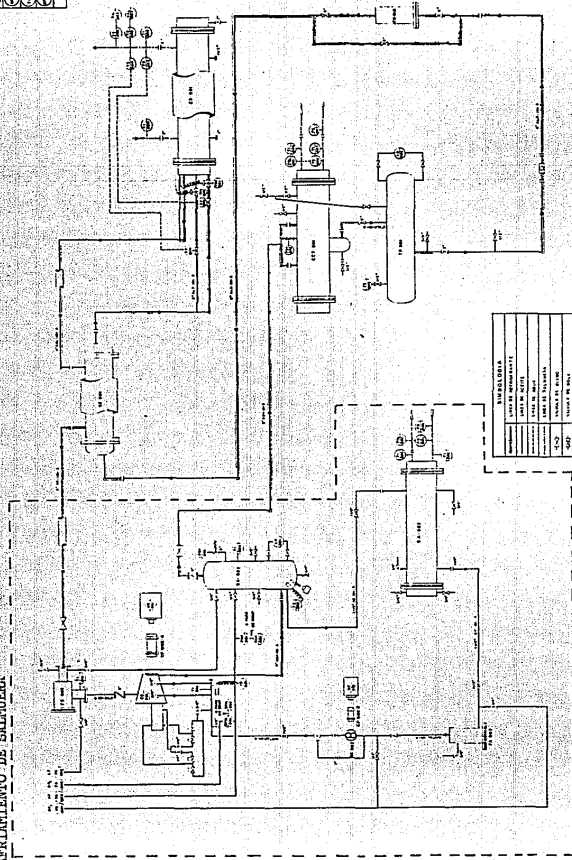
Un compresor tipo tornillo cuyos componentes (enclavados en líneas punteadas) principales son:

- a) Compresor tornillo acoplamiento directo.
- b) Motor eléctrico del compresor
- c) Separador de aceite
- d) Enfriador de aceite
- e) Moto-bomba de aceite
- f) Filtros de succión de compresor y bomba
- g) Válvula de seguridad
- h) Termómetros, manómetros, termostatos y presostatos.

El compresor comprime el gas refrigerante por el movimiento de dos rotores, llamados macho y hembra. Las cualidades más importantes de éste tipo de compresor son:

- Capacidad para manejar grandes volúmenes de gas refrigerante con un amplio rango de relación de compresión.
- No usa platos de succión.
- Es muy compacto y limpio.
- Es movido por motor de 2 polos (3600 RPM) .

DIAGRAMA DE FLUJO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE SALMUERA



1	CONDENSADOR	CONDENSER
2	COMPRESOR	COMPRESSOR
3	VALVULA DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
4	EVAPORADOR	EVAPORATOR
5	VALVULA DE REGULACION	REGULATING VALVE
6	VALVULA DE SEGURIDAD	SAFETY VALVE
7	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
8	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
9	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
10	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
11	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
12	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
13	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
14	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
15	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
16	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
17	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
18	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
19	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
20	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE

1	CONDENSADOR	CONDENSER
2	COMPRESOR	COMPRESSOR
3	VALVULA DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
4	EVAPORADOR	EVAPORATOR
5	VALVULA DE REGULACION	REGULATING VALVE
6	VALVULA DE SEGURIDAD	SAFETY VALVE
7	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
8	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
9	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
10	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
11	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
12	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
13	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
14	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
15	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
16	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
17	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
18	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
19	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
20	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE

1	CONDENSADOR	CONDENSER
2	COMPRESOR	COMPRESSOR
3	VALVULA DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
4	EVAPORADOR	EVAPORATOR
5	VALVULA DE REGULACION	REGULATING VALVE
6	VALVULA DE SEGURIDAD	SAFETY VALVE
7	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
8	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
9	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
10	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
11	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
12	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
13	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
14	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
15	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
16	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
17	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
18	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
19	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
20	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE

DIAGRAMA DE FLUJO

No. Proyecto: _____
 No. Hoja: _____
 Fecha: _____
 Autor: _____
 Revisor: _____
 Aprobado: _____

1	CONDENSADOR	CONDENSER
2	COMPRESOR	COMPRESSOR
3	VALVULA DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
4	EVAPORADOR	EVAPORATOR
5	VALVULA DE REGULACION	REGULATING VALVE
6	VALVULA DE SEGURIDAD	SAFETY VALVE
7	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
8	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
9	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
10	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
11	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
12	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
13	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
14	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
15	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
16	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
17	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE
18	VALVULA DE REGULACION DE FLUJO	FLOW CONTROL VALVE
19	VALVULA DE ALIVIO	RELIEF VALVE
20	VALVULA DE CIERRE	CLOSURE VALVE

Al comprimirse el gas es llevado por una tubería de des carga o de gas caliente, hasta el condensador, cuyo propósito es la de proveer una superficie de transferencia de calor a través del cual el calor pasa del gas refrigerante caliente al medio de condensación, ocasionando con esto, la formación de refrigerante en estado líquido.

Este líquido es almacenado en un tanque llamado recibi dor donde se tiene un suministro constante, según la necesidad -- del evaporador.

El refrigerante llega a un control de flujo que tiene la función de medir la cantidad apropiada de refrigerante al eva porador y reduce la presión de la entrada de líquido a éste, de tal forma que el líquido pueda vaporizarse y bajar la temperatura deseada.

Antes de entrar el refrigerante al control de flujo -- pasa por un superenfriador, el cual, tiene las dos funciones sigui entes,

- 1a. Calentar la salida de gas refrigerante del evaporador para - evitar regreso de líquido al compresor.
- 2a. Enfriar el líquido proveniente del recibidor para aumentar - la eficiencia del sistema.

Ya en el evaporador el refrigerante líquido se vapo riza absorbiendo calor a la salmuera, que pasa por los tubos de éste intercambiador de calor. La salida de éste es conectado a la succión del compresor, ocasionando con esto, tener, el ciclo cerrado de refrigeración.

Uno de los aspectos más importantes en los sistemas de refrigeración, son; el conocimiento real de los equipos que a continuación se mencionan:

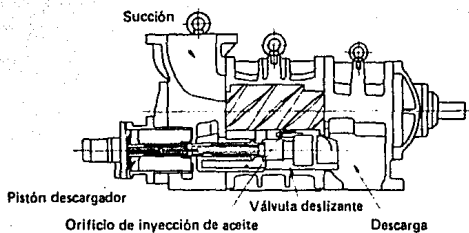
- 2.1 COMPRESOR TIPO TORNILLO. El compresor tipo tornillo comprime el gas refrigerante por el movimiento de dos rotores llamados macho y hembra. Las cualidades más importantes del compresor son:
- 1.-Capacidad para manejar grandes volúmenes de gas refrigerante con un amplio rango de relación de compresión.
 - 2.-No usa platos de succión y descarga.
 - 3.-generalmente es movido por motor de dos polos (3550 R.P.M. a 60 Hz).
 - 4.-El control de capacidad baja gradualmente desde un 100% a un 10% ,siendo la descarga mínima que se puede obtener, lograndose con esto un ahorro de energía.

El compresor tornillo, ver figura 5, ha empezado a desplazar al compresor recíproco en el mercado nacional; ya que éste tiene pocas partes bajo fricción, es de gran confianza en cualquier condición de operación con un bajo costo de mantenimiento. Generalmente es utilizado en grandes instalaciones de refrigeración.

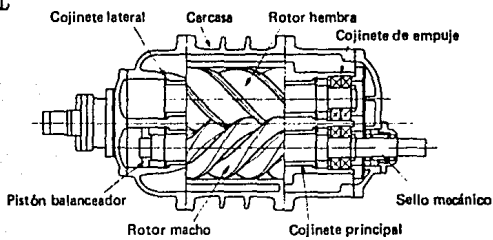
2.2 CONDENSADORES. El condensador es una superficie de transferencia de calor. El calor del vapor refrigerante pasa a través de las paredes del condensador al medio de condensación. Como un resultado de la pérdida de calor, el vapor refrigerante es primero enfriado a la temperatura de saturación y entonces se lleva a cabo la condensación o la formación de refrigerante líquido.

En la mayoría de los casos el medio de condensación empleado es aire o agua, o también una combinación de ambos.

En general los condensadores son de tres tipos: (1) enfriados por aire, (2) enfriados por agua, y (3) evaporativo. Los condensadores enfriados por aire emplean aire de la atmósfera como el medio de condensación, en tanto que los enfriados por agua utilizan ésta para condensar al refrigerante. En ambos casos el calor cedido por el refrigerante a condensar incrementa la temperatura del aire o agua, según sea el caso.



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR

FIGURA 5. Cortes esquemáticos de un compresor tipo tornillo.

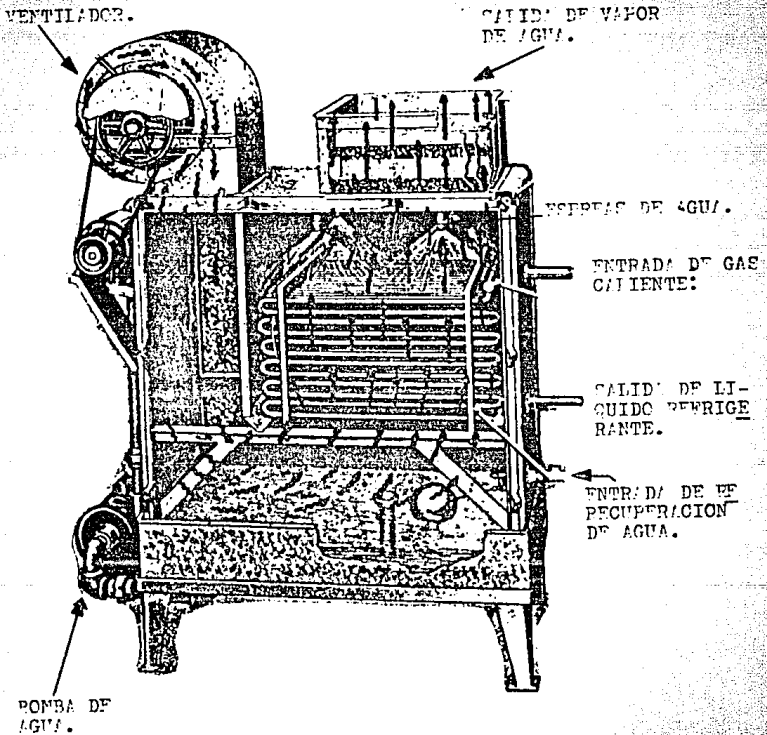
Los condensadores evaporativos emplean aire y agua simultáneamente, ver figura 6. Aunque hay algún incremento en la temperatura del aire que pasa a través del condensador, el enfriamiento del refrigerante en el condensador resulta inicialmente de la evaporación del agua por la superficie de condensación, la función del aire es la de incrementar el valor de la condensación por el acarreo hacia fuera del vapor de agua que se forma en este punto del ciclo.

