

90



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

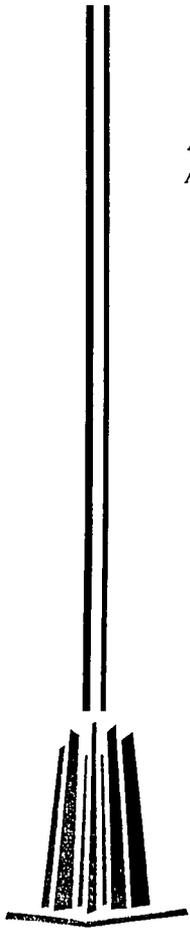
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGÓN"

ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN PARA UNA CAPACIDAD DE 3 TON.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
LEONARDO PORRAS GARCÍA

DIRECTORA:  
ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ

ASESOR:  
ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA



MÉXICO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2002



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

## DEDICATORIA

*A my madre: Rila García Rivera  
Por cuidarme y estar siempre  
a mi lado en el momento que  
más lo necesite sin mi madre no lo  
hubiera logrado*

*A my padre: Murio Porras Medina  
Que siempre medio todo su apoyo  
y confianza y sin su ayuda jama  
hubiera logrado ser un profesionista*

*A mis hermanos: Irma, Lilia, Mario y Hugo  
Que siempre estuvieron apoyándome y  
brindándome su cariño y que hallan  
creído en mí*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## AGRADECIMIENTOS

*Al Ing Alejandro Rodríguez Lorenzana  
Por asesorarme en la elaboración de este  
proyecto, el cual considero que valía la  
pena desarrollar.*

*Al jurado que con sus observaciones  
y sugerencias, lograron hacer de este un  
trabajo profesional*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México  
que con su gran experiencia a formado ha  
bastantes profesionistas que se enorgullecen  
de ser egresados de la UNAM.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
--------------------	---

**CAPITULO I  
ANTECEDENTES**

1.1 MARCO TEÓRICO .....	2
1.1.1 TERMODINÁMICOS .....	2
1.1.2 ELÉCTRICOS .....	5
1.2 CICLO INVERSO DE CARNOT .....	6
1.3 CARTA PSICROMÉTRICA .....	9
1.4 REFRIGERANTES APLICADOS AL AIRE ACONDICIONADO .....	15

**CAPITULO II  
EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO**

2.1 MINISPLIT .....	20
2.2 UNIDADES DE VENTANA .....	23
2.3 UNIDADES PAQUETE .....	24
2.4 PRECISIÓN .....	25

**CAPITULO III  
DESCRIPCIÓN DE UN EQUIPO DE AIRE  
ACONDICIONADO DE PRECISIÓN**

3.1 ELEMENTOS MECÁNICOS .....	28
3.1.1 COMPRESOR .....	28
3.1.2 TURBINA .....	30
3.1.3 EVAPORADOR .....	31
3.1.4 CONDENSADOR .....	31
3.1.5 VENTILADOR DEL CONDENSADOR .....	33
3.1.6 VÁLVULA DE EXPANSIÓN .....	34
3.1.7 HUMIDIFICADOR .....	36
3.1.8 TUBERÍA .....	36
3.1.9 INDICADORES DE LÍQUIDO Y HUMEDAD .....	38
3.1.10 FILTRO DESHIDRATADOR .....	39
3.2 ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE POTENCIA .....	41
3.2.1 CONTACTORES .....	41
3.2.2 INTERRUPTORES (BREAKERS) .....	43
3.2.3 CABLEADO .....	43
3.2.4 TRANSFORMADOR .....	44
3.2.5 RESISTENCIA .....	45

3.3	ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE CONTROL .....	47
3.3.1	TEMPORIZADORES (TIMERS).....	47
3.3.2	VÁLVULA SOLENOIDE .....	48
3.3.3	TERMOSTATO .....	49
3.3.4	HUMIDESTATO .....	50
3.3.5	RELEVADOR .....	50
3.3.6	PRESOSTATO.....	52

**CAPITULO IV**  
**SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN**  
**EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO**

4.1	SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS .....	53
4.1.1	COMPRESOR.....	53
4.1.2	TURBINA .....	54
4.1.3	EVAPORADOR .....	56
4.1.4	CONDENSADOR.....	58
4.1.5	VÁLVULA DE EXPANSIÓN .....	60
4.1.6	HUMIDIFICADOR .....	61
4.1.7	TUBERÍA .....	62
4.1.8	INDICADORES DE LÍQUIDO Y HUMEDAD .....	64
4.2	ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE POTENCIA .....	65
4.2.1	CONTACTORES.....	65
4.2.2	INTERRUPTOR (BREAKERS) .....	67
4.2.3	CABLEADO.....	67
4.2.4	TRANSFORMADOR .....	68
4.2.5	RESISTENCIA .....	69
4.3	ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE CONTROL .....	70
4.3.1	TEMPORIZADORES (TIMERS).....	70
4.3.2	VÁLVULA SELENOIDE .....	70
4.3.3	TERMOSTATO .....	71
4.3.4	HUMIDESTATO .....	72
4.3.5	RELEVADOR .....	73
4.3.6	PRESOSTATO.....	73

**TESIS CON**  
**FALLA DE ORIGEN**

**CAPITULO V**  
**ENSAMBLE DE LOS COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE**  
**ACONDICIONADO DE PRECISIÓN**

5.1	PARTE MECÁNICA.....	75
5.2	PARTE ELÉCTRICA.....	82

**CAPITULO VI**  
**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

6.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	84
6.1.1	MOTORES.....	84
6.1.2	CONDENSADOR.....	84
6.1.3	EVAPORADOR.....	85
6.1.4	COMPRESOR.....	85
6.1.5	CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	85
6.2	MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	85
6.2.1	MOTORES.....	86
6.2.2	CONDENSADOR.....	86
6.2.3	EVAPORADOR.....	86
6.2.4	COMPRESOR.....	86
6.2.5	CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	87

	CONCLUSIONES.....	88
--	-------------------	----

**APENDICES**

A	ESPECIFICACIONES SOBRE LOS COMPRESORES.....	89
B	CARACTERÍSTICAS SOBRE LAS CONDENSADORAS.....	98
C	ESPECIFICACIONES DE LAS VÁLVULAS DE EXPANSIÓN.....	100
D	ESPECIFICACIONES DE LAS VÁLVULAS SOLENOIDES.....	103
E	CAPACIDAD DE CORRIENTE DE LOS CONDUCTORES DE COBRE.....	105
F	CARTA PRESIÓN TEMPERATURA DE LOS REFRIGERANTES.....	106
G	CARTA PSICROMÉTRICA.....	107

	BIBLIOGRAFÍA.....	108
--	-------------------	-----

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCIÓN

Dentro del aire acondicionado se pueden diferenciar claramente dos ámbitos, por una parte, el aire acondicionado de confort en el cual las magnitudes, temperatura, humedad relativa, etc. se contemplan dentro de márgenes muy amplios. Una sensación de confort puede obtenerse con temperaturas de 22°C hasta 28°C con unas humedades relativas entre el 45 y el 65%, y por otra el acondicionamiento de aire de precisión, utilizado básicamente en aplicaciones para procesos industriales especiales como, en la industria farmacéutica, electrónica, en salas de ordenadores, telefonía, textil, etc., que requieren unas tolerancias muy reducidas en cuanto a temperaturas, que van desde 17 a 19 °C con una sensibilidad de  $\pm 2$  grados, y una humedad relativa que oscila de entre 45% a 55% con una sensibilidad del 5%  $\pm$ , estos valores se da para la mayoría de las industrias, también es muy importante el grado de pureza o filtrado del aire.

Analizando los equipos de aire acondicionado de precisión, podemos mencionar algunas de las marcas comerciales que existen en el país como son Liebert, Hiross, etc., estos equipos se encargan de controlar las variables de temperatura y humedad relativa dentro de rangos muy estrechos, esto se hace posible con la ayuda del control a través de microprocesadores, este tipo de equipos vienen diseñados para auto protegerse por alguna falla que pudieran tener, como pueden ser: Pérdida de refrigerante ó baja presión, Alta presión, Pérdida de flujo de aire, Alta temperatura, Baja temperatura, Alta Humedad, Baja humedad, Sobre carga en el compresor, Filtro sucio, todo esto se controla a través de sensores electrónicos.

Primero que nada se deben tener los conocimientos esenciales para poder entender de lo que se va hablar a lo largo del tema, por lo que se da primero una serie de conceptos básicos. Posteriormente se habla acerca de los diferentes tipos de equipos de aire acondicionado que existen comercialmente y algunas aplicaciones de estos. Es importante saber la constitución de un equipo de aire acondicionado de precisión tanto en sus partes mecánicas, eléctricas y de control, para luego poder hacer una buena selección de cada uno de sus componentes de acuerdo con las necesidades que se requieran. Una vez que se tienen todos los componentes, es necesario ensamblarlos, por lo que hay que saber que materiales debemos utilizar.

El propósito de este trabajo es dar una alternativa para el ensamble de un equipo de aire acondicionado, en base a un análisis, en el cual se describen los componentes de un equipo de aire acondicionado de precisión, para poder fabricarlo en el país y obtener un beneficio, ya que con la ayuda del análisis se pueden sustituir piezas del equipo, por alguna otra que no sea propiamente de la marca, se mencionan cada una de las funciones que desempeña cada uno de los componentes y como hacer su selección.

Se da una propuesta de mantenimiento preventivo y correctivo, que se debe de hacer para este tipo de equipos. El buen funcionamiento de toda maquina esta en el cuidado que se le tenga

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO I ANTECEDENTES

### 1.1 MARCO TEÓRICO

En esta parte se pretende dar a conocer los conceptos más relevantes, que se van a manejar a lo largo del tema, los cuales se han dividido en dos secciones, la primera que es todo lo relacionado con la termodinámica y la otra la cuestión eléctrica.

#### 1.1.1 TERMODINAMICOS

*Presión.* Es la fuerza que se aplica sobre un área. En el caso de un gas la fuerza que este ejerce dentro de un recipiente, es en todas las direcciones ya que ocupan todo el volumen del recipiente que los contiene.

$$P = F/A$$

EC. (1.1)

$$\begin{aligned} P &= \text{Presión} \dots\dots\dots \text{N/m}^2 \\ F &= \text{Carga total o Fuerza} \dots\dots\dots \text{N} \\ A &= \text{Área} \dots\dots\dots \text{m}^2 \end{aligned}$$

La presión de una sustancia actúa perpendicularmente a las paredes del volumen donde esta se encuentra Fig. 1.1.

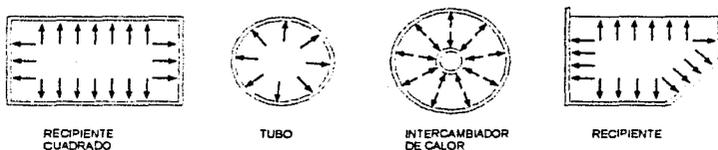


Figura 1.1 Dirección de la presión de un fluido sobre un área determinada

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El aire de la atmósfera tiene un peso al igual que otras sustancias, el cual afecta a los cuerpos directamente a esto se le conoce como *presión atmosférica*. El peso del aire a nivel del mar equivale a la presión hidrostática que ejercen 760 mm de columna de mercurio o 10.33 m de columna de agua, pues se equilibran mutuamente. La presión ejercida por la atmósfera será de 1.033 kg/cm<sup>2</sup>.

*Calor.* Es el movimiento molecular. En un cuerpo cuanto mayor sea el movimiento de sus moléculas aumenta el calor, conforme va disminuyendo el movimiento se va eliminando el calor. Al desprenderse este calor disminuye el movimiento de las moléculas, el cual no desaparece hasta llegar al cero absoluto (-273.15°C). Todo cuerpo que se halle por encima de esta temperatura existe teóricamente calor.

*Calor Específico.* Es la cantidad de energía calórica necesaria para elevar en 1 grado la temperatura de 1 kg de sustancia.

**Calor Sensible.** Es la cantidad de calor necesario para hacer subir o bajar la temperatura de una sustancia sin cambiar su estado físico. La fórmula del calor sensible es:

$$Q = C_p m (t_2 - t_1) \quad \text{EC. (1.2)}$$

En la que:  $Q =$  Calor ..... J  $t_1 =$  Temperatura Inicial... °C  
 $m =$  Masa ..... kg  $t_2 =$  Temperatura Final.... °C  
 $C_p =$  calor específico..... J por kg por °C

**Calor Latente.** Es la cantidad de calor requerida para realizar un cambio de estado físico en la sustancia. El calor necesario para cambiar de sólido a líquido se llama calor latente de fusión. El calor necesario para cambiar de estado líquido a vapor se llama calor latente de evaporación.

Cuando el refrigerante alcanza su punto de ebullición en el evaporador y cambia del estado líquido al gaseoso, debe de absorber su calor de vaporización, el vapor (gas) refrigerante contiene mucho más energía térmica que el refrigerante en su forma líquida. Esta cantidad de calor es el calor latente de vaporización, la cantidad de éste por libra (454 g) es diferente para cada refrigerante.

Al tener el refrigerante en estado gaseoso en el condensador regresa a su estado líquido mediante la extracción de calor. La cantidad de calor que se debe extraer o rechazar se denomina calor latente de condensación.

El calor latente de fusión es la cantidad de calor necesario que hay que agregar a un material para poder fundirlo, es decir pasarlo del estado sólido a líquido, sin que haya algún cambio de temperatura. El calor latente de solidificación es lo contrario es la cantidad que se requiere extraer para solidificar un material que se encuentre en estado líquido.

**Calor Total.** Es la suma del calor latente y el calor sensible. Se refiere al calor latente más el calor sensible necesario para cambiar una sustancia de un cierto grado en cierto estado a una intensidad de calor mayor o menor en otro estado

**Radiación.** A diferencia de la conducción y convección que necesitan algún medio para la transmisión de calor como puede ser un sólido o fluido la radiación no necesita de estos medios para realizar la transmisión se da por ondas que se mueven libremente en el espacio. Dicho de otra manera es cuando el calor pasa del cuerpo más caliente al más frío con un calentamiento de las moléculas que se encuentran entre ellos.

En la radiación podemos tener una absorción o reflexión de la energía, esto va a depender del material que se utilice y sus características, un material con un color oscuro y un acabado superficial rugoso o áspero es bueno para la absorción. Cuanto más liso es el acabado de una superficie y más brillante y claro es su color, mejores condiciones tendrá para reflejar los rayos térmicos.

**Convección.** Es el calor que se transmite por mediación de un agente; líquido o vapor. Y las moléculas se mueven libremente. Las corrientes de aire son los agentes más comunes en la transmisión de calor por convección.

La transmisión de calor por convección se puede calcular ya que el transporte de calor se realiza mediante un cambio en la temperatura, que se clasifica como calor sensible, este calor se puede encontrar con la fórmula de la EC. 1.2.

**Conducción.** Cuando el calor se transmite a través de sólidos, de una molécula a la siguiente. El flujo de energía siempre tiende a fluir de la parte caliente a la fría, esto continúa hasta que aumenta el flujo en la parte fría ó se tiene un equilibrio termodinámico que es lo mismo decir que ambas partes se encuentren a la misma temperatura.

$$H = \frac{(K) \times (A) \times (DT)}{(d)} \quad \text{EC. (1.3)}$$

H = El número de Btu que se transmiten por conducción en una hora.

K = La conductividad del material que se use.

A = La superficie afectada por el calor.

DT = Las diferencias de temperatura entre la superficies interiores y exteriores del metal

d = El espesor del metal.

### Las Leyes de los Gases Perfectos

Símbolos: W = Peso de gas.

V1, V2 = Volumen inicial y final.

P1, P2 = Presión inicial y final.

T1, T2 = Temperatura absoluta inicial y final.

R = Constante del gas

#### Ley de Boyle – Temperatura constante:

Si la temperatura de un peso dado de gas se mantiene constante, la presión absoluta del mismo variará en proporción inversa a su volumen.

$$P1/P2 = V2/V1 \quad (\text{Relación}) \quad \text{EC. (1.4)}$$

$$P1V1 = P2V2 \quad PV = \text{Constante}$$

#### Ley de Gay-Lussac – Volumen Constante:

Si el volumen de un peso dado de gas se mantiene constante, la presión absoluta del mismo variará en proporción directa a su temperatura absoluta.

$$P1/P2 = T1/T2 \quad (\text{Relación}) \quad \text{EC. (1.5)}$$

#### Ley de Charles – Presión constante:

Si la presión absoluta de un peso dado de cualquier gas se mantiene constante, su volumen variará en proporción directa a su temperatura absoluta.

$$V1/V2 = T1/T2 \quad (\text{relación}) \quad \text{EC. (1.6)}$$

*Combinación de las leyes de los gases de Boyle, Charles y Gay-Lussac:*

$$(P1V1)/T1 = (P2V2)/T2 \quad \text{EC. (1.7)}$$

*Ley general de los gases (ley de los gases Perfectos):* Esta ley establece la relación que existe entre la presión, el volumen, la temperatura absoluta y el peso de un gas perfecto.

$$PV = wRT \quad \text{EC. (1.8)}$$

*Constante Universal de los Gases:* (de aplicación a cualquier gas):

$$wR = 1.985 \text{ B.t.u. /lb. Mol. } ^\circ\text{F} = 1.985 \text{ kcal/kg mol. } ^\circ\text{C} = 8.3143 \text{ kJ/kg mol. } ^\circ\text{C}$$

## 1.1.2 ELÉCTRICOS

Todos los estudios sobre la electricidad y los efectos eléctricos se basan en la existencia de cargas minúsculas denominadas electrones. Los electrones pueden moverse de un lado a otro. La electricidad es la acción de estos electrones en movimiento de un punto a otro. Las unidades eléctricas fundamentales en electricidad son:

*Voltio.* Unidad de fuerza electromotriz que se conoce generalmente por tensión (V)

*Amperio.* Unidad de intensidad de corriente (A)

*Vatio.* Unidad de potencia (W). Es el producto de las dos magnitudes antes mencionadas y representan la potencia absorbida por una corriente cuya intensidad es de un amperio y su fuerza electromotriz o tensión es un voltio: vatio = voltio X amperio.

*Ohmio.* Unidad de resistencia que representa la oposición al paso de la corriente eléctrica por un conductor ( $\Omega$ ). El físico Ohm, en la famosa ley que lleva su nombre, demostró que la fuerza electromotriz necesaria para vencer una resistencia eléctrica es igual a la intensidad de corriente por la resistencia. Así, pues, si llamamos R a la resistencia, E a la fuerza electromotriz e I a la intensidad de una corriente, tendremos la siguiente igualdad:

$$E = I X R \quad \text{EC. (1.9)}$$

*Motores Eléctricos.* Son las máquinas que sirven para convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Se clasifican en dos grupos, de acuerdo con la clase de corriente que ha de alimentarlos para su funcionamiento: a) Motores de corriente alterna, b) Motores de corriente continua.

Los motores de corriente alterna se construyen para corriente monofásica o polifásica, de acuerdo con el número de fases, y se les conoce por monofásicos, bifásicos o trifásicos, según que aquéllas sean una, dos o tres.

Los motores de corriente continua se clasifican en motores en serie, derivación, según esté conectado el circuito interior.

Cálculo de intensidad de los motores eléctricos. El consumo de un motor eléctrico viene dado por las fórmulas siguientes, según clase de corriente a que deben trabajar:

$$\begin{aligned} \text{Continua} & I = (P \times 736) / (E \times r \times f.p.) \\ \text{Trifásico} & I = (P \times 736) / (1.41 \times E \times r \times f.p.) \\ \text{Bifásico} & I = (P \times 736) / (1.73 \times E \times r \times f.p.) \\ \text{Monofásico} & I = (P \times 736) / (E \times r) \end{aligned}$$

P = Potencia.

E = Tensión.

r = Rendimiento

f.p. = Factor de potencia.

Rendimiento. Es la relación entre la energía efectiva producida en el eje del motor en forma de trabajo mecánico, considerando las pérdidas por calentamiento, rozamiento, etc., y la energía total comunicada al estator.

Factor de potencia. En los circuitos de corriente alterna (inductancia), la intensidad de corriente lleva un retraso de fase con respecto a la tensión, por lo que la potencia efectiva no es precisamente el producto de la intensidad por la tensión, sino que viene afectado por el factor de potencia, que es la relación entre su valor aparente y el real. Este término se conoce por  $\cos \phi$ .

En motores de hasta 1 CV el factor de potencia típico es de 0.6 a 0.8 (promedio 0.7) y en potencias superiores, de 1 CV hasta 10 CV, girando a 1400 r.p.m. (cuatro polos) y trabajando a plena carga, tienen un factor de potencia desde 0.75 a 0.95 (0.80 como promedio).

## 1.2 CICLO INVERSO DE CARNOT

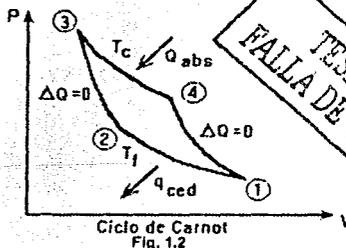
Se define ciclo de Carnot como un proceso cíclico reversible que utiliza un gas perfecto, y que consta de dos transformaciones isotérmicas y dos adiabáticas en un diagrama  $p$ - $V$  se puede dibujar como se indica en la Fig. 1.2. Si el ciclo se recorre en dirección de las manecillas del reloj, se trata de un ciclo *motor*. Si se recorre en contra de las manecillas del reloj, es un ciclo *receptor de trabajo* o de refrigeración.

Tramo 1-2 isoterma a la temperatura  $T_2$

Tramo 2-3 adiabática

Tramo 3-4 isoterma a la temperatura  $T_1$

Tramo 4-1 adiabática



A continuación se muestra una representación física del ciclo inverso de Carnot y su representación en el diagrama T - s Fig. 1.3.

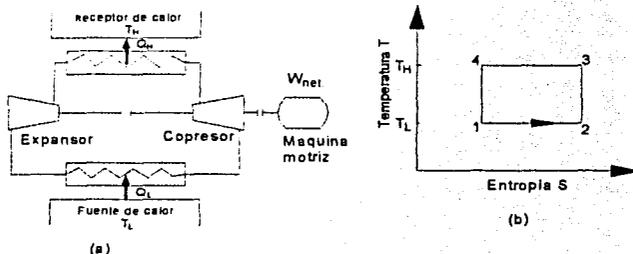


Fig. 1.3 (a) Esquema de un sistema de refrigeración que funciona con base en un ciclo inverso de Carnot; (b) diagrama T-S correspondiente al mencionado ciclo.

### CICLO DE COMPRESIÓN

En un ciclo de refrigeración la compresión comienza en la válvula de expansión que se encuentra en la línea de líquido que va al evaporador, su propósito es mantener tan lleno como sea posible al evaporador de líquido sin permitir que este regrese al compresor.

El regreso de refrigerante líquido a el compresor puede dañarlo seriamente ocasionando la rotura de las válvulas, bielas o un verdadero desastre dentro del mismo, los compresores no pueden comprimir los líquidos ya que son incompresibles, hay que tener cuidado con el dispositivo de control que este regulando adecuadamente de modo que en el evaporador sólo salga vapor.

1. El ciclo del refrigerante comienza en el orificio del dispositivo de control (válvula de expansión).
2. El líquido a alta temperatura y alta presión reduce su presión y su temperatura de evaporación cuando entra al evaporador.
3. El dispositivo de control gobierna el flujo de refrigerante y separa el lado de alta del lado de baja del sistema.
4. El refrigerante se evapora al absorber calor en el evaporador.
5. La capacidad de evaporación se controla por el compresor.
6. El vapor refrigerante abandona el evaporador con un sobrecalentamiento de  $41^{\circ}\text{F}$  ( $5^{\circ}\text{C}$ ), más de temperatura que la de evaporación.
7. El compresor aumenta la temperatura del vapor hasta superar la del medio de condensación, de manera que el calor se transmite al medio, por lo cual el vapor se condensa y queda en la forma líquida para volver a usarse.

En un sistema de aire acondicionado existen dos presiones diferentes la de baja y alta presión, la presión de alta esta integrada desde la salida de la válvula de descarga del compresor, el condensador (la línea de líquido y tanque receptor), y termina en el dispositivo

de control del refrigerante. La presión de baja comienza a la salida de la válvula de control o expansión incluye el evaporador, la línea de succión, el cárter del compresor.

### DIAGRAMA P-H DEL REFRIGERANTE

El análisis del comportamiento de un refrigerante es reflejado en tablas con las cuales se construye un diagrama para su representación grafica Fig. 1.4, el diagrama contiene tres zonas, una de ellas es la del refrigerante en estado líquido sub-enfriado que se muestra del lado izquierdo del diagrama. En la segunda se encuentra en estado transitorio de líquido a vapor, esto se observa en la parte central. La tercera el refrigerante se halla como vapor sobrecalentado y se muestra del lado derecho del diagrama.



Fig. 1.4 Diagrama presión Entalpia

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las líneas inclinadas que separan las zonas indican las condiciones límite o de frontera. En cualquier punto sobre la línea a la izquierda existe líquido saturado, y a la derecha se halla vapor saturado, estas líneas de frontera convergen al aumentar la presión y finalmente se juntan en el punto crítico, el cual representa la condición límite para la existencia del líquido. A temperaturas mayores que la crítica, el refrigerante puede existir sólo en la fase gaseosa.

### CICLO DE REFRIGERACION

El ciclo normal de compresión de vapor consta de los siguientes cuatro procesos básicos;

1. Condensación del refrigerante, donde se convierte el vapor en líquido. Antes de que pueda comenzar la condensación, el vapor se lleva hasta el punto de saturación, removiendo cualquier sobrecalentamiento existente. El proceso es a presión constante.
2. Expansión del refrigerante líquido desde un nivel de presión hasta una presión más baja. Esto ocurre sin que haya transferencia de energía hacia dentro o hacia fuera del refrigerante. A entalpia constante.
3. Evaporación del refrigerante líquido, el cual se convierte en vapor en condiciones de presión constante,

4. Compresión del vapor desde una baja presión hasta una alta presión. Este proceso puede suponerse que ocurre a entropía constante.

Estos procesos básicos pueden ser representados en un diagrama Fig. 1.5 manteniendo constante una de las propiedades del refrigerante. Los procesos a presión constante como la evaporación y condensación son representadas con rectas horizontales. La expansión que es a entalpía constante, se ilustra con una línea vertical y por último la compresión a entropía constante, se muestra por una línea inclinada.

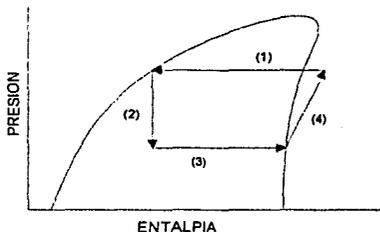


Fig. 1.5 Ciclo de Refrigeración

El ciclo completo representa la historia de una libra de refrigerante fluyendo una vez alrededor del sistema.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1.2 CARTA PSICOMETRICA

La psicometría estudia las propiedades termodinámicas de la mezcla de aire y vapor de agua. Una carta psicométrica es un diagrama que representa la relación que existe entre la temperatura del aire y el contenido de humedad relativa existente en el aire y el vapor de agua, así como también otras propiedades.

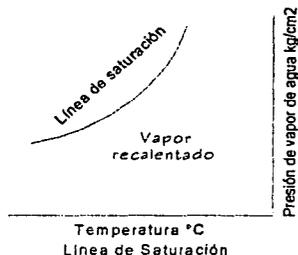
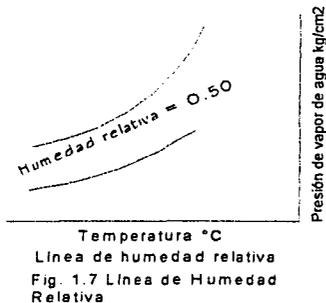


Fig. 1.6 Línea de saturación.

**Línea de saturación.** Las coordenadas que se encuentran más convenientemente en la carta psicométrica son la presión de vapor de agua como ordenada y la temperatura de la mezcla aire-vapor como abscisa. Consideremos una carta que se refiere únicamente al agua. La línea de saturación puede tratarse en la carta (Fig. 1.6), en la zona de la derecha de la línea de saturación se representa el vapor de agua recalentado, si el vapor recalentado se enfría a presión constante llegará el momento que alcance la línea de saturación donde empezará a condensarse.

**Temperatura de Bulbo Seco (TBS).** Es la temperatura del aire, la cual se registra por medio de un termómetro ordinario. El bulbo seco mide el calor sensible.

**Humedad relativa.** Es la diferencia entre vapor de agua real que está presente en el aire y la mayor cantidad de vapor de agua que puede contener el aire a la misma temperatura. La humedad relativa se expresa en porcentaje.



$$\phi = \frac{\text{Presión parcial de vapor de agua en la mezcla}}{\text{Presión de saturación del agua pura a la misma temperatura}}$$

La humedad relativa se debe trazarse en la carta, como se muestra en la Fig. 1.7, la línea que se muestra está a una humedad relativa de 50 % y tiene ordenadas que son la mitad de las ordenadas de la línea de saturación.

Al 100% de humedad relativa (punto de saturación), las temperaturas de bulbo seco, de bulbo húmedo y la de punto de rocío son idénticas.

**Relación de humedad (W).** Es el peso de vapor de agua mezclado con cada kilogramo de aire seco. La relación de humedad, lo mismo que las siguientes propiedades, entalpía y volumen específico, están referidas a un kilogramo de aire seco. Puede recurrirse a la ley de los gases perfectos para calcular la relación de humedad. Tanto el vapor de agua como el aire pueden suponerse gases perfectos (obedecen a la ecuación  $pV = RT$  y tienen calores específicos constantes).

$$W = \frac{\text{kg de vapor de agua}}{\text{Kg de aire seco}} = \frac{10^4 p_s V / R_w T}{10^4 p_a V / R_a T} = \frac{p_s / R_w}{(p - p_s) / R_a}$$

Donde

V = volumen arbitrario de la mezcla aire-vapor, m<sup>3</sup>

p = presión atmosférica =  $p_s + p_a$ , kg/cm<sup>2</sup>

$p_a$  = presión parcial del aire seco, kg/cm<sup>2</sup>

$p_s$  = presión parcial del vapor de agua, kg/cm<sup>2</sup>

$R_w$  = constante de los gases perfectos para el vapor de agua = 47.1 kg-m / (kg) (°K)

$R_a$  = constante de los gases perfectos para el aire seco = 29.3 kg-m / (kg) (°K)

T = temperatura absoluta de la mezcla aire-vapor, °K

$$W = 0.622 [p_s / (p - p_s)]$$

EC. (1.10)

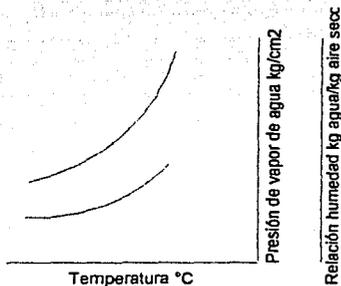


Fig. 1.8 Relación de humedad como otra ordenada.