2.3 EVAPORADORES. A la superficie de transferencia de calor la cual un refrigerante es vaporizado para el propósito de remover calor del espacio a refrigerar es llamado evaporador. A causa de los diferentes requerimientos de las variadas aplicaciones, los evaporadores son fabricados en una amplia variedad de tipos, formas, tamaños, diseños; y pueden ser clasificados en un número diferente de estilos, tales como: tipos de construcción, condiciones de operación, método de circulación (aire o líquido), tipo de control del refrigerante, etc..

Los evaporadores tipo casco y tubos, se dividen en dos categorías; inundado y de expansión directa, los del tipo inundado están siempre completamente llenos con refrigerante líquido, el nivel del líquido es mantenido por una válvula flotadora o de otra manera por un control de nivel de líquido. La acumulación de vapor formado por la acción del calentamiento del refrigerante es succionado por el compresor. La principal ventaja del evaporador inundado es que la superficie interior del evaporador está completamente mojada con líquido, esta es una condición que produce un muy alto valor de transferencia de calor. La principal desventaja de este tipo de evaporador es que usualmente es de difícil manejo y requiere una relativa gran carga de refrigerante.

El refrigerante líquido es alimentado en el evaporador de expansión directa por una válvula de expansión, la cual regula el líquido que entra al evaporador de tal forma que todo el líquido es vaporizado en un tiempo determinado, para que al final del serpentina del evaporador se tenga únicamente fase gas. Este tipo de evaporador se muestra en la figura 7.

FIGURA 6 . Condensador evaporativo.



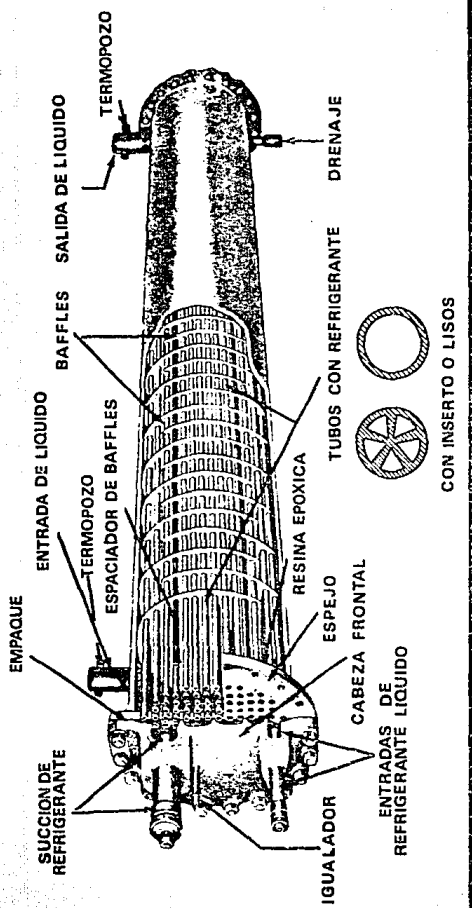


FIGURA 7. Detalle de un evaporador de expansión directa enfriador de líquido (salmuera, C_2Cl_2).

Los tres requisitos importantes de diseño en condensadores y evaporadores son los siguientes:

- Que poseen suficiente volumen interno.
- Que permitan el flujo de refrigerante con mínima caída de presión.
- Que faciliten la transferencia de calor de tal forma que sea rápida y eficiente.

2.4 MECANISMOS DE CONTROL AUTOMATICO. Para que se utilice satisfactoriamente un sistema de refrigeración, es importante tener mecanismos adecuados de control automático.

La temperatura, presión, y controles de capacidad, junto con los controles de flujo, pueden ser usados para arrancar, parar, y regular el valor deseado de enfriamiento. Ya que los controles del refrigerante juegan un papel muy importante en el funcionamiento de un sistema de refrigeración, la variedad de estos mecanismos para cada uno de los diferentes sistemas deben ser cuidadosamente considerados y seleccionados, por lo que es necesario comprender lo que se espera del sistema. Los mecanismos de control automático y de flujo para plantas modernas de refrigeración son agrupados como sigue:

2.4.1 CONTROL DE TEMPERATURA (TERMOSTATOS)

Un termostato actúa para conectar o interrumpir un circuito eléctrico, en respuesta a un cambio de temperatura. Existen numerosos tipos de termostatos que van desde un simple interruptor bimetalico a interruptores multiples que actúan con la señal de bulbos remotos sensibles, como el mostrado en la figura 8, los cuales pueden tener un punto de control fijo o bien pueden ser ajustables.

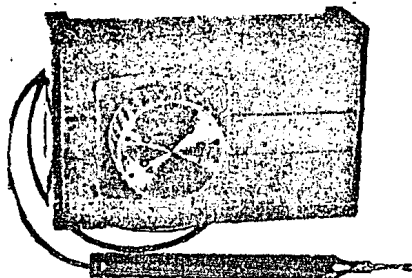


FIGURA 8. Ejemplo de un termostato.

2.4.2 CONTROL DE LA PRESION.

Estos dispositivos de protección son muy importantes para evitar que ocurra un accidente por alta presión del refrigerante en el sistema, y evitar daño al compresor.

2.4.2.1 PRESOSTATO DE ALTA PRESION.

Cuando la presión de descarga del compresor llega a ser excesivamente alta, debido a alguna falla en el agua de enfriamiento del condensador, o alguna otra causa; éste interrumpe un circuito eléctrico parando el motor del compresor, emitiendo una señal audible y visible en el tablero de control indicando tal falla. En la figura 9 se muestra este tipo de interruptor, observándose que se conecta en la línea de alta presión del sistema.

2.4.2.2 PRESOSTATO DE PRESION DE ACEITE.

Comunmente se le conoce como interruptor de la presión de aceite, o presostato diferencial, y son utilizados en compresores de refrigeración lubricados bajo presión, ya que, después de un retardo de tiempo bien definido, el presostato tiene el funcionamiento del motor del compresor en el caso de falla de aceite. Al utilizarse en compresores tipo tornillo, el elemento de presión de aceite está conectado a la descarga de la bomba de aceite, y el elemento de baja presión está conectado a la descarga del compresor.

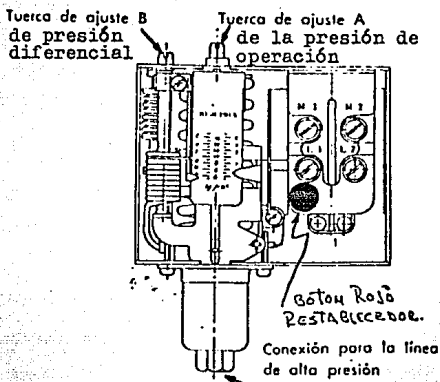


FIGURA 9. Interruptor de alta presión

La diferencia de presiones entre el aceite y la presión de descarga del gas es lo que determinará una buena lubricación, si esta diferencia no alcanza 2.0 a 3.0 kg/cm² (mayor la del aceite) , el compresor seguirá trabajando, pero después de 40 segundos, este control hará que abra un contacto parando el motor principal. Se recuerda que deberá de existir una señal audible y visible para indicar el paro del compresor por esta causa. Se observa en la figura 10 un control de este tipo.

2.4.2.3 VALVULAS DE SEGURIDAD. Estas son requeridas por los códigos locales de construcción. Una válvula típica se representa en la figura 11, ésta acciona o abre a una presión predeterminada y se descarga el refrigerante hasta que la presión desciende al punto de cierre. La descarga de la válvula puede ser directamente a la atmósfera o bien, desde el lado de alta presión del sistema al lado de baja presión.

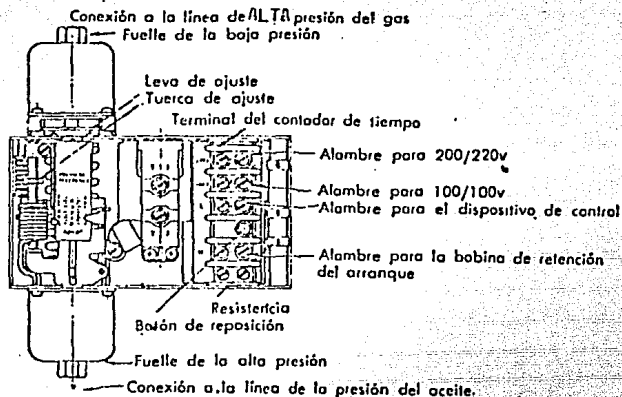


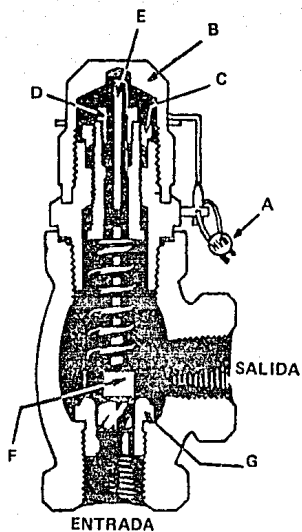
FIGURA 10. Interruptor de la presión de aceite

Las válvulas de seguridad que deben tener las plantas de refrigeración y que podríamos llamar indispensables son las siguientes:

Una o unas del tamaño adecuado instaladas en el condensador y/o tanque receptor graduadas a 17.58 kg/cm^2 (usando freón-22 ó amoníaco).

Una o unas del tamaño apropiado, instaladas en el acumulador o trampa de succión, calibradas a 10.5 kg/cm^2 (usando freón-22 ó amoníaco).

Una o unas del tamaño adecuado, instaladas en el separador del aceite del compresor tipo tornillo, calibrada a 17.58 kg/cm^2 (usando freón-22 ó amoníaco).



- A - SELLO DE GARANTIA
- B - CUBIERTA
- C TUERCA FIJADORA
- D - TUERCA DE AJUSTE
- E - BARRA DE EMPUJE
- F - ASIENTO DE CIERRE
- G - ASIENTO.

FIGURA 11. Esquema de una válvula de seguridad.

2.5 CONTROL DE FLUJO DEL REFRIGERANTE LIQUIDO.

2.5.1 VALVULA DE EXPANSION.

El control de flujo del refrigerante tiene la finalidad de regular la cantidad justa de refrigerante líquido que debe introducirse en el evaporador. Siendo utilizada para este fin las válvulas de expansión, siendo éstas básicamente un orificio fijo o regulable que repentinamente restringe el área de la tubería. Esta reducción ocasiona que al pasar a través de ella el refrigerante, éste disminuya su volumen. Si a continuación la tubería se agranda de nuevo, el volumen de refrigerante forzosamente se expande para ocupar todo el volumen interior de la tubería; el resultado es que la presión se reduce en forma instantánea, ocasionando con esto que parte (o total) del líquido se vaporizará absorbiendo calor de sus alrededores.

Es muy importante el control exacto del flujo de refrigerante, debiéndose evitar una sobrealimentación en el evaporador, pues traería como consecuencia la presencia de líquido a la salida del evaporador, introduciéndose al compresor, causando serios problemas.

Por otro lado no se debe sub-alimentar al evaporador de tal forma que el líquido se evapore mucho antes de salir de él. Bajo tales condiciones el equipo opera ineficientemente

2.5.2 VALVULA SOLENOIDE.

Este tipo de válvula es colocada antes de la válvula de expansión, y sirve para cerrar el flujo de líquido refrigerante e impedir que se igualen las presiones entre el lado de "baja" y el de "alta" cuando se encuentra fuera de operación el sistema. Cuando la bobina de la válvula se energiza una leve diferencial de presión a través de ella origina la apertura total, y cuando cesa la energía eléctrica la válvula cierra aproximadamente en un segundo.

2.6 CONTROL DE FLUJO DE AGUA, SALMUERA. Generalmente éste es un dispositivo de protección utilizado para estar seguros que tenemos agua de enfriamiento en los equipos, y además, se tenga un flujo de salmuera en el enfriador o evaporador. Este aparato trabaja por medio de una paleta que acciona un interruptor que abre o cierra un circuito eléctrico. Cuando no se tenga flujo de agua o salmuera el motor del compresor no funcionará.

2.7 MOTORES ELECTRICOS.

El motor eléctrico es la parte que hace que el compresor realice su trabajo. Por lo que generalmente es acoplado a éste los diferentes tipos de compresores, aunque también se puede tener acoplamientos de turbinas de gas, vapor, o motores de combustión interna.

Los motores eléctricos pueden ser clasificados de acuerdo al tipo de diseño mecánico. Al hablar del diseño mecánico nos referimos al tipo de construcción que posee el motor para hacerlo capaz de trabajar en condiciones satisfactorias. De acuerdo con lo anterior los motores que se fabrican son:

- a) Motores a prueba de goteo
- b) Motores totalmente cerrados
- c) Motores a prueba de explosión.

El motor a prueba de goteo es el comunmente más usado en la industria, ya que su aplicación es en aquellos lugares en donde el medio ambiente no dañe las partes internas del motor - y además no haya salpicaduras de líquidos.

Los motores totalmente cerrados se aplican para mover máquinas o equipos instalados en ambientes polvosos, abrasivos, - húmedos y / o ligeramente corrosivos. En general, estos motores encuentran su aplicación en aquellos lugares en donde el medio ambiente puede ser perjudicial a las partes internas del motor.

El diseño de los motores a prueba de explosión, se hizo considerando las condiciones tan severas que se requieren - en industrias con atmósferas peligrosas.

Para una adecuada aplicación de los motores eléctricos, se reduce esencialmente a determinar con el máximo cuidado los factores siguientes:

- Características de la carga y del motor tales como: acoplamiento del motor a la carga, velocidad, capacidad en caballos - de potencia, pares requeridos, características de inercia, aceleración y ciclos de trabajo.
- Sistemas de arranque del motor en relación a la fuente de energía alimentadora tal como : variación permisible de la tensión al aplicar la corriente de arranque.
- Condiciones ambientales tales como: temperatura ambiente, altura sobre el nivel del mar, abuso mecánico y contaminantes. Estos factores determina el tipo de aislamiento así como la cubierta o protección del motor.

2.8 RECIBIDORES DE LIQUIDO.

El propósito del receptor es el de tener un espacio de almacenamiento para refrigerante líquido, éste deberá ser lo suficientemente grande para alojar la carga completa de refrigerante del sistema.

El receptor es, básicamente, un tanque hecho de placa-rolada o tubo de acero al carbón con tapas semielípticas soldadas a los extremos, incluyendo en él todas las válvulas de regulación requeridas para ello, siendo las siguientes:

- A) Válvula de suministro de líquido
- B) Válvula de seguridad
- C) Válvula de purga
- D) Válvula de salida de líquido
- E) Indicador de nivel de cristal.

La salida del receptor debe disponerse de modo que -- siempre exista refrigerante líquido aún cuando el nivel del tanque pueda variar, con el fin de evitar que penetre vapor a la salida del líquido. Si dicha salida de líquido es colocada en la parte superior del tanque es común utilizar un tubo sumergido que se extiende hasta 2 cm aproximadamente del fondo.

En caso de que el condensador tenga un volumen suficiente para proporcionar un espacio de almacenamiento, no se requiere tener este equipo.

2.9 SEPARADORES DE ACEITE.

Aunque los sistemas bien diseñados son efectivos para evitar problemas del retorno del aceite, existen algunos en los -- que el empleo de separadores de aceite pueden ser necesario. Estos se requieren con mayor frecuencia en los sistemas de temperatura baja, con evaporadores inundados, o en otros sistemas en los que se producen problemas de retorno de aceite.

Un separador de aceite es básicamente una cámara de separación para el aceite y el gas de descarga. En un sistema de refrigeración siempre existe alguna cantidad de aceite en circulación y el aceite que abandona el compresor es arrastrado por el gas de descarga caliente, el cual se desplaza a gran velocidad. -- El separador de aceite, cuando se utiliza, se instala en el conducto de descarga entre el compresor y condensador. Por medio de deflectores y una reducción de la velocidad del gas en la cámara se -- paradores de aceite, la mayor parte del aceite se separa del gas caliente y es devuelto al cárter del compresor mediante una válvula de flotador y tubería. La eficiencia de un separador de aceite --

varía con las condiciones de carga y nunca es eficaz al 100% aún en condiciones ideales, algunos separadores de aceite -- son mostrados en las figuras siguientes:

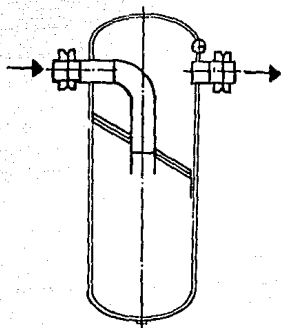


FIGURA 12a
Separador de aceite
de simple deflector

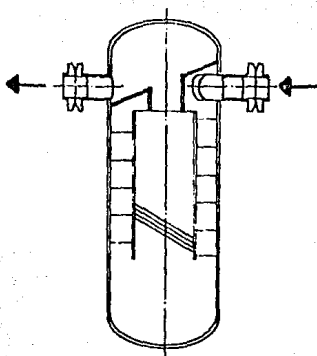


FIGURA 12b
Separador de aceite
centrífugo

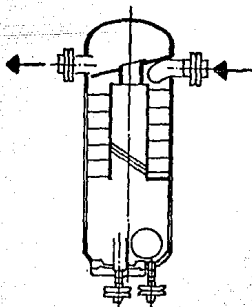


FIGURA 12c
Separador de aceite
con retorno de aceite
automático

2.10 ACUMULADORES DE SUCCION. Si se permite que el refrigerante líquido inunde el sistema y que regrese al compresor antes de ser evaporado, puede dañar al compresor - al tratar de comprimir el refrigerante líquido. Para proteger contra esta condición a los equipos de enfriamiento utilizados como bombas de calor, refrigeración en camiones, o en cualquier instalación en donde pueda regresar el refrigerante en forma líquida al compresor, se utiliza frecuentemente un acumulador de succión. La función del acumulador consiste en interceptar el refrigerante líquido antes de que pueda ser succionado por el compresor. Este debe colocarse entre el evaporador y el compresor; debe tener una capacidad lo suficientemente grande para alojar la máxima cantidad de líquido que pudiera producir la inundación. Debe estar equipado o bien con una fuente de calor para evaporar el refrigerante líquido o de un aditamento para regresar el líquido al compresor poco a poco (orificio de retorno). Así mismo debe establecerse un regreso efectivo del aceite para que éste no quede atrapado en el acumulador. Las figuras 13 a, b, c, ilustran tres tipos de acumuladores.

FIGURA 13a

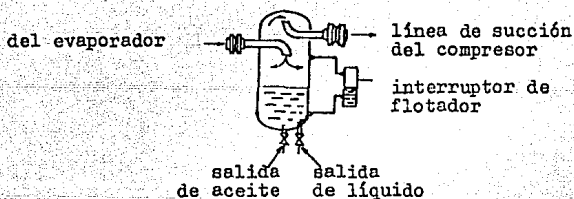


FIGURA 13b

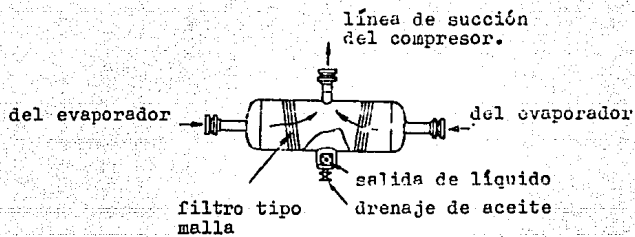
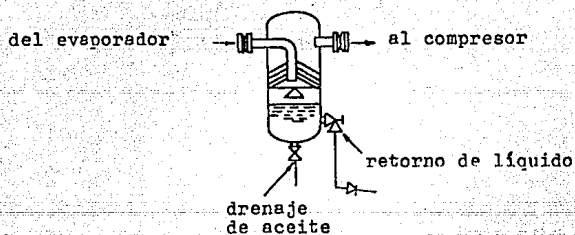


FIGURA 13c



2.11 DESHIDRATADORES.

La humedad es uno de los enemigos básicos de un sistema que utiliza como refrigerante "freón", y el nivel de humedad debe ser mantenido al mínimo con el fin de evitar alteraciones en el funcionamiento del sistema o el deterioro del compresor. Aún con las más extremadas precauciones la humedad penetrará en un sistema en el momento en que éste se abra para mantenimiento. A menos que el sistema sea evacuado a fondo y vuelto a cargar después de haber estado expuesto a la humedad, el único medio efectivo para eliminar pequeñas cantidades de humedad es el empleo de un deshidratador.

Los deshidratadores o secadores, tal como se denominan comúnmente están constituidos por una envoltura rellena con un secante o agente de secado, provisto de un filtro adecuado en cada extremo. Algunos secadores se han fabricado en forma de un bloque poroso, de modo que el refrigerante se filtra a través de la totalidad del bloque. Los deshidratadores se montan en la línea de líquido, de forma que todo el refrigerante en circulación pasa a través del secador cada vez que circula por el sistema. La mayoría de los secadores están constituidos de modo que puedan desempeñar la doble función de filtro y secador.