**Entalpía.** La entalpía de una mezcla de aire seco y de vapor de agua es la suma de ambas entalpías. La entalpía del aire seco está referida a la temperatura de  $-17.8^{\circ}\text{C}$ , es decir, es nula a esta temperatura. La entalpía del vapor de agua está referida a la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ , es decir, es nula para el líquido saturado a  $0^{\circ}\text{C}$ . La ecuación de la entalpía es:

$$h, \text{ Cal/kg aire seco} = (C_p t) + (W^* h_g) \quad \text{EC. (1.11)}$$

Donde  $C_p$  = calor específico del aire a presión constante =  $0.24 \text{ Cal/(kg)} (^{\circ}\text{K})$   
 $t$  = temperatura de la mezcla aire-vapor,  $^{\circ}\text{C}$   
 $h_g$  = entalpía del vapor saturado,  $\text{Cal/kg}$ .

La Ec. (1.11) da resultados precisos, si bien puede mejorarse. El calor específico real  $C_p$  varía desde  $0.2400$  a  $-17.8^{\circ}\text{C}$  hasta  $0.2415$  a  $93.3^{\circ}\text{C}$ . La línea que forma la entalpía en la gráfica es la que se muestra en la Fig. 1.9.

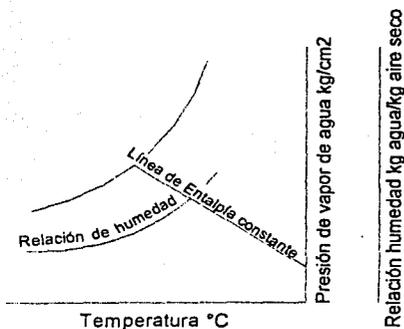


Fig. 1.9 Línea de Entalpía constante.

Para hallar  $W$  en la Ec. (1.10) debe especificarse el valor de la presión atmosférica. Si la carta psicrométrica se aplica a la presión atmosférica normal, debe sustituirse  $1.033 \text{ kg/cm}^2$  en la Ec. (1.10). Otro paso en la construcción de la carta psicrométrica consiste en graduar el eje de ordenadas en unidades de  $W$  Fig. 1.8, lo cual es posible porque los valores de  $W$  y  $p$  tienen una relación fija. Se mide a veces la relación de humedad en granos de agua por libra de aire seco, siendo  $7000$  granos igual a  $1 \text{ lb}$ .

**Volumen específico.** Es el número de metros cúbicos de mezcla por kilogramo de aire seco. También podía definirse como el número de metros cúbicos de aire seco o de metros cúbicos de humedad por kilogramo de aire seco, puesto que los volúmenes ocupados por las sustancias individuales son iguales al ocupado por la mezcla. Utilizando la ecuación de los gases perfectos, el volumen específico vale

$$v, \text{ m}^3/\text{kg} = \frac{R_a T}{10^5 p_a} = \frac{R_a T}{10^5 (p - p_s)} \quad \text{EC. (1.12)}$$

Para hallar puntos de una línea de volumen específico constante, por ejemplo, la de  $1.0$

se sustituye 1.0 en lugar de  $v$ , la presión barométrica en vez de  $p$  y dando valores arbitrarios a  $T$  se despeja  $ps$ . En la Ec. (1.12)  $T$  está en grados Kelvin, pero conviene transformarlos en grados centígrados, que son los que aparecen en la carta psicrométrica (Fig. 1.10).

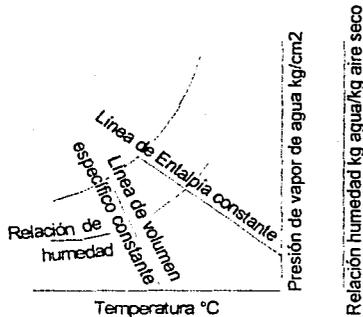


Fig. 1.10 Línea de Volumen específico

**Saturación adiabática.** El proceso de saturación adiabática se ilustra esquemáticamente en la Fig. 1.11. El dispositivo está completamente aislado por el cual circula agua en forma de lluvia la cual satura al aire. Después de un determinado tiempo cuando se alcanza el equilibrio tanto el agua en el depósito y el saturador es la misma que la temperatura de bulbo húmedo cuando el termómetro se expone a una corriente de aire en el punto 1. La temperatura del aire a la salida del saturador (punto 2) es la temperatura de bulbo húmedo del aire.

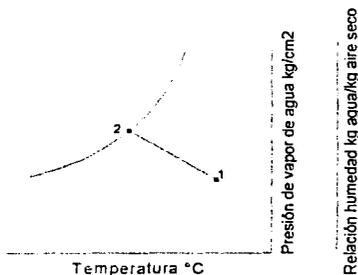


Fig. 1.12 Línea de temperatura de bulbo húmedo constante

termómetro cuyo bulbo está cubierto por una tela mojada, expuesto a una corriente de aire

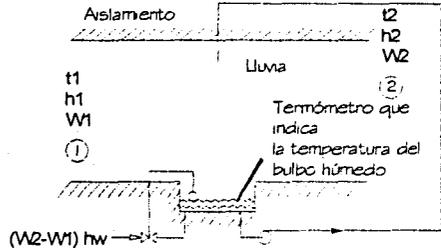


Fig. 1.11 Saturación adiabática.

**Temperatura de Punto de Rocío.** Es la temperatura por abajo de la cual comienza la condensación de humedad. También es el punto máximo de humedad.

La temperatura de punto de rocío del aire es una medida del contenido de humedad o húmeda absoluta del aire. Esto se debe al hecho de que la cantidad de vapor de agua en el aire es siempre la misma para un punto de rocío dado.

**Línea de temperatura de bulbo húmedo constante.** El proceso de saturación adiabática es un proceso de temperatura de bulbo húmedo constante (TBH). La temperatura de bulbo húmedo es la temperatura medida por un

La temperatura de bulbo húmedo es influida por la humedad, puesto que la temperatura de bulbo húmedo es el efecto combinado del contenido de humedad (calor latente) y la temperatura de bulbo seco (calor sensible), el bulbo húmedo mide el calor total. Si los puntos del estado del aire en un proceso de saturación adiabática se representa gráficamente sobre una carta psicrométrica (Fig. 1.12) y se unen por una línea, resulta una línea de temperatura de bulbo húmedo constante.

**Desviación de entalpía.** Es una corrección que debe aplicarse al valor de la entalpía hallado, prolongando la línea de bulbo húmedo hasta la escala de entalpía. La desviación de entalpía es nula en la línea de saturación.

**Procesos.** Los procesos termodinámicos a los que se puede someter el aire pueden representarse gráficamente en una carta psicrométrica. La ayuda de la carta nos proporciona los valores de las propiedades del aire tales como la temperatura, la relación de humedad y la entalpía. Los procesos fundamentales son: (1) calentamiento o enfriamiento sensibles, (2) humedecimiento adiabático o no adiabático, (3) enfriamiento y desecado, (4) mezclado.

1. El calentamiento o enfriamiento sensible (Fig. 1.13a) consiste en una variación de la temperatura de bulbo seco sin que se altere la relación de humedad. El calor sensible se define como:  $\text{Calor sensible} = mC_p$  (variación de la temperatura de bulbo seco).
2. El humedecimiento, como esta representado en la Fig. 1.13b, puede ser adiabático, y es un proceso a temperatura de bulbo húmedo constante, 1-2, como ocurriría con una lluvia de agua que después de recogida vuelve a caer. Si el agua de lluvia se calentase extremadamente, resultaría el proceso 1-3.

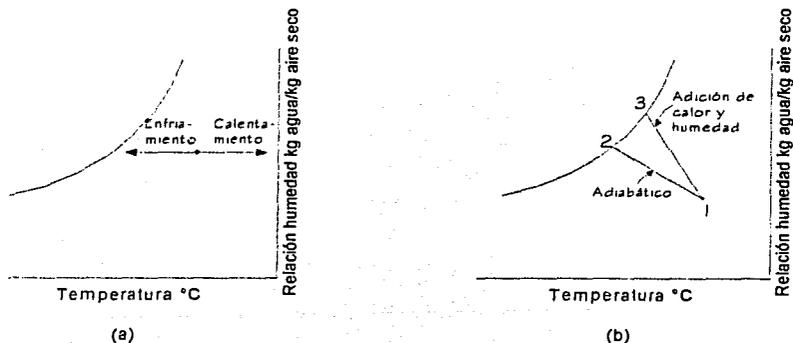


Fig. 1.13 (a) Calentamiento o enfriamiento sensible, (b) Humedecimiento

3. El enfriamiento y desecado es un proceso con una reducción tanto de la temperatura de bulbo seco como la relación de humedad (Fig. 1.14). La capacidad de refrigeración en ton. durante un proceso de enfriamiento y desecado viene dado por la fórmula de la EC. 1.13. La de humidificación, o remoción de humedad, tiene lugar cuando la unidad condensadora trabaja y suministra refrigerante líquido al serpentín del evaporador. A medida que el aire caliente pasa por el evaporador, éste transmite calor al refrigerante en ebullición dentro del evaporador a temperatura entre 32°F y 40°F (0 y 4.4°C). Esto, a su vez hace bajar la temperatura del aire por abajo de su temperatura de rocío, por lo cual el aire suelta algo de su contenido de humedad. La humedad condensada que proviene del aire de alimentación es llevada al drenaje a través de la línea de drenaje de condensado.

$$\text{Capacidad, ton} = \frac{(h_1 - h_2) [\text{caudal del aire (Kg. aire seco/min)}]}{50.4 \text{ Cal/ (min) (ton)}} \quad \text{EC. (1.13)}$$

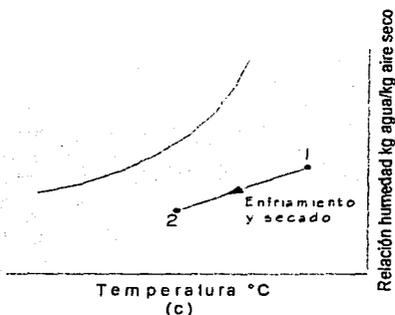


Fig. 1.14 Enfriamiento y desecado.

4. La mezcla de dos corrientes de aire es un proceso corriente en el acondicionamiento de aire. El punto de la carta psicrométrica que representa el estado después de la mezcla de dos masas de aire húmedo está sobre la línea que une los puntos representativos de los estados iniciales de las masas de aire. La Fig. 1.15a representa la mezcla en  $m_1$  Kg. de aire seco/min de aire en el estado 1 con  $m_2$  Kg. de aire seco/min de aire en el estado 2. Estas dos masas se mezclan dando un nuevo estado 3, representado en la carta psicrométrica de la Fig. 1.15b. Para encontrar la entalpía en 3 deben hacerse un balance térmico y un balance de masas de aire seco:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

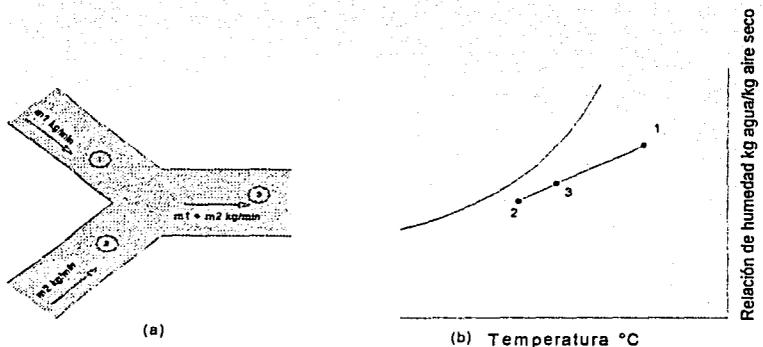


Fig. 1.15 (a) Disposición esquemática del proceso de mezcla (b) Proceso de mezcla sobre la carta psicrométrica.

#### 1.4 REFRIGERANTES APLICADOS AL AIRE ACONDICIONADO

El R-12 y R-22 son dos refrigerantes comunes; hierven a  $-22^{\circ}\text{F}$  ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) y a  $-41^{\circ}\text{F}$  ( $-40.6^{\circ}\text{C}$ ) bajo cero en condiciones atmosféricas. Ambos carecen del calor latente de evaporación que tiene el agua, pero poseen una ventaja sobre ésta, ya que ocupan menor espacio de vapor por libra de vapor. Esto significa que necesita un compresor de menor desplazamiento para hacer el mismo trabajo. En las aplicaciones de aire acondicionado, ni el R-12 y R-22 necesitan presiones del lado de baja que sean inferiores a la presión atmosférica. Las presiones por abajo de la atmosférica permiten que el aire y la humedad entren al sistema cuando se produce una fuga o filtración.

Los refrigerantes más usados hoy en día son: el freón 12, 22, 134a y 500. El freón 12 es el primero en usarse, es todavía un refrigerante muy popular. No es corrosivo, ni irritante ni tóxico y tampoco es inflamable. El R-12 es incoloro y casi siempre inodoro. Su punto de ebullición a la presión atmosférica es  $-21.7^{\circ}\text{F}$  ( $-29.8^{\circ}\text{C}$ ). Últimamente el R-12 está siendo reemplazado por el R-22. Este refrigerante ofrece mayores ventajas en instalaciones de aire acondicionado, tales como exigir diámetros menores en la línea y un valor de calor latente más elevado.

#### RELACION PRESION TEMPERATURA

La relación que se tiene entre presión y temperatura de algunos refrigerantes se muestra en la tabla del apéndice "F".

Un ejemplo que podemos mencionar para entender mejor esta relación es: supongamos que se tienen tres cilindros iguales, en uno de ellos se tiene una presión manométrica de 50 psi donde se tiene sólo vapor, en el otro cilindro se tiene  $\frac{1}{4}$  de líquido y hay una presión de 168

psi, en el tercero el cilindro tiene  $\frac{1}{4}$  de líquido y la presión es de 168 psi, los tres cilindros se encuentran a una temperatura ambiente de 32.2 °C. Es posible saber si el sistema está completamente cargado o sólo parcialmente. Para hacerlo el sistema debe contener algo de líquido, no se puede determinar la cantidad de líquido contenido en el sistema leyendo la presión manométrica del mismo, debido a que en la medida que se le transmite calor al sistema, el líquido se evapora hasta que la presión de vapor del sistema alcanza la presión de vapor saturado.

Con la ayuda de la tabla del apéndice "F" se determina con facilidad si un sistema contiene sólo una pequeña cantidad de vapor y si el sistema ha perdido su carga. Si comparamos 32.2 °C en la tabla encontramos que ninguno de los refrigerantes indica una relación presión temperatura de 50 psi a 32.2 °C. De manera que el sistema esta vacío.

### PROPIEDADES GENERALES DE LOS REFRIGERANTES

- a) Calor latente de evaporación. El número de calorías a obtener en su ebullición ha de ser muy elevado, a fin de emplear la menor cantidad posible de refrigerante en el proceso de evaporación, para obtener una temperatura determinada.
- b) Punto de ebullición deberá ser lo suficientemente bajo para que sea siempre inferior a la temperatura de los alimentos que se depositen en el refrigerador para su enfriamiento o conservación.
- c) Temperatura y presiones de condensación Habrán de ser bajas para condensar rápidamente a las presiones de trabajo normales y a las temperaturas usuales del medio enfriador que se emplee en el condensador (aire o agua).
- d) Volumen específico del refrigerante evaporado. Es el espacio que ocupa el refrigerante en estado de vapor, el cual a de procurarse sea lo más reducido posible.
- e) Temperatura y presión crítica. Todos los refrigerantes tienen un punto en el que no condensan, por grande que sea la presión que se les aplique. Esta temperatura se llama punto crítico, y la presión correspondiente a dicha temperatura se llama presión crítica.
- f) Efecto sobre el aceite refrigerante. Todos los compresores requieren lubricación, por lo que la naturaleza del refrigerante no ha de afectar seriamente la del aceite empleado descomponiéndolo.
- g) Propiedad de inflamación o explosión. Es muy conveniente que no sean inflamables ni explosivos.
- h) Acción sobre los metales. No deben de atacar los metales empleados en las diversas piezas de la instalación.
- i) Propiedades tóxicas. No deben de ser, en modo alguno, tóxicos y por consiguiente, no han de resultar nocivos para el cuerpo humano.
- j) Facilidad de localización en las fugas. Es muy interesante que por su composición resulten de fácil localización en las fugas que se produzcan en el sistema.

R-12. Es uno de los compuestos de la familia de los generalmente llamados freón más usado en refrigeración. Se compone de un átomo de carbono, dos de cloro y dos de flúor, para formar una molécula de diclorodifluorometano. Su fórmula química es  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  y el nombre usado actualmente es R-12. No tiene olor ni color. El punto de ebullición de este refrigerante es de -30°C, a la presión atmosférica.

Los vapores del R-12 no afectan los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones o la piel; sin embargo, si se exponen a una llama se descomponen formando productos tóxicos sumamente irritantes.

Por sus cualidades no tóxicas, el R-12 era indicadísimo en las instalaciones de acondicionamiento de aire, aunque la nueva situación creada para evitar el deterioro de la capa de ozono terrestre, afectada por los refrigerantes halogenados, ha motivado la supresión total de este refrigerante, reemplazado por el nuevo HFC R-134a para las instalaciones de frío domésticas y comerciales hasta temperaturas de evaporación de  $-15^{\circ}\text{C}$ , momentáneamente, por el R-22 para aire acondicionado.

R-22. Este refrigerante esta formado por un átomo de carbono, uno de hidrógeno, uno de cloro y dos de flúor, siendo su formula química  $\text{CHClF}_2$  (monoclorodifluorometano).

Su punto de ebullición es de  $-40^{\circ}\text{C}$  a la presión atmosférica. Con su empleo se conseguirá aumentar en un 60% la capacidad de un compresor de R-12, con el mismo pistón, recorrido y velocidad, u obtener capacidad reduciendo la velocidad de aquél.

Los vapores de R-22 son inodoros, y sus efectos sobre las personas son iguales que con el R-12. Si la piel es afectada por refrigerante en estado líquido, deberá tratarse de la misma forma que en las congelaciones ordinarias.

Se aplica actualmente a instalaciones de refrigeración con temperaturas de evaporación hasta  $-25^{\circ}\text{C}$  y de aire acondicionado.

Ateniéndose a lo acordado en el Protocolo de Montreal, este refrigerante, que tiene un porcentaje de deterioro de la capa de ozono inferior al R-12 ya suprimido, no será definitivamente considerado fuera de uso hasta el año 2014. De todos modos se está trabajando en el desarrollo de un nuevo refrigerante HFC sin cloro que pueda activar la sustitución total del R-22.

## RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE LOS REFRIGERANTES CFC

Para instalaciones en funcionamiento existen dos fases: una la de recuperación del refrigerante en estado líquido y otra para el refrigerante en estado gaseoso. La fase primera comprende las siguientes operaciones de acuerdo con el esquema de la Fig. 16.

1. Se conecta la botella de recuperación por la toma de la sonda II, mediante una manguera flexible, con la conexión de  $\frac{1}{4}$ " en la válvula de salida de líquido 1, cerrando a continuación la línea de líquido.
2. Se pone en marcha la unidad frigorífica, manteniendo cerrada la válvula de salida del recipiente 1 y abierta la válvula solenoide 5.
3. Se hace un puente (eléctrico si fuese necesario) con el presostato de baja BP, controlando dicha presión a base de efectuar los arranques necesarios hasta llegar a 0 (presión atmosférica).

4. Se trata, en suma, de recoger líquido. Con ello se vacía totalmente de refrigerante el sector de baja, condensando y acumulando líquido en el recipiente de la instalación y en el condensador.
5. A continuación se abre la válvula II de la botella de recuperación, a la que fluirá el líquido hasta equilibrar las presiones.
6. Se controla el llenado mediante una báscula o accesorio adecuado.
7. Para finalizar la recuperación se utiliza una máquina de recuperación que, aspira en fase de vapor 1 de la botella a llenar, y comprime sobre el sector de alta a partir de la toma de  $\frac{1}{4}$ " en la válvula de descarga 3 del compresor. De esta forma se vacía
8. totalmente de líquido el condensador y el recipiente de la instalación.
9. Para terminar esta fase se cierra las válvulas y se para la instalación frigorífica y, asimismo, la unidad de recuperación.

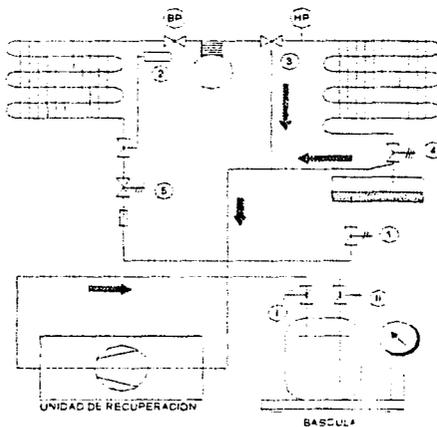


Fig. 1.16 RECUPERACIÓN DEL REFRIGERANTE EN ESTADO LÍQUIDO

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Para la recuperación del refrigerante existente en estado gaseoso (2ª fase), debe seguir el esquema de la Fig. 17, y efectuar las maniobras que se detallan a continuación:

1. Una vez vaciado de líquido el recipiente y el condensador, se conecta la máquina de recuperación para aspirar la fase de vapor a la salida de la válvula de descarga del compresor 3 y a la salida del condensador 4, así como también la salida de líquido de la unidad de recuperación a la botella de recuperación a través de II o I indistintamente.

2. A continuación se pone en marcha la unidad de recuperación en ciclo de condensación, controlado por el manómetro de baja que la presión de aspiración no supere los límites de consumo del compresor. Con esta operación se vacía totalmente la instalación del refrigerante en sus dos fases, de líquido y de vapor.
3. Se controla en todo momento la carga de la botella de recuperación (utilizando previo cálculo las que fuesen necesarios), hasta el total vaciado de la instalación.
4. Realizada la operación, las botellas de refrigerante extraído se remitirán al fabricante para su análisis y posteriormente reciclaje o regeneración.

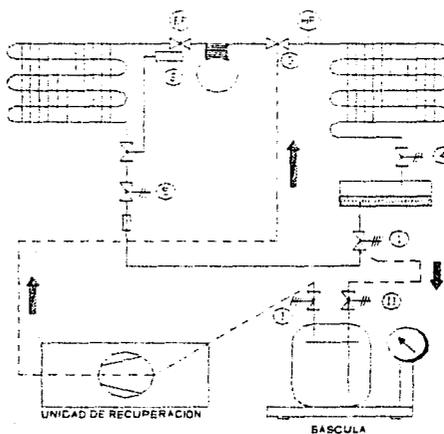


Fig 1 17 RECUPERACION DEL REFRIGERANTE EN ESTADO GASEOSO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO II

## EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

## 2.1 MINISPLIT

Son equipos unitarios de descarga directa. Se diferencian de los compactos en que la unidad formada por el compresor y el condensador va al exterior, mientras que la unidad evaporadora se instala en el interior. Ambas unidades se conectan mediante las líneas de refrigerante.

Con una sola unidad exterior, se puede instalar una unidad interior (sistema split) o varias unidades interiores (sistema multi-split). Las unidades interiores pueden ser de tipo mural, de techo y consolas, y todas ellas disponen de control independiente.

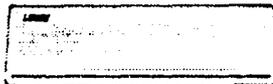


Fig. 2.1 UNIDAD EVAPORADORA

Los llamados Mini-Split son los aires acondicionados preferidos por los consumidores actualmente, ya que representan un mayor ahorro de energía eléctrica. Estos artículos tienen la unidad evaporadora o consola en el interior Fig. 2.1, y la condensadora en el exterior. Al estar colocadas a distancia una de la otra, reducen en gran

medida los niveles de ruidos, lo que las hacen altamente silenciosas, creando un ambiente de confort y relajamiento. Su control inalámbrico le permite controlar el encendido, temperatura del ambiente, velocidad del ventilador y oscilación del movimiento del aire entre otros.

Las unidades de exterior están compuestas por el compresor y el condensador. Estas están acopladas a la unidad interior por medio de tuberías de cobre y cablearía eléctrica. Los compresores son diseñados para larga duración, con un bajo nivel de ruidos y vibraciones, lo que los hace completamente silenciosos en el interior de las habitaciones. Los condensadores (Fig. 2.2) en su mayoría son de tubos de cobre aletados, permitiendo mayor transferencias de aire haciéndolos más eficientes. En esta unidad exterior es que estriba la eficiencia de energía de refrigeración (EER). Una EER de 11.5 en adelante, se considera una alta eficiencia en ahorro de energía eléctrica. Las



garantías en estas unidades son en general de 5 años en el compresor y 1 año en piezas. Dependiendo del fabricante podemos encontrar garantías de hasta 10 años en el compresor y 1 año en piezas.

VENTAJAS DEL SISTEMA MINI-SPLIT

Opciones de instalación fácil y flexible:

- Las unidades interiores se encuentran disponibles para pared, techo, empotrables en el techo, de piso, unidades de piso tipo vertical y unidades centrales para ductos.
- Las unidades para exterior se clasifican en dos estilos principales: de descarga vertical y de descarga horizontal.

SISTEMAS CON  
FALTA DE ORIGEN

- Las unidades interiores de líneas estilizadas ocupan muy poco espacio, pudiendo ser acomodadas en cualquier configuración.
- Las tuberías y el cableado entre la unidad interior y la unidad exterior requieren tan solo de un orificio de 10 cm. en la pared.
- La conexión de la línea de refrigeración y las líneas eléctricas a las unidades interiores es posible en varias posiciones.
- Las unidades exteriores son precargadas con gas refrigerante en fábrica y equipadas con válvulas de servicio de bronce para conectar fácilmente las tuberías de refrigerante.
- El cableado eléctrico simplificado para señal entre las unidades interior y exterior permite una instalación rápida y sencilla.
- Se incluye una válvula de expansión con orificios intercambiables para adaptar el sistema a cualquier ambiente.

#### Operación Sencilla:

- La mayoría de los equipos están disponibles con diversas clases de controles como electrónicos digitales, alámbrico o inalámbricos etc.
- La velocidad del ventilador se puede controlar automáticamente por medio de un microprocesador incorporado para mayor comodidad.
- Un temporizador programable permite el arranque o el apagado de la unidad a intervalos de tiempo predeterminados.
- Pantalla digital conmutable para la temperatura en °F o °C.
- Receptor de señal infrarroja incorporado para una operación remota plena de la unidad utilizando el transmisor remoto opcional.
- Sensor mejorado de temperatura ambiente interior, ubicado en el canal del aire de retorno para medir exactamente la temperatura promedio del ambiente, previene lecturas falsas de temperatura, causadas generalmente por la ubicación del termostato.
- Filtros lavables de larga duración y de fácil remoción y limpieza.
- Confiabilidad.
- Mecanismo de retardo del arranque del compresor y de operación del precalentador eléctrico para prevenir daños a la unidad.
- La mayoría de los condensadores se construyen usando compresores con carcasas de mayor tamaño para protegerlos del refrigerante líquido que regrese a la unidad. Las válvulas de alivio de presión internas son de norma.
- Los serpentines de los evaporadores y de algunos condensadores se fabrican de tubos de cobre y aletas de aluminio unidos mecánicamente.
- Cada unidad se somete a pruebas de localización de fugas a 300 psi y de funcionamiento.

### MODELO CASSETTE

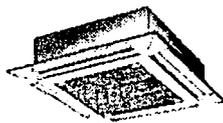


Fig. 2.3 MODELO CASSETTE

Los equipos del modelo cassette poseen otro diseño en su unidad interior especialmente diseñada para ser colocada en techo Fig. 2.3. Esta unidad sopladora-vaporizadora del tipo cassette tiene un bajísimo nivel de ruido. Está preparada para colocarse centralmente centrada en el volumen a acondicionar, o distribuida simétricamente cuando la instalación se integra con dos o más.



Fig. 2.4 INYECCION EN 4 DIRECCIONES

unidades presenta la particularidad de efectuar la inyección del aire acondicionado a través de rejas que cubren todo el perímetro de la evaporadora y consecuentemente inyectan en cuatro (4) direcciones Fig. 2.4.

Esta situación ofrece técnicamente la posibilidad de impulsar el aire acondicionado con muy baja velocidad y con un nivel de ruido de soplado prácticamente inexistente, siendo especialmente indicadas para ambientes que exijan un nivel de ruido de fondo muy bajo (salas de conferencias, gabinete de estudios, bibliotecas, etc.).

Cuenta en su interior con una electro-bomba para la extracción del agua de condensación la que de esta manera puede ser conducida sin grandes requerimientos adicionales hasta sumideros apropiados. El retorno del aire se produce a través de una reja central fácilmente removible detrás de la cual se encuentra el filtro correspondiente de sencilla limpieza.

### MODELO CONSOLA



Fig. 2.5 MODELO CONSOLA

Este modelo posee la ventaja de ser adaptable a cualquier ubicación, es un diseño que se puede instalar tanto en la pared o el piso Fig. 2.5. El retorno del aire se produce a través de una reja en la parte inferior del equipo detrás de la cual se encuentra el filtro correspondiente de sencilla limpieza. Para ser ubicado en el piso se debe posicionar en forma vertical, es decir apoyado sobre la parte trasera.

### MODELO TECHO Y MODELO MURAL

El modelo techo (Fig. 2.6) se coloca únicamente en el cielorraso o techo porque a pesar de poseer un diseño similar al modelo consola, si se le coloca en forma vertical no funciona.



Fig. 2.6 MODELO DE TECHO



Fig. 2.7 MODELO MURAL

El modelo Mural (Fig. 2.7) en cambio se utiliza para aplicaciones en pared, posee un atractivo diseño ideal para ser instalado en oficinas, salas de espera, habitaciones, etc.

## 2.2 UNIDADES DE VENTANA

Es un equipo unitario, compacto y de descarga directa. Normalmente se coloca uno por habitación o si el local es de gran superficie, se colocan varios según las necesidades.

La instalación se realiza en ventana o muro Fig. 2.8. La sección exterior requiere toma de aire y expulsión a través del hueco practicado. La dimensión del hueco ha de ajustarse a las dimensiones del aparato.

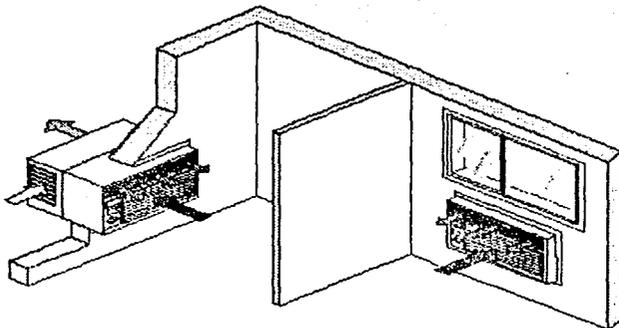


Fig. 2.8 Acondicionador de ventana

En los equipos de ventana no se tienen varios modelos como en el sistema mini-split, ya que como se menciono anteriormente estos equipos no son separados, si no totalmente integrales, lo que impide que se puedan fabricar modelos diferentes en los que pueda variar su colocación. Pero sin embargo existen varios tipos de modelos en cuanto a forma se refiere por ejemplo la Fig. 2.9 muestra dos tipos diferentes de sistemas de ventana.