Se utilizan muchos agentes de secado diferentes, aunque prácticamente todos los secadores modernos son del tipo desechable o del tipo de elemento recambiable, y se considera buena práctica el deshechar el elemento secador utilizado cada vez que se abra el sistema, y sustituirlo por un nuevo secador o agente secador, en sistemas de amoníaco no es requerido este tipo de accesorio.

2.12 INDICADORES DE HUMEDAD Y LIQUIDO.

Un indicador de líquido permite observar el flujo del refrigerante en los sistemas que utilizan "freón". Las burbujas o espuma en el indicador de líquido muestran una escasez de refrigerante o una restricción en la línea de líquido, cosas que afectan el funcionamiento del sistema. Normalmente los indicadores de líquido son también indicadores de humedad. El indicador de humedad proporciona una señal de aviso en el caso en que la humedad haya penetrado en el sistema, indicando que el deshidratador debe ser cambiado o que de otra forma debe secarse el sistema.

CAPITULO III

OPERACION DEL SISTEMA DE REFRIGERACION.

El operador del compresor debe estar totalmente familiarizado con toda la instalación de la refrigeración para el cual es responsable. Esto incluye la construcción, la operación y procedimiento de mantenimiento de todo el equipo, y en especial, el compresor. Debe de conocer tanto la teoría de refrigeración así como la función del compresor. Además es deseable que demuestre interés en conocer el diseño fundamental de las instalaciones de refrigeración. Tener en mente que debe operar la instalación con seguridad y eficiencia ya que con ello prolonga la vida del equipo y cuida que los costos de mantenimiento sean los más bajos posibles. Tiene la responsabilidad de asegurar de que las condiciones normales de operación sean mantenidas todo el tiempo, considerando si la instalación es operada ya sea en forma manual o automática. A continuación se mencionan tres condiciones de operación que se deben cumplir en el funcionamiento adecuado del sistema de refrigeración utilizado para la fabricación de refrigerantes (freón- 11, 12, y 22), que tiene una capacidad de 130.22 T.R.

3.1 OPERACION SEGURA .

El primer objetivo es asegurar que siempre el compresor opere sin peligro, manteniendo el cuarto de máquinas en una condición limpia, no únicamente esto ayuda a realizar una operación segura, sino también a realizar ciertas actividades de emergencia las cuales pueden requerirse en un momento dado.

Debe realizarse una rutina de chequeo para poner en marcha al compresor. Esta debe incluir la confirmación de flujo de agua de enfriamiento y abierta totalmente la válvula de descarga del compresor antes de arrancar. Justo antes del arranque, se debe abrir cuidadosamente la válvula de succión del compresor hasta la posición de totalmente abierta. Este último punto es extremadamente importante.

Generalmente hablando se deben tomar casi 30 minutos desde su arranque para equilibrar su funcionamiento antes de alcanzar su operación normal, durante este periodo de tiempo debe observarse la presión y nivel del aceite del compresor, el nivel de líquido en el recipiente, el ampermetro, etc., y permanecer ahí por si ocurren anomalías en el equipo.

Por experiencia, uno de los problemas más serios para el compresor es el llamado "golpe de líquido" el cual resulta del regreso de una gran cantidad de refrigerante proveniente del evaporador. El regreso de líquido ocurre más comúnmente cuando un compresor está en marcha, debido a errores en el ajuste de la válvula de expansión, mal selección del equipo, instalación inapropiada u otros problemas.

Una amplia variedad de dispositivos de seguridad son instalados en el compresor y otros componentes colocados en todo el sistema de refrigeración, que disminuyen los riesgos y mantienen una operación segura. Interruptores de presión de aceite, interruptores de alta y baja presión, válvulas de alivio, y relevadores de sobrecarga son instalados en el compresor. En los equipos restantes tenemos válvulas de seguridad, interruptores de flujo, interruptores de temperatura, válvulas solenoides, etc.. Muchos accidentes son evitados por el accionamiento de estos mecanismos de seguridad y es por lo tanto necesario que todos ellos sean ajustados y chequeados periódicamente.

Las condiciones de operación del compresor deben ser registrados en una libreta o en un reporte diario, como en el mostrado en la tabla 1, cada una o dos horas. Tal información debe incluir presiones y temperaturas de succión y descarga, presión de aceite, etc.

Se debe tener igualmente una constante atención en los niveles de ruido y vibración, tal que una acción oportuna pueda evitar serios daños al compresor. Estar al pendiente de presiones y temperaturas de todo el sistema son también un excelente indicador para detectar anomalías en la operación de los equipos.

En adición a los chequeos del compresor deben revizarse también otros equipos en el sistema en un tiempo apropiado. La falta de operación a su máxima capacidad de todo el sistema puede resultar en fugas de gas refrigerante o de infiltración de salmuera o agua hacia el refrigerante líquido, resultando de ello problemas de corrosión.

3.2 OPERACION EFICIENTE.

Se debe de controlar eficientemente el sistema para reducir el consumo de energía (kw/T.R.) y mantenerlo a un nivel lo más bajo posible. Generalmente hablando, la alta presión de succión, la alta temperatura de evaporación, la baja presión de descarga y la baja temperatura de condensación son los factores que afectan a la eficiencia en cualquier sistema de refrigeración. Para lo anterior es deseable tener una baja relación entre la presión de descarga y la presión de succión (relación de compresión). Si esta relación es alta, la operación del compresor se hace más forzada siendo dificultoso mantener segura su operación. En condiciones normales, no se debe operar el compresor cuando exista una relación de compresión de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 kg/cm².

La presión de succión es determinada por un balance de carga, así como la capacidad del evaporador y del compresor, la capacidad del evaporador es determinada también por la apertura de la válvula de expansión y por el área de transferencia de calor o la masa de líquido del evaporador. Ajustando el grado de apertura de la válvula de expansión o el nivel del líquido en el evaporador se esta consiguiendo una alta eficiencia.

La presión de succión decae, si el valor del flujo del refrigerante en el evaporador disminuye, hay demasiado aceite colectado, esta demasiado sucio con escoria o hielo. La presión de succión también baja a causa de condiciones anormales tales como humedad congelada en la válvula de expansión, el filtro colocado en la succión esta obstruido, o debido a insuficiente carga de refrigerante.

Cuando un número de compresores son operados y la carga es ligera, se debe disminuir el número de unidades en operación hasta conseguir la baja presión de succión de operación. Con esto se disminuye las horas de operación del compresor y se evitan bajas temperaturas que no son necesarias.

La presión de descarga es afectada por la temperatura del agua de enfriamiento, capacidad del condensador, y el valor de la carga. Si la carga de refrigeración es aumentada, la presión de descarga es también incrementada por lo consiguiente la capacidad del compresor es también incrementada. La presión de descarga es también aumentada anormalmente como un resultado de la presión de gases no condensables presentes en el sistema.

3.3 OPERACION ECONOMICA.

De todo lo anterior, el compresor debe ser operado de una manera segura y eficiente, siendo el resultado: una operación económica y una reducción considerable en gastos de mantenimiento, se prolonga la vida del compresor y de los equipos auxiliares y se disminuye al mínimo el consumo de refrigerante y aceite lubricante.

Las fugas de amoniaco son fácilmente detectables. Cuando se use freón como refrigerante es necesario el uso de un detector. A causa del comparativo alto costo del freón, se debe prestar una cuidada atención en la inspección de fugas y evitar costosas pérdidas de refrigerante. Inspecciones periódicas en la observación de los valores diarios - promedios del nivel de líquido en el recipiente sirve como una guía para detectar fugas en el sistema.

La duración de varias partes del compresor se acortan considerablemente si la unidad es operada bajo condiciones inadecuadas. Tal operación inadecuada regularmente ocasiona algunos accidentes.

Un mantenimiento periódico, tal como el cambio de aceite lubricante, limpieza de filtros, y cambio de secadores debe realizarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Durante la prueba de arranque de equipo nuevo seguramente se requerirá este mantenimiento cada semana, seguido más tarde por un mantenimiento periódico cada mes.

CAPITULO IV

CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

Antes de entrar de lleno a la descripción de los diferentes tipos de mantenimiento veremos algunos puntos importantes sobre mantenibilidad de los equipos de cualquier sistema en general.

Es conveniente que la mayoría de los equipos estén ubicados en un "cuarto de máquinas", ya que esta concentración facilita su mantenimiento. Se debe cuidar que este local sea amplio - en todos sentidos, limpiable fácilmente, ventilado y con las mejores comodidades.

No es justificable el aire acondicionado, pero si una muy buena ventilación natural, y si esta no fuera suficiente, ventilación forzada.

Los equipos que estén a alturas incómodas deben tener mantenimiento de gran lapso. De algunos equipos ubicados en posiciones muy especiales, tales como luminarios, equipo eléctrico con baterías, es procedente pensar en la conveniencia de llevarlos a un centro o taller bien equipado. En estos casos, si el equipo es muy importante, lo que procede es tener suficientes equipos semejantes de recambio para evitar urgencias y problemas.

En los equipos, hay que evitar cubiertas planas por ejemplo: charolas, en donde puede acumularse agua o polvo. Unas mamparas bien orientadas en ventanas cercanas, mantendrán al equipo fresco y disminuirán la acumulación de polvo.

En el caso de equipos en los cuartos de máquinas, es recomendable que las puertas sean de altura y ancho máximo.

En la mayoría de los equipos, es conveniente dejar espacio todo alrededor, no nada más para que circulen personas, si no para que puedan salir partes largas del equipo, tales como, flechas, tubos, etc.

Al diseñar el mantenimiento la persona encargada para ello, tiene que ubicarse en la "realidad industrial nacional", y saber, que desgraciadamente los recursos de los departamentos de mantenimiento son muy inferiores a lo que lógica y económicamente deberían ser, y que las herramientas y materiales gastables -- que tienen los operarios mantentes son las estándar.

Mucho hay que cuidar la revisión de los manuales de mantenimiento de equipos provenientes de países desarrollados, ya que piden herramientas y fluidos especiales, mismos que son imposibles de adquirir en nuestro país, y más ahora en la actual crítica situación en cuanto a importaciones.

El otro aspecto básico es el de conocer que calificación de mano de obra se tendrá disponible y cuales son las costumbres y sus modos de hacer las cosas.

El mantenimiento de los sistemas de refrigeración en nuestro país, es muy raquítico, ya que se puede decir que generalmente no se cuenta con programas de mantenimiento serios y a fondo, ocasionando con ello mayor gasto en refacciones, paros repentinos, etc., y por consecuencia mayor costo del producto.