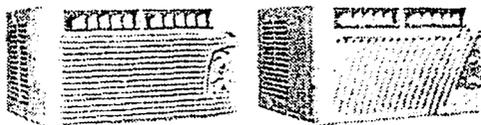


Fig. 2.9 UNIDADES DE VENTANA

### Ventajas y Características

- Operación Súper Silenciosa
- Alta eficiencia y capacidad de enfriamiento
- Filtro deslizable. filtra polvo y otras impurezas en el aire, es de fácil acceso para su limpieza.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- velocidades de enfriamiento
- Muy bajo consumo de energía
- Control Manual y Control Remoto
- Chasis deslizable para fácil instalación y mantenimiento
- Fácil instalación de pared
- Protector térmico de corriente que evita sobrecargas de corriente a compresor
- Bajo mantenimiento y alta confiabilidad
- Compresor rotativo de alta eficiencia

Algunas de las ventajas que tienen los equipos de ventana en comparación con los sistemas mini-split, es el mantenimiento ya que como son de una sola pieza y desmontable se puede lavar más fácilmente el condensador y el evaporador obteniendo una mejor operación, en el caso del descubrimiento de fugas es más rápido repararlas y la instalación es menos propensa a sufrir fugas en su trayectoria. En cuanto al motor eléctrico se tiene uno solamente con doble eje que se encarga de enfriar al condensador y hacer pasar el aire por el evaporador. Otra ventaja es el tiempo para realizar el montaje de una unidad de este tipo que es la mitad de lo que se llevaría en un sistema split.

### 2.3 UNIDADES PAQUETE

Estos equipos cubren la gama completa de aplicaciones posibles, disponiendo de equipos con condensación por aire, y capacidades que van desde 1 hasta 30 toneladas de refrigeración por cada equipo.

Los sistemas paquetes tienen protecciones internas como son, en el compresor por falta de refrigerante ó una alta presión, una sobre corriente, etc. La mayoría de estos equipos no cuenta con alarmas audibles ya que su ubicación es generalmente en el exterior, es decir, en las azoteas de los edificios y por tal motivo al estar expuestos totalmente a la intemperie sería mucho mayor el costo de los dispositivos electrónicos para trabajar bajo estas condiciones. Estos equipos son utilizados habitualmente para el confort de las personas y no para el apoyo de otros equipos o dentro de un proceso.

Las unidades paquete difieren de los sistemas anteriormente mencionado en que estos equipos requieren de otros elementos para poder ser utilizados a demás de ser de una capacidad mucho mayor. Algunos de los sistemas paquete demandan de ductería para transportar el flujo de aire hasta las áreas de confort, mientras que otros necesitan de equipos tipo split por los que va a circular agua helada. Los sistemas son parecidos a las unidades de ventana, en que todo el sistema de refrigeración y ventilación se encuentran juntos no hay conexión remota de los elementos.

La constitución esencial de los equipos paquete consta de: Molocompresores semi-herméticos o herméticos con protección interna y calentador de cárter, presostato de alta y baja, relés de tiempo, ventilador centrifugo, ventiladores, válvula de expansión, filtró secador, válvula solenoide de líquido, indicador de líquido y humedad, filtros de aire lavables.

La construcción del gabinete de estos equipos es generalmente de lámina galvanizada (Fig. 2.10), y cuenta con filtros desechables, aunque algunos equipos manejan dos tipos de filtros que son unos lavables y otros cambiables (de cartón), la disposición de todos los componentes se presta para un fácil mantenimiento. Los componentes eléctricos están previamente seleccionados y protegidos para trabajar a la intemperie, esto no quiere decir que los componentes estén totalmente expuestos.

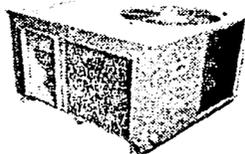


Fig. 2.10 UNIDAD PAQUETE

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El evaporador y el condensador están contruidos de aluminio con conexiones de cobre, y el modo de enfriamiento que se maneja es por expansión directa, dividida en dos circuitos.

La unidad de control de estos equipos, tiene protección contra bajo voltaje, baja presión, alta presión, congelamiento. Cuando uno de estos problemas se presenta nos podemos percatar porque el indicador (LED) se ilumina. Algunas de estas unidades incluyen un "Auto Reset" en caso de presentarse una sobre corriente. Las unidades trabajan con un termostato convencional a un voltaje bajo.

## 2.4 PRECISIÓN

Los equipos de aire acondicionado de precisión son empleados para centro de cómputos, salas de control, laboratorios, en procesos de manufactura, y en general para todas aquellas aplicaciones donde es requerido un control de temperatura y humedad muy preciso.

Estos equipos hacen posible mantener rangos de temperatura y humedad con la ayuda de un microprocesador el cual, mantiene el ambiente acondicionado en el exacto nivel de temperatura y humedad prefijado, disponiendo de resistencias eléctricas, y humidificador de vapor, todos controlados por el microprocesador. Disponiéndose de alarmas y con señalización de todos los parámetros de operación en el display al frente de la unidad Fig. 2.11.



Fig. 2.11 UNIDAD DE PRECISIÓN

El serpentín (evaporador) es diseñado en tipo A, para lograr una mayor transferencia de calor en una mínima área de espacio, garantizando una baja velocidad de aire en la superficie aleteada. La bandeja de condensación es manufacturada en lámina de acero inoxidable, para disminuir la corrosión y reducir el crecimiento de algas.

La unidad tiene dos circuitos de refrigeración totalmente independientes. Cada circuito incluye todos los elementos requeridos tales como; compresor, filtro secador, válvula de expansión, Indicador de liquido, válvula de servicio, control de presión de alta con reset manual, válvula solenoide, control de presión de baja, etc. Cada uno de los circuitos independiente es diseñado para evitar la entrada de liquido al cárter del compresor y aliviar el arranque del mismo.

El condensador remoto es de enfriamiento por aire, con ventilador axial de descarga vertical, éste acoplado directamente al motor, y tiene dos circuitos independientes de refrigeración, para formar pareja con los circuitos del serpentín del evaporador, el serpentín es fabricado con tubería de cobre expandido mecánicamente sobre aletas de aluminio. El condensador es suministrado separadamente del resto de la unidad y debe ser conectado en el sitio de montaje.

El humidificador de la unidad es del tipo de bote el cual garantiza el suministro del 100% de vapor de agua. El sistema de humidificación opera automáticamente permitiendo mantener la humedad relativa en el margen requerido. El cilindro plástico no requiere de ningún tipo de mantenimiento o limpieza. Los controles estándares incluyen un interruptor automático de encendido / parada / drenaje, el cual mantiene el nivel de agua en su punto optimo.

Resistencias eléctricas. Del tipo aleteadas de corriente trifásica, con una capacidad distribuida en etapas independientes, con el propósito de regular la Temperatura de bulbo seco cuando se requiere una Deshumidificación completa. El banco de resistencia cuenta con una protección por alta temperatura.

El equipo tiene incorporado un avanzado sistema electrónico, que permite una alta confiabilidad en la operación automática. El microprocesador del permite un control de las variaciones en las condiciones del ambiente entre  $\pm 0.6$  a  $\pm 3$  °C y  $\pm 2$  a  $\pm 9\%$  de humedad relativa. El microprocesador ésta equipado con un bloque de terminales necesarios para conectar los cables que transmiten la señal de control para cada uno de las diferentes alarmas, como: Compresores en operación, motor evaporador, motor condensador resistencias eléctricas, humidificador, flujo de aire, filtros sucios, presión de alta y pérdida de refrigerante, bajo voltaje, alto amperaje en compresores. El Control tiene salida hacia puertos y suministra constante información sobre las condiciones de operación del equipo, permitiendo la detección de fallas en el menor tiempo posible.

El gabinete es construido en calibre 14 y soldadura MIG, con material tubular de 1" (25.4 mm) y lamina de acero. Esta diseñado para poderle dar servicio ó mantenimiento, por la parte de enfrente, se pueden quitar todas las tapas que envuelven el armazón, para tener acceso a todos los componentes. La estructura de tubular es recubierta con pintura para protección contra la corrosión, la parte exterior del panel también esta revestida con pintura pulverizada para una durabilidad optima.

En el panel eléctrico se cuenta con un compartimiento de alto voltaje que contiene los contactores, transformador, elementos de sobre carga y todos aquellos que son de alto voltaje, cada uno de ellos es protegido por un dispositivo de sobre corriente. El tablero entero de alto voltaje es protegido por una puerta con un seguro de seguridad en frente del panel,

cuando la puerta de acceso principal se abre los componentes de alto voltaje permanecen cerrados para una operación segura.

Existe otro tipo de humidificador que traen los equipos es el infrarrojo, que tiene lámparas de cuarzo de alta intensidad, una charola de acero inoxidable que permite limpiarse. Las lámparas generan una energía incandescente que evapora el agua de su estado líquido o sólido.

El humidificador tiene una válvula de drenado que empalma fácilmente en la charola y una válvula reguladora de flujo de agua que opera en un rango de presión entre 5 y 150 psi (34.5 y 1034 kPa). En ocasiones cuando el agua de drenado tiene que vencer una presión, se instala una bomba de condensado la cual trabaja automáticamente con la ayuda de un flotador, en caso de que el drenaje se llegara a tapar, se coloca un flotador para que corte el suministro de agua y evitar que esta se derrame.

Los equipos de precisión controlan la humedad con ayuda de un humidificador como se menciono anteriormente, estos humidificadores están colocados entre la turbina de ventilación y el evaporador por lo que requieren de un baypass para evitar que el vapor que se esta inyectando se condense en el evaporador, el baypass es un espacio que existe entre el gabinete y el evaporador por donde pasa el vapor sin tener contacto con el evaporador.

Para lograr la deshumidificación los equipos tienen que bajar la temperatura del aire en el evaporador hasta el punto de condensación, esto se obtiene disminuyendo la velocidad del ventilador a través de un control automático en los equipos pequeños de hasta 5 ton. En los equipos grandes que cuentan con dos compresores, se emplea un compresor para bajar la temperatura en el evaporador y poder obtener la temperatura de condensación del aire, es decir, mientras un compresor se encarga de controlar la temperatura del aire el otro la baja hasta lograr la condensación de las partículas del agua que contiene el aire.

La ubicación de las resistencias en un equipo de aire acondicionado es después del evaporador, para evitar que el aire que se calienta se vuelva ha enfriar.

## CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE UN EQUIPO DE AIRE  
ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

## 3.1 ELEMENTOS MECÁNICOS

Dentro de un equipo de aire acondicionado encontramos varios elementos mecánicos que ayudan al buen funcionamiento del sistema de refrigeración, en esta parte del tema se mencionaran los componentes más importantes y su función principal de cada uno de ellos como son: el compresor, la turbina, el evaporador, condensador, el ventilador del condensador, válvula de expansión, humidificador, la tubería, los indicadores de líquido y humedad y el filtro deshidratador.

## 3.1.1 COMPRESOR

El compresor se le conoce como el corazón de los sistemas de refrigeración mecánica. Se hace esta comparación porque el compresor bombea el refrigerante por todo el sistema de la misma manera que el corazón bombea la sangre a través del cuerpo.

Comenzando por el lado de baja en el evaporador, el vapor, que se encuentra a una temperatura y presión baja, fluye por la línea de succión hacia el compresor. El compresor comprime este gas y, al hacerlo, eleva su presión y temperatura. En pocas palabras, la función de un compresor es mantener una diferencia de presiones entre los lados altos y bajos del sistema. En este proceso se crean condiciones en las cuales:

- Rebaja la presión y la temperatura del refrigerante que se encuentra en el evaporador, permitiendo que el refrigerante hierva y absorba calor de su entorno.
- Se eleva la presión y temperatura del refrigerante que circula por el condensador, lo que permite que el refrigerante ceda calor a las temperaturas existentes de cualquier medio que se use para absorber calor.

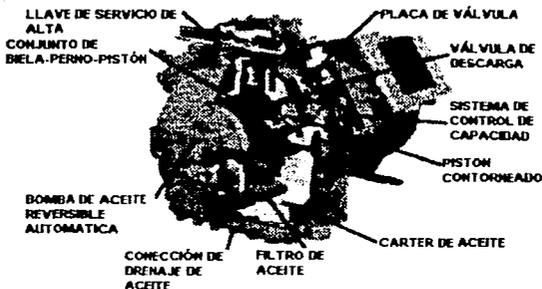


Fig. 3.1 COMPRESOR SEMI-HERMÉTICO RECÍPROCANTE

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Usualmente los compresores recíprocos Fig. 3.1 es una bomba del tipo de pistón y cilindro. Las partes principales comprenden un cilindro, un pistón, una biela, un cigüeñal, la cabeza del cilindro y las válvulas.

La carrera descendente del pistón produce un espacio de presión baja entre la cabeza del pistón, la cabeza del cilindro y la línea de succión del evaporador. Esto hace que el vapor refrigerante caliente se precipite hacia esta zona de presión baja.

En la carrera de descarga (compresión), el pistón actuando sobre el gas, logrando comprimirlo a una presión alta y una temperatura elevada, pasando posteriormente al condensador a través de la válvula de descarga del compresor. Las válvulas de la cabeza del cilindro están diseñadas de tal modo que, dependiendo de la parte de la carrera, una esté abierta mientras la otra esta cerrada.

El movimiento ascendente y descendente (recíproco) del pistón lo produce la biela, que esta unida a un cigüeñal giratorio y sirve para cambiar el movimiento de rotación en movimiento en línea recta (rectilíneo).

La válvula que controla el flujo del refrigerante de la línea de succión hacia la cabeza del cilindro se conoce como válvula de succión; la válvula que lleva a la línea de descarga recibe el nombre de válvula de descarga. Los anillos del pistón impiden que escape el gas entre el pistón y las paredes del cilindro y mejora la eficiencia de funcionamiento.

### PROCESO DE COMPRESIÓN SCROLL

El diagrama muestra y describe el proceso de compresión scroll Fig. 3.2. Son dos los componentes que hacen la envolvente scroll. Un scroll esta fijo en una posición y la otra esta orbitando dentro de la fija. Hay una parte importante que no se muestra en el diagrama pero que es esencial en la operación es el acoplamiento anti-rotatorio. Este dispositivo mantiene un ángulo fijo de 180 grados en la parte fija de la orbita del scroll. La relación angular fija, se acopla con el movimiento de la orbita scroll, es lo básico para la compresión de un gas por medio de cavidades.

La compresión scroll se lleva a cabo en tres partes, en la primera el scroll ingiere y atrapa el gas en dos secciones del scroll, lo que viene siendo la succión. Durante la segunda etapa u orbita las dos cavidades que contienen al gas se comienzan hacer mas pequeñas por lo que el gas se comprime a una presión intermedia. En la orbita final, las dos secciones que contienen al gas alcanzan la presión de descarga y simultáneamente se abre la válvula de descarga.



FIG. 3.2 PROCESO DE COMPRESIÓN SCROLL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.1.2 TURBINA

El ventilador centrífugo es el más ampliamente usado, es el tipo más versátil y puede mover grandes o pequeñas cantidades de aire a una gama muy grande de presiones. Este consiste de un rotor o rueda, montada en una cubierta tipo caracol. La rueda girar bajo la acción de una fuente de energía externa (normalmente un motor eléctrico), empleando bandas o poleas Fig. 3.2 y 3.3. La rueda del ventilador, puede estar construida con paletas con curvas hacia delante o con curvas hacia atrás o con paletas radiales (rectas). Las características principales que distinguen un ventilador son:

**Caudal.** Representada por el volumen del fluido aspirado por el ventilador en la unidad de tiempo. Se expresa normalmente en  $m^3/seg$ ,  $m^3/min$  o  $m^3/hora$ .

**Rendimiento.** Es la relación entre la energía dada por el ventilador al fluido y la energía gastada por la fuente externa para accionar el mismo ventilador.

**Velocidad de rotación.** Esta representada por el número de vueltas/minuto a las cuales debe girar el rotor para suministrar las características requeridas.

Para el diseño de la unidad se requiere saber, el salto de presión entre secciones ubicadas adelante y detrás de la unidad, el caudal de aire (o de otro gas), el diámetro del conducto y la velocidad de rotación (RPM) del rotor. Las incógnitas de diseño son la geometría de las palas del rotor y pos rotor. La acción aerodinámica sobre las palas tanto del rotor como del pos rotor, las pérdidas secundarias (por ej., ranura entre la puntera de las palas del rotor y la carcaza), determinan el rendimiento de la unidad del cual depende la potencia a suministrar al rotor. Cabe señalar que en función de la solidez, las palas deben diseñarse ya sea en base a datos del perfil alar considerado en forma aislada o integrando.



TURBINA  
Fig. 3.2



VENTILADOR CON MOTOR  
ACOPLADO  
Fig. 3.3

La turbina de paleta tiene gran demanda por su sólida construcción y su gran capacidad para desplazar aire.

La turbina jaula de Ardilla por su gran tamaño y mínimo peso, es la pieza ideal para aparatos de construcción ligera como extractores centrifugos entre otros.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.1.3 EVAPORADORES

Un evaporador es un intercambiador de calor que nos sirve para evaporar el refrigerante y absorber el calor del sistema de refrigeración. Los equipos de aire acondicionado utilizan un evaporador del tipo de expansión directa Fig. 3.4.

Los serpentines evaporadores de expansión directa (DX) también son llamados serpentines de tipo seco. En condiciones normales de operación ninguna parte del serpentín está totalmente llena de líquido. El ciclo de refrigeración comienza en el orificio del dispositivo de control del refrigerante. Al pasar por el orificio, el refrigerante se expande y entra en la línea de conexión del evaporador que es de un diámetro mayor. El cambio de presión origina que apropiadamente la tercera parte del refrigerante se convierta de inmediato en vapor. El refrigerante que queda se deja hervir.

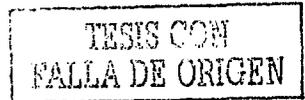


Fig. 3.4 EVAPORADOR DE EXPANSIÓN DIRECTA

Si se aumenta la relación de compresión, o sea la relación de la presión de carga absoluta sobre la presión de succión absoluta, aumenta la proporción de refrigerante que se convierte de inmediato en vapor. El refrigerante no puede estar presente en la forma de líquido a una temperatura superior a su temperatura correspondiente a la presión de saturación (ebullición); por lo cual algo del líquido se convertirá en vapor. Esto hará que el líquido restante se enfríe hasta alcanzar la condición de presión-temperatura del evaporador controlado por el compresor.

Otro tipo de serpentín evaporador DX que puede encontrarse en sistemas grandes es el enfriador de líquido (*chiller*). Un aparato de este tipo enfría un refrigerante secundario, agua o salmuera, en lugar de enfriar directamente el aire.

La construcción interna de un serpentín enfriador de líquido es semejante a la de un condensador horizontal del tipo de casco y tubos enfriado por agua. Sin embargo, el agua y el refrigerante se hacen circular de forma directamente opuesta. El refrigerante fluye dentro de los tubos, en lugar de hacerlo alrededor de los tubos como en el casco del condensador enfriado por agua.

### 3.1.4 CONDENSADOR

La condensadora se conecta al evaporador mediante dos líneas de refrigerante. Proporciona refrigerante al evaporador a través de la línea de líquido y envía el vapor de refrigerante frío de regreso al compresor a través de la línea de succión. La función de la unidad condensadora es convertir el vapor refrigerante en líquido, de manera que pueda utilizarse

nuevamente. La unidad condensadora transmite el calor, recogido por el evaporador al aire del exterior.

Debe tenerse en cuenta que la capacidad de un condensador se basa en los tres factores siguientes:

1. Superficie total de radiación formada por el tubo y las aletas.
2. Temperatura del aire ambiente en que está instalado el condensador
3. Velocidad del aire a través del condensador.

Los condensadores tienen dos propósitos

- Retirar el calor del sistema
- Condensar el vapor de refrigerante, convirtiéndolo en líquido nuevo para volver a usarlo en el evaporador

Normalmente la primera hilera de los serpentines remueve el calor de sobrecalentamiento, la parte restantes tienen la misma temperatura debido al calor latente en la remoción del calor de condensación. A veces la última hilera de los serpentines puede sub-enfriar el líquido. Sub-enfriar es hacer bajar la temperatura del líquido por abajo de la temperatura de condensación.

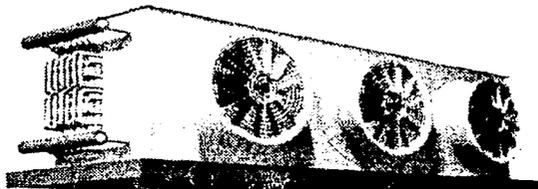


Fig. 3.5 CONDENSADOR ENFRIADO POR AIRE TIPO VERTICAL

Las presiones de condensación serán siempre mayores que las correspondientes a la temperatura del aire ambiente o del agua. Cuando más elevada sea la presión en el lado de baja, correspondiendo a temperaturas de evaporización más elevadas, más alta será la presión y temperatura de condensación, debido a la mayor densidad de refrigerante existente en el lado de baja que obliga a bombear mayor cantidad del mismo al condensador por cada carrera del compresor, con su consiguiente aumento de calor.

### CONDENSADORES ENFRIADOS POR AGUA

El condensador enfriado por agua utiliza el agua como medio. Existen tres tipos de condensadores enfriados por agua.

1. Tubo dentro de tubo (contraflujo).
2. Casco y tubo.
3. Casco y serpentín.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Según el tipo, el agua fluye a través de los tubos o (a contraflujo) a la del refrigerante que circula alrededor de los tubos o el serpentín. Un condensador que no tenga estas disposiciones de tubos para contraflujo tendrá una pérdida mayor de eficiencia.

### CONDENSADOR DE CASCO Y TUBOS

El condensador de casco y tubos está formado por cubierta o casco de acero con tubos en el interior. Normalmente el agua circula a través de los tubos y el refrigerante está dentro del casco. Este tipo de condensador tiene cabezales desmontables, semejantes al del condensador de tubo-dentro-de tubo. Pero en lugar de que el agua fluya por un tubo continuo, fluye a través de cierto número de tubos paralelos, los que hacen que haya más de un paso de una placa cabezal a la otra.

#### 3.1.5 VENTILADOR DEL CONDENSADOR

La mayoría de los condensadores enfriados por aire tienen un ventilador tipo axial para producir el movimiento del aire. El ventilador está diseñado para mover aproximadamente 1 000 pcm (30 m<sup>3</sup>/min) por tonelada de aire acondicionado. Por ejemplo, una unidad condensadora debería tener un ventilador que proporcionara 150 m<sup>3</sup>/min a través de la cara del condensador enfriado por aire. Los ventiladores axiales mueven grandes cantidades de aire en contra de una baja resistencia.

Cuando se cambia de aspas del ventilador, se necesita la siguiente información.

1. Diámetro exterior de las aspas
2. El grado del paso de las aspas.
3. El diámetro interior del cubo.
4. Saber si las aspas empujan o aspiran el aire sobre el motor
5. El número de aspas.

La disposición del ventilador tiene mucho que ver con la eficacia de un condensador refrigerado por aire.

En la Fig. 3.6 se ilustra el tipo de ventilador propulsor dirigiendo el aire sobre el condensador. Las flechas indican cómo llega el aire sobre el condensador a gran velocidad sobre una zona concentrada, dejando los extremos del condensador con muy poca circulación de aire.

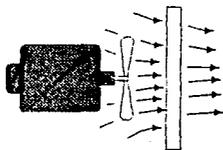


Fig. 3.6

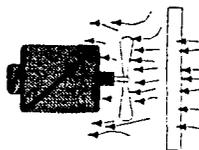


Fig. 3.7

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

En la Fig. 3.7 se ve la misma instalación, pero con la diferencia de que el ventilador extrae el aire a través del condensador. En este caso, la distribución de aire sobre la cara del condensador será uniforme, pero, naturalmente, no tan rápida como en la figura anterior. Además, parte del aire aspirado por el ventilador no pasa por el condensador y, por lo tanto, representa una pérdida bastante importante.

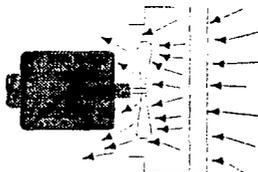


Fig. 3.8

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la Fig. 3.8 se ve una disposición que extrae el aire sobre el condensador de manera muy uniforme, y debido a la cubierta que va del condensador al ventilador, muy poca Cantidad de aire deja de pasar a través del condensador. Este sistema produce excelentes resultados y causa menos ruido que forzando el aire a través del condensador, como el la Fig.3.6

### 3.1.6 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

Su propósito es controlar el flujo de refrigerante hacia el evaporador sin que haya refrigerante líquido que entra a la línea de succión. El refrigerante se controla para que cambie de estado y se sobrecaliente, a cualquier intensidad mayor que su temperatura de ebullición, tiene dos funciones distintas:

1. mantener una alta presión en la línea de líquido, depósito y condensador, con objeto de que el refrigerante conserve su estado líquido.
2. regular el paso de refrigerante líquido al evaporador en la proporción necesaria para compensar la cantidad del mismo evaporado previamente.

La válvula de expansión termostática es un regulador de flujo que:

- Produce la caída de presión del refrigerante líquido en la entrada del evaporador, para que haya efecto refrigerante dentro del rango de aplicación esperado.
- Regula el flujo de refrigerante líquido al evaporador en la misma proporción a su capacidad de evaporación en cada momento. Esto es, que responde a la variación de carga térmica; cosa que no puede hacer un elemento de expansión fijo como el tubo capilar o similares.
- Controla el sobrecalentamiento del gas de salida del evaporador, manteniéndolo constante, con el fin de que el evaporador trabaje a su máxima capacidad, que el sistema funcione a su mínimo costo de operación, y que no llegue líquido al compresor.

**Recalentamiento.** Para la regulación de una válvula de expansión termostática (Fig. 3.9) debe tenerse bien en cuenta el recalentamiento, que es la diferencia que existe entre la temperatura del refrigerante evaporado saliendo del evaporador en el tubo de aspiración y la ebullición del líquido en el mismo evaporador.

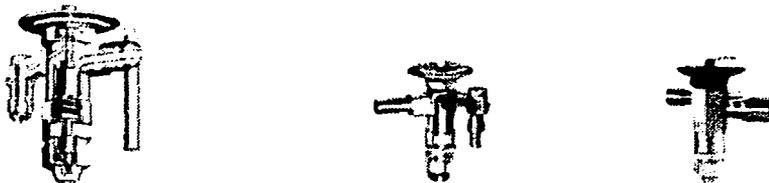


Fig. 3.9 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN

Bajo condiciones normales de funcionamiento, dicha diferencia de temperatura es de 5.5 °C, por lo que al evaporar el refrigerante líquido a -12°C en el evaporador, el gas, al salir por el tubo de aspiración, tendrá una temperatura de -6.5°C.

Abriendo o cerrando el paso del líquido, por medio del dispositivo regulador, que varía en su forma de acuerdo con cada modelo de fabricación, se disminuye o aumenta dicha diferencia de temperatura, obteniéndose así la presión media de aspiración adecuada a la temperatura deseada de ebullición del refrigerante Fig. 3.10.

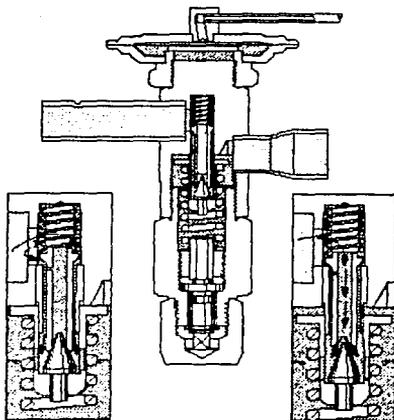


FIG. 3.10 SECCIÓN DE LA VÁLVULA

siempre que el codo se haya llenado hasta cierto punto, dando lugar a una influencia intermitente sobre el bulbo.

La colocación del bulbo de la válvula de expansión termostática es muy importante, y en algunos casos determina el buen o mal funcionamiento del sistema. El bulbo se debe sujetarse a las mismas condiciones de la superficie del evaporador. A fin de asegurar el cierre perfecto de la válvula cuando el compresor deje de trabajar, el bulbo debe sujetarse en la línea de aspiración donde la temperatura sea la misma que la del evaporador. Es conveniente que el bulbo se monte en una posición horizontal y en una área donde pueda tener el mayor contacto posible, cuando no se disponga de un tramo de tubo horizontal, y se tenga que montar en una posición vertical, es preferible que el gas aspirado circule por el tubo en sentido de arriba abajo y no de abajo arriba, por lo siguiente: En el tubo ascendente, anterior a este tramo, se depositan aceite y refrigerante que son arrastrados hacia arriba en golpes periódicos,

TESIS CON  
VALIA DE ORIGEN

### 3.1.7 HUMIDIFICADOR

Los humidificadores son dispositivos que sirven para aumentar la humedad del aire. El humidificador humedece el aire mediante una niebla (rocío) fría. El vaporizador humedece el aire mediante un vapor caliente.

Humidificación por ultrasonido. Operación por elemento piezoeléctrico, que provoca que el agua desmineralizada sea atomizada finisimamente en partículas de menos de una micra, la cual es absorbida fácilmente por el aire, produciendo como consecuencia la humidificación y cierto enfriamiento adiabático del aire. Muy bajo consumo eléctrico, aprox. el 7% comparado con humidificadores de vapor



Fig. 3.11

Todos los humidificadores de electrodo contienen un cilindro Fig. 3.11, ese cilindro se tiene que cambiar a determinado tiempo, una luz piloto en el humidificador indica cuándo el cilindro necesita ser cambiado.

Estos cilindros se cambian cuando están totalmente saturados, su tiempo estimado de vida es de 8 a 12 meses, dependiendo la cantidad de minerales que halla en el agua.

El humidificador también contribuye a evitar la sequedad y el agrietamiento de la piel, facilita la respiración, protege la madera y reduce la electricidad estática. Incluso puede reducir la susceptibilidad a los resfriados y dolores de garganta.

### 3.1.8 TUBERÍA

Los tubos de cobre usados en gasfitería tanto para instalaciones de agua como para las de gas son denominados tipo K, L, M y se fabrican según los requerimientos de la norma ASTM B88

Otros tipos de tubos DWV, ACR, Gas medicinal y Tipo G/Gas deben cumplir los requisitos establecidos por las normas ASTM B306, ASTM B280, ASTM B819 y ASTM B837 respectivamente.

Los tubos de cobre de tipo K, L, M, DWV y Gas medicinal tienen diámetros exteriores efectivos que son 1/8 de pulgada mayores que los tamaños estandarizados utilizados para su denominación. (Por ejemplo, una tubería tipo M de 1/2 pulgada tiene un diámetro exterior real de 5/8 pulgada). Los tubos tipo K tienen paredes más gruesas que los del tipo L y estos a su vez tienen paredes más gruesas que los del tipo M para cualquier diámetro considerado.

Los tubos tipo ACR utilizados para aire acondicionado y servicios de refrigeración y los tubos de tipo G/Gas empleados en sistemas de transporte de gas natural y de propano se designan por su diámetro exterior efectivo. Así, por ejemplo, un tubo Tipo G/Gas de 1/2 pulgada tiene un diámetro real exterior de 1/2 pulgada.

**TUBERÍA TIPO K (Fig. 3.12)**

- Servicios subterráneos de presión e instalaciones para gas licuado.
- Para presión de trabajo superior a 1,4 kg/cm<sup>2</sup> - 20 Lbs/pulg<sup>2</sup>
- Transporte de vapor, oxígeno, lubricantes, calefacción, gas, combustible.
- Servicios de agua a grandes presiones
- Para severas condiciones de servicio
- Drenaje de lluvias o nieve derretida
- Sistemas de energía solar
- Instalaciones industriales
- Protección contra fuego
- Gasfitería en general
- Servicio doméstico



Fig. 3.12 SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS

**TUBERÍA TIPO L (Fig. 3.13)**

- Gasfitería en general
- Tomas domiciliarias
- Riego de jardines
- Protección contra incendio
- Drenaje de lluvias o nieve derretida
- Sistemas de energía solar
- Líneas principales de edificios de gran altura
- Instalaciones sanitarias y redes de agua potable (fría y caliente)
- Instalaciones de vapor o gas licuado en baja y media presión (Hasta 1,4 kg/cm<sup>2</sup> - 20 Lbs/pulg<sup>2</sup>)
- Aplicaciones industriales a la intemperie, empotradas o enterradas



Fig. 3.13 SISTEMA DE GAS CANALIZADO

**TUBERÍA TIPO M (Fig. 3.14)**

- Riego de jardines
  - Gasfitería en general
  - Sistemas de energía solar
  - Protección contra incendio
  - Drenaje de lluvias o nieve derretida
  - Calefacción basada en paneles radiantes
  - Líneas interiores de calefacción o presión de menor exigencia
  - Redes de agua fría y caliente para casas habitación de interés social y residencial, edificios habitacionales y comerciales
- Prohibido en:**
- Instalaciones de gas considerando cualquier presión de trabajo



Fig. 3.14 REDES DE AGUA FRÍA Y CALIENTE PARA EDIFICIOS Y CASAS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TUBERÍA TIPO DWV** (Fig. 3.15)

- Conducción de fluidos sin presión
- Descarga de alcantarillado
- Desagües, drenaje
- Bajadas de aguas pluviales
- Ventilación de servicios sanitarios
- Sistemas de energía solar
- Construcciones que requieran un servicio óptimo con poco mantenimiento



Fig. 3.15

**TUBERÍA TIPO ACR** (Fig. 3.16)

- Instalaciones de aire acondicionado
- Serpentin de refrigeración
  - Uso industrial en intercambiadores de calor
  - Gas natural
  - Gas de petróleo en licuefacción

Fig. 3.16 SISTEMAS DE

REFRIGERACIÓN

SISTEMA DE  
REFRIGERACIÓN**3.1.9 INDICADORES DE LÍQUIDO Y HUMEDAD**

El indicador de líquido y humedad permite visualizar que el refrigerante de la línea de líquido no lleve gas y que el contenido de humedad en el refrigerante sea prácticamente nulo Fig. 3.17.



Fig. 3.17 INDICADORES DE LÍQUIDO Y HUMEDAD

La humedad dentro del sistema de refrigeración es un contaminante muy agresivo que ocasiona graves problemas.

- Produce ácidos que corroen y queman compresores.
- Crea taponamientos en la Válvula Termostática de expansión (VTE) o el capilar que no permiten que el sistema de refrigeración funcione.
- Produce oxidación de las partes internas, y cobrizado en el cigüeñal.
- Contribuye a la formación de lodos, que reducen la capacidad del lubricante y taponea los conductos de lubricación.

Por otra parte la mirilla permite verificar que el refrigerante llegue totalmente líquido a la VTE, ya que si contiene gasificación, ocasionará problemas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La humedad es detectada por el cambio de color del indicador, en el centro de la mirilla, avisando cuando es necesario reemplazar el filtro deshidratador.

Amarillo significa "Mucha humedad en el Sistema"

Verde claro significa "Hay humedad en el sistema"

Verde Oscuro significa "Sistema Seco"

Se recomienda dejar funcionando el sistema durante 18 horas, entonces el indicador de humedad debe ser verde oscuro. En caso contrario se debe reemplazar el filtro secador.

### 3.1.10 FILTRO DESHIDRATADOR

A medida que el líquido deja la válvula maestra, pasas a través de la línea de líquido hasta el filtro deshidratador. El deshidratador filtra las partículas extrañas y absorbe la humedad, ya que estas perjudican mucho cualquier sistema de refrigeración. De hecho, es considerado el enemigo número uno. En los refrigerantes halogenados (freón), la humedad forma ácidos clorhídricos y fluorhídricos que se congelan y pueden convertir en lodo el aceite del compresor.

Los filtros secadores son de mucha utilidad para eliminar pequeños residuos de humedad. Estos cartuchos de capacidad variable de acuerdo con la potencia frigorífica, se construyen con tapas fijas soldadas, o bien con tapas desmontables para facilitar la reposición del agente deshidratante.

Son muchos los agentes secadores que sean utilizado para rellenar dichos cartuchos, la más antigua de las sustancias empleadas para deshidratar un sistema frigorífico es el cloruro de calcio. Su eficiencia es muy grande, pero tiene el inconveniente de que, al actuar en forma de esponja, si encuentra una cantidad demasiado elevada de agua o humedad, forma una solución de salmuera dentro del filtro, que a lo postre resulta perjudicial para el sistema cuya oxidación produce.

Otras sustancias empleadas para la deshidratación de los sistemas frigoríficos, pueden enumerarse:

- a) Óxido de calcio.
- b) Alúmina activada
- c) Gel de sílice (silicagel)
- d) Sulfato de calcio
- e) Tamices moleculares

Para las instalaciones donde se emplean refrigerantes clorofluorados (R-12, R-22 o R-502) los productos más comúnmente utilizados son el silicagel y los tamices moleculares.

El silicagel actúa por absorción sin que exista cambio en su estado químico al recoger la humedad. Aunque los secadores de este tipo actúan a menudo más lentamente que los de cloruro de calcio, tiene la ventaja que puede dejarse en el sistema indefinidamente sin peligro. Se reactiva calentando esta sustancia 3 a 4 horas a una temperatura de 160 a 200°C, para expulsar el agua que ha sido absorbida.

Los tamices moleculares, constituidos por silicatos de alúmina activada, presentan, gracias a un tratamiento apropiado, una porosidad molecular uniforme, y poseen por ello una afinidad

excepcional para absorbe las moléculas más pequeñas de agua, a la vez que dejan pasar, sin retenerlas, las moléculas de refrigerante y aceite cuyo tamaño es superior.

Un nuevo tipo de filtro que se ha impuesto en instalaciones de compresores herméticos o semiherméticos (Fig. 3.18), es el formado por un conjunto de tres agentes: alúmina activada, silicagel y tamices moleculares, o bien por un cartucho de cerámica de alúmina activada, de extraordinaria eficacia. Ambos tipos de filtros juntan a su facultad deshidratante, la de absorción de impurezas orgánicas o inorgánicas (residuos de aceite, partículas de carbón), y de los ácidos que se forman en dicho sistema por la alta temperatura en los bobinados de los motores o por quema de los mismos.

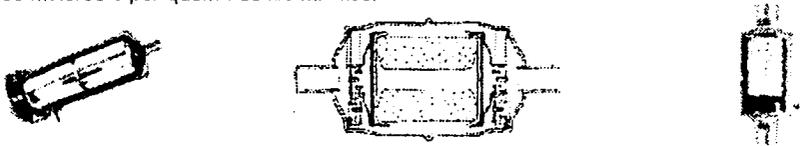


Fig. 3.18 FILTROS DESHIDRATADORES

Todos los agentes deshidratantes oponen determinada resistencia a la circulación del refrigerante a medida que van absorbiendo humedad, resistencia que, al estrangular la circulación y dar lugar a un cambio de presión, puede en ocasiones producir la refrigeración en su interior y después del filtro, produciendo la condensación y hasta congelación del mismo. Cuando ésta es excesiva indica que debe reactivarse o sustituirse el agente secador empleado.

**LOCALIZACIÓN DE LOS FILTROS SECADORES** (Fig. 3.19). El empleo de cloruro de calcio como agente deshidratante, se recomienda colocar los filtros en la línea de líquido antes de la válvula de expansión.

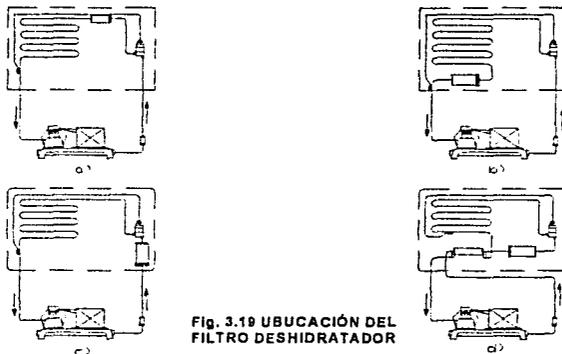


Fig. 3.19 UBUCACIÓN DEL FILTRO DESHIDRATADOR

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Ahora si se emplea silicagel, se ha comprobado que resulta más eficaz colocar el filtro en el lado de baja del sistema, ya que cuando más frío existe, el filtro mejor absorbe la humedad.

Por consiguiente el lugar más apropiado será después de la válvula de expansión (Fig. 3.19 a). En algunas instalaciones, la falta de espacio otras limitaciones impiden montar el secador entre la válvula de expansión y el evaporador, en cuyo caso deberá colocarse a la salida del evaporador, como se indica en la Fig. 3.19 b ya que hallándose también el refrigerante muy frío en dicho punto, la eficacia será asimismo muy elevada.

Si el montaje del secador en la parte baja resulta imposible por la falta de espacio, la mejor alternativa es colocarlo en la tubería de líquido, dentro del espacio refrigerado (Fig. 3.19 c) o entre el intercambiador de temperatura, si se emplea, y el evaporador, según se ilustra en la Fig. 3.19 d. Al pasar el líquido por el intercambiador se enfría por debajo del nivel normal de la temperatura de la línea de líquido, y aunque el secador no resulte tan eficaz como si estuviese en la parte de baja, si lo será más que si lo hubiese montado en la tubería de líquido caliente, fuera del espacio enfriado.

Los filtros de tamices moleculares deben de instalarse siempre en la línea de líquido a la salida del recipiente.

Los filtros de triple composición o con cartuchos de cerámica se instalan corrientemente en la línea de líquido, antes de la válvula de expansión y, si es posible en el espacio enfriado

## 3.2 ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

La electricidad es la principal fuente de energía para la operación de muchos componentes de los sistemas de refrigeración. Por ello se debe tener en consideración los dispositivos que se involucran en un equipo de aire acondicionado, y los que se utilizan para proteger a estos mismos, como es el caso de un motor eléctrico que necesita protección, el embobinado de un motor está calculado para un calentamiento en relación con la intensidad normal absorbida a plena carga; por lo que si se rebasa el límite, aumentará considerablemente la temperatura que no podrá ser resistida por los aislantes, que se quemaran inutilizándose el motor.

### 3.2.1 CONTACTORES

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". A continuación se menciona una clasificación de los contactores.



Fig. 3.20 CONTACTOR

Contadores electromagnéticos. Su accionamiento se realiza a través de un electroimán Fig.3.20.

Contadores electromecánicos. Se accionan con ayuda de medios mecánicos.

Neumáticos. Se accionan mediante la presión de un gas.

### CONSTITUCIÓN DE UN CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO

**Contactos principales.** Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están abiertos en reposo.

**Contactos auxiliares.** Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados.

**Bobina.** Elemento que produce una fuerza de atracción (FA) al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220V de corriente alterna, siendo la de 220V la más usual.

**Armadura.** Parte móvil del contactor. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA) de la bobina núcleo. Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.

**Resorte.** Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza FA.

**Funcionamiento del contactor.** Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.

La bobina está concebida para resistir los choques mecánicos provocados por el cierre y la apertura de los contactos y los choques electromagnéticos debidos al paso de la corriente por sus espiras, con el fin de reducir los choques mecánicos la bobina o circuito magnético, a veces los dos se montan sobre amortiguadores.

### 3.2.2 INTRRUPTORES (BREAKERS)

Para lograr una instalación eléctrica segura, se debe contar con dispositivos de protección que actúan en el momento en el que se produce un cortocircuito o una sobrecarga en algún punto del circuito. De esta forma se logra que una persona que accidentalmente entra en contacto con algún conductor no quede expuesta a corrientes peligrosas por más tiempo de lo que puede resistir el cuerpo humano. Además, se evita el sobrecalentamiento de los conductores y equipos eléctricos, evitando así daño en el material y posibles causas de incendio.

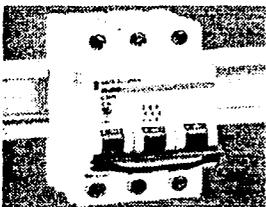


Fig. 3.21 INTERRUPTOR

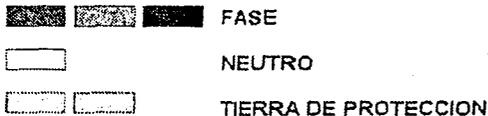
Un interruptor termomagnético manual Fig. 3.21, permite abrir y cerrar un circuito, en forma análoga a las cuchillas desconectoras, excepto que en estos interruptores se puede abrir en forma automática, cuando el valor de la corriente que circula por ellos excede a un cierto valor previamente fijado, después de que estos interruptores abren, se deben restablecer en forma manual, tienen la ventaja sobre los desconectores que no requieren el uso de fusibles.

Los Interruptores Termomagnéticos se puede solicitar del tipo Unipolar, Bipolar, Tripolar, Tripolar + Neutro.

### 3.2.3 CABLEADO

El diámetro de un conductor determina, entre otras cosas, cuanta corriente puede circular por él sin que se produzca sobrecalentamiento. En caso de instalaciones residenciales generalmente la corriente no supera a los 16A, por lo que se recomienda el uso de conductores de secciones entre 1.5 mm<sup>2</sup> y 2.5 mm<sup>2</sup>. Para corrientes mayores consulte el Código Eléctrico. Al instalar un conductor para cubrir una mayor distancia se debe tener presente que éste debe ser de un diámetro mayor para tener menores pérdidas.

Se exige el uso de colores estandarizados para identificar los distintos conductores: los conductores de fase deben ser de color azul, negro o rojo, el neutro debe ser de color blanco y el conductor de la puesta a tierra de protección debe ser de color verde o verde amarillo:



Por puesta a tierra de protección se entiende la conexión de determinados elementos de una instalación eléctrica con el potencial de tierra, asegurando la actuación de los elementos de protección y evitando tensiones de contacto peligrosas para las personas. La instalación de la puesta a tierra se logra, entre otras alternativas, mediante el empleo de electrodos enterrados cuyas características dependen de aspectos como la calidad del suelo, parámetros eléctricos del sistema y la superficie de terreno disponible. Es importante

mencionar que para puesta a tierra de protección no deben ser utilizados las cañerías de cobre de la vivienda.

Es por eso que uno siempre se encuentra con tres conductores, ya que los primeros dos corresponden a fase (energizada) y neutro, y el tercer conductor es el de la puesta a tierra de protección. Si por ejemplo en la instalación de una máquina no se hubiese instalado este tercer conductor, o si la puesta a tierra estuviese mal hecha, entonces en el caso que ocurriera una falla al interior de la máquina puede que un conductor energizado haga contacto con la carcasa ó bastidor metálico dejándola a una tensión peligrosa, sin que una persona lo note. Sin embargo, al contar con una adecuada instalación de puesta a tierra de protección, la carcasa estará puesta al potencial de tierra, por lo que en el momento de contacto del conductor energizado con la carcasa se produciría un cortocircuito y actuarán las protecciones correspondientes.

### 3.2.4 TRANSFORMADOR

El transformador tiene tres partes principales: un devanado primario el cual se aplica energía eléctrica, un devanado secundario que está derivado como lado de salida, y el núcleo de hierro laminado alrededor del cual se enrollan los devanados primario y secundario.

El transformador transforma la potencia eléctrica de una bobina a la otra mediante la inducción magnética. La inducción magnética es el fenómeno que se produce cuando un voltaje aplicado al devanado primario desarrolla un voltaje en el devanado secundario. El movimiento relativo que se necesita entre el campo magnético y el conductor se obtiene usando corriente alterna (ca). Un campo magnético rodea el alambre de la bobina primaria. Este campo fluctúa con la corriente alterna y lo corta el devanado secundario.

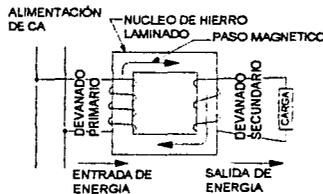


Fig. 3.22 LA RELACIÓN DE LOS DEVANADOS DETERMINA EL VOLTAJE

La magnitud del voltaje depende de la relación de los devanados entre el primario y el secundario, Fig. 3.22. por ejemplo si un generador entrega 13,200 voltios al devanado primario y hay cinco veces más espiras alrededor del núcleo de hierro laminado en el devanado secundario, la salida será de  $13,200 \times 5 = 66,000$  voltios. La relación de vueltas de la bobina secundaria con respecto al número de vueltas de la bobina primaria determina la salida.

TESIS CON  
 CALIDAD DE ORIGEN

El voltaje se transforma por la relación de las vueltas del transformador  $N_2/N_1$ . Por ejemplo: Si se necesita un voltaje secundario 20VAC con entrada de 120VAC, se necesitaría una relación 6:1. Cuando la corriente de carga se toma desde la bobina secundaria, el voltaje puede caer del 5 a 25%, este efecto se conoce como regulación de voltaje. La adición de un fusible térmico al circuito primario asegura el funcionamiento en el caso de producirse un cortocircuito o una sobrecarga.

### 3.2.5 RESISTENCIAS

Las resistencias son componentes electrónicos que tienen la propiedad de presentar oposición al paso de la corriente eléctrica. La unidad en la que mide esta característica es el Ohmio y se representa con la letra griega Omega ( $\Omega$ ).

Los símbolos eléctricos Fig. 3.23 que las representan son:

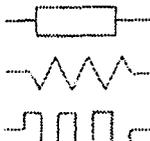


Fig. 3.23

Este fenómeno se da por la propiedad de oponerse al paso de la corriente, la cual poseen todos los materiales en mayor o menor grado. El valor de las resistencias eléctricas, viene determinada por tres factores: el tipo de material (resistividad 'r') la sección transversal 's', y la longitud 'l',

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s}$$

Las características más importantes de las resistencias, también llamadas resistores Fig. 3.24, son:

**Valor nominal:** Es el valor en Ohms que posee. Este valor puede venir impreso o en código de colores.

**Tolerancia:** Es el error máximo con el que se fabrica la resistencia, esta tolerancia puede ser de +5% y +-10%, por lo general.

**Potencia máxima:** Es la mayor potencia que será capaz de disipar sin quemarse.

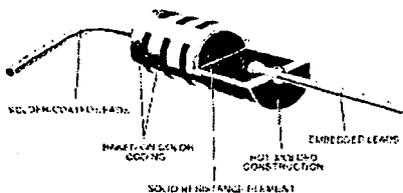


Fig. 3.24 RESISTENCIA PARA COMPONENTES ELECTRONICOS

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### Tipos de Resistencias

1.- Las resistencias fijas son aquellas en las que el valor en ohmios que posee es fijo y se define al fabricarlas. Las resistencias fijas se pueden clasificar en resistencias de usos generales, y en resistencias de alta estabilidad.

2.- Resistencias variables son resistencias sobre las que se desliza un contacto móvil, variándose así el valor, sencillamente, desplazando dicho contacto. Las hay de grafito y bobinadas, y a su vez se dividen en dos grupos según su utilización que son las denominadas resistencias ajustables, que se utilizan para ajustar un valor y no se modifican hasta otro ajuste, y los potenciómetros donde el uso es corriente.

3.- Las Resistencias especiales son aquellas en las que el valor óhmico varía en función de una magnitud física.

Código de colores Tabla III-1. Consiste en unas bandas que se imprimen en el componente y que nos sirven para saber el valor de éste. Hay resistencias de 4, 5 y 6 anillos de color.

Tabla III-1

Color	Color	Value	Multiplier	Tolerance
	Black	0	$\times 1$	N/A
	Brown	1	$\times 10$	N/A
	Red	2	$\times 100$	2%
	Orange	3	$\times 1000$	N/A
	Yellow	4	$\times 10000$	N/A
	Green	5	$\times 100000$	N/A
	Blue	6	$\times 1000000$	N/A
	Violet	7	$\times 10000000$	N/A
	Grey	8	$\times 100000000$	N/A
	White	9	$\times 1000000000$	N/A
	Gold	N/A	$\times 0.1$	5%
	Silver	N/A	$\times 0.01$	10%

Para saber el valor tenemos que utilizar el método siguiente: el primer color indica las decenas, el segundo las unidades, y con estos dos colores tenemos un número que tendremos que multiplicar por el valor equivalente del tercer color; y el resultado es el valor de la resistencia. El cuarto color es el valor de la tolerancia. (4 bandas) Para resistencias de cinco o seis colores tres colores primeros para formar el número que hay que multiplicar por el valor equivalente del cuarto color. El quinto es el color de la tolerancia; y el sexto (para las resistencias de 6 anillos), es el coeficiente de temperatura Fig. 3.25.

4 Band Resistor Color Code Layout

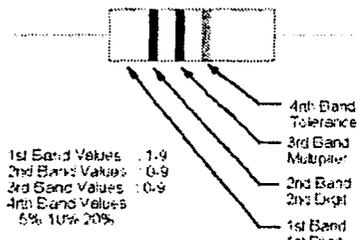
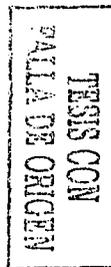


Fig. 3.25 Resistencia con código de colores



### 3.3 ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE CONTROL

Los elementos de control nos ayudan a controlar todas aquellas variables que se tienen en una máquina, por medio de impulsos eléctricos. Existen varios componentes de control en este caso solo se mencionaran los que se utilizan en un equipo de aire acondicionado de precisión.

#### 3.3.1 TEMPORIZADORES (TIMERS)

En general se puede decir que un timer es un contador de tiempos, sus usos dependen de las necesidades de la aplicación, entre las que se pueden tener: Mediciones de trenes de pulsos, sincronismo, control de tiempo y de señales, posibilitan la programación de tiempos para interrupciones, causar un evento externo independiente de la CPU, contador.

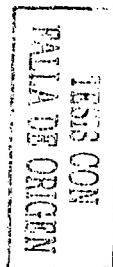
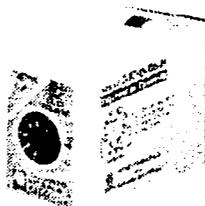
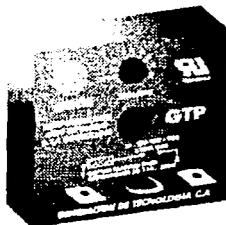


Fig. 3.28 TEMPORIZADORES (TIMERS)

El temporizador Fig. 3.26 es un tipo de relé auxiliar, con la diferencia sobre estos, que sus contactos no cambian de posición instantáneamente. Los temporizadores se pueden clasificar en:

- Térmicos.
- Neumáticos.
- Electrónicos.
- De motor asíncrono

A continuación describimos el funcionamiento de algunos tipos de temporizadores:

**Temporizador a la conexión.** Es un relé cuyo contacto de salida conecta después de un cierto retardo a partir del instante de conexión de los bornes de su bobina. A1 y A2, a la red. El tiempo de retardo es ajustable mediante un potenciómetro o regulador frontal del aparato si es electrónico. También se le puede regular mediante un potenciómetro remoto que permita el mando a distancia; este potenciómetro se conecta a los bornes con las letras Z1 y Z2 y no puede aplicarse a los relés de los contactos.

**Temporizador a la desconexión.** Es un relé cuyo contacto de salida conecta instantáneamente al aplicar la tensión de alimentación en los bornes A1 y A2 de la bobina. Al quedar sin alimentación, el relé permanece conector durante el tiempo ajustado por el potenciómetro frontal o remoto, desconectándose al final de dicho tiempo.

*Temporizadores térmicos.* Actúan por calentamiento de una lamina bimetalica. El tiempo viene determinado por el curvado de la lámina.

Constan de un transformador cuyo primario se conecta a la red, pero el secundario, que tiene pocas espiras y esta conectado en serie con la lamina bimetalica, siempre tiene que estar en cortocircuito para producir el calentamiento de dicha lamina, por lo que cuando realiza la temporizacion se tiene que desconectar el primario y deje de funcionar

*Temporizadores neumáticos.* El funcionamiento del temporizador neumático esta basado en la acción de un fuelle que se comprime al ser accionado por el electroimán del relé.

Al tender el fuelle a ocupar su posición de reposo la hace lentamente, ya que el aire ha de entrar por un pequeño orificio, que al variar de tamaño cambia el tiempo de recuperación del fuelle y por lo tanto la temporización.

*Temporizadores de motor sincrono.* Son los temporizadores que actúan por medio de un mecanismo de relojería accionado por un pequeño motor, con embrague electromagnético. Al cabo de cierto tiempo de funcionamiento entra en acción el embrague y se produce la apertura o cierre del circuito.

*Temporizadores electrónicos.* El principio básico de este tipo de temporización, es la carga o descarga de un condensador mediante una resistencia. Por lo general se emplean condensadores electrolíticos, siempre que su resistencia de aislamiento sea mayor que la resistencia de descarga: en caso contrario el condensador se descargaría a través de su insuficiente resistencia de aislamiento.

Ahora ya tenemos las diferentes clases de temporizadores y les hemos aplicado a los relés con lo que tenemos las siguientes temporizaciones:

- Mecánica o neumática
- Magnética ( relés de manguito ).
- Térmicas ( relés de bilamina ).
- Eléctrica (relés de condensador).

### 3.3.2 VÁLVULA SOLENOIDE

Los inductores como grupo de dispositivo, derivan su nombre del hecho de que en ellos se transforma la energía eléctrica en una fuerza magnética. A su vez, la fuerza magnética se emplea para originar un movimiento mecánico. El solenoide abre o cierra una válvula.

Los solenoides Fig. 3.27 se deben diseñar para abrir manualmente la válvula. Usualmente, estas válvulas se construyen tal modo que la acción de un tornillo en el fondo levante el émbolo Fig. 3.28. Esto permite mantener la válvula abierta por periodos prolongados. Esta operación es necesaria para la evacuación inicial y para descargar el sistema para llevar a cabo las labores de servicio.

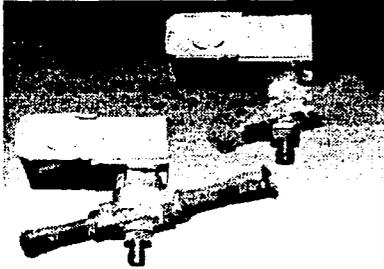


Fig. 3.27 VÁLVULA SOLENOIDE

La finalidad de esta válvula es evitar que se cargue el evaporador de refrigerante durante el tiempo de parada y suba la presión. Este aumento de presión causaría dificultades al compresor cuando se pone este en marcha, así como también podría producir fugas por el prensaestopas en los compresores de tipo abierto.

### 3.3.3 TERMOSTATO



Fig. 3.29 TERMOSTATO

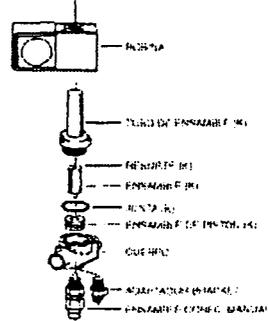
El termostato regula el equipo de aire acondicionado. Enciende el "equipo de calefacción" cuando se necesita calor, así como la unidad condensadora cuando se necesita enfriamiento Fig. 3.29.

Los termostatos se basan en un elemento térmico como el usado en las válvulas de expansión termostáticas, cuyo bulbo cargado del gas apropiado va conectado por un tubo capilar a un fuelle que al causar la diferencia de presión causadas por las variaciones de temperatura, acciona un interruptor que cierra o abre el circuito eléctrico.

Termostato de ambiente esta constituido por una lámina espiral ( por dos metales de distinto coeficiente de dilatación) que se dilata o contrae de acuerdo con los cambios de temperatura que existan, esta contracción o dilatación hace que se abra o cierre el circuito eléctrico. Este tipo de termostato lleva una carátula graduada con el rango de temperaturas que puede manejar, así como un botón para su ajuste.

La ubicación de los termostatos es muy importante ya que si se ubica en un lugar inadecuado puede ocasionar el mal funcionamiento del equipo de aire acondicionado, se recomienda que se coloque en el retorno del aire que es donde se tiene una mayor precisión de la temperatura real de la atmósfera a controlar, si el termostato se encuentra cerca de la inyección del aire, el equipo no enfriaría el lugar como se tiene planeado ya que censaría la temperatura de inyección y no la que se tiene en el ambiente.

Fig. 3.28 DESPIECE DE LA VÁLVULA SOLENOIDE



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.3.4 HUMIDOSTATO

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

Los humidistatos se usan en humidificadores y deshumidificadores y han sido diseñados para controlar la humedad relativa ambiente de acuerdo con un ajuste predeterminado

### 3.3.5 RELEVADOR

Un relé es un sistema mediante el cuál se puede controlar una potencia mucho mayor con un consumo en potencia muy reducido.

Tipos de relés:

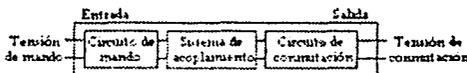
Relés electromecánicos:

- A) Convencionales.
- B) Polarizados.

Relés híbridos.

Relés de estado sólido.

Estructura de un relé



En general, podemos distinguir en el esquema general de un relé los siguientes bloques:

- Circuito de entrada, control o excitación.
- Circuito de acoplamiento.
- Circuito de salida, carga o maniobra, constituido por:
  - circuito excitador.
  - dispositivo conmutador de frecuencia.
  - protecciones.

Las características generales de cualquier relé son:

- El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida.
- Adaptación sencilla a la fuente de control.
- Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.
- Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relé se caracterizan por:

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- En estado abierto, alta impedancia.
- En estado cerrado, baja impedancia.

Para los relés de estado sólido se pueden añadir:

- Gran número de conmutaciones y larga vida útil.
- Conexión en el paso de tensión por cero, desconexión en el paso de intensidad por cero.
- Ausencia de ruido mecánico de conmutación.
- Insensibilidad a las sacudidas y a los golpes.
- Cerrado a las influencias exteriores por un recubrimiento plástico.

### Relés electromecánicos

Están formados por una bobina y unos contactos los cuales pueden conmutar corriente continua o bien corriente alterna. Vamos a ver los diferentes tipos de relés electromecánicos.

### Relés de tipo armadura

Son los más antiguos y también los más utilizados. El esquema siguiente Fig. 3.30 nos explica prácticamente su constitución y funcionamiento. El electroimán hace vascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es NO ó NC (normalmente abierto o normalmente cerrado).