4.1 Mantenimiento preventivo.

Mantenimiento preventivo (MP) son aquellas actividades tendientes a la conservación y/o adecuada operación de los bienes físicos de una empresa, desarrolladas sistemáticamente antes - del tiempo en que se habría presentado la falla.

El MP debe ser desarrollado para permitir que los bien es puedan brindar, dentro de un rango preestablecido, característi cas de:

- Costo económico
- Oportunidad (tiempo)
- Calidad
- Confiabilidad
- Seguridad

La instauración de un sistema de MP debe presentar el - concepto de desarrollo de las actividades cuando "se quiere hacer" en substitución del "se tiene que hacer".

El MP es definido también como el conjunto de activida- des desarrolladas para reducir el número normal de paros imprevis tos de un bien físico.

Las formas de desarrollo del mantenimiento preventivo - son las siguientes:

Reparación mayor (ver figura 14)

Se concentra el desarrollo de todas las actividades del manteni- miento en un periodo corto.

Por etapas (ver figura 14)

Se efectúan cotidianamente las actividades de servicio y manteni- miento menor, concentrando en periodos cortos y regulares sus acti vidades mayores.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son:

- Seguridad al personal.
- Menor tiempo muerto en la producción.
- Mayor vida útil del bien físico.
- Reducción en el costo de reparaciones.
- Reducción del costo de inventario de refacciones.
- Carga de trabajo uniforme al personal de mantenimiento.
- Mayor calidad de la producción.
- Mejor planeación, programación y control de mantenimiento.
- Mayor continuidad en la producción.

Sus desventajas del mantenimiento preventivo son:

- Alto costo de implementación.
- Mayor capacitación al personal en general.
- Se requiere mayor control.

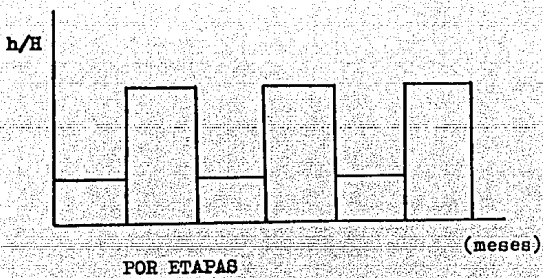
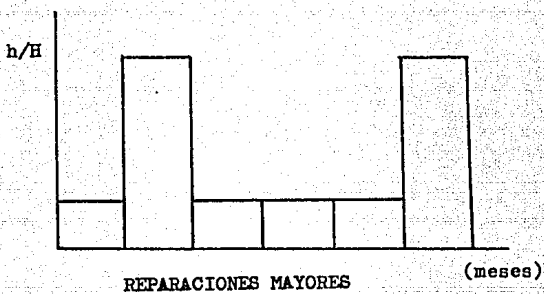


FIGURA 14. Formas de desarrollo del MP

4.2 Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo se define como la corrección de fallas a medida que se presentan. Las actividades que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son: reparación y reemplazo.

Las fases para efectuar reparación y/o reemplazo son las siguientes:

PREPARACION
 REMOCION
 INSTALACION
 AJUSTE
 TRABAJOS SUPLEMENTARIOS
 PRUEBA FUNCIONAL.

En la figura siguiente se presenta en forma esquemática el desarrollo del mantenimiento correctivo.

En el apéndice 2 se anexa una tabla de casos de anomalías y sus soluciones para el mantenimiento correctivo de compresores tipo tornillo utilizados para sistemas de refrigeración industrial en nuestro país.

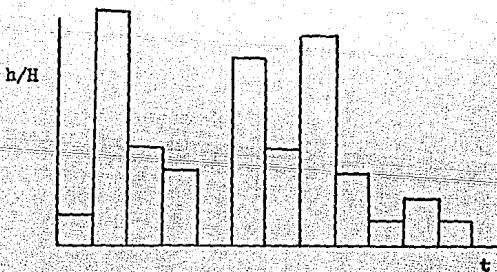


FIGURA 15. Forma de desarrollo del Mantenimiento Correctivo.

4.3 Programa de mantenimiento del sistema de refrigeración en estudio.

En el mantenimiento preventivo las actividades son desarrolladas en el momento oportuno con base a un programa establecido, y para llevarlo a cabo se deberá contar con la información completa de todos los equipos, como son: Instructivos, lista de partes de repuesto, relación de existencia en almacén, recomendaciones del fabricante, y a la experiencia.

Se utiliza la herramienta de ruta crítica ya que nos es útil para analizar, planear, programar y tomar decisiones en las actividades, que en este caso, son las críticas para proporcionar un buen mantenimiento. El primer paso a seguir es la identificación de todas las actividades que intervienen en el mantenimiento. La matriz de secuencia nos indica que actividades podemos hacer al terminar cada una de las que tenemos en la lista de actividades, para que al final podamos desarrollar la ruta crítica.

En los formatos del 1 al 15, anexos en el apéndice 3, se puede observar el programa y actividades para el mantenimiento preventivo del sistema de refrigeración de referencia. A los dispositivos de protección y de medición, como son: presostatos, termostatos, manómetros y termómetros; que no dejan de ser muy importantes, debe ser chequeado su funcionamiento, si éstos no operan adecuadamente deben ser cambiados por otros nuevos.

Por último es importante describir un diagrama de ruta crítica para el óptimo mantenimiento del sistema de refrigeración, consistiendo de: Una lista de actividades, una matriz de secuencia y una ruta crítica, siendo presentados en las figuras 16, 17, y 18 respectivamente.

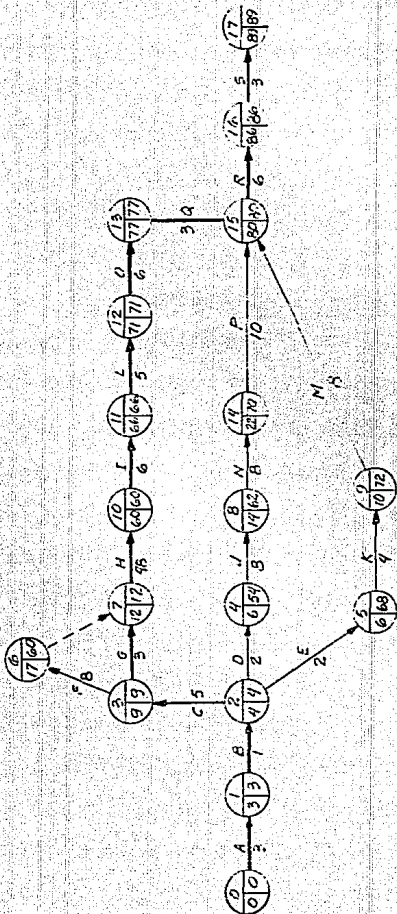
FIGURA. 16

Relación de actividades para el diagrama de ruta crítica de mantenimiento.

A C T I V I D A D.	DURACION (horas)
A Preparación de la herramienta, materiales y personal necesario	3
B Paro de la unidad	1
C Limpieza y cambio de aceite en separador	5
D Limpieza de filtro de succión de bomba de aceite	2
E Limpieza y cambio de piedras en filtro deshidratador	2
F Reparación de moto-bomba de aceite	8
G Limpieza de válvula reg. de presión de aceite	3
H Revisión de piezas del compresor	48
I Cambiar baleros al motor del compresor	6
J Limpieza de arrancadores	8
K Inspección de válvulas solenoides y de expansión	4
L Limpieza e inspección del enfriador de aceite	5
M Limpieza e inspección del condensador	8
N Limpieza e inspección del evaporador	8
O Revisar el funcionamiento de válvulas de seguridad, termostatos, presostatos e interruptores de flujo	6
P Revisión de bomba de salmuera y agua	10
Q Revisar exactitud de manómetros y termómetros	3
R Pruebas	6
S Arranque	3

FIGURA. 18

Ruta crítica de mantenimiento



RECURSOS NUMEROS NECESARIOS:

- 1 operador de 2a. mantenimiento
- 1 ayudante .

CAPITULO V

ANALISIS ECONOMICO.

El objetivo fundamental de la función mantenimiento es prolongar hasta donde resulte económico un sistema o equipo. Tanto por ética, como por economía, se tiene que luchar por todos los medios a nuestra alcance para que las cosas no se hagan sin una planeación ni control, si no para que sirvan adecuadamente, en las mejores condiciones y por el máximo tiempo posible.

La crisis actual del país nos ofrece una magnífica --- oportunidad de cambiar la forma de hacer las cosas y superar las serias deficiencias de nuestro sistema actual.

Los costos de mantenimiento los podemos clasificar en:

- **DIRECTOS.**
Corrección de fallas en el equipo productivo. Este representa el costo de mantenimiento del equipo y corresponden a las --- órdenes de trabajo normal.
- **INDIRECTOS.**
Modificaciones y/o cambios para eliminar fallas repetitivas. Estos costos deben reflejarse en el equipo como una partida adicional en los costos de inversión.
- **Mantenimiento rutinario al equipo productivo tales como:** limpieza, carga de fluidos, etc. Estos costos deben recuperarse a través de los costos de operación.
- **GENERAL.**
Mantenimiento en los bienes físicos de la empresa, excluyendo el equipo de producción. Estos costos deberán repartirse según la parte que proporcionalmente corresponde a cada uno, debiendo incluirse los costos correspondientes a las órdenes --- de trabajo menores y permanentes.
- **GASTOS Y/O ADMINISTRACION.**
En estos costos se considerán los correspondientes al personal, instalaciones y gastos generales del departamento de mantenimiento.

5.1 Evaluación de costos del mantenimiento preventivo.

Para poder evaluar el costo del mantenimiento preventivo, se utilizará el método del camino crítico de un conjunto de actividades de varios equipos a la vez. De esta manera se utilizará concretamente el mantenimiento que debe efectuarse a los equipos críticos del sistema de refrigeración en cuestión.

Se puede decir que el sistema de refrigeración en operación normal se tiene lo siguiente:

- a) operan los dos compresores.
- b) opera una sola bomba de salmuera
- c) producción continua ya sea de freón 11/12 ó freón 22
- d) destilación continua ya sea de freón 11/12 ó freón 22
- e) existencia de paros programados para cambios de campaña (una campaña es la fabricación de un determinado freón, esto es , campaña de fabricación de freón 11/12 ó campaña de fabricación de freón 22) .
- f) los recursos humanos con que se cuenta para el mantenimiento del sistema es un operador de segunda de mantenimiento y un ayudante.

Para empezar a efectuar el método del camino o ruta crítica, elaboramos una lista de actividades que se efectuarán en el programa de mantenimiento preventivo, como se muestra en la figura 19.