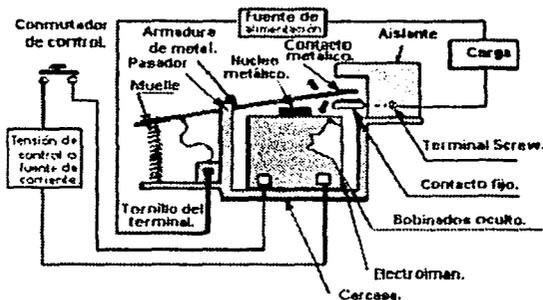


Fig. 3.30 RELE TIPO ARMADURA

### Relés Polarizados

Llevar una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior puede girar dentro de los polos de un electroimán y el otro lleva una cabeza de contacto. Si se excita al electroimán, se mueve la armadura y cierra los contactos. Si la polaridad es la opuesta girará en sentido contrario, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito (ó varios)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### Relés de estado sólido



Un relé de estado sólido SSR (Solid State Relay), es un circuito electrónico que contiene en su interior un circuito disparado por nivel, acoplado a un interruptor semiconductor, un transistor o un tiristor. Por SSR se entenderá un producto construido y comprobado en una fábrica, no un dispositivo formado por componentes independientes que se han montado sobre una placa de circuito impreso.

Fig. 3.31 RELE DE ESTADO SÓLIDO

### 3.3.6 PRESOSTATO

Una presión menor que la normal proporciona el medio para parar el compresor. Un interruptor sensible a la presión, denominado control de presión, se conecta al lado de succión del compresor, Fig. 3.32. Cuando el compresor descarga el sistema a la presión para la cual está ajustada la válvula, el control abre la conexión y corta la energía para el arrancador magnético y para el compresor.

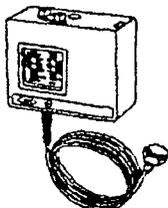


Fig. 3.32 PRESOSTATO

La operación mecánica de un control (de seguridad) de presión baja es la misma que la de un interruptor del tipo de conectar-desconectar que se usa para parar y arrancar el sistema.

El control de presión de baja para el compresor tiene una presión mínima de operación previamente ajustada. Como control de seguridad, ejerce protección contra: relaciones extremas de compresión, congelación del evaporador, entrada de aire y vapor de agua que resultan de fugas en el lado de baja.

Algunas veces, las condiciones de operación pueden causar presiones de carga excesivamente altas. Condiciones tales como elevadas temperaturas ambientes de condensación o la presión de gases no condensables en el sistema pueden ser causa de esto.

Se emplea un control de corte por alta presión para evitar el desarrollo de presiones que puedan causar daños al equipo y propiciar condiciones inseguras. La construcción del control de presión de alta es similar a la de control de presión por baja. El fuelle o diafragma que se conecta con un tubo pequeño al compresor activa un interruptor eléctrico. La presión de descarga, en vez de la presión de succión, afecta este control.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO IV

## SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

## 4.1 SELECCION DE LOS COMPONENTES MECANICOS

Se debe tener cuidado al hacer la selección de un elemento mecánico para un equipo de aire acondicionado de precisión, ya que si se comete el error de seleccionar un componente que no se encuentre dentro del rango de operación que se desea tener en el equipo, como puede ser el caso del que el componente este sobrado, o no de el mínimo de la capacidad requerida. Si se tuviera el primer caso, el elemento gastara más energía que la contemplada para el equipo, además de poder dañar los otros componentes con los que este interactuando. En el segundo caso que no da la capacidad mínima, este sufrirá un severo desgaste ya que estará trabajando al máximo de su capacidad y al igual que en el caso anterior puede llegar a dañar los otros dispositivos.

## 4.1.1 COMPRESOR

La elección del compresor se lleva a partir de la carga térmica que se requiere extraer y el tipo de refrigerante que se va a emplear. En nuestro caso la cantidad de carga térmica que se va extraer es de 3 toneladas de refrigeración, con este dato podemos entrar a las tablas que se muestran en el apéndice "A" y hacer una buena selección del compresor, considerando las características mecánicas eléctricas y el rendimiento.

Empecemos la elección del compresor, primero partiremos de los datos antes ya mencionados como son la carga térmica que se quiere extraer utilizando refrigerante R - 22, con estos datos vamos a la tabla A-2 del apéndice "A" y vemos que se requiere saber que tipo de alimentación eléctrica va ha utilizar el equipo, por cuestiones de ahorro de energía se selecciona la opción de trifásico. En la tabla A-2 se necesita convertir las toneladas a Btu ó kcal.

$$1 \text{ Ton} = 12000 \text{ Btu}$$

Entonces tenemos que:

$$3 \text{ Ton} \left( \frac{12000 \text{ Btu}}{1 \text{ Ton}} \right) = 36000 \text{ Btu}$$

Con estos datos podemos determinar que tipo de compresor es el más conveniente para nuestro equipo, así que de la tabla A-2 del apéndice, encontramos que el modelo del compresor que reúne nuestros requisitos es: ZR36K3 cuyos datos de rendimiento son los que se encuentran en la tabla IV-1 extraídos de la tabla A-2 del apéndice "A":

Modelo	BTU	WATTS DE MOTOR	TF5/D(M) AMPERES	EER
ZR36K3	36,500	3,200	9.71 - 14.9	11.4

TABLA IV-1

Una vez que tenemos el modelo de nuestro compresor, podemos seguir analizando si la opción es la correcta, y con que otras características se necesita este compresor.

Con el modelo podemos pasar a la tabla A-9 del apéndice "A" para determinar las condiciones eléctricas, en esta tabla se muestran cuatro tipos de voltaje diferentes que son: PFV a 208/230-1-60, TF5 200/230-3-60, TF7 380-3-60y el TFD 460-3-60. Los voltajes que más se utilizan en las industrias son los anteriormente mencionados excepto el TF7, esto no quiere decir que no se utilice. Para el equipo utilizaremos un voltaje a 200/230 de tres fases y una frecuencia de 60 hertz, el criterio para escoger este voltaje es a partir de que en la mayoría de los edificios se contrata luz trifásica a 220 volts, y el equipo se esta diseñando para un centro de computo, laboratorio, centros de telecomunicaciones, etc. Lugares donde lo más usual es que sea un edificio. A partir del voltaje que se determino se tienen las siguientes características eléctricas del compresor, tabla IV-2.

Modelo	Carga de amps Clasificado RLA	Amps con rotor bloqueado LRA
ZR36K3	11.4	77

TABLA IV-2

Como último paso se verán las características mecánicas del compresor, para la determinación de los demás componentes que comprenden al equipo de aire acondicionado, de la tabla A-7 del apéndice "A", tenemos que las características mecánicas para el compresor scroll modelo ZR36 son:

Modelo	NOMINAL HP KW	IN <sup>3</sup> CM <sup>3</sup> POR REVOLUCIÓN	CFH M <sup>3</sup> /HORA 60 HZ 3500 RPM	PESO LIQUIDO DEL COMPRESOR LIBRAS KILOGRAMOS MONOFÁSICO	PESO LIQUIDO DEL COMPRESOR LIBRAS KILOGRAMOS TRIFÁSICO
ZR36	3 2.24	3.02 49.49	367 10.39	63 28.6	61 27.7

TABLA IV-3

Por lo que el compresor que se va utilizar es un compresor tipo scroll hermético marca Copeland, a un voltaje de 200/230 tres fases 60 hertz, con una capacidad de enfriamiento de 36,500 Btu

#### 4.1.2 TURBINA

Todos los ventiladores funcionan de acuerdo a ciertas reglas que veremos a continuación y que son válidas para todo tipo de ventiladores.

Para un ventilador de tamaño, tubería y densidad del aire dados:

Q = Gasto RPM = Velocidad PS = Presión estática HP = Potencia D = Diámetro

a) Cuando la velocidad varia

1) El gasto varia proporcionalmente con la relación de la velocidad

$$Q_2 = Q_1 \times (RPM_2 / RPM_1)$$

EC. (4.1)

- 2) La presión varía con el cuadrado de la razón de cambio de la velocidad de rotación:

$$PS2 = PS1 \times (RPM2 / RPM1)^2 \quad EC. (4.2)$$

- 3) La potencia varía con el cubo de la razón de cambio de velocidad de rotación, es decir:

$$HP2 = HP1 \times (RPM2 / RPM1)^3 \quad EC. (4.3)$$

- b) Cuando por alguna obstrucción en el sistema o por cambios en el circuito cambia la presión estática manteniéndose la densidad del aire:

- 4) La capacidad varía con la raíz cuadrada de la razón de cambio de presión:

$$Q2 = Q1 \times (PS1 / PS2)^{1/2} \quad EC. (4.4)$$

- 5) La potencia varía como:

$$HP2 = HP1 \times (PS1 / PS2)^{3/2} \quad EC. (4.5)$$

Para una presión constante, densidad constante y el ventilador geoméricamente similar:

- a) Cuando varían, a la vez, la velocidad y el diámetro de la rueda:

- 1) El gasto varía con el producto de la relación de las velocidades y el de la relación de los diámetros de la rueda al cubo.

$$Q1 = Q2 \times (RPM2/RPM2) (D2/D1)^3 \quad EC. (4.6)$$

- 2) La presión varía con el producto del cuadrado de la relación de las velocidades y el cuadrado de la relación de los diámetros de la rueda

$$PS2 = PS1 \times (RPM2/RPM1)^2 (D2 / D1)^2 \quad EC. (4.7)$$

- 3) La potencia varía con el producto del cubo de la relación de las velocidades y la quinta potencia de la relación de los diámetros de las ruedas.

$$HP2 = HP1 \times (RPM2/RPM1)^3 (D2/D1)^5 \quad EC: (4.8)$$

Potencia y eficiencia.

La potencia de salida de un ventilador se conoce como caballos de aire (AHP)

$$AHP = (Q \times Pt) / 6350 \quad EC. (4.9)$$

Q = gasto en pies<sup>3</sup>/m

Pt = presión total en pulgadas de agua

La eficiencia mecánica será:

$$\eta = (AHP/HP) \times 100 \quad EC. (4.5)$$

HP son los caballos de entrada

Observación: Estos datos o reglas son importantes cuando se selecciona un ventilador a partir de sus datos de catálogos, que se especifican bajo condiciones estándar (a nivel del mar).

Ejemplo:

Un ventilador que opera a 850 rpm tiene las siguientes características:  $Q = 15,000$  pies<sup>3</sup>/min., presión estática de 3 plg y absorbe 7.09 hp. Si se varía la velocidad a 1,150 rpm. Encontrar:

a) Capacidad

$$Q_2 = Q_1 (v_2/v_1) = 15,000 \times (1,150/850) = 20,294 \text{ pies}^3/\text{min}$$

b) Presión estática.

$$P_2 = P_1 (v_2/v_1)^2 = 3 (1,150/850)^2 = 5.49 \text{ plg de agua}$$

c) Potencia

$$Hp_2 = hp_1 (v_2/v_1)^3 = 7.09 (1,150/850)^3 = 17.55$$

### SELECCIÓN DE VENTILADORES.

Como datos básicos requeridos para seleccionar ventiladores auxiliares, se debe tener a lo menos lo siguiente:

- Caudal (Q) en pie<sup>3</sup>/min o m<sup>3</sup>/seg
- Presión Estática (Ps), en pulg de H<sub>2</sub>O o mm H<sub>2</sub>O.
- Diámetro máximo del ventilador, en pulg o mm.
- Densidad del aire o altura sobre el nivel del mar.
- Energía disponible
- La alimentación de energía eléctrica para ventiladores auxiliares trifásicos puede ser: En 50 Hz con voltajes de 575 - 460 o 380 V. ó En 60 Hz con voltajes de 600 - 480 - 360 volts.
- Conexión usada normalmente es estrella - delta por las ventajas para la partida del ventilador.

#### 4.1.3 EVAPORADOR

Para determinar las condiciones óptimas de diseño, se debe tener en cuenta una gran cantidad de factores para obtener de esta manera, un equipo que tenga una relación óptima entre rendimiento de evaporación y economía.

Si aumenta la presión del refrigerante, se eleva la temperatura de ebullición. Inversamente, cuando desciende la presión, también baja la temperatura de ebullición. Se puede estimar la presión de condensación, del lado de alta, con la carta de presión temperatura.

En una aplicación para aire acondicionado, el evaporador se diseña para hacer juego con el compresor, de manera que el refrigerante se evapore a 40°F (4.4°C). El refrigerante debe dejar el evaporador con un sobrecalentamiento de 41°F (5°C). El termino sobrecalentamiento se refiere al aumento de temperatura del vapor por arriba de la temperatura de evaporación como líquido. En otras palabras si el refrigerante líquido está hirviendo en el evaporador a 50°F (10°C), el dispositivo de control controlaría el flujo de refrigerante a un sobrecalentamiento de 41°F (5°).

Se debe de considerar un coeficiente global de transmisión térmica en un evaporador, el cual es la suma de las resistencias parciales ofrecidas por los elementos que constituyen la pared, por lo que tenemos:

$$K = 1/R \quad \text{EC. (4.6)}$$

Con  $R = r_1 + r_2 + \dots + r_n$

Para las condiciones antes dichas se considera:

$\alpha$ : coeficiente de convección del fluido frigorígeno;

$\alpha_r$ : coeficiente de convección del medio a enfriar;

$e_1$ : espesor de la película de aceite;

$e_2$ : espesor del tubo que constituye el evaporador;

$\lambda_1, \lambda_2$ : coeficiente de conductividad térmica de los elementos correspondientes:

$$1/K = 1/\alpha + e_1/\lambda_1 + e_2/\lambda_2 + 1/\alpha_r \quad \text{EC. (4.7)}$$

Este coeficiente K indicará, la cantidad de kilocalorías que puede absorber un evaporador por metro cuadrado de superficie. Por hora y por grado de diferencia entre el fluido en ebullición y la temperatura del medio a enfriar.

Superficie de evaporación

$$A = \Phi_o / (K X \Delta\theta) \quad \text{m}^2 \quad \text{EC. (4.8)}$$

A: la superficie de transmisión del evaporador en metros cuadrados.

K: el coeficiente de transmisión térmica del evaporador en kilocalorías por metro cuadrado, por hora y por grado de diferencia entre las temperaturas.

$\Delta\theta$ : la diferencia de temperatura entre la temperatura media del medio a enfriar y la temperatura de evaporación del fluido frigorígeno.

$\Phi_o$ : la cantidad de calor que puede absorber el evaporador en kilocalorías.

Caudal masico del fluido a enfriar

El fluido que ha de enfriarse, en contacto con el evaporador, presenta entre sus temperaturas de entrada  $\theta_c$  y salida  $\theta_s$  una diferencia.

$$d\theta = \theta_c - \theta_s \quad \text{°C} \quad \text{EC. (4.9)}$$

Si el medio que ha de enfriarse es aire, se tiene la siguiente formula para encontrar el caudal de aire.

$$q_{ma} = \Phi_o / (C_p X d\theta) \quad \text{kg de aire seco} \quad \text{EC. (4.10)}$$

Cálculo del caudal de aire por diferencia de entalpías

$$q_{ma} = \Phi_o / (h_{ac} - h_{as}) \quad \text{Kg de aire seco} \quad \text{EC. (4.11)}$$

### 4.1.4 CONDENSADOR

La mayoría de los fabricantes selecciona una diferencia de temperaturas, delta, de 30°F (17°C) cuando diseña un condensador enfriado por aire. Delta es la diferencia de temperaturas entre el medio y la temperatura de condensación del refrigerante. Si el ventilador del condensador impulsa a 70°F (21°C) sobre el condensador, la temperatura de condensación del refrigerante sería de 70° + 30°, o sea 100°F (37.7°C). Luego se convierte la temperatura de condensación en presión usando una carta de presión-temperatura. La temperatura de condensación máxima no debe exceder 120°F (49°C). La eficiencia disminuye con temperaturas más altas. A veces se usa una condensadora sobredimensionada para balancear la emisión de calor del compresor.

El condensador desecha aproximadamente 25% más de calor que absorbe el evaporador dentro del sistema. Por lo tanto, el desprendimiento total de calor es igual a la carga del evaporador en Btu/horas más el calor de la compresión (25%). El calor de compresión representa el trabajo hecho al comprimir el gas de succión a baja temperatura y baja presión convirtiéndolo en vapor sobrecalentado, a alta presión y alta temperatura.

Para calcular el calor de compresión en Btu/hora, primero se encuentra la corriente que consume el motor. Luego se multiplican los amperes por el voltaje para encontrar los watts (capacidad de trabajo por hora). Un watt (W) es equivalente 3.412 Btu y 1 hp es la potencia de 746 W. Por lo tanto, la fórmula para encontrar el calor ocasionado por la compresión es:

$$\text{Btu} = 746 \times \text{bhp} \times 3.412 \quad \text{EC. (4.12)}$$

Es necesario incluir bhp en la fórmula. Esta es la potencia al freno (brake horsepower), no la potencia nominal que aparece en la placa del motor. Por lo tanto, necesitamos la potencia verdadera o bhp para obtener una lectura precisa. Un método popular para encontrar los bhp es dividir los amperes de operación entre los amperes nominales a plena carga y multiplicar el resultado por la potencia nominal.

La capacidad nominal del condensador esta calculada bajo las siguientes condiciones:

Temperatura de admisión del aire	25 °C
Temperatura de condensado	40 °C
Refrigerante	R - 22
Presión atmosférica	1 bar

En caso de que las condiciones sean diferentes para determinar la capacidad nominal del condensador se tiene la siguiente formula:

$$Q_{CN} = Q_c \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \quad \text{EC. (4.13)}$$

$Q_{CN}$  = capacidad nominal de el catalogo a  $\Delta t = 15^\circ \text{K}$  y  $R - 22$ .

$Q_c$  = capacidad de condensación.

$f_1$  = factor de corrección para  $\Delta t$ .

$f_2$  = factor de corrección para la diferencia de temperatura de admisión del aire.

$f_3$  = factor de corrección para el refrigerante.

$f_4$  = factor de corrección para la altitud al nivel del mar.

A continuación de dan las tablas para corregir los factores.

$\Delta t$ ( $^{\circ}\text{K}$ )	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Factor $f_1$	1.78	1.58	1.44	1.32	1.22	1.12	1.06	1	0.95	0.90	0.85

TABLA IV-4

Temperatura de admisión del aire	10	15	20	25	30	32	35	40	45
Factor $f_2$	0.951	0.967	0.983	1	1.017	1.024	1.034	1.052	1.145

TABLA IV-5

Refrigerante	R404A	R22	R410A	R134a
Factor $f_3$	0.960	1	0.984	1.032

TABLA IV-6

Altitud sobre el nivel del mar (m)	0	500	1000	1500	2000	2500
Factor $f_4$	1	1.04	1.08	1.12	1.18	1.25

TABLA IV-7

Ejemplo:

Calculo de un condensador con los siguientes datos:

Capacidad: 10697.53 W

Temperatura de admisión del aire: máx. 30 $^{\circ}\text{C}$

Temperatura de condensado: 46 $^{\circ}\text{C}$

Localización de la instalación: 0 m

Refrigerante: R-22

$$f_1 = 0.95 \quad f_2 = 1.024 \quad f_3 = 1 \quad f_4 = 1$$

Capacidad nominal.

$$\text{QCN} = 10697.53 \times 0.95 \times 1.024 \times 1 \times 1 = 10.4 \text{ KW}$$

Una vez que se determino la capacidad del condensador se puede ir a la tabla B-1 del apéndice "B" para seleccionar un modelo de condensadora de acuerdo con la capacidad demandada. Por lo que el modelo que se muestra abajo es el que reúne los requisitos.

HLK 12 AV 5-1x1 L (D)

### 4.1.5 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

Las válvulas de expansión han de tener un orificio o paso diferente, de acuerdo con la capacidad de la instalación a que se destina. Los fabricantes facilitan sus tablas de rendimiento de acuerdo con las temperaturas de evaporación y condensación y con el refrigerante empleado, que deben consultarse en cada caso cuidadosamente. En las tablas del apéndice se muestran las capacidades para las válvulas de expansión termostáticas basadas a una temperatura de líquido de 100°F (37.8°C), para los refrigerantes R-12, R-22, R-134a, R-401A, R-402A, R-404A, R-407C, R-408, R-409, R-502, R-507; R-717 (amoníaco) capacidad que esta basada a 86°F (30°C). Para otras temperaturas de líquido, se debe aplicar el factor de corrección que viene en cada una de las tablas para cada tipo de refrigerante.

Otra particularidad importante es que el rendimiento de la válvula de expansión va en sentido inverso al del compresor. Cuando en éste aumenta su rendimiento al reducirse la temperatura de condensación, ocurre al revés en la válvula, cuyo rendimiento decrece con una temperatura de condensación más baja y viceversa. Por esta razón, se recomienda escoger la válvula de acuerdo con su capacidad a la temperatura de condensación más baja a que pueda trabajar el compresor durante el año.

Para la selección de la válvula de expansión termostática se empleara el método de caída de presión, el cual determinan con mayor precisión el valor de la válvula en cada caso. Dicha caída de presión es la diferencia entre las presiones de condensación y de evaporación. Debe tenerse en cuenta que, en las válvulas de inyección múltiple, con distribuidor de líquido, debe de reducirse la presión de condensación en 14 lb/pulg<sup>2</sup>.

El factor de corrección para la válvula esta basado en la temperatura estándar del líquido y la caída de presión. Hay que estar seguros de considerar todas las posibles fuentes de caída de presión:

- Perdidas por fricción a través de la línea de refrigeración incluyendo el evaporador y condensador.
- Caída de presión a través de la línea de líquido y accesorios tales como la válvula solenoide y filtro deshidratador.
- Caída de presión a través del distribuidor si es que se usa.

La válvula de expansión termostática se selecciona basándose en la temperatura de evaporación de diseño. Es posible que la capacidad de la válvula deba estar igual o ligeramente excedida del valor de diseño en el sistema. Debe estar seguro de aplicar el apropiado factor de corrección para la temperatura de líquido y caída de presión. Una vez que se tenga la capacidad de la válvula se puede seleccionar de tablas. En un sistema de evaporadores múltiples, se selecciona cada válvula para cada evaporador por individual. Ejemplo de selección para un refrigerante R-22

Aplicación: mediante la temperatura de refrigeración.

Temperatura de diseño del evaporador	2 °C
Temperatura de diseño del condensador	46°C
Temperatura de líquido del refrigerante	35°C
Capacidad de diseño del sistema	3 ton
Caída de presión a través de TEV:	
Presión en el condensador (psig)	240
Presión en el evaporador (psig)	62
	302
Perdidas en accesorios y línea de líquido (psi)	-10
Perdías en tubería y distribuidor (psi)	-165
	127
Refrigerante líquido corrección del factor	1.055
Caída de presión factor de corrección	1.12

Use la siguiente formula para calcular la capacidad de TEV:

Capacidad TEV = TEV clasificación x CF temperatura de líquido x CF caída de presión.

EGVE-1 capacidad de la válvula:  $3.112 \times 1.055 \times 1.12 = 3.67$  ton a 2°C temperatura de evaporación, 127 psi caída de presión y 35°C temperatura de líquido.

Los valores de la capacidad de la válvula, el factor de corrección de la caída de presión y el factor de temperatura de líquido se obtuvieron de la tabla C-1, C-4 y C-5 del apéndice "C"

#### 4.1.6 HUMIDIFICADOR

Para poder determinar que tipo de humidificador es el más conveniente para un equipo de aire acondicionado se debe partir de las condiciones iniciales y finales. Teniendo como dato la temperatura de bulbo seco inicial, la humedad relativa inicial, temperatura de bulbo seco final y humedad relativa final.

Estos datos se pueden graficar en la carta psicrométrica y encontrar la densidad para cada punto, una vez que se tengan ambas densidades se restan para encontrar la cantidad de agua que se requiere, y de esta manera poder determinar la capacidad del humidificador.

El caso que nosotros estamos analizando es para un equipo al nivel del mar por lo que la humedad ya es demasiado grande, pero vamos a suponer que la humedad llegase a bajar más de lo considerado y fuera necesario emplear un humidificador. Consideremos los siguientes datos:  $T_{bs1} = 16^\circ\text{C}$ ,  $HR1 = 40\%$ ,  $T_{bs2} = 18^\circ\text{C}$  y  $HR2 = 50\%$ . De la carta psicrométrica que se encuentra en el apéndice se obtienen los siguientes resultados.

$$D1 = 31 \text{ granos/lb}_{as}$$

$$D2 = 45 \text{ granos/lb}_{as}$$

Si se sabe que 1 lb = 7000 granos

$$1 \text{ ft}^3 = 0.0765 \text{ lb}_{as}$$

Para encontrar la cantidad de agua que se requiere hay que determinar  $\Delta d$

$$\Delta d = 45 - 31 = 14 \text{ gr/lb}_{as}$$

realizando la conversión con los datos proporcionados para obtener  $\text{lb/ft}^3$ , se obtiene el siguiente resultado.

$$\Delta d = 0.000153 \text{ lb/ft}^3$$

$$m = Q \times \Delta d = \text{Flujo masico} \quad \text{EC. (4.14)}$$

Considerando un flujo volumétrico (Q) de 1800 CFM

$$m = 1800 \text{ ft}^3/\text{min} \times 0.000153 \text{ lb/ft}^3$$

$$m = 0.2754 \text{ lb/min } \acute{o}$$

$$m = 16.5 \text{ lb/hr}$$

Con este resultado podemos seleccionar un humidificador que tenga la capacidad de 16.5 lb/hr.

#### 4.1.7 TUBERÍA

La magnitud de las pérdidas de energía producidas por muchos tipos de válvulas y de conectores es directamente proporcional a la velocidad del fluido. Lo anterior se puede expresar en forma matemática:

$$h_L = K(v^2/2g) \quad \text{EC. (4.15)}$$

El término K (adimensional) es el coeficiente de resistencia, que por lo general se le encuentra experimentalmente;  $v$  (m/s) es la velocidad,  $g$  ( $\text{m/s}^2$ ) es el valor de la gravedad.

$$K = (L_c/D) f_T \quad \text{EC. (4.16)}$$

$L_c/D$  = Proporción de longitud equivalente

$f_T$  = Factor de fricción en el conducto al cual esta conectada la válvula.

Las pérdidas por fricción en conductos y tubos se expresan en la ecuación de Darcy:

$$h_L = f \times (L/D) \times (v^2/2g) \quad \text{EC. (4.17)}$$

Donde  $f$  (adimensional) es el factor de fricción,  $L$  (m) es la longitud,  $D$  (m) el diámetro de la tubería,  $v$  (m/s) la velocidad del fluido y  $g$  (m/s<sup>2</sup>) el valor de la gravedad.

El valor de  $f$  para un flujo laminar es:

$$f = 64/N_R \quad \text{EC. (4.18)}$$

$$N_R = (vD\rho)/\mu \quad \text{EC. (4.19)}$$

Donde  $N_R$  (adimensional) es el número de Reynolds,  $v$  (m/s) la velocidad,  $D$  (m) el diámetro de la tubería,  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) la densidad del fluido, y  $\mu$  (N.s/m<sup>2</sup>) la viscosidad dinámica.

Cuando el flujo no es laminar se recurre al diagrama de Moody para encontrar el factor de fricción, partiendo del Número de Reynolds y la rugosidad relativa  $D/c$  ( $D$  es el diámetro y  $c$  la rugosidad del tubo).

Las pérdidas de energía debido a la fricción se logran con la ecuación general de la energía.

$$P_1/\gamma + z_1 + v_1^2/2g + h_L = P_2/\gamma + z_2 + v_2^2/2g \quad \text{EC. (4.20)}$$

$P$  = presión (N/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = peso específico (N/m<sup>3</sup>)

$z$  = altura (m)

$v$  = velocidad (m/s)

$g$  = gravedad (m/s<sup>2</sup>)

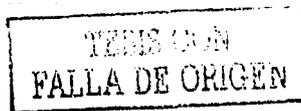
$h_L$  = pérdidas por fricción (m)

Es importante considerar la rapidez del flujo dentro de las tuberías para obtener un mejor análisis, enseguida se dan las formulas para determinar la rapidez del flujo:

$$Q = Av \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad \text{Rapidez de flujo de volumen} \quad \text{EC. (4.21)}$$

$$W = \gamma Q \quad (\text{N/s}) \quad \text{Rapidez de flujo de peso} \quad \text{EC. (4.22)}$$

$$M = \rho Av \quad (\text{kg/s}) \quad \text{Rapidez de flujo de masa} \quad \text{EC. (4.23)}$$



## 4.1.8 INDICADORES DE LÍQUIDO Y HUMEDAD

Para determinar que tipo de indicador de líquido y humedad se puede utilizar en un equipo de aire acondicionado, se debe considerar el diámetro de la tubería y el tipo de conexión que se quiere.

Los tipos de conexiones y diámetros comerciales que se tienen son los que se muestran en la tabla IV-8

Un tipo de conexión que es muy recomendable, es la soldable en ambos extremos, esto se debe a que en este tipo de conexiones se corre menos riesgo que se tengan fugas en un futuro, sin en cambio las conexiones roscables (flare), con el tiempo y la vibración del equipo empiezan a aflojarse y tener fugas, pero para cuestiones de reemplazo son mucho más fáciles de cambiar

MACHO FLARE		
¼	SA-12	2.87
3/8	SA-13	3.37
½	SA-14	3.81
5/8	SA-15	4.12
EMBRA Y MACHO FLARE		
¼	SA-12FM	2.56
3/8	SA-13FM	2.97
½	SA-14FM	3.44
MACHO FLARE CON TUERCA GIRATORIA		
3/8	SA-13U	3.64
½	SA-14U	4.13
5/8	SA-15U	4.44
TUERCA GIRATORIA EN AMBOS EXTREMOS		
3/8	SA-13UU	3.95
½	SA-14UU	4.50
5/8	SA-15UU	4.75
EMBRA FLARE CON TUERCA GIRATORIA		
3/8	SA-13FU	3.19
½	SA-14FU	3.75
TUERCA GIRATORIA Y EXTREMO SOLDABLE		
3/8	SA-13SU	4.19
½	SA-14SU	4.62
5/8	SA-15SU	4.89
EXTREMOS SOLDABLES		
¼	SA-12S	
3/8	SA-13S	4.62
½	SA-14S	
5/8	SA-15S	
7/8	SA-17S	4.87
1 1/8	SA-19S	6.31
1 3/8	SA-211	
1 5/8	SA-213	8
2 1/8	SA-217	

TABLA IV-8

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

Como se menciona anterior mente se seleccionara un indicador de liquido y humedad de conexión soldable para evitar fugas. La posición del indicador puede ser horizontal o vertical, pero nunca con una inclinación.

## 4.2 ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

En la selección de los componentes eléctricos de potencia se debe considerar la corriente nominal que consume cada uno de ellos, para evitar que se dañen por una sobre corriente. Se puede considerar elementos de potencia, aquellos que manejan un rango de voltaje de entre 440 – 127 volts ya que su demanda de corriente es muy grande en comparación con los elementos de control. Las partes eléctricas quizás sean unas de las más delicadas y costosas.

### 4.2.1 CONTACTORES

Criterios de elección:

- Tipo de corriente, tensión y frecuencia de alimentación de la bobina.
- Potencial nominal de la carga.
- Condiciones de servicio: ligera, normal, dura, extrema.
- Frecuencia de maniobra, robustez mecánica y robustez eléctrica.
- Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
- Posición del funcionamiento del contactor vertical u horizontal.
- Categoría de empleo o clase de carga.