Teniendo ya la relación de actividades el segundo paso a seguir, se determina la matriz de secuencia, apoyándose en las personas conocedoras del trabajo . Esta matriz se muestra en la figura 20. Con los datos anteriores se integra la matriz de información (figura 21) que es la base para trazar la red o camino de ruta crítica , como se indica en la figura 22 .

En la matriz de información tenemos las siguientes letras:

- (o) tiempo óptimo (menor tiempo para efectuar una actividad)

- (M) tiempo medio (tiempo normal para efectuar una actividad)
- (P) tiempo pésimo (es el mayor tiempo para efectuar una actividad) .
- (t) tiempo standard (es igual a tiempo óptimo más cuatro veces el tiempo medio, más el tiempo Pésimo y la sumatoria dividida entre seis.)

$$t = \frac{o + 4M + P}{6}$$

- (\$N) costo normal (es el costo para las actividades realizadas en tiempo standard) .
- (\$L) costo límite (es el costo para las actividades realizadas en el tiempo óptimo) .

De todo lo anterior , el costo límite del mantenimiento preventivo al equipo en estudio es de :

\$ 4,368,500.00

Estos son costos reales a nov. de 1986, para trasladarlos a valor actual en cualquier fecha deben tomarse en cuenta los incrementos porcentuales al salario mínimo.

Este mantenimiento puede ser programado de tal manera que pueda ser efectuado en los cambios de campaña, por lo que no existirá pérdida de producción.

FIGURA 19.

Relación de actividades de un programa de mantenimiento preventivo de equipos críticos.

- 1.- cerrar válvulas de succión y descarga
- 2.- bloquear filtros
- 3.- sacar aceite sucio del separador
- 4.- despresurizar el sistema
- 5.- desembridar líneas de succión y descarga del compresor
- 6.- desembridar líneas de succión y descarga de bomba de aceite.
- 7.- purgar aceite de líneas
- 8.- drenar los filtros
- 9.- desembridar filtros
- 10.-quitar cople del motor y compresor
- 11.-quitar cople del motor y bomba de aceite
- 12.-quitar compresor de base
- 13.-quitar bomba de aceite de base
- 14.-quitar brida pasa-hombre y limpiar separador de aceite
- 15.-inspección y reparación de compresor y bomba de aceite (por fabricante)
- 16.-limpieza y/o colocación de nuevo elemento filtrante
- 17.-hacer empaques y embridar filtros
- 18.-hacer empaque y colocar brida pasa-hombre
- 19.-colocar bomba en su base
- 20.-colocar compresor en su base
- 21.-alineación de compresor con el motor y colocar cople
- 22.-linear bomba con motor y colocar cople
- 23.-embridar líneas de succión y descarga del compresor
- 24.-embridar líneas de succión y descarga de bomba de aceite
- 25.-probar fugas
- 26.-hacer vacío y añadir aceite nuevo
- 27.-arrancar bomba de aceite y verificar nivel de aceite normal
- 28.-abrir válvulas de succión y descarga
- 29.-pruebas y arranques .

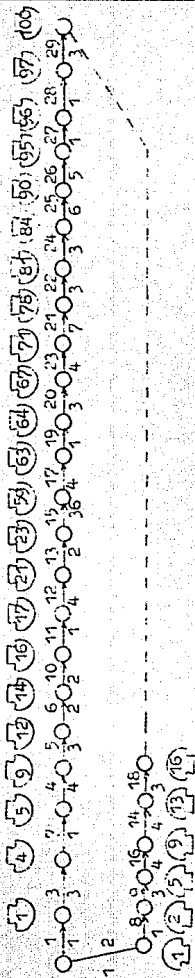
Los equipos críticos que involucra la lista anterior son :

- COMPRESOR
- BOMBA DE ACEITE
- SEPARADOR DE ACEITE
- FILTROS

FIGURA 21. MATRIZ DE INFORMACION

ACTIVIDAD	TIEMPOS				COSTOS		
	O	M	P	t	\$N	\$L	
1	1	1	1	1	4,200	4,600	
2	1	1	1	1	4,200	4,600	
3	2	3	4	3	12,600	13,800	
4	3	4	5	4	17,000	18,700	
5	2	3	5	3	12,600	13,800	
6	2	2	2	2	8,600	9,500	
7	1	1	1	1	4,200	4,600	
8	1	1	1	1	4,200	4,600	
9	2	3	4	3	12,600	13,800	
10	2	2	2	2	8,600	9,500	
11	1	1	1	1	4,200	4,600	
12	3	4	5	4	20,000	22,000	
13	1	2	3	2	8,600	9,500	
14	3	4	4	4	17,000	18,500	
15	24	36	48	36	2,500,000	2,750,000	
16	3	4	5	4	100,000	110,000	
17	3	4	5	4	116,000	127,600	
18	2	3	4	3	112,000	123,200	
19	1	1	1	1	4,200	4,600	
20	2	3	4	3	12,600	13,800	
21	4	6	12	7	25,200	27,700	
22	2	3	4	3	12,600	13,800	
23	3	4	5	4	17,200	18,900	
24	2	3	4	3	12,600	13,800	
25	5	6	8	6	100,000	110,000	
26	4	5	6	5	800,000	880,000	
27	1	1	1	1	4,200	4,600	
28	1	1	1	1	4,200	4,600	
29	3	3	3	3	12,600	13,800	
					116	3,972,000	4,368,500

RED DE VENCIMIENTOS SUCECIVOS
DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.



5.2 Evaluación de costos del mantenimiento correctivo.

En el mantenimiento correctivo se efectúa la corrección de fallas a medida que se presentan. Las actividades que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son: reparación y reemplazo.

Volviendo al sistema de refrigeración en estudio, si un compresor falla, cuando hay una operación normal de producción, y se proporciona mantenimiento correctivo, tenemos lo siguiente:

- un compresor continua trabajando
- cuando la falla es en campaña de freón 11/12 se disminuye la producción en un 20%/día
- la destilación del producto es parada totalmente en el día y solo se destila en la noche por lo cual se disminuye un 50%
- generalmente el paro más largo es de tres días
- la pérdida de producción es de 300kg/Hr de producto terminado.
- cuando la campaña es de freón 22 se disminuye la producción en un 28%/día
- la destilación es parada en el día y solo se destila en la noche, disminuyendo la destilación en un 70%
- el paro también es de tres días
- la pérdida de producto terminado llega a ser en este caso de 280 kg/Hr .

En la campaña de freón 11/12 el costo por el mantenimiento y pérdida de producción es:

Si en el paro se deja de producir freón 12 en un periodo de tres días tenemos:

$$300\text{kg/Hr} \times 3 \text{ días} \times 24 \text{ Hr/día} \times \$ 1,917.00/\text{kg} = \$ 41,407,200.00 (1)$$

Si en el mantenimiento se reemplaza al compresor éste tiene un costo de (incluido mano de obra y materiales)

\$ 21,150,000.00 (2)

GRAN TOTAL (1+2) \$ 62,557,200.00

Si fuera campaña de freón 22 tenemos los siguientes costos:

se deja producir lo siguiente de freón 22;

280kg/Hr x 3 días x 24 Hr/día x \$3,055kg = \$ 61,588,800.00 (3)

el compresor es el mismo, por lo cual el costo es igual al anterior.

\$ 21,150,000.00 (4)

GRAN TOTAL (3+4) \$ 82,738,800.00

Los costos del equipo y producto son reales a - Nov. de 1986 , para regresarlos a valor presente a la fecha que se desee se deberá tomar como base la tasa de inflación vigente.

CONCLUSIONES.

La importancia del papel desempeñado por los compresores de refrigeración a nivel industrial en nuestro país, demanda de ellos un alto grado de confiabilidad y por supuesto bajos costos; no es suficiente contar con equipos - de alta calidad, sino además trabajar con adecuadas técnicas de mantenimiento, debiéndose "capacitar al personal" que intervendrá tanto en la operación como en el mantenimiento - del equipo, ya que es de suma utilidad la labor de ellos, para lo cual se deben desarrollar programas de mantenimiento preventivo y de capacitación al personal, teniendo como -- consecuencia:

- mayores corridas de operación
- aumento en la producción
- mayor aprovechamiento de la mano de obra
- disminución en el consumo de refacciones
- mayor confiabilidad del equipo .

Los compresores son a menudo objeto de constante mantenimiento, dicha labor es calificada por algunas personas como muy costoso desde el punto de vista de materiales y mano de obra sin considerar en algunos casos si se tuvo o no un ahorro en producción, el cual normalmente es - de una magnitud mucho mayor que el costo de mantenimiento.

En México debe de incrementarse la especialización del personal en sistemas de refrigeración ya que generalmente se tiene operarios que son simples "cambia piezas".

Nunca estará por demás que los conocimientos que se tengan de los diferentes sistemas de refrigeración - sean actualizados y no pasar por alto una condición anómala o deficiente.

Por último podemos decir que un mantenimiento exagerado, no es económico, principalmente, por los costos indirectos de control y administración involucrados, además de que los paros de equipo son tan frecuentes que alterarían el flujo de operación.

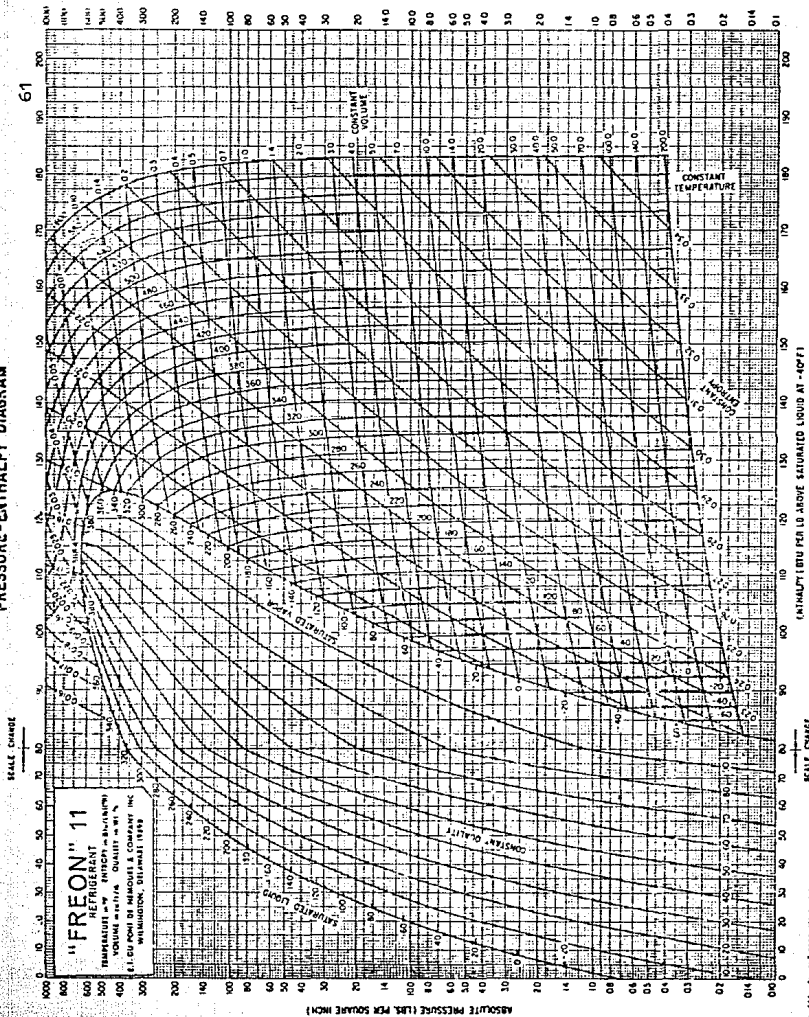
Un pobre mantenimiento no es tampoco económico por las tareas de mantenimiento que resultan muy caras, ya que el deterioro sufrido por las partes va más allá del calculado en diseño, ocasionando además paro o disminución de la producción.

El mantenimiento adecuado o económico es aquel que tiene la necesidad de continuidad de operación, oportunidad de paro para efectuar las tareas, costo y disponibilidad de refacciones, etc.

A P E N D I C E 1

DIAGRAMAS DE MOLLIER.

PRESSURE-ENTHALPY DIAGRAM

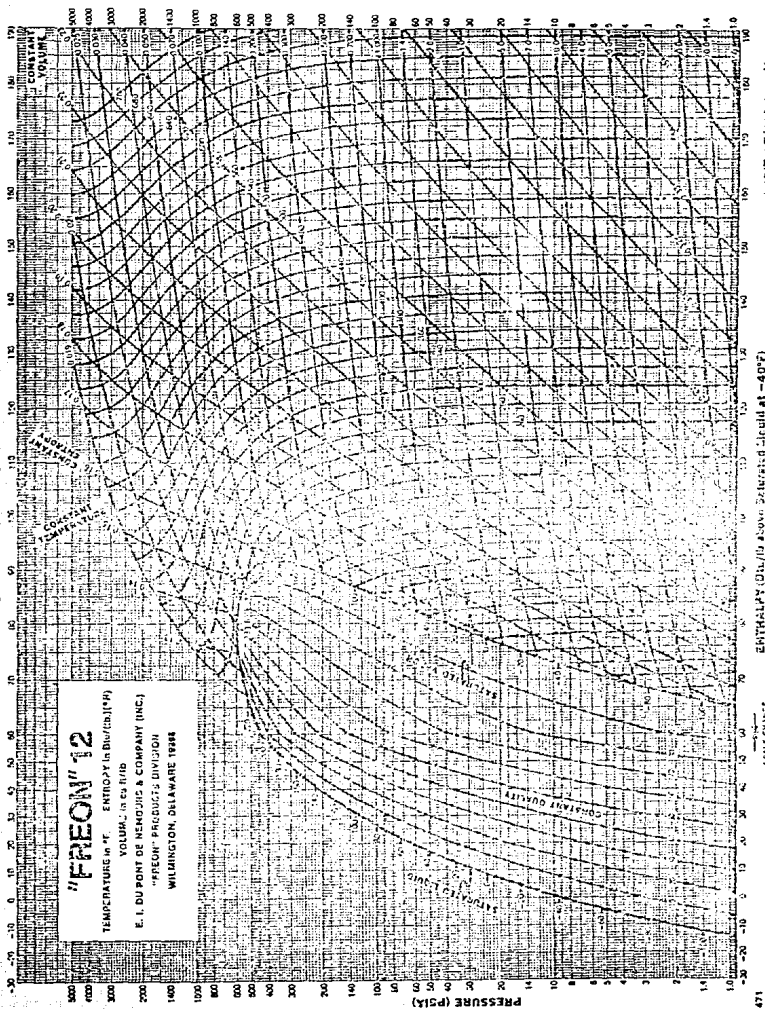


Copyright 1953, E. I. du Pont de Nemours & Company

54 JIM "NICK" PRODUCTS DIVISION

62 PRESSURE-ENTHALPY DIAGRAM

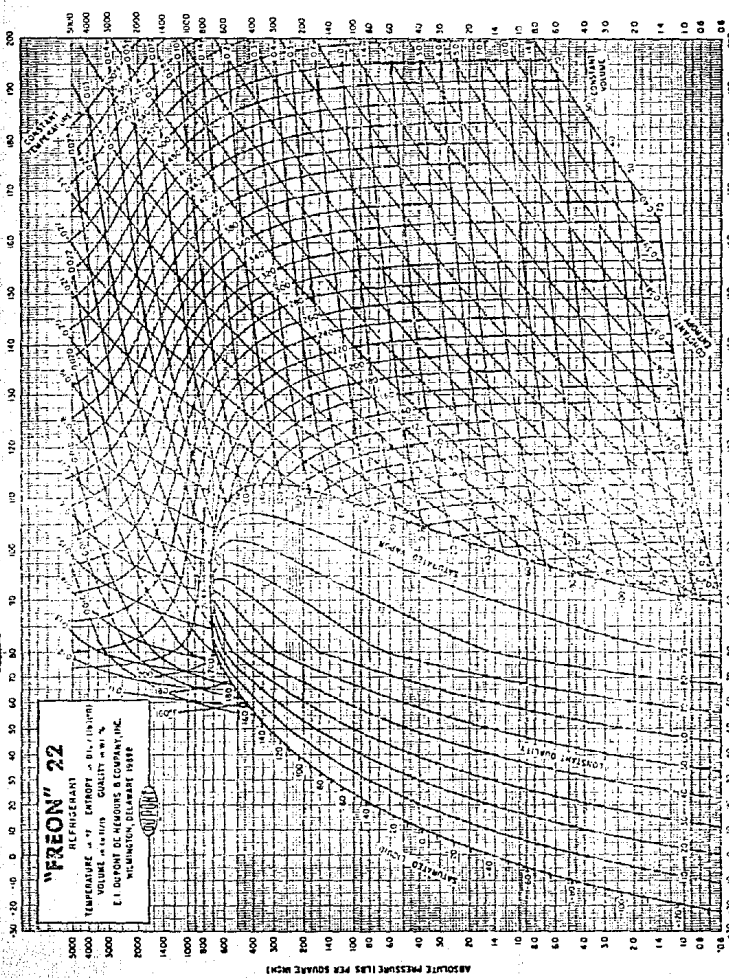
SCALE CHANGE



"FREON" 12
 TEMPERATURE in °F ENTROPY in Btu/(lb)(°F)
 VOLUME in cu ft/lb
 E. I. DU PONT DE NEMOURS & COMPANY (INC.)
 "FREON" PRODUCTS DIVISION
 WILMINGTON, DELAWARE 1988

PRESSURE - L. HALPY DIAGRAM

SCALE CHARGE



A R50-11 3 C 3 5 M

Example 10-1. E. I. du Pont de Nemours & Company

SCALE CHARGE

TEMPERATURE

A P E N D I C E 2

TABLA DE ANORMALIDADES Y SU SOLUCIONES DE COMPRESORES
TIPO TORNILLO.

CASOS DE ANORMALIDAD Y SUS SOLUCIONES

ANORMALIDAD	CAUSA	SOLUCION
<p>1.- Vibración extraordinaria al arranque.</p> <p>#A) Vira corto tiempo, luego se estabiliza.</p> <p>#B) Sigue vibrando.</p> <p>#C) Vibración constante.</p>	<p>a) Compresión de líquido (aceite) por haber quedado el aceite en el compresor.</p> <p>b) El regreso del líquido refrigerante que había quedado en la tubería de succión.</p> <p>a) Pernos de anclaje flojos o mal apretados.</p> <p>b) Alineación del acoplamiento del compresor y motor está incorrecto.</p> <p>c) Acoplamiento mal armado o mal balanceado.</p> <p>d) Mal balanceado del rotor del motor.</p> <p>e) Mala alineación de bomba de aceite y su motor.</p> <p>a) Resonancia en la tubería paquete o edificio.</p>	<p>a) Antes de poner en marcha, girar el eje más veces con la mano, aproximadamente unas 5 vueltas.</p> <p>b) Abrir ligeramente la válvula de succión o revisar el sistema.</p> <p>a) Apretar bien.</p> <p>b) Re-alinearlo.</p> <p>c) Revisar.</p> <p>d) Balancear o cambiar.</p> <p>e) Revisar y re-alinear si es necesario.</p> <p>a) Cambiar la frecuencia propia modificando la colocación de soportería de la tubería, etc.</p>
<p>2.- Ruido anormal durante la operación.</p>	<p>a) Entrada de algo sólido en el compresor, se incrusta en la superficie de los rotores.</p> <p>b) Desgaste de cojinetes de empuje.</p> <p>c) Rotor y caja están en rozamiento por el desgaste de cojinetes.</p> <p>d) La chaveta del acoplamiento está floja.</p>	<p>a) Desarme el compresor y revise el filtro de succión de gas.</p> <p>b) Cambio.</p> <p>c) Desarme, revise y cambio de piezas según necesidad.</p> <p>d) Cambio de chaveta o apretar los tornillos.</p>

	e) Desgaste del acoplamiento - por falta de grasa.	e) Cambio.
	f) Cavitación de bomba de aceite.	f) Ver No. 5
3.- Paro automático del compresor por haber funcionado los dispositivos de seguridad.		
#A) Presostato de alta presión.	<p>a) Falta de capacidad del condensador.</p> <p>1. Falta de agua.</p> <p>2. Sarro (incrustado)</p> <p>3. Falta de la bomba de agua.</p> <p>4. Falta en los ventiladores del condensador.</p> <p>b) Gases incondensables (aire)</p> <p>c) La presión demasiado baja en la regulación del presostato</p> <p>d) Falta del presostato, se opera por vibración.</p>	<p>a) 1. Revisión del circuito de agua.</p> <p>a) 2. Limpieza desincrustación</p> <p>a) 3. Revisión.</p> <p>a) 4. Reparación o cambio.</p> <p>b) Purga de aire parando el condensador después de haber estado en operación 1 hr.</p> <p>c) Regulación.</p> <p>d) Cambio, y/o amortiguador.</p>
#B) Presostato de aceite.	<p>a) Obstrucción del filtro en la tubería de aceite.</p> <p>b) Falta de la bomba de aceite.</p> <p>c) Falta de la válvula reg. de presión de aceite y/o presión inadecuada de diseño.</p> <p>d) Obstrucción de la tubería de aceite.</p> <p>e) Falta de cantidad necesaria de aceite.</p> <p>f) Succión de gas en lugar de aceite en la bomba. (Espumaje en separador de aceite).</p>	<p>a) Limpieza del filtro.</p> <p>b) Revisión y reparación.</p> <p>c) Regulación o limpieza, - desarmado.</p> <p>d) Limpieza.</p> <p>e) Agregar el aceite.</p> <p>f) Averiguar la causa de espuma y eliminarla.</p>

#C) Termostato de aceite.

g) Falta de viscosidad del aceite.

h) Aumento en la cantidad de suministro de aceite al compresor por incremento de la relación.

a) Disminución de la capacidad del enfriador de aceite, principalmente por la suciedad y el sarro.

b) Falta de agua para el enfriador de aceite.

c) Operación del compresor demasiado caliente.

d) En el caso del enfriador de aceite enfriado por líquido refrigerante:

Falta de líquido, regulación de válvula de expansión no adecuada al filtro de refrigerante tapado, falla de la válvula de solenoide.

e) Temperatura de aceite inadecuadamente programada.

f) Falla del termostato.