Elección de un contactor electromagnético.

- Es necesario conocer las siguientes características del receptor:
- La tensión nominal de funcionamiento, en voltios (V).
- La corriente de servicio ( $I_e$ ) que consume, en amperios (A).

Potencia mecánica (P <sub>m</sub> ) (kW)	Corriente de servicio (I <sub>e</sub> ) (A)	
	220 V	380 V
0,75	3	2
1,1	4	2,5
1,5	6	3,5
2,2	8,5	5
3	11	6,5
4	14,5	8,5
5,5	18	11,5
7,5	25	15,5
10	35	21
11	39	23
15	51	30
22	73,5	44

TABLA IV-9

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

- La naturaleza y la utilización del receptor, o sea, su categoría de servicio.

Categoría de servicio	$I_c / I_e$	Factor de potencia
AC1	1	0,95
AC2	2,5	0,65
AC3	1	0,35
AC4	6	0,35

TABLA IV-10

La corriente cortada, que depende del tipo de categoría de servicio y se obtiene a partir de la corriente de servicio, amperios (A).

Los pasos a seguir para la elección de un contactor son los siguientes:

1. Obtener la corriente de servicio ( $I_e$ ) que consume el receptor.
2. A partir del tipo de receptor, obtener la categoría de servicio.
3. A partir de la categoría de servicio elegida, obtener la corriente cortada ( $I_c$ ) con la que se obtendrá el calibre del contador.

Además, hay que considerar la condición del factor de potencia, ya que, en el caso de los circuitos de alumbrado con lámparas de descarga (vapor de mercurio, sodio,...) con factor de potencia 0,5 (sin compensar), su categoría de servicio es AC3, aunque por su naturaleza debería ser AC1. Mientras que si estuviera compensado a 0,95, su categoría sería AC1.

Aplicaciones.

Las aplicaciones de los contactores, en función de la categoría de servicio, son:

Categoría de servicio	Aplicaciones
AC1	Cargas puramente resistivas para calefacción eléctrica.
AC2	Motores asíncronos para mezcladoras, centrifugas.
AC3	Motores asíncronos para aparatos de aire acondicionado, compresores, ventiladores.
AC4	Motores asíncronos para grúas, ascensores.

TABLA IV-11

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

### EJEMPLO

Elegir el contactor más adecuado para un circuito de calefacción eléctrica, formado por resistencias débilmente inducidas, cuyas características son las siguientes:

Tensión nominal: 220 V    Potencial total: 11 kW    Factor de potencia: 0,95 inductivo.

Solución:

1. La corriente de servicio se obtiene aplicando la expresión de la potencia en circuito trifásico:  $I_c = P / \sqrt{3} * V * \cos \phi = 30,5 \text{ A}$
2. La categoría es AC1, por ser resistivo el receptor y su factor de potencia próximo a la unidad.
3. La corriente cortada es igual a la servicio, por lo que el calibre del contactor a elegir es de 32 A.

Las categorías del contactor elegido son:

- Categoría: AC1 (por ser el  $\cos \phi = 0,95$ ).
- Calibre: 32 A.

#### 4.2.2 INTERRUPTOR (BREAKERS)

El interruptor debe soportar toda la corriente de cada uno de los componentes eléctricos, es decir, la suma de todas las corrientes que existan en el circuito eléctrico del equipo de aire acondicionado. Una vez que se tenga la suma se selecciona un interruptor que se encuentre su capacidad por encima de la demandada.

Al hacer el pedido de un interruptor se tiene que contemplar el número de polos y el tipo, este puede ser termomagnético o diferencial por mencionar algunos. El interruptor termomagnético posee la ventaja de permitir acoplarle una importante gama de auxiliares adaptables, como contactos de señalización, bobinas de disparo y bobinas de mínima tensión, son aparatos destinados a la protección de los conductores que conforman las instalaciones eléctricas, contra sobrecargas y/o cortocircuitos. El interruptor diferencial está destinado a proteger la vida de las personas contra contactos accidentales de elementos bajo tensión, además de prevenir en los edificios los riesgos de incendio provocados por fugas de corriente eléctrica.

La determinación de un interruptor está en función de la corriente máxima que va a pasar por este elemento ó que se quiere que pase, así como el tipo de servicio que deseamos que nos brinde.

#### 4.2.3 CABLEADO

En una instalación eléctrica es muy importante considerar el calibre del conductor, para no tener una gran caída de tensión a lo largo de la instalación, de acuerdo con la norma NTIE establece que la caída de tensión par el circuito principal no debe rebasar el 3%, y para el circuito derivado el 3%, sin que los dos circuitos sobrepasen el 5%.

Existen dos métodos los cuales se calcula el calibre del conductor, el primero es en base a la corriente pero este no es muy confiable, el segundo es por la caída de tensión, que es mucho más confiable que el anterior.

Se calculara el calibre del conductor para el compresor seleccionado, como ejemplo, utilizando ambos métodos.

El compresor ZR36K3 trabaja a un voltaje de alimentación de 200/230-3-60, una corriente de 18.4 Amps, una caída de tensión del 2%, y el compresor esta a 8m del punto de alimentación.

Como en este caso ya se esta dando el valor de la corriente ya no es necesario calcularla pero si no se tuviera, la formula para el cálculo por corriente es:

$$I = P/(V \cdot \cos \theta) \quad Vf = VL/raizcad3 \quad EC. (4.24)$$

Con el valor de la corriente buscamos en la tabla E-1 del apéndice "E" y encontramos que el calibre del conductor es de calibre 12 el cual soporta una corriente de 20 Amps y tiene una sección de 2.08 mm<sup>2</sup>

Por el método de caída de tensión.

$$S = 4 \cdot L \cdot I / (V \cdot e\%) \quad EC. (4.25)$$

Sustituyendo valores:

$$e\% = (4 \cdot 8 \cdot 18.4) / (127 \cdot 2.08) = 2.2\%$$

Si analizamos el resultado de la caída de tensión con un calibre 12 vemos que es mayor que la que se esta pidiendo, y si se aumentara la longitud esta caída aumentaría por lo que no es muy recomendable usar el método de la corriente.

#### 4.2.4 TRANSFORMADOR

El transformador se encarga de reducir o ampliar el voltaje dependiendo de las necesidades, un equipo de aire acondicionado utiliza un transformador regularmente de 220 a 24 volts, estos 24 v son utilizados para controlar aquellos elementos de control como puede ser: contactores, relevadores, temporizadores, etc. Por lo que surge la necesidad de contemplar la corriente total que demandan estos componentes.

Los transformadores generalmente se piden en función de su voltaje en el lado primario y secundario, y la potencia expresada en VA (Volts - Amperes). Una manera fácil y sencilla de pasar la corriente a potencia es utilizando la formula:

$$P = I \cdot V \quad EC. (4.26)$$

Por ejemplo: Si el valor de la corriente de todos los elementos de control fuera de 1.3 Amperes y se necesita un voltaje a 24 volts. La potencia del transformador debe ser:

$$P = 1.3 \cdot 24 = 31.2 \text{ VA}$$

Para no correr riesgo se sobre dimensiona un poco el transformador y se puede pedir uno de 40 VA.

### 4.2.5 RESISTENCIAS

La potencia que hay que transferir al aire por el sistema de calentamiento,  $N_a$ , expresada en watts, se determina por el incremento de temperatura,  $\Delta T$  en  $^{\circ}\text{C}$ , del flujo de aire,  $Q$ , en  $\text{m}^3/\text{s}$ , de la masa específica del aire,  $\rho_a$ , en  $\text{kg}/\text{m}^3$ , y de la entalpía específica del aire,  $C_a$ , en  $\text{J}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$  por medio de la ecuación:

$$N_a = Q \times \rho_a \times C_a \times \Delta T \quad \text{EC. (4.27)}$$

Como la masa específica y la entalpía específica del aire se pueden considerar constantes e iguales a  $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$  y  $1005 \text{ J}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, dentro de la banda de temperaturas utilizadas en los procesos de secado a bajas temperaturas, la potencia que hay que transferir al aire por un sistema de calentamiento se puede determinar, de manera simplificada, por la ecuación siguiente:

$$N_a = 1206 \times Q \times \Delta T \quad \text{EC. (4.28)}$$

**EJEMPLO 11** - Determinar la potencia que hay que transferir al aire por un sistema de calentamiento para producir un incremento de temperatura de  $2,5^{\circ}\text{C}$ , sabiendo que el sitio de secado a bajas temperaturas tiene un ventilador con flujo de aire de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**SOLUCION** - La potencia que hay que transferir al aire por el sistema de calentamiento es

$$N_a = 1206 \times 5 \times 2,5 = 15075 \text{ W}$$

Fuentes de calentamiento del aire

Una de las formas de calentamiento del aire que se emplean es el uso de resistencias eléctricas. La eficiencia térmica, en tal caso, se puede considerar  $100\%$ .

**EJEMPLO 12** - Dimensionar un sistema de calentamiento eléctrico capaz de promover un incremento de temperatura de  $2,5^{\circ}\text{C}$ . El sitio que tiene capacidad para  $20,4 \text{ m}^3$  utiliza un ventilador que proporciona  $1,27 \text{ m}^3/\text{s}$  de aire. Determinar el consumo de energía eléctrica del sistema de resistencias eléctricas, considerando un tiempo de secado de 170 horas.

**SOLUCION** - La potencia que se debe transferir al aire es

$$N_a = 1206 \times 1,27 \times 2,5 = 3829 \text{ kW}$$

Como la eficiencia térmica, cuando se utilizan resistencias eléctricas, se puede considerar  $100\%$ , se tiene que el conjunto de resistencias eléctricas debe tener una potencia igual a

$$N_a = 3829 \text{ kW}$$

El consumo de energía,  $E_c$ , expresado en joule, se calcula sobre la base de la potencia del conjunto de resistencias eléctricas,  $N_a$ , en watts, y del tiempo de utilización del sistema,  $t$ , en segundos, con la ecuación

$$E_c = N_a \times t \quad \text{EC. (4.29)}$$

En tal caso, se tiene que

$$N_a = 3829 \text{ kW};$$

$$t = 170 \times 3600 = 612000 \text{ s}$$

$$E_c = 3829 \times 612000 = 2,34 \times 10^9 \text{ J}$$

Dicho consumo de energía equivale a 650 -kWh.

### 4.3 ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE CONTROL

Los elementos de control se han convertido en los componentes quizás más importantes de una máquina, son los encargados de controlar los movimientos, arranque y paro de motores, protecciones para componentes mecánicos y eléctricos, etc. La selección de los componentes de control va depender de que tanta precisión se requiera en el dispositivo de control.

#### 4.3.1 TEMPORIZADORES (TIMERS)

La selección de un temporizador esta en función de las siguientes condiciones de trabajo:

- Voltaje de operación
- Frecuencia de operación
- Tolerancia del tiempo
- Tiempo de retardo (fijo ó ajustable)
- Corriente máxima de funcionamiento
- Temperatura de operación
- Humedad relativa máxima

Si se tienen los valores de los parámetros arriba señalados, se puede proseguir a la elección del temporizador, en uno catalogo de algún proveedor que se tenga.

Para determinar el valor de los parámetros se deben conocer las características del componente a controlar así como el tiempo de respuesta que se requiere.

#### 4.3.2 VÁLVULA SOLENOIDE

Parámetros que se deben conocer para la selección de una válvula solenoide:

Tipo de refrigerante

Capacidad requerida

Máxima operación de presión diferencial requerida (MOPD)

Especificaciones eléctricas (voltaje y frecuencia)

En el apéndice "D" se muestran una tablas con las especificaciones de algunas válvulas solenoides, elegiremos una válvula para una capacidad de 3 tons.

Como primer paso tenemos que definir que tipo de refrigerante es el que vamos a utilizar, que es el R-22. En la tabla D-1 se encuentra este tipo de refrigerante, pero además se debe considerar cual es la caída de presión que deseamos, consideremos una caída de 1.6 psi para una capacidad de 3 tons, para esta caída de presión se tienen dos tipos de válvulas, en la tabla IV-12 se muestra una extracción de la tabla del apéndice.

TIPO	VALVULAS SERIE "E"	tons														
		12					22					134a				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
E3	A3	0.7	1.0	1.2	1.4	1.6	0.9	1.3	1.6	1.9	2.1	0.8	1.2	1.5	1.8	1.4

TABLA IV-12

Una vez que se tiene el tipo de válvula solenoide que se requiere, pasamos a la tabla D-3, donde se dan más especificaciones sobre los tipos de válvulas.

De acuerdo al diámetro de tubería que se tenga a la salida de la condensadora hacia la válvula de expansión termostática se determina el diámetro de la conexión que se necesita para la válvula solenoide, como ejemplo se considera que el diámetro de la tubería es de 3/8. Otro punto que se debe considerar es el tipo de vástago, para los tipos de válvulas que se eligieron anteriormente sólo se tienen sin vástago para abrir manualmente, entonces ahora hay que considerar la posición de la válvula solenoide (normalmente abierta o cerrada), pero sólo se tienen en posición normalmente cerradas. Ahora se considera el modo de acoplamiento el cual se recomienda que sea soldable y conexiones extendidas, lo que da como resultado una válvula solenoide tipo E3S130 que tiene las siguientes características: Conexiones extendidas, sin vástago para abrir manualmente, normalmente cerrada, una conexión de 3/8" ODF, orificio de 2.6 mm, MOPD de 300 psi y una potencia de 10 Watts.

### 4.3.3 TERMOSTATO

La selección del termostato esta en función de la temperatura que se requiere controlar, es decir, se necesita saber cual es el rango máximo y mínimo de temperatura que puede existir en un área determinada, así como también la sensibilidad ó diferencia de temperatura que puede sentir el termostato para el paro y arranque del equipo de aire acondicionado una vez que se haya fijado el valor de la temperatura deseada.

Con los parámetros definidos anteriormente se determinar el tipo de termostato que se requiere, esto se puede hacer con ayuda de tablas que proporciona cada fabricante, existe una gran variedad de reconocidas marcas de termostatos por lo que se pueden tener varias opciones con las mismas características, la mejor opción va ha depender del conocimiento practico que se haya adquirido a través de la experiencia.

Escogeremos el termostato para un equipo de aire acondicionado de precisión, que debe manejar un rango de temperatura de entre +15°C y +30°C como mínimo, con una

sensibilidad de 1°C a 2°C. Observemos la tabla IV-13 proporcionada por alguno de los fabricantes y hagamos la selección correcta.

**TERMOSTATO DE BULBO A19 JOHNSON CONTROLS**

MODELO	ESCALA °C	DIF °C	LONGITUD CAPILAR
A19AAC - 9005	-5/+28	2	2 m
A19AAC - 9102	-35/-10	2.5	
A19AAC - 9127	+1/+60	1.5	3 m
A19ABC - 9037	-35/+40	2 a 8	3.5 m
A19ABC - 9104	-5/+28	2 a 8	2 m
A19ABC - 9106	+10/+95	2.5 a 13	3.5 m
A19ABC - 9116	+1/+60	2 a 8.5	3 m
A19ACC - 9101	-5/+28	6 rearme manual	2 m
A19ACC - 9105	-35/+10		3.5 m

TABLA IV-13

De la tabla IV-13 se selecciona el termostato de modelo A19AAC - 9127, por encontrarse dentro del rango que se pide que maneje el equipo de aire acondicionado y es el que más se acerca al valor de la sensibilidad.

Existen termostatos digitales con los que se puede alcanzar un rango mucho mayor y una sensibilidad más reducida y exacta. Muchos de los fabricantes de equipos de aire acondicionado utilizan estos tipos de termostatos y humidostatos, estos componentes son parte de su tecnología.

#### 4.3.4 HUMIDOSTATO

El humidostato es el encargado de controlar la humedad, por lo que se requiere saber cuales son los parámetros dentro de los que debe trabajar. Se considera que un equipo de aire acondicionado de precisión trabaje dentro del rango de 35% a 80% HR, con una sensibilidad del 5%. Por lo que las características del humidostato deben de cumplir.

A continuación se muestra la tabla IV-14 donde vienen algunos modelos de humidostatos digitales, a partir de los parámetros mencionados se escogerá un humidostato.

Iae ELECTRONIC		
MODELO	ESCALA DE TRBAJO	PRECISION
RH 88	10 - 90	+5%
HD9513TV	5 - 95	+2%
HD95131C	5 - 95	+2%

Tabla IV-14

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Cual quiera de los tres modelos que vienen en la tabla puede servir para el equipo de aire acondicionado, si se escoge uno de los que tienen una precisión del 2% se obtendrá mayor precisión en el equipo, al menos para el control de humedad.

### 4.3.5 RELEVADOR

La decisión de que tipo de relevador es el que se debe emplear esta en función de los circuitos a controlar, hay que tener en consideración las siguientes variables como es: la corriente máxima que va a pasar por el relevador al momento de cierre del circuito, el voltaje que puede ser alterno o directo y la intensidad que maneja.

En cuanto al relevador hay que estimar cual es el voltaje que controla la bobina que acciona el cierre de los contactos y si es de corriente alterna o directa, la tabla IV-15 contiene algunas de las propiedades con que cuenta un relevador para su elección.

HONGFA RELAY

VOLTAJE NOMINAL VDC	VOLTAJE DE PICO VDC	CAIDA DE VOLTAJE VDC	VOLTAJE ADMISIBLE MAX. VDC	RESISTENCIA DE LA BOBINA Tolerancia 10% $\Omega$	VOLTAJE NOMINAL VAC	VOLTAJE DE PICO VAC	CAIDA DE VOLTAJE VAC	VOLTAJE ADMISIBLE MAX. VAC	RESISTENCIA DE LA BOBINA Tolerancia 10% $\Omega$
6	4.8	0.6	7.2	23.5	6	4.8	1.8	7.2	3.9
12	9.6	1.2	14.4	95	12	9.6	3.6	14.4	16.3
24	19.2	2.4	28.8	430	24	19.2	7.2	28.8	70
48	38.4	4.8	57.6	1630	48	38.4	14.4	57.6	315
100	80.0	10.0	120.0	6800	100/120	88.0	36.0	132.0	1600
110	88.0	11.0	132.0	7300	220/240	176.0	72.0	80.0	6800

TABLA IV-15

Con ayuda de esta tabla se puede seleccionar el relevador (relay) de acuerdo a las necesidades anteriormente mencionadas.

### 4.3.6 PRESOSTATO

Para la determinación de los presostatos se considera si este va a trabajar en el lado de alta o baja presión dentro del sistema de refrigeración, el rango de los presostatos debe estar dentro de las presiones del sistema, son los encargados de proteger los elementos mecánicos del equipo de aire acondicionado que en este caso es el compresor principalmente.

Se puede deducir que se tienen dos presostatos por lo menos en un equipo de aire acondicionado, el de alta y baja. Los presostatos manejan una escala o rango de trabajo, una diferencia de presión para su calibración y un tipo de restaurador en caso de que sobrepasen el valor al que fueron calibrados, este puede ser del tipo manual ó automático. Se recomienda que se han del tipo manual para correr menos riesgo de que el equipo se este protegiendo periódicamente y pueda llegar a un daño permanente.

En la tabla IV-16 se observan algunos presostatos que tienen el rango de trabajo en bars, que es otra unidad de medida de la presión, por lo que puede ser necesario realizar una conversión de unidades antes de determinar cual puede ser el mejor presostato.

## Presostatos ALTA, BAJA y ALTA/BAJA para freones JOHNSON CONTROLS

MODELO	APLICACIÓN	ESCALA/bar	DIF/bar
P77AA-9300	BAJA	- 0.5/7	0.5/3
P77BCA-9300	BAJA rearme manual	0.5/7	0.5 sobre ajuste
P77AAA-9350	ALTA	3/30	3/12
P77BEA-9350	ALTA rearme manual	3/30	3 bajo ajuste
P78LCA-9300	ALTA/BAJA	-0.5/7 3/30	-0.3 3
P78MCA-9300	ALTA/BAJA rear/man/ALTA	0.5/7 3/30	0.5/3 3 bajo ajuste
P78PGA-9300	ALTA/BAJA rearme manual alta y baja	0.5/7 3/30	0.5 sobre ajuste 3 bajo ajuste

TABLA IV-16

Para tener una mayor confiabilidad, es recomendable poner un presostato de baja y otro de alta, en vez de uno combinado que cumpla con ambas funciones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPÍTULO V ENSAMBLE DE LOS COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

### 1.1 PARTE MECÁNICA

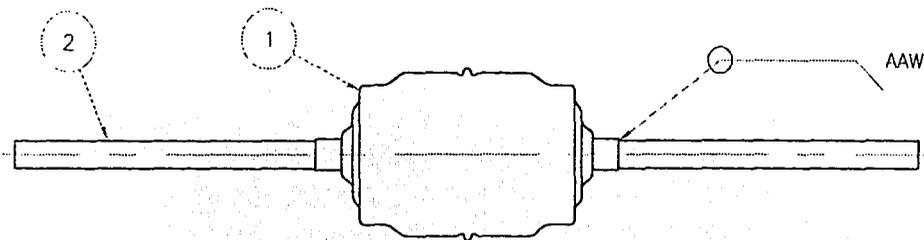
En esta parte se muestran algunos diagramas de los componentes mecánicos como son: Filtro deshidratador, indicador de líquido y humedad, válvula solenoide, válvula de expansión Termostática, etc.

Los diagramas indican el tipo de soldadura que se debe aplicar a cada uno de los componentes y algunos cuidados que se tienen al hacer una soldadura, a continuación se mencionan algunos:

1. El corte de los tubos debe hacerse perfectamente perpendicular al eje del tubo, siendo preferible proceder a esta operación con una herramienta corta tubos.
2. Desbarbado. Las rebabas producidas por el corte se eliminan con un escurador cónico especial o bien una lima.
3. Limpieza. Las superficies que han de soldarse deberán ser desengrasadas y decapadas cuidadosamente por medio de materias abrasivas o agentes químicos apropiados.
4. La temperatura de la soldadura debe ser uniforme y superior en algunos grados al punto del estado líquido del metal de aportación.
5. El tiempo de calentamiento debe ser también lo más corto posible.
6. Para limpiar la tubería en su interior, se usan gases inertes como nitrógeno, argón y el helio. Siendo muy elevado el costo del argón y el helio. El nitrógeno ofrece mejores resultados, pero debe estar completamente deshidratado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2	2	TUBERÍA	5/8 TIPO ACR	COBRE
1	1	FILTRO DESHIDRATADOR	SPORLAN DE 5/8 C-165 (L-S)	
Item	Qty	Description	Standard	Material



NOTA: Realizar todas las especificaciones que sedan al copienzo del capitulo para aplicar una buena soldadura

SIMBOLO

○ SOLDADURA A TODO ALREDEDOR

AAW SOLDADURA CON OXIACETILENO

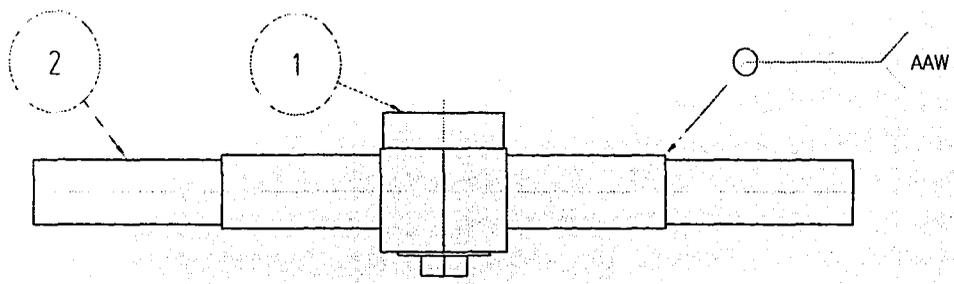
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Análisis para el Ensamble de un Equipo de Aire Acondicionado de Precisión

MATERIAL: FILTRO DESHIDRATADOR			REVISO: ING. ALEJANDRO RODRIGUEZ L.
FECHA: 06/06/02	CANTIDAD: (1)	ACOT: SIN	NOMBRE: FILTRO DESHIDRATADOR
DISENO: LEO P.	DIBUJO: LEO P.	PLANO DE: ENSAMBLE	

ENSAMBLE DE LOS COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

2	2	TUBERIA	TIPO ACR 5/8	COBRE
1	1	INDICADOR DE LIQUIDO	SA-15-S (5/8)	
Item	Qty	Description	Standard	Material



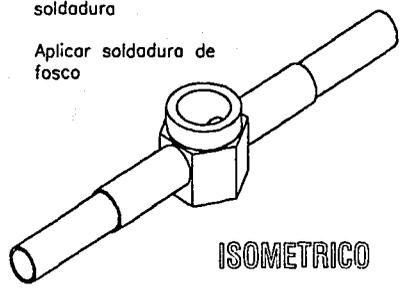
NOTA: Realizar todas las especificaciones que sedan al copienzo del capitulo para aplicar una buena soldadura

Aplicar soldadura de fosco

SIMBOLO

○ SOLDADURA A TODO ALREDEDOR

AAW SOLDADURA DE OXIACETILENO



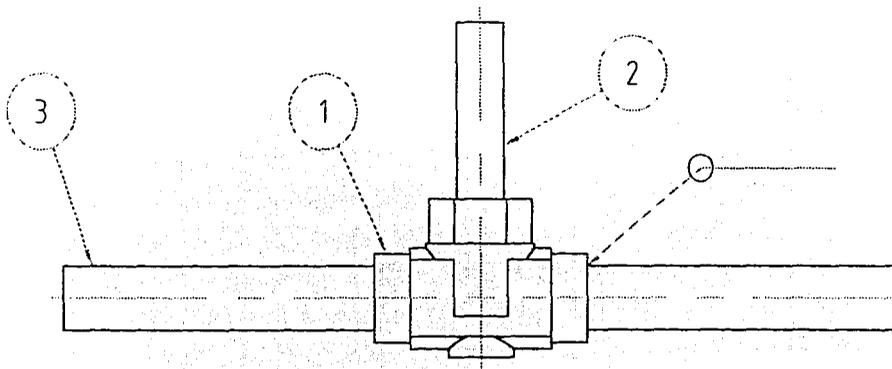
ISOMETRICO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Analisis para el Ensamble de un Equipo de Aire Acondicionado de Precisión

MATERIAL: INDICADOR DE LIQUIDO		REVISO: JMG ALEJANDRO LORENZANA	
FECHA: 06/06/02	CANTIDAD: (1)	ACOT: SIN	NOMBRE: INDICADOR DE LIQUIDO
DISEÑO: LEO P.	DIRUJO: LEO P.	PLANO DE: ENSAMBLA	

3	2	TUBERIA	TIPO ACR 5/8"	COBRE
2	1	VASTAGO		
1	1	CUERPO DE LA VÁLVULA		
Item	Qty	Description	Standard	Material



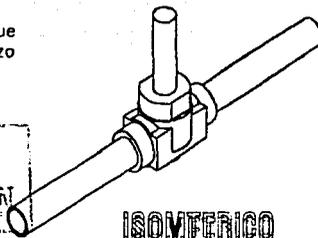
NOTA: Aplicar soldadura de plata.

realizar todas las especificaciones que se dan al comienzo del capítulo para aplicar una buena soldadura.

SIMBOLO

○ SOLDADURA A TODO ALREDEDOR

TESTE CON FALLA DE ORIGEN



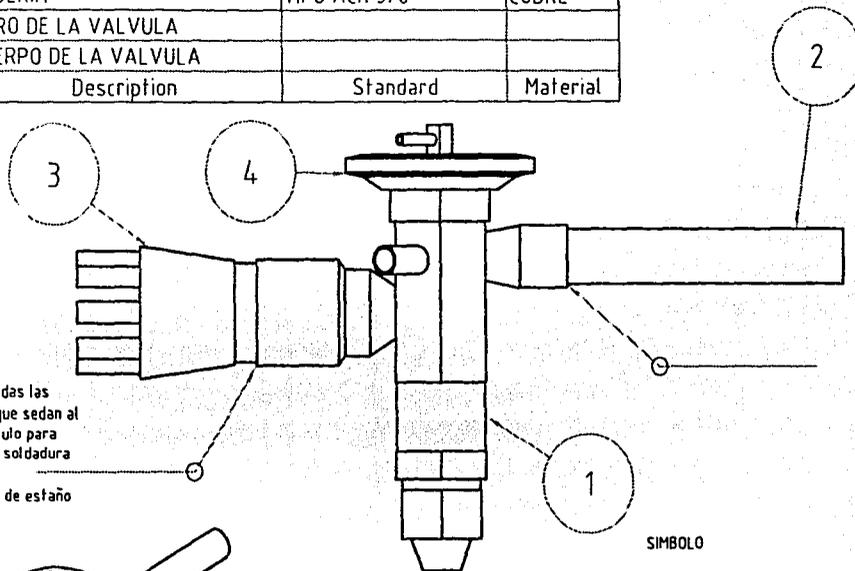
ISOMETRICO

Análisis para el Ensamble de un Equipo de Aire Acondicionado de Precisión

MATERIAL: VALVULA SOLENOIDE		REVISO: ING. ALEJANDRO RODRIGUEZ L.	
FECHA: 16/06/02	CANTIDAD: (1)	ACOT: SIN	NOMBRE: VALVULA SOLENOIDE
DISEÑO: LEO P.	DIBUJO: LEO P.	PLANO DE: ENSAMBLE	

C/Mis Documentos/Tests/Valvula Solenoide ROJA No. 1.

4	1	DISTRIBUIDOR		
3	1	TUBERIA	TIPO ACR 5/8"	COBRE
2	1	GORO DE LA VALVULA		
1	1	CUERPO DE LA VALVULA		
Item	Qty	Description	Standard	Material



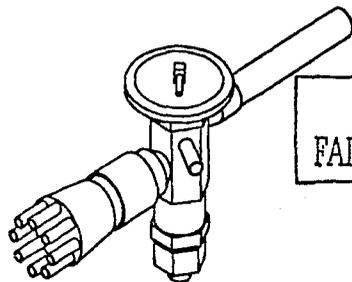
NOTA: Realizar todas las especificaciones que sedan al copienzo del capitulo para aplicar una buena soldadura

Aplicar soldadura de estaño

SIMBOLO

○ SOLDADURA A TODO ALREDEDOR

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



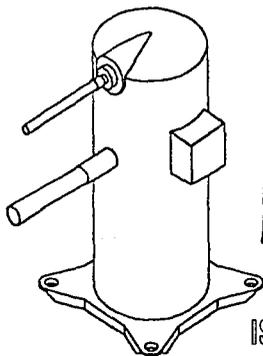
Análisis para el Ensamble de un Equipo de Aire Acondicionado de Precisión

MATERIAL: VALVULA DE EXPANSION	REVISO: ING. ALEJANDRO RODRIGUEZ L.
FECHA: 16/06/02	CANTIDAD: (1)
ACOT: SIN	NOMBRE: VALVULA DE EXPANSION
DISENO: LEO P.	PLANO DE: ENSAMBLE

3	1	TUBERIA	TIPO ACR DE 1"	COBRE
2	1	TUBERIA	TIPO ACR DE 3/8"	COBRE
1	1	COMPRESOR	TIPO SCROLL DE 3 TON.	
Item	Qty	Description	Standard	Material

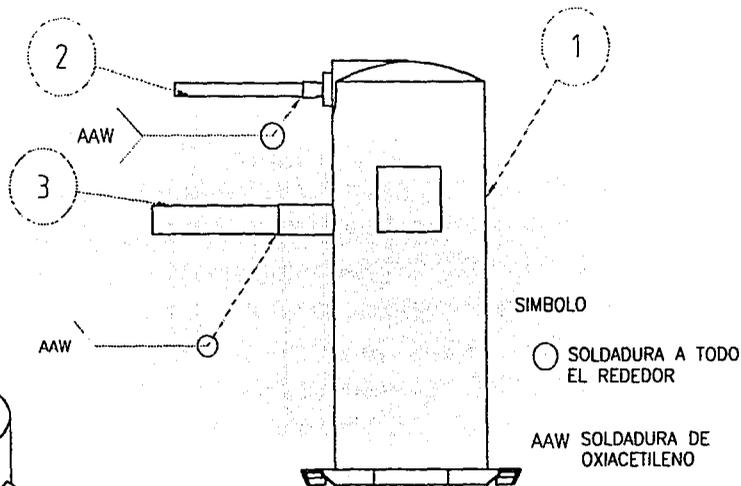
NOTA: Realizar todas las especificaciones que sedan al copienzo del capitulo para aplicar una buena soldadura

Aplicar soldadura de fosco



ISOMETRICO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



SIMBOLO

○ SOLDADURA A TODO EL REDEDOR

AAW SOLDADURA DE OXIACETILENO

Analisis para el Ensamble de un Equipo de Aire Acondicionado de Precision

MATERIAL:  
COMPRESOR

REVISO:  
ING. ALEJANDRO RODRIGUEZ L.

FECHA: 17/06/02

CANTIDAD: (1)

ACOT: SIN

NOMBRE:

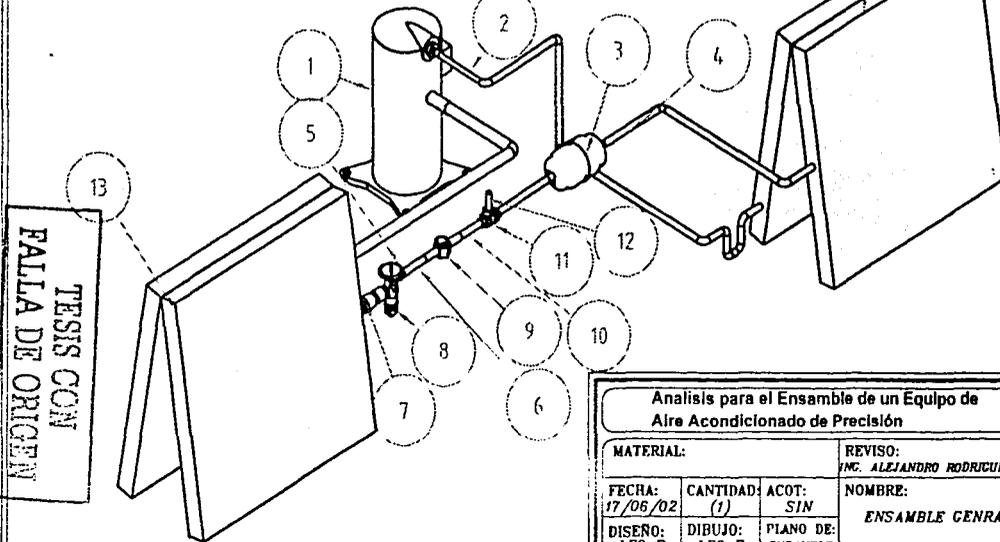
COMPRESOR

DISEÑO:  
LEO P.

DIBUJO:  
LEO P.

PLANO DE:  
ENSAMBLE

13	2	EVAPORADOR Y CONDENSADOR		
12	1	IVASTAGO		
11	1	CUERPO DE LA VÁLVULA		
10	1	TUBERÍA	TIPO ACR 5/8"	COBRE
9	1	INDICADOR DE LIQUIDO	SA-15-S (5/8)	
8	1	CUERPO DE LA VALVULA		
7	1	DISTRIBUIDOR		
6	1	TUBERÍA	TIPO ACR 5/8"	COBRE
5	1	GORO DE LA VALVULA		
4	1	TUBERÍA	TIPO ACR 5/8"	COBRE
3	1	FILTRO DESHIDRATADOR	SPORLAN DE 5/8 C-165 (-S)	
2	1	TUBERÍA	TIPO ACR DE 5/8"	COBRE
1	1	COMPRESOR	TIPO SCROLL DE 3 TON	
Item	Qty	Description	Standard	Material



### Análisis para el Ensamble de un Equipo de Aire Acondicionado de Precisión

MATERIAL:

REVISO:

INC. ALEJANDRO RODRIGUEZ L.

FECHA:  
17/06/02CANTIDAD:  
(1)ACOT:  
SIN

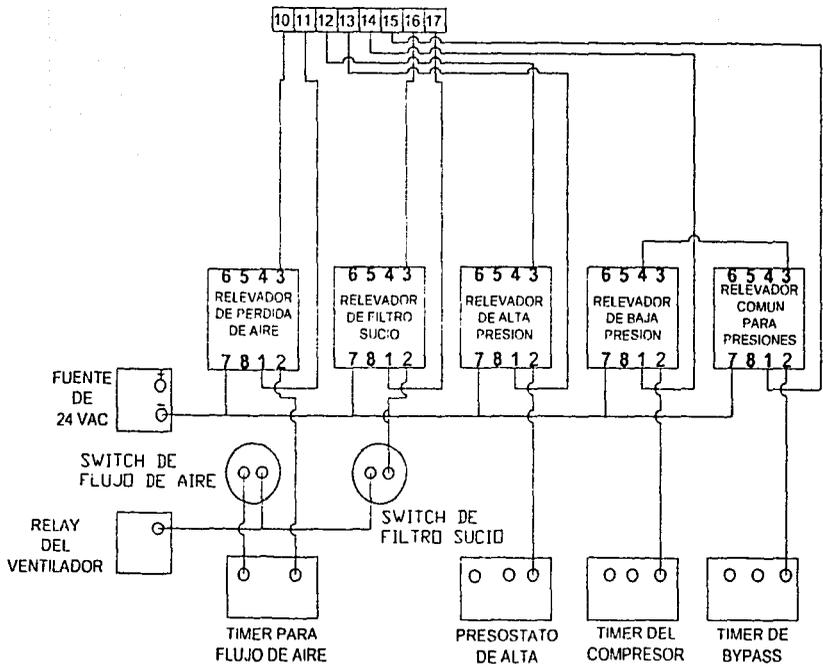
NOMBRE:

ENSAMBLE GENRAL

DISEÑO:  
LEO P.DIBUJO:  
LEO P.PLANO DE:  
ENSAMBLE

1.2 PARTE ELÉCTRICA

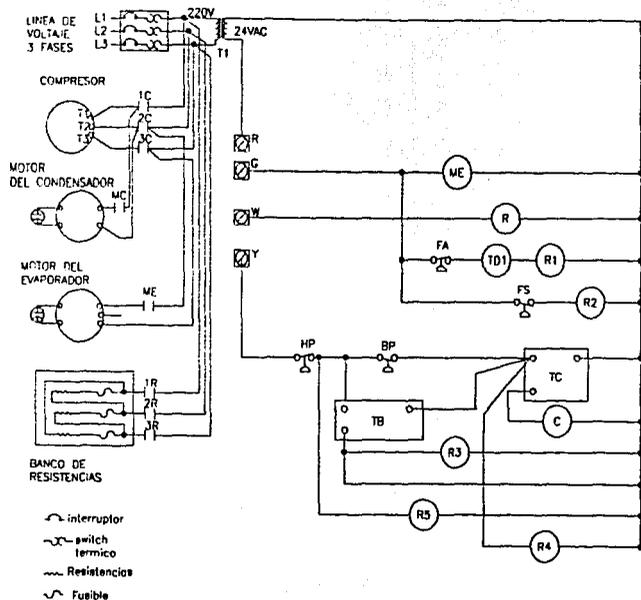
BANCO DE ALARMAS PARA UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Análisis para el Ensamble de un Equipo de Aire Acondicionado de Precisión			
MATERIAL:			REVISO: ING. ALEJANDRO LORENZANA
FECHA: 11/06/02	CANTIDAD:	ACOT: SIN	NOMBRE: BANCO DE ALARMAS
DISENO: LEO P.	DIBUJO: LEO P.	PLANO DE: ELECTRICO	

## ESQUEMA ELÉCTRICO PARA UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Análisis para el Ensamble de un Equipo de  
Aire Acondicionado de Precisión

MATERIAL:		REVISO:
		INC ALEJANDRO LORENZANA
FECHA:	CANTIDAD:	ACOT:
11/06/02		SIN
DISERO:	DIBUJO:	PLANO DE:
	LEO P.	ELECTRICO
		NOMBRE:
		ESQUEMA ELÉCTRICO

## CAPÍTULO VI

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

## 6.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los dispositivos que componen un equipo de aire acondicionado de precisión, requieren un mantenimiento regular. Cada trabajo debe tener una hoja de registro puesta de manera que el mecánico pueda recordar el trabajo que se hizo. La hoja también debe mostrar cuando se llevaron a cabo las pasadas tareas de mantenimiento. El estado del equipo indicará si el tiempo entre los trabajos de mantenimiento es suficiente.

## 6.1.1 MOTORES

El mantenimiento preventivo de un motor consiste de los siguientes puntos:

1. Revisar la lubricación de motores y las chumaceras de los ventiladores cada seis meses.
2. Examinar las bandas de los ventiladores una vez al mes para comprobar si tiene la tensión apropiada y no están deterioradas.
3. Medición de consumo eléctrico por fase de los diferentes motores
4. Inspección de rodamientos y/o bujes.
5. Reconocimiento y ajuste de soportes antivibratorios.
6. Comprobación del aislamiento eléctrico de motores (anual).
7. Cambiar las poleas del motor cuando sea necesario.
8. Asegurarse de oprimir todos los botones de reposición y de que el equipo todo esté en condiciones de reanudar la operación.

## 6.1.2 CONDENSADOR

Es muy importante tener en perfectas condiciones el condensador es uno de los componentes importantes y depende el buen funcionamiento del equipo, en un mantenimiento preventivo se realizan las siguientes actividades.

- Limpieza, lavado o soplado a presión de serpentines y turbinas de ventiladores
- Revisión y limpieza de tablero eléctrico.
- Revisión del (los) circuitos de refrigeración
- Verificación del subenfriamiento del refrigerante.
- Comprobación de funcionamiento del sistema de control de termostatos.
- Limpieza general de las unidades.

### 6.1.3 EVAPORADOR

- Limpieza de filtros de aire.
- Lavado o soplado a presión del serpentín
- Reconocimiento y limpieza de tablero eléctrico.
- Revisión de los circuitos de refrigeración
- Verificación del recalentamiento del refrigerante.
- Comprobación de funcionamiento del sistema de control de termostatos.
- Limpieza general de las unidades.

### 6.1.4 COMPRESOR

- Medición de presiones de succión y descarga de R-22.
- Medición de niveles de acidez y humedad.
- Medición de consumo eléctrico por fase de los diferentes motocompresores.
- Comprobación de la operación de calefactores de cárter de compresores.
- Limpieza en general.

### 6.1.5 CIRCUITOS ELÉCTRICOS

- Medición de desbalance de voltaje y corriente.
- Reapriete de conexiones eléctricas, revisar relés, contactores y sistema de fuerza.
- Inspección y prueba de calefactores eléctricos de apoyo.
- Inspección y prueba del humidificador
- Pruebas de funcionamiento.

## 6.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En el mantenimiento correctivo se corrigen todos aquellos desperfectos que se encuentren dentro del mal funcionamiento del equipo, generalmente este tipo de mantenimientos siempre se realiza en el momento que el equipo falla, aunque pudiera darse el caso que durante el mantenimiento preventivo se detectaran ciertos componentes dañados que por el momento no fueran perjudiciales para la operación del equipo pero que en un futuro serán utilizados. Por esta razón se programa otro mantenimiento donde se reemplazarán todos aquellos componentes que se hallan encontrados dañados.

### 6.2.1 MOTORES

Tenga en cuenta que debe desconectar primero el interruptor general antes de efectuar cualquier reparación.

Téngase cuidado de reemplazar el motor por otro que sea de las mismas características, si se pudiera con seguir otro igual, es decir de la misma marca y características, sería muy conveniente.

Revisar que el nuevo motor quede bien sujeto a su base, y las conexiones totalmente aisladas para evitar cualquier cortó circuito, la banda debe quedar tensa para un buen funcionamiento.

### 6.2.2 CONDENSADOR

Los serpentines de los evaporadores se reemplazan solamente cuando las aletas se encuentran muy dañadas, por haber usado demasiado producto químico al lavarlas, ó la tubería del serpentín se encuentre picada por la misma razón.

El condensador debe ser de la misma capacidad. Antes de quitar el serpentín dañado se manda la mayor parte del refrigerante al evaporador y después se aísla con ayuda de las válvulas de paso que se colocan en cada condensadora.

Una vez que se ha instalado el nuevo condensador se hace barrido con nitrógeno para limpiar la tubería en su interior y revisar que no existan fugas, esto es antes de abrir las válvulas de paso que se tienen cerradas, posteriormente ala limpieza con nitrógeno se hace un vacío por alrededor de 3 horas para garantizar que se elimine totalmente la humedad dentro del nuevo condensador. Por ultimo se abren las válvulas de paso y se completa la carga de refrigerante.

### 6.2.3 EVAPORADOR

Para el cambio del evaporador se realiza la misma operación que para el condensador, pero se debe tener mas cuidado ya que este siempre se encuentra en el interior y no a la intemperie, por lo que al usar el equipo de soldadura se deben tener las precauciones pertinentes, acorde al lugar donde se encuentre el evaporador.

En el cambio del evaporador, se recomienda mandar todo el refrigerante a la condensadora, esto se realiza con la ayuda del compresor, primero se cierra o desenergiza la válvula solenoide para evitar que el refrigerante llegue al evaporador y todo el refrigerante que se encuentra en él se envíe al condensador a través del compresor.

### 6.2.4 COMPRESOR

En el cambio de un compresor se realizan las mismas actividades que en el cambio de un serpentín y algunas otras más se manda todo el refrigerante a la condensadora, se aísla el compresor del circuito de refrigeración, se reemplaza por otro de las mismas características

si no se encuentra otro igual. Se monta el compresor en su base y se colocan las válvulas de servicio, se conectan las líneas de fuerza checando la rotación del compresor.

También debe reemplazarse el filtro deshidratador cada vez que se cambie un compresor para eliminar todas aquellas impurezas dentro del sistema. En caso de que el compresor se cambie por que se quemó, se vacía el sistema recuperando el refrigerante, se limpia el circuito de refrigeración con nitrógeno, varias veces hasta estar seguros de que no existan ninguna impureza, si es necesario cambiar el filtro deshidratador dos o tres veces hay que hacerlo, ya que de lo contrario se corre el riesgo de que se vuelva a quemar el compresor. Por último se hace vacío y se carga el equipo de refrigerante.

### 6.2.5 CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Las partes eléctricas son muy importantes por lo que se tienen que cambiar en el momento que empiecen a fallar. Antes de reemplaza un componente hay que desenergizar el equipo para no correr riesgos. Los elementos más importantes y que se dañan más seguido son las resistencias y el humidificador.

Para el cambio de las resistencias, se examinan las características de estas, para buscar su reemplazo, cuando se tiene la parte a cambiar se estudia el diagrama eléctrico para observar si están conectadas en delta o estrella. Si se cambia la conexión de delta a estrella, puede ser que la resistencia no genera la cantidad de energía calorífica demandada, y si ocurre lo contrario, la resistencia no soportara la intensidad de voltaje.

En el caso del humidificador siendo este de bote, solo hay que fijarse como van las conexiones. Hay humidificadores del tipo infrarrojo que utilizan lamparas de cuarzo, son muy delicadas, al momento de colocarlas hay que evitar tener contacto directo con los dedos, es recomendable usar un trapo para no dañar las lamparas.

Los demás elementos eléctricos como timer, contactores, fusibles, interruptores, cableado, etc., se cambian más fácilmente solo se asegura que tengan las mismas propiedades y se montan, apretando bien todas las conexiones impidiendo un falso contacto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONCLUSIONES

El análisis para el ensamble de un equipo de aire acondicionado de precisión, mostrado en este trabajo no es sólo para una capacidad determinada y tipo de equipo, si no que se puede emplear en cualquier capacidad y tipo de equipo que se desee ya sea confort o precisión, pero siempre y cuando sea de expansión directa. El análisis que se menciona puede variar para otro tipo de equipo de aire acondicionado que no sea de expansión directa, en lo que se refiere al condensador y evaporador.

Las fórmulas y pasos a seguir para la selección de los componentes de un equipo de aire acondicionado, nos ayuda más a entender el comportamiento que tienen cada uno de ellos, así como su importancia dentro de un equipo.

El propósito de este trabajo, es tener una base para poder seleccionar los componentes de un equipo de aire acondicionado de precisión, es de gran ayuda, ya que los fabricantes de este tipo de equipos no proporcionan este tipo de información, y mucho menos su modo de operación.

La carta psicrométrica tiene mucho que ver en la selección de los componentes de un equipo de aire acondicionado pero no en todos, en los que más influye son en el compresor, humidificador, resistencias, etc. El reemplazo de un componente puede ser motivo de que no este dando la capacidad demandada, por lo que con la ayuda de la carta psicrométrica podemos hacer un análisis del proceso que deseamos, y saber que es lo que esta fallando en realidad. En este trabajo se emplea la carta para determinar la capacidad del humidificador.

El análisis que se presenta en este trabajo no es la única forma de seleccionar los elementos que componen un equipo de aire acondicionado de precisión pero si es confiable, se pueden emplear otros métodos, esto queda a criterio del encargado de seleccionar los componentes del equipo.

El presente trabajo tiene como objetivo brindarle una herramienta más al ingeniero que se encuentre relacionado con los equipos de aire acondicionado de precisión, y de esta manera cumplir con el objetivo de un ingeniero que es brindar un bienestar social.

**ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN**

**APENDICE "A" ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA SELECCIÓN DE UN COMPRESOR HERMETICO O TIPO SCROLL COPELAND**



**Datos de Rendimiento de Scroll ZR R-22 60Hz BTUH**

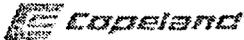
Modelo	Monofásico				Trifásico			
	BTUH	WATTS DE MOTOR	PF/J/T/Z AMPERES	EER	BTUH	WATTS DE MOTOR	TF6/D(M) AMPERES	EER
<b>SCROLL PARA A/A R-22</b>								
ZR54KC-	53,900	4,900	25	11	53,500	4,740	14.8/8.9/7.4	11.3
ZR57KC-	57,100	5,190	27	11	57,000	5,010	15.4/9.2/7.7	11.4
ZR61KC-	61,000	5,500	26.6	11.1	60,800	5,320	16.7/10.0/8.4	11.4
ZR68KC-					70,000	5,930	18.2/10.9/9.1	11.8
ZR72KC-					73,500	6,230	18.2/10.9/9.1	11.8
ZR81KC-					81,500	7,090	22.0/13.2/11.0	11.5
ZR84KC-					84,000	7,440	22.8/13.8/11.4	11.3
ZR94KC-					94,000	8,240	25.6/15.3/12.6	11.4
ZR108KC-					106,700	9,460	28.1/17.1/14.1	11.5
ZR125KC-					126,400	11,000	32.5/17.7/16.3	11.5
ZR144KC-					142,800	12,420	36.4/22.1/18.3	11.5
<b>MODELOS PARA USO EXTRA-PESADO</b>								
ZR90K3-					88,800	7,990	25.0/15.1/12.5	11.1
ZR11M3-					108,300	9,600	28.7/17.4/14.3	11.3
ZR12M3-					125,500	11,000	32.9/19.9/16.5	11.4
ZR16M3-					154,300	13,550	34.3/20.7/17.1	11.4
ZR19M3-					189,400	17,200	47.2/28.5/23.6	11
TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN °F / °C	TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN °F / °C	TEMPERATURA AMBIENTE °F / °C	TEMPERATURA DEL LÍQUIDO °F / °C	TEMPERATURA DEL GAS DE RETORNO °F / °C				
45 / 7.2	130 / 54.4	95 / 35.0	115 / 46.11	65 / 18.3				

TABLA A-1 ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO PARA UNA CAPACIDAD DE 53,500 - 189,400 BTU R-22

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

TABLA A-2 ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO PARA UNA CAPACIDAD DE 18,200 - 81,300 BTU R-407C



Datos de Rendimiento de Scroll ZR R-407c 60Hz BTUH

Modelo	Monofásico				Trifásico			
	BTUH	WATTS DE MOTOR	PF/JTZ AMPERES	EER	BTUH	WATTS DE MOTOR	TF50(M) AMPERES	EER
SCROLL PARA A/R-407C								
ZR18K3E-	18,200	1,800	8.1	10.1				
ZR22K3E-	22,200	2,140	9.6	10.4	DISPONIBILIDAD FUTURA			
ZR24K3E-	24,600	2,370	10.7	10.4	24,700	2,310	7.2 - /3.6	10.7
ZR26K3E-	26,500	2,490	11.2	10.6	26,400	2,470	7.3 - /3.7	10.7
ZR28K3E-	28,700	2,730	12.2	10.5	28,900	2,650	8.1 - /4.1	10.9
ZR30K3E-	30,800	2,890	13	10.7	30,800	2,880	8.8 - /4.4	10.7
ZR32K3E-	32,300	3,030	13.6	10.7	32,300	2,990	9.1 - /4.6	10.8
ZR34K3E-	34,300	3,210	14.4	10.7	34,800	3,160	9.6 - /4.8	11
ZR36K3E-	36,900	3,420	15.6	10.8	36,800	3,340	10.0 - /5.0	11
ZR40K3E-	40,500	3,740	17.2	10.8	40,500	3,670	11.1 - /5.6	11
ZR42K3E-	42,500	3,940	18.4	10.8	42,400	3,850	11.4 - /5.7	11
ZR47K3E-	47,900	4,430	19.1	10.8	47,800	4,390	13.5 - /6.8	10.9
ZR48K3E-	49,600	4,620	21.2	10.7	49,600	4,540	13.8 - /6.9	10.9
ZR54KCE-					DISPONIBILIDAD FUTURA			
ZR57KCE-					DISPONIBILIDAD FUTURA			
ZR61KCE-					81,700	5,560	16.9 - /8.5	11.1
ZR68KCE-					DISPONIBILIDAD FUTURA			
ZR72KCE-					73,100	6,530	14.5 - /7.3	11.2
ZR81KCE-					81,300	7,550	23.0/13.8/11.5	10.8

TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN °F / °C	TEMPERATURA DE CONDENSACION °F / °C	TEMPERATURA AMBIENTE °F / °C	TEMPERATURA DEL LIQUIDO °F / °C	TEMPERATURA DEL GAS DE RETORNO °F / °C
45 / 7.2	130 / 54.4	95 / 35.0	115 / 46.11	65 / 18.3

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA A-3 ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO PARA UNA CAPACIDAD DE 16,500 - 81,500 BTU R-22



## Datos de Rendimiento de Scroll ZR 60Hz BTUH

Modelo	Monofásico				Trifásico			
	BTUH	WATTS DE MOTOR	PF/JT/2 AMPERES	EER	BTUH	WATTS DE MOTOR	TFSD(M) AMPERES	EER
<b>SCROLL PARA A/A R-22</b>								
ZR16KC-	16,500	1,560	6.8	10.6				
ZR18KC-	18,000	1,700	7.5	10.6				
ZR18K3-	18,100	1,730	7.7	10.5				
ZR22KC-	22,000	2,020	8.9	10.9				
ZR22K3-	22,100	2,010	9	11	22,100	2,130	6.4 / - /3.2	10.4
ZR24KC-	24,000	2,200	9.8	10.9				
ZR24K3-	24,500	2,230	10	11	24,500	2,280	7.0 / - /3.5	10.7
ZR26KC-	26,200	2,400	11.1	10.9				
ZR26K3-	26,200	2,380	10.9	11	26,200	2,430	7.6 / - /3.8	10.8
ZR28KC-	28,500	2,620	12	10.9				
ZR28K3-	28,500	2,560	11.5	11.1	28,500	2,550	7.8 / - /4.0	11.2
ZR30KC-	30,500	2,800	12.8	10.9				
ZR30K3-	30,500	2,740	12.3	11.1	30,500	2,720	8.3 / - /4.2	11.2
ZR32K3-	32,000	2,880	13.2	11.1	32,000	2,860	8.7 / - /4.4	11.2
ZR34KC-	34,000	3,050	14.6	11				
ZR34K3-	34,000	3,030	13.7	11.2	34,000	2,970	9.1 / - /4.6	11.4
ZR36KC-	36,500	3,320	15.9	11				
ZR36K3-	36,500	3,260	14.9	11.2	36,500	3,200	9.7 / - /4.9	11.4
ZR40KC-	40,000	3,640	17	11				
ZR40K3-	40,000	3,570	16.5	11.2	40,000	3,500	10.7 / - /5.4	11.4
ZR42KC-	42,000	3,820	19.7	11				
ZR42K3-	42,000	3,750	17.2	11.2	42,000	3,680	11.1 / - /5.6	11.4
ZR45KC-	45,500	4,140	20.9	11	45,500	4,060	12.1 / - /6.1	11.2
ZR47KC-	47,000	4,270	21.1	11	47,500	4,240	13.1 / 7.8 / 6.6	11.2
ZR48KC-	49,100	4,460	21.5	11	49,100	4,380	13.0 / 7.8 / 6.5	11.2
ZR54KC-	53,900	4,900	25	11	53,500	4,740	14.8 / 8.9 / 7.4	11.3
ZR57KC-	57,100	5,190	27	11	57,000	5,010	15.4 / 9.2 / 7.7	11.4
ZR61KC-	61,000	5,500	26.8	11.1	60,800	5,320	16.7 / 10.0 / 8.4	11.4
ZR68KC-					70,000	5,930	18.2 / 10.9 / 9.1	11.8
ZR72KC-					73,500	6,230	18.2 / 10.9 / 9.1	11.8
ZR81KC-					81,500	7,090	22.0 / 13.2 / 11.0	11.5
TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN °F / °C	TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN °F / °C	TEMPERATURA AMBIENTE °F / °C	TEMPERATURA DEL LÍQUIDO °F / °C	TEMPERATURA DEL GAS DE RETORNO °F / °C				
45 / 7.2	130 / 54.4	95 / 35.0	115 / 46.11	65 / 18.3				

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

TABLA A-4 ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO PARA UNA CAPACIDAD DE 4,160 – 20,500 KCAL R-22



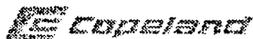
Datos de Rendimiento de Scroll ZR 60Hz Kcal

Modelo	Monofásico				Trifásico			
	KCAL	WATTS DE MOTOR	PF/I/TZ AMPERES	EER	KCAL	WATTS DE MOTOR	TfS/D(M) AMPERES	EER
SCROLL PARA AJA R-22								
ZR16KC-	4,160	1,560	6.8	2.7				
ZR18KC-	4,540	1,700	7.5	2.7				
ZR18K3-	4,560	1,730	7.7	2.6				
ZR22KC-	5,550	2,020	8.9	2.7				
ZR22K3-	5,570	2,010	9	2.8	5,570	2,130	6.4 - /3.2	2.6
ZR24KC-	6,050	2,200	9.8	2.8				
ZR24K3-	6,170	2,230	10	2.8	6,170	2,280	7.0 - /3.5	2.7
ZR26KC-	6,600	2,400	11.1	2.8				
ZR26K3-	6,600	2,380	10.9	2.8	6,600	2,430	7.6 - /3.8	2.7
ZR28KC-	7,180	2,620	12	2.7				
ZR28K3-	7,180	2,560	11.5	2.8	7,180	2,550	7.9 - /4.0	2.8
ZR30KC-	7,690	2,800	12.8	2.7				
ZR30K3-	7,690	2,740	12.3	2.8	7,690	2,720	8.3 - /4.2	2.8
ZR32K3-	8,060	2,880	13.2	2.8	8,060	2,860	8.7 - /4.4	2.8
ZR34KC-	8,570	3,090	14.6	2.6				
ZR34K3-	8,570	3,030	13.7	2.8	8,570	2,970	9.1 - /4.6	2.9
ZR36KC-	9,200	3,320	15.9	2.8				
ZR36K3-	9,200	3,260	14.9	2.8	9,200	3,200	9.7 - /4.9	2.8
ZR40KC-	10,100	3,640	17	2.8				
ZR40K3-	10,100	3,570	16.5	2.8	10,100	3,500	10.7 - /5.4	2.8
ZR42KC-	10,600	3,820	19.7	2.8				
ZR42K3-	10,600	3,750	17.2	2.8	10,600	3,680	11.1 - /5.6	2.9
ZR45KC-	11,500	4,140	20.9	2.8	11,500	4,060	12.1 - /6.1	2.8
ZR47KC-	11,800	4,270	21.1	2.8	12,000	4,240	13.1 - /6.6	2.8
ZR48KC-	12,400	4,460	21.5	2.8	12,400	4,380	13.0 - /6.5	2.8
ZR54KC-	13,600	4,900	25	2.8	13,500	4,740	14.8 - /7.4	2.8
ZR57KC-	14,400	5,190	27	2.8	14,400	5,010	15.4 - /7.7	2.8
ZR61KC-	15,400	5,500	26.8	2.8	15,300	5,320	16.7 - /10.0	2.9
ZR68KC-					17,600	5,830	18.2 - /10.9	3
ZR72KC-					18,500	6,230	18.2 - /10.9	3
ZR81KC-					20,500	7,090	22.0 - /13.2	2.9
TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN °F / °C	TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN °F / °C	TEMPERATURA AMBIENTE °F / °C	TEMPERATURA DEL LÍQUIDO °F / °C	TEMPERATURA DEL GAS DE RETORNO °F / °C				
45 / 7.2	130 / 54.4	95 / 35.0	115 / 46.11	65 / 18.3				

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

TABLA A-5 ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO PARA UNA CAPACIDAD DE 16,000 - 150,000 BTU R-22