#D) Protector de corriente excesiva en el circuito de fuerza.

a) Por funcionar el limitador de corriente con la carga superior a la capacidad del motor.

b) Avería de piezas en el circuito de control.

c) Carga en exceso al motor por retorno de líquido refrigerante al compresor.

d) Carga excesiva por quemarse alguna parte del compresor.

e) Corte de electricidad al circuito de control.

f) Contactos insuficientes o mal conectados a las termi-

g) Cambio de aceite ya muy quemado.

h) Disminuir la cantidad de alimentación de aceite cerrando un

a) Limpieza

b) Revisión y regulación.

c) Regulación de la válvula de expansión del evaporador.

d) Revisión, regulación, limpieza y cambio.

e) Corrección del valor de programación.

f) Reparación o cambio.

a) Revisar la capacidad del motor y condición de trabajo de compresor.

b) Revisión del circuito.

c) Reparar en marcha con cautela, evitando y corrigiendo a que no regrese amoníaco líquido.

d) Reparación.

e) Misma condición que en el paro ordinario.

	nales y cables. g) Quemadura del motor.	g) Cambio.
4.- Nivel de aceite anormal durante la operación.		
#A) Gran consumo de aceite (bajo el nivel.)	<p>a) Las condiciones actuales de trabajo no coincide a la -- de diseño.</p> <p>b) Condiciones inestables de la operación.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Largo tiempo de operación con carga parcial. - Variación violenta de carga - Cambio súbito de presión de condensación (Ebullición) - Operación que tiende a causar el retorno de líquido refrigerante (Ebullición). <p>c) No regresa el aceite del evaporador.</p>	<p>a) Reconsideración de las condiciones de trabajo.</p> <p>b) Regulación y revisión para estabilizarlas.</p> <p>c) Revisar y modificar la tubería de aspiración.</p>
#B) Aumento de aceite (Sube el nivel).	<p>a) Creciente aumento por solución de refrigerante en aceite.</p> <p>b) Retorno de aceite desde el evaporador.</p>	<p>a) Como ocurre en los sistemas con refrigerante -- freón al momento de arrancar que en baja temperatura, se arregla solo al continuar la operación, y subir la temperatura del aceite.</p> <p>b) Desalojar el aceite hasta tener el nivel normal</p>
#C) Suciedad de aceite en el tanque.	<p>a) Retorno de aceite contaminado del evaporador.</p>	<p>Desalojelo y cambie el aceite completamente.</p>
5.- Vibración de la aguja -- del manómetro de aceite.	<p>a) La bomba de aceite succiona gas por espumaje dentro del separador de aceite.</p> <p>b) La bomba succiona gas por falta de aceite.</p> <p>c) Obstrucción del filtro de aceite</p> <p>d) Falla de la válvula reguladora de presión de aceite.</p>	<p>a) Eliminar el problema de espumaje.</p> <p>b) Agregar aceite.</p> <p>c) Limpieza.</p> <p>d) Regulación o desarme para limpieza y revisión.</p>

	e) Falla de la bomba de aceite	e) Revisión.
	f) Temperatura de aceite demasiado baja.	f) Revisión de calentador de aceite.
6.- El cuerpo del compresor es normalmente caliente.		
#A) Temperatura de aceite normal.	a) Operación extremadamente recalentada.	a) Regulación de la válvula de expansión, control de capacidad con la carga reducida, y revisión del filtro de succión del gas
	b) Fuga de la válvula de selección de la línea de By-pass, o la línea de By-pass abierta.	b) Revisión.
	c) Calentamiento anormal por desgaste de piezas.	c) Revisión (desarme si es necesario)
	d) Quemadura del compresor causada por residuos metálicos	d) Revisión (desarme si es necesario.)
	e) Aumento de la relación de compresión por el aumento en la presión de condensación.	e) Bajar la presión de condensación.
#B) Aumento en la temperatura de aceite.	a) Falta de enfriamiento, falta en la capacidad del enfriador de aceite.	a) Aumentar la capacidad del enfriador.
	b) Aumento de calor por la disminución de la viscosidad del aceite.	b) Verificar las propiedades del aceite (cambiarlo si es necesario).
	c) Aumento de la relación de compresión.	c) Bajar la presión de condensación u operar con la carga parcial.
7.- Alta temperatura del separador de aceite (sin funcionar todavía el termostato de aceite)	a) Caída de capacidad del enfriador de aceite.	a) Aumentar la cantidad de agua y/o limpiar la suciedad en el enfriador.
	b) Operación con el gas de succión recalentado.	b) Regular la válvula de expansión.
	c) Aumento de la relación de compresión.	c) Bajar la presión de condensación, al operar con la carga parcial.
	d) El estar funcionando el calentador de aceite, por la	d) Revisar.

	falla del termostato o el valor equivocado estimado para su funcionamiento.	
8.- Baja temperatura del compresor y separador.	<p>a) Operación con retorno continuo de líquido refrigerante.</p> <p>b) Continuación de operación sin carga.</p> <p>c) Baja temperatura de aceite</p> <p>d) Presión de condensación anormalmente baja.</p> <p>e) Temperatura de ambiente baja.</p>	<p>a) Reajustar la válvula de expansión.</p> <p>b) Revisar la parte de control de capacidad.</p> <p>c) Regular la cantidad de agua y aceite.</p> <p>d) Continuar la operación y cargar refrigerante si es necesario.</p> <p>e) Continuar la operación.</p>
9.- Fuga del sello del eje del compresor y bomba de aceite. (3cc/h es el máximo permitido).	<p>a) Rotura en las caras del sello por basuras.</p> <p>b) Rotura en juntas.</p> <p>c) Vibración causada por el mal alineamiento de los ejes.</p>	<p>a) Desarme y reparación.</p> <p>b) Desarme y reparación.</p> <p>c) Re-alineamiento.</p>
10.- No se mueve el control de capacidad del compresor.	<p>a) Falla en el indicador. (Esta floja la leva).</p> <p>b) Adhesión del pistón descargador a la camisa.</p> <p>c) Quemadura de válvula deslizando.</p> <p>d) Obstrucción en la línea de presión hidráulica.</p> <p>e) Falla de los cojinetes del indicador o de la leva del cilindro.</p> <p>f) Falla en el circuito de control.</p>	<p>a) (Se distingue por cambios de ruidos y capacidad). - Revisar y reparar el indicador.</p> <p>b) Desarmar y limpiar. Cambiar el aceite si es necesario, porque tiende a ocurrir cuando el aceite está sucio.</p> <p>c) Desarmar, revisar y reparar.</p> <p>d) Revisar y limpiar válvulas y tuberías.</p> <p>e) Desarmar y reparar.</p> <p>f) Revisar, reparar o cambiar.</p>

11- Hay diferencia entre la presión de evaporación y la de succión del compresor.	<ul style="list-style-type: none"> a) Obstrucción en el filtro de succión de gas. b) Error en el manejo de las válvulas de línea. c) Obstrucción en tuberías. d) Falla de manómetros. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Limpiarlo. b) Verificar la línea de succión. c) Checar las líneas de refrigerante (en instalación pudo haber quedado tapones ciegos, trapos, etc.) d) Repararlos.
12- No funciona correctamente el control de capacidad.	<ul style="list-style-type: none"> a) Mal regulado o falla de controlador tipo AP. b) Falla del potenciómetro. c) Falla de detector de presión o temperatura. d) Falta de presión de aceite. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Revisar y regular de nuevo. b) Cambio. c) Cambio. d) Revisar y regular.
13- No cesa de girar el compresor en sentido contrario al momento de detenerse el motor.	<ul style="list-style-type: none"> a) Falla en la válvula de retención de succión. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Revisar y reparar.

A P E N D I C E 3

FORMATO DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Y/O CORRECTIVO.

BIBLIOGRAFIA.

AVILA ESPINOSA JESUS
ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA UNAM
MEXICO, 1986.

CASTELLANOS BALDERAS MODESTO
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO
EN MOTOCOMPRESORES
PETROLEOS MEXICANOS
MEXICO, 1980.

CASTELLOT C. MANUEL
RUTA CRITICA
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
MEXICO, 1980

ESPINOSA HERNANDEZ HELIODORO
ELEMENTOS DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO
IMPRESA SOTO
MEXICO, 1975 .

J. DOSSAT ROY
PRINCIPIOS DE REFRIGERACION
CECSA
MEXICO, 1981 .

SAAD MIGUEL ANTONIO
REDACCION
CECSA
MEXICO , 1982 .

W. SEARS FRANCIS Y W. ZEMANSKY MARK
FISICA GENERAL
ADDISON WESLEY
MADRID (ESPAÑA), 1969 .

DRI-FAN EVAPORATIVE CONDENSERS
RECOLD CORPORATION
LOS ANGELES, CALIFORNIA , E.U. , 1980 .

MANUAL DE REFRIGERACION
GILVERT COPELAND
MEXICO, 1980 .

MANUAL DE OPERACION DE UNIDAD PAQUETE DE
COMPRESOR TIPO TORNILLO
MAYEKAWA DE MEXICO, S.A.
MEXICO, 1982 .

MANUAL DE SERVICIO PARA COMPRESORES DE REFRIGERACION
MAYEKAWA DE MEXICO, S.A.
MEXICO , 1982 .

REFRIGERATION AND AIR- CONDITIONING PRINCIPLES
AND PRODUCTS
MULLER BRASS CO.
ST. LOUIS , MISSOURI, E.U. , 1980 .