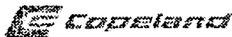


Datos de Rendimiento de Herméticos 60Hz BTUH

Modelo	Monofásico				Trifásico			
	BTUH	WATTS DE MOTOR	PF/J/TZ AMPERES	EER	BTUH	WATTS DE MOTOR	TF5/D/M AMPERES	EER
<b>HERMÉTICOS R-22</b>								
CR16KQ	16,000	1,630	8.3	9.8				
CR16K6	16,300	1,540	6.9	10.6				
CR18KQ	18,300	1,870	8.3	9.8	18,000	1,810	5 6/2 8	9.9
CR18K6	18,000	1,700	7.6	10.6				
CR20KQ	19,800	1,980	8.9	10				
CR20K6	19,600	1,830	8.2	10.7				
CR22KQ	21,800	2,230	10.8	9.8				
CR22K6	22,100	2,040	9.2	10.8	21,600	1,990	6 0/3 0	10.9
CR24KQ	23,800	2,400	11.9	9.9	24,000	2,410	6 9/3 5	10
CR24K6	24,500	2,250	10	10.9	24,000	2,210	6 7/3 4	10.9
CR26K6	26,200	2,440	11.4	10.7				
CR28KQ	27,600	2,800	13.4	9.9	28,000	2,810	6 2/4 1	10
CR28K6	28,200	2,610	12.4	10.8	28,100	2,560	6 0/4 0	11
CR30KQ	29,800	2,990	14.2	9.9	30,000	3,010	-/4 3	10
CR30K6	30,000	2,750	12.9	10.9	29,800	2,710	6 3/4 2	11
CR32KQ	31,900	3,230	15.2	9.8	32,000	3,210	6 3/4 7	10
CR32K6	32,000	2,970	13.6	10.8	31,900	2,910	6 1/4 6	11
CR34K6	34,500	3,160	14.6	10.9				
CR34KQ	34,000	3,370	15.3	10.1	33,900	3,350	6 7/4 8	10.1
CR35K6	35,000	3,230	15.4	10.8	34,900	3,160	6 6/4 8	11
CR37KQ	36,800	3,640	17.4	10.1	36,400	3,500	10 2/5 1	10.4
CR38K6	38,200	3,520	17.2	10.9	37,900	3,440	10 5/5 3	11
CR41KQ	41,000	4,060	18.5	10.1	40,600	3,980	11 5/5 8	10.2
CR42K6	41,900	3,860	17.9	10.9	41,700	3,810	11 6/5 8	10.9
CR47KQ	47,500	4,580	21.5	10.4	47,200	4,540	13 7/6 9	10.4
CR53KQ	53,000	5,270	24	10.2	53,200	5,220	16 0/8 0	10.2
CR60K5	59,000	5,760	25.6	10.1	58,600	5,700	16 1/8 1	10.3
CRN5-0500	64,400	6,270	28	10	63,300	6,210	18 2/9 1	10.2
BRD2-0750					89,900	8,730	26 3/13 2	10.3
BRE4-0760					97,100	9,420	27 8/10 3	10.3
BRG2-0900					110,000	10,700	31 4/15 7	10.3
BRH2-1000					125,000	15,900	35 3/17 7	7.9
BRK2-1200					150,000	16,300	48 5/24 3	9.2
TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN °F / °C 45 / 7.2	TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN °F / °C 130 / 54.4	TEMPERATURA AMBIENTE °F / °C 95 / 35.0	TEMPERATURA DEL LÍQUIDO °F / °C 115 / 46.11	TEMPERATURA DEL GAS DE RETORNO °F / °C 65 / 18.3				

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA A-6 ESPECIFICACIONES MECÁNICAS PARA UNA CAPACIDAD DE 53,500 - 189,400 BTU R-22

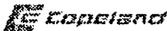


Especificaciones Mecánicas Para ZR Scroll 60 Hz

Modelo	NOMINAL HP	IN <sup>3</sup> CM <sup>3</sup>	CFM M <sup>3</sup> /HORA	PESO LÍQUIDO DEL COMPRESOR	PESO LÍQUIDO DEL COMPRESOR
	KW	PULGADAS CÚBICAS POR REVOLUCIÓN CENTÍMETROS CÚBICOS POR REVOLUCIÓN	PIES CÚBICOS/ HORA METROS CÚBICOS/ HORA 60HZ 3500 RPM	LIBRAS KILOGRAMOS MONOFÁSICO	LIBRAS KILOGRAMOS TRIFÁSICO
ZR54	4.5	4.468	543	87	80
	3.36	73.21	15.37	39.5	26.3
ZR57	4.75	4.71	572.4	86	79
	3.54	77.18	16.2	39	35.6
ZR61	5.08	5.04	612.5	91	82
	3.79	82.59	17.34	41.3	37.2
ZR68	5.75	5.676	689.8	-	85
	4.29	93.01	19.53	-	38.6
ZR72	6	5.983	727.1	-	85
	4.48	98.04	20.58	-	38.6
ZR81	6.75	6.748	820.1	-	88
	5.04	110.57	23.22	-	39.9
ZR84	7	6.9	842.2	-	126
	5.25	113	23.8	-	57.3
ZR94	8	7.8	942.7	-	126
	6	127.2	26.7	-	57.3
ZR108	9	9	1095	-	138
	6.75	147.5	31	-	62.7
ZR125	10	10.1	1228.2	-	138
	7.5	165.5	34.8	-	62.7
ZR144	12	11.7	1415.8	-	138
	9	191.7	40.1	-	62.7
<b>MODELOS PARA USO EXTRA-PESADO</b>					
ZR90	7.5	7.319	889.5	-	205
	5.63	119.9	20.89	-	93.07
ZR11	9	8.79	1068.2	-	205
	6.75	144	25.16	-	93.07
ZR12	10	10.095	1226.8	-	205
	7.47	165.4	28.99	-	93.07
ZR16	13	12.47	1515.3	-	227
	9.75	204.3	35.74	-	103.1
ZR19	15	14.76	1793.8	-	247
	11.25	241.9	42.3	-	112.1

TRIPES CON  
 TALA DE ORIGIN

TABLA A-7 ESPECIFICACIONES MECANICAS PARA UNA CAPACIDAD DE 16,500 – 81,500 BTU R-22



**Especificaciones Mecánicas Para ZR Scroll 60 Hz**

Modelo	NOMINAL		CFM M <sup>3</sup> / HORA PIES CÚBICOS/ HORA METROS CÚBICOS/ HORA 60HZ 3500 RPM	PESO LÍQUIDO DEL COMPRESOR	
	HP KW	IN <sup>3</sup> CM <sup>3</sup> PULGADAS CÚBICAS POR REVOLUCIÓN CENTIMETROS CÚBICOS POR REVOLUCIÓN		LIBRAS KILOGRAMOS MONOFÁSICO	LIBRAS KILOGRAMOS TRIFÁSICO
ZR16	1.33 0.99	1.390 22.82	168.3 4.79	46 40.9	- -
ZR18	1.5 1.12	1.535 25.15	186.5 5.28	55 24.9	- -
ZR22	1.83 1.37	1.873 30.69	227.6 6.44	56 25.4	54 24.5
ZR24	2 1.49	2.076 34.02	252.3 7.14	58 26.3	55 24.9
ZR26	2.17 1.62	2.202 36.06	267.6 7.58	56 26.3	56 25.4
ZR28	2.33 1.74	2.395 39.24	291.1 8.24	58 26.3	56 25.4
ZR30	2.5 1.87	2.563 42	311.5 8.82	61 27.7	56 25.4
ZR32	2.67 1.99	2.65 43.42	322 9.12	61 27.7	57 25.9
ZR34	2.83 2.11	2.816 46.14	342.2 9.69	63 28.6	61 27.7
ZR36	3 2.24	3.02 49.49	367 10.39	63 28.6	61 27.7
ZR40	3.33 2.49	3.309 54.22	402.1 11.38	66 29.9	61 27.7
ZR42	3.5 2.61	3.488 57.15	423.9 12	66 29.9	61 27.7
ZR45	3.75 2.8	3.726 61.05	452.8 12.82	65 29.5	62 28.1
ZR47	3.92 2.92	3.915 64.15	475.8 13.47	71 32.2	66 29.9
ZR48	4 3	3.997 65.49	485.7 13.75	71 32.2	62 28.1
ZR54	4.5 3.36	4.468 73.21	543 15.37	87 38.5	80 36.3
ZR57	4.75 3.54	4.71 77.18	572.4 16.2	86 39	79 35.8
ZR61	5.06 3.79	5.04 82.59	612.5 17.34	91 41.3	82 37.2
ZR68	5.75 4.29	5.676 93.01	689.8 19.53	- -	85 38.6
ZR72	6 4.48	5.983 98.04	727.1 20.56	- -	85 38.6
ZR81	6.75 5.04	6.748 110.57	820.1 23.22	- -	88 39.9

TESIS CON  
 CALIDAD DE ORIGEN

TABLA A-8 ESPECIFICACIONES ELECTRICAS PARA UNA CAPACIDAD DE 53,500 - 189,400 BTU R-22




## Especificaciones Eléctricas Para Scroll ZR R-22 60 Hz

Código de Voltaje	PFV		TF5		TF7		TFD	
NOMINAL VOLTAJE-FASE-HERTZ	208/230-1-Ø0		200/230-3-Ø0		380-3-Ø0		460-3-Ø0	
VOLTAJE DE TEST 60 HERTZ	197-253		180-253		342-418		414-506	
Modelo	CARGA DE AMPS	AMPS COM ROTOR BLOQUE-	CARGA DE AMPS	AMPS COM ROTOR BLOQUE-	CARGA DE AMPS	AMPS COM ROTOR BLOQUE-	CARGA DE AMPS	AMPS COM ROTOR BLOQUE-
	CLASSIFI-CADO RLA	ADO LRA						
ZR54KC	28.8	170	16.4	124	9.3	85.8	8.2	59.6
ZR57KC	28	150	17.2	124	9.4	75	8.2	59.6
ZR61KC	30.1	175	20.7	128	10.7	84	8.9	63
ZR68KC			20.7	156	10.7	75	10	70
ZR72KC			20.7	156	10.7	75	10	70
ZR81KC			25	164	12	100	12	100
ZR84KC			28.6	196	15.7	135	14.2	100
ZR94KC			32.1	195	16.7	123	16.4	95
ZR108KC			33.6	225	18.6	140	17.3	114
ZR125KC			47	239	23.5	145	19.2	125
ZR144KC			47	245	24.4	145	19.6	125
Código de Voltaje			TWC		TW7		TWD	
ZR90K3			27.2	189	17.1	112	14.3	89
ZR11M3			34.3	232	21.3	144	17.5	125
ZR12M3			38.6	278	26.1	151	18.9	127
ZR16M3			47.1	350	28.7	195	25	167
ZR19M3			60.3	425	38.2	239	27.2	187

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TABLA A-9 ESPECIFICACIONES ELECTRICAS PARA UNA CAPACIDAD DE 16,500 - 81,500 BTU R-22



## Especificaciones Eléctricas Para Scroll ZR R-22 60 Hz

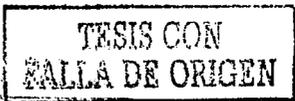
Código de Voltaje	PFV		TF5		TF7		TFD	
NOMINAL VOLTAJE-FASE-HERTZ	208/230-1-60		200/230-3-60		380-3-60		460-3-60	
VOLTAJE DE TEST 60 HERTZ	197-253		180-253		342-418		414-506	
Modelo	CARGA DE AMPS CLASSIFI- CADO RLA	AMPS COM ROTOR BLOQUE- ADO LRA	CARGA DE AMPS CLASSIFI- CADO RLA	AMPS COM ROTOR BLOQUE- ADO LRA	CARGA DE AMPS CLASSIFI- CADO RLA	AMPS COM ROTOR BLOQUE- ADO LRA	CARGA DE AMPS CLASSIFI- CADO RLA	AMPS COM ROTOR BLOQUE- ADO LRA
ZR16KC	10	42						
ZR18KC	10.7	47						
ZR18K3	9.3	47						
ZR22KC	11.4	56						
ZR22K3	11.4	56	7.9	45			3.9	24
ZR24KC	13.2	59						
ZR24K3	13.6	61	8.6	55			4.3	27
ZR26KC	15	73						
ZR26K3	13.6	67	8.6	55			4.3	27
ZR28KC	15.7	73					5	31
ZR28K3	15	72.5	10	63			5	31
ZR30KC	16.4	84						
ZR30K3	15	73	10.7	63			5	31
ZR32K3	16.4	83	10.7	77			5.4	35
ZR34KC	15.7	93					5.7	39
ZR34K3	17.9	88	11.4	77			5.7	38
ZR36KC	17.9	100					5.7	39
ZR36K3	18.4	95	11.4	77			5.7	39
ZR40KC	20	103					6.4	44
ZR40K3	20	104	13.9	88			6.4	44
ZR42KC	20.7	127					7.1	44
ZR42K3	20.4	106	13.9	88			7.1	44
ZR45KC	24.3	131	14.3	91			7.2	46
ZR47KC	24.3	131	14.3	91	9.3	54	7.2	46
ZR48KC	23.6	132	16.4	91	9.3	54	7.9	50
ZR54KC	28.6	170	16.4	124	9.3	65.8	8.2	58.6
ZR57KC	28	150	17.2	124	9.4	75	8.2	58.6
ZR61KC	30.1	175	20	128	10.7	64	8.9	63
ZR68KC			20.7	156	10.7	75	10	70
ZR72KC			20.7	156	10.7	75	10	70
ZR81KC			25	164	12	100	12	100

ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

APENDICE "B" CARACTERISTICAS PARA SELECCIONAR UNA CONDENSADORA ENFRIADA POR AIRE

HLK . . . . AV 5 . . . N / HLK . . . . AH 5 . . . N					HLK . . . . AV 5 . . . L / HLK . . . . AH 5 . . . L								
u : 400 V P [i/Y] : 0.78/0.55 kW					u : 400 V P [i/Y] : 0.78/0.55 kW								
I [i/Y] : 1.35/0.94 A n [i/Y] : 1340/1000 min-1					I [i/Y] : 1.35/0.94 A n [i/Y] : 1340/1000 min-1								
Type	OCN Δt = 15 K Capacity	No. Of feedings	air volumen m3/h i/Y	Number of fans	Sound Pressure level LPAS (5m)  dB (a) i/Y	Type	OCN Δt = 15 K Capacity	No. Of feedings	air volumen m3/h i/Y	Number of fans	Sound pressure level LPAS (5m)  dB (a) i/Y		
	15	15.0/13.0	3	7680/5580	54/47	12	12.5/10.6	3	5120/3740	1x1	44/36		
	20	19.8/16.4	4	7200/5150		16	15.6/12.9	4	4750/3500				
	23	22.9/18.4	5	6750/4790		17	17.5/13.9	5	4450/3250				
	25	24.9/19.4	5	6340/4470		19	18.5/14.1	5	4200/3010				
	26	26.0/19.4	6	6000/4120		-	-	-	-				
	-	-	-	-		-	-	-	-				
	-	-	-	-		-	-	-	-				
	28	27.7/22.1	8	7480/5370		21	20.8/16.1	6	4940/3630			1x1	44/36
	30	30.0/23.4	6	7170/5130		22	21.9/16.7	6	4730/3480				
	31	31.3/23.7	8	6800/4900		-	-	-	-				
	-	-	-	-		-	-	-	-				
	-	-	-	-		-	-	-	-				
	-	-	-	-		-	-	-	-				
	34	33.5/26.0	7	7620/5520		23	23.0/15.2	7	5250/3820			1x1	
	35	34.9/26.4	7	7410/5330	24	24.1/18.1	7	5070/3710					
	-	-	-	-	-	-	-	-					
	-	-	-	-	-	-	-	-					
	40	40.3/33.5	8	14540/10410	32	31.9/26.2	8	9600/7060	1x2	47/39			
	47	48.8/37.6	8	13660/9710	36	35.7/28.5	9	9000/6600					
	51	50.7/39.7	10	12860/9120	38	37.7/28.9	10	8500/6140					
	53	53.1/39.9	11	12200/8440	-	-	-	-					
	-	-	-	-	-	-	-	-					
	-	-	-	-	-	-	-	-					
	56	55.9/44.6	11	15000/10830	42	42.2/32.6	11	9960/7300			1x2		
	61	60.5/47.2	12	14440/10340	44	44.3/33.8	12	9520/7020					
	63	63.3/48.2	13	13900/9900	-	-	-	-					
	-	-	-	-	-	-	-	-					
	-	-	-	-	-	-	-	-					
	62	62.4/49.9	12	15700/11480	46	48.4/35.2	12	10540/7680			1x2		
	67	67.4/52.3	13	15300/11100	49	48.5/36.5	13	10200/7460					
	70	70.3/53.2	14	14900/10720	-	-	-	-					

TABLA B-1 PARA CONDENSADORAS TIPO "N" Y "L"



ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

TABLA B-2 PARA CONDENSADORAS TIPO "N" Y "L"

Diagrama de selección					HLK AV 6 AH 6				
HLK.... AV 5... N /				HLK.... AH 5... N	HLK.... AV 5... L /				HLK.... AH 5... L
u : 400 V		I [i/Y] : 1.35/0.94 A		Sound Pressure level LPA5 (5m) dB (a) i/Y	u : 400 V		I [i/Y] : 1.35/0.94 A		Sound pressure level LPAS (5m) dB (a) i/Y
P [i/Y] : 0.78/0.55 kW		n [i/Y] : 1340/1000 min-1			P [i/Y] : 0.78/0.55 kW		n [i/Y] : 1340/1000 min-1		
Type	QCN Δt = 15 K Capacity kW i/Y	No Of feedings	air volumen m3/h i/Y	Number of fans	Type	QCN Δt = 15 K Capacity kW i/Y	No Of feedings	air volumen m3/h i/Y	Number of fans
71	70.7/56.8	14	20580/14650	1x3	54	53.8/43.0	14	13560/9960	1x3
77	76.9/58.7	15	19500/13680	58/52	57	56.8/43.8	15	12810/9300	49/41
80	79.9/60.6	16	18330/12830		64	63.7/48.1	16	15000/10960	
84	84.2/67.4	16	22560/16250	1x3	67	66.6/50.7	16	14310/10530	1x3
91	91.3/71.7	18	21720/15530	2x2	81	81.1/52.7	16	19080/14040	2x2
95	96.3/72.5	19	20910/14880		72	71.7/57.1	18	17820/13120	
81	81.4/67.4	16	28960/20710	2x2	75	75.4/57.8	20	16880/12200	50/42
94	94.1/75.7	18	27200/19380		85	84.6/65.5	22	19800/14560	
102	101.8/79.1	20	25600/17980	2x2	89	86.7/67.5	24	18960/13950	2x2
106	105.9/79.5	22	24120/16720		93	93.1/70.6	24	21000/15320	
113	112.6/90.0	22	29920/21550	2x2	97	97.0/72.9	26	20280/14840	2x2
122	121.6/94.6	24	28800/20560		108	108.3/88.3	26	27000/19800	
127	128.8/96.8	26	27640/19760	2x3	114	113.8/87.0	30	25440/18360	2x3
135	135.2/104.6	26	30480/22080		128	127.6/98.4	32	29820/21840	
141	140.9/106.3	28	29680/21320	2x3	133	133.5/101.6	36	28500/21000	2x3
154	153.7/119.5	30	38520/27130		108	108.3/88.3	26	27000/19800	
161	160.6/120.2	32	36800/25250	2x3	114	113.8/87.0	30	25440/18360	52/44
169	169.5/135.5	32	45000/32380		128	127.6/98.4	32	29820/21840	
183	183.3/142.3	36	43260/30890	2x3	133	133.5/101.6	36	28500/21000	2x3
191	190.8/145.1	38	41580/29640		108	108.3/88.3	26	27000/19800	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN**

**APENDICE "C" ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA SELECCIÓN DE LAS VALVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTATICAS SPORLAN**

**CAPACIDADES DE VALVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTATICAS**  
tons

**22, 407A, 407C**

**APLICACIONES DE AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS DE CALOR Y REFRIGERACIÓN COMERCIAL**

VALVULA TIPO	CAPACIDAD NOMINAL (tons)	REFRIGERANTE													
		22				407A				407C					
		CARGA TERMOSTATICA RECOMENDADA													
		VC, VCP100, VGA			VZ, VZP40			VC, VCP100, VGA			NC, NCP100, NGA				
		TEMPERATURA DE EVAPORADOR (°C)													
		5°	0°	-10°	-20°	-30°	-40°	5°	0°	-10°	-20°	5°	0°	-10°	-20°
F-EF-G-EG	1/5	0.2	0.19	0.21	0.19	0.16	0.11	0.18	0.18	0.19	0.17	0.18	0.18	0.18	0.17
NI	1/4	0.25	0.24	0.26	0.27	0.24	0.17	0.23	0.22	0.24	0.24	0.22	0.22	0.23	0.24
F-EF-G-EG	1/3	0.34	0.34	0.36	0.32	0.25	0.18	0.32	0.31	0.32	0.28	0.31	0.31	0.32	0.28
NI-F-EF-G-EG	1/2	0.44	0.44	0.46	0.41	0.32	0.23	0.41	0.4	0.42	0.36	0.4	0.39	0.41	0.36
G-EG	3/4	0.74	0.73	0.77	0.72	0.62	0.44	0.68	0.67	0.69	0.64	0.67	0.66	0.68	0.64
NI-F-EF-G-EG	1	0.98	0.97	1.02	0.95	0.79	0.56	0.91	0.89	0.92	0.84	0.89	0.88	0.91	0.83
F-EF-G-EG	1-1/2	1.57	1.55	1.64	1.45	1.12	0.79	1.45	1.42	1.47	1.29	1.43	1.4	1.46	1.27
F&F(Ext)-G&F(G)Ext-S	2	1.96	1.94	2.05	1.99	1.79	1.28	1.82	1.78	1.85	1.76	1.78	1.75	1.82	1.74
F&F(Int)-G(Int)&LG	2-1/2	2.45	2.42	2.56	2.39	2.01	1.43	2.27	2.23	2.31	2.11	2.23	2.19	2.28	2.09
F&F(Ext)-G&LG(Ext)-C(Int)-S	3	3.13	3.1	3.28	2.87	2.13	1.52	2.91	2.85	2.96	2.54	2.85	2.8	2.92	2.51
	4	4.41	4.36	4.61	4.09	3.14	2.23	4.09	4.01	4.16	3.61	4.01	3.94	4.11	3.58
F&F(Ext)-C-S	5	5.09	5.04	5.33	4.76	3.69	2.63	4.73	4.63	4.8	4.2	4.64	4.55	4.74	4.17
C&S(Ext)	8	7.84	7.75	8.02	6.78	4.97	3.5	7.27	7.12	7.23	5.99	7.13	7.0	7.14	5.94
S(Ext)	10	9.8	9.69	10.0	8.48	6.2	4.37	9.09	8.9	9.03	7.49	8.92	8.75	8.93	7.43
S(Ext)	15	15.2	15.0	15.5	13.3	9.74	7.09	14.1	13.8	14.0	10.0	13.8	13.6	13.8	11.7
H	2-1/2	2.45	2.4	2.53	2.35	1.59	1.22	2.27	2.21	2.28	2.07	2.23	2.17	2.25	2.06
H	5-1/2	5.49	5.38	5.66	5.22	3.48	2.67	5.09	4.94	5.1	4.61	5.0	4.86	5.04	4.57
H	7	6.86	6.73	7.07	6.29	3.9	2.99	6.37	6.18	6.37	5.55	6.25	6.08	6.29	5.51
H	11	10.3	10.1	10.6	9.15	5.31	4.07	9.55	9.27	9.54	8.08	9.37	9.12	9.44	8.01
H	16	14.9	14.6	15.4	13.2	7.58	5.81	13.8	13.4	13.8	11.7	13.6	13.2	13.7	11.6
H	20	21.8	21.3	22.4	19.9	12.4	9.47	20.2	19.6	20.2	17.6	19.8	19.3	20.0	17.5
M	21	21.1	20.8	22.6	21.8	16.7	12.9	19.5	19.1	20.4	19.1	19.2	18.8	20.2	19.0
M	26	26.0	25.7	27.9	28.0	23.7	18.2	24.1	23.6	25.1	24.7	23.6	23.2	24.9	24.5
M	34	33.3	32.9	35.8	34.8	27.8	21.5	30.9	30.3	32.3	30.7	30.3	29.8	31.9	30.5
M	42	41.1	40.7	44.2	43.7	33.5	24.6	38.2	37.4	39.9	38.6	37.5	36.8	38.4	38.3

TABLA C-1

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

**ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN**

**TABLA C-2 VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA DE ORIFICIO BALANCEADO**

**CAPACIDADES DE VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICAS**  
tons

**22, 407A, 407C**

**APLICACIONES DE AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS DE CALOR Y REFRIGERACION COMERCIAL**

VALVULA TIPO	CAPACIDAD NOMINAL (tons)	REFRIGERANTE													
		22						407A				407C			
		CARGA TERMOSTATICA RECOMENDADA													
		VC, VCP100, VGA		VZ, VZP40		VC, VCP100, VGA		NC, NCP100, NGA							
		TEMPERATURA DE EVAPORADOR (°C)													
VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA DE ORIFICIO BALANCEADO															
		5°	0°	-10°	-20°	-30°	-40°	5°	0°	-10°	-20°	5°	0°	-10°	-20°
BF-EBF-SBF-BQ	AAA	0.34	0.34	0.36	0.32	0.25	0.18	0.32	0.31	0.32	0.28	0.31	0.31	0.32	0.28
BF-EBF-SBF-BQ	AA	0.74	0.73	0.77	0.72	0.62	0.44	0.68	0.67	0.69	0.64	0.67	0.66	0.68	0.64
BF-EBF-SBF-BQ	A	1.57	1.55	1.64	1.45	1.12	0.79	1.45	1.42	1.47	1.28	1.43	1.43	1.46	1.27
BF-EBF-SBF-BQ	B	2.74	2.71	2.87	2.59	2.06	1.46	2.54	2.49	2.59	2.29	2.50	2.45	2.55	2.27
BF-EBF-SBF-BQ	C	5.09	5.04	5.33	4.76	3.69	2.63	4.73	4.63	4.80	4.20	4.64	4.55	4.74	4.17
EBS	8	8.35	8.07	8.16	7.08	5.25	3.70	7.74	7.41	7.35	6.25	7.60	7.29	7.26	6.2
EBS	11	11.3	10.9	11.0	9.58	7.10	5.00	10.5	10.0	9.52	8.46	10.3	9.87	9.82	8.39
EBS	15	15.2	14.8	14.7	12.1	9.09	6.68	14.1	13.6	13.2	10.8	13.8	13.4	13.1	10.6
EBS	20	21.9	21.1	20.6	16.9	12.6	8.45	20.4	19.4	18.5	14.9	20.0	19.1	18.3	14.8
O	15	14.7	14.2	14.4	11.9	8.32	5.99	13.7	13.1	13.0	10.6	13.4	12.9	12.9	10.5
O	20	21.8	21.1	21.4	16.7	12.4	9.47	20.2	19.4	19.3	16.6	19.8	19.0	19.0	16.4
O	30	30.0	29.0	29.4	24.5	17.7	14.0	27.8	26.6	26.5	21.6	27.3	26.2	26.1	21.5
O	40	39.5	38.9	39.1	32.1	26.9	21.3	36.6	35.7	35.2	28.4	36.0	35.1	34.8	28.1
O	55	53.9	53.1	53.3	43.4	30.7	23.7	50.0	48.8	48.1	38.4	49.1	48.0	47.5	38.0
O	70	71.5	70.4	70.8	57.3	34.8	25.8	66.4	64.7	63.8	50.6	65.1	63.6	63.0	50.2
V	52	51.0	50.2	54.2	55.0	37.9	28.8	47.3	46.1	48.9	48.7	46.4	45.3	48.3	48.2
V	70	71.5	70.4	76.1	76.6	52.1	39.4	66.4	64.7	68.6	67.7	64.1	63.6	67.8	67.1
V	100	98.0	96.5	104	103	67.0	50.8	90.9	88.7	94.0	90.7	89.2	87.2	92.8	89.9
W	135	140	138	149	147	30.0	72.7	130	127	134	129	128	125	133	129
W	180	185	-	-	-	-	-	172	-	-	-	169	-	-	-

**INFORMACION SOBRE EL CODIGO**

S	V	E	5	GA	3/8" SAE Flare	X	1/2" SAE Flare	X	1/4" SAE Flare Equalizer	X	5'
Drift Type	F 1/2" S 1/2" 454A E 1/2" N 1/2" 407C T 1/2" 1351 R 1/2" 406A V 1/2" 22 Z 1/2" 412A B 1/2" 23 D 1/2" 505 G 1/2" 114 R 1/2" 502 D 1/2" 124 W 1/2" 503 J 1/2" 134A P 1/2" 507 X 1/2" 401A A 1/2" 717 L 1/2" 402A		Nominal Capacity in Tons	Thermostatic Charge	Inlet Connection Size and Style		Outlet Connection Size and Style		External Equalizer Connection Size and Style		Capillary Tubing Length

**TESES CON FALLA DE ORIGEN**

**ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN**

**TABLA C-3 VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICAS DE ORIFICIO INTERCAMBIABLE - TIPO Q**

**CAPACIDADES DE VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICAS**  
tons

**22, 407A, 407C**

**APLICACIONES DE AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS DE CALOR Y REFRIGERACION COMERCIAL**

VALVULA TIPO	ORIFICIO	CAPACIDAD NOMINAL (tons)	REFRIGERANTE													
			22				407A				407C					
			CARGA TERMOSTATICA RECOMENDADA													
			VC, VCP100, VGA			VZ, VZP40			VC, VCP100, VGA			NC, NCP100, NGA				
			TEMPERATURA DE EVAPORADOR (°C)													
5°	0°	-10°	-20°	-30°	-40°	5°	0°	-10°	-20°	5°	0°	-10°	-20°			
<b>VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA DE ORIFICIO INTERCAMBIABLE - TIPO Q</b>																
Q-SQ-EQ	0	1/3	0.34	0.34	0.36	0.32	0.25	0.18	0.32	0.31	0.32	0.28	0.31	0.32	0.28	
Q-SQ-EQ	1	3/4	0.74	0.73	0.77	0.72	0.62	0.44	0.68	0.67	0.69	0.64	0.67	0.66	0.68	0.64
Q-SQ-EQ	2	1	0.98	0.97	1.02	0.95	0.79	0.56	0.91	0.89	0.92	0.84	0.89	0.88	0.91	0.83
Q-SQ-EQ	3	1-1/2	1.47	1.45	1.54	1.35	1.01	0.72	1.36	1.34	1.39	1.19	1.34	1.31	1.37	1.18
Q-SQ-EQ	4	2-1/2	2.45	2.42	2.56	2.39	2.01	1.43	2.27	2.23	2.31	2.11	2.23	2.19	2.28	2.09
Q-SQ-EQ	5	3-1/2	3.43	3.39	3.59	3.31	2.74	1.95	3.18	3.12	3.23	2.93	3.12	3.06	3.19	2.9
Q-SQ-EQ	6	5	4.7	4.65	4.92	4.36	3.34	2.36	4.36	4.27	4.43	3.85	4.28	4.2	4.38	3.82
<b>VALVULA TIPO</b>																
RIVE	2		2.1	2.07	2.21	1.96	-	-	1.94	1.9	1.99	1.73	1.91	1.87	1.96	1.72
RIVE	3		3.33	3.29	3.51	3.08	-	-	3.09	3.03	3.16	2.72	3.03	2.98	3.12	2.7
RIVE	4		4.09	4.05	4.31	3.78	-	-	3.8	3.72	3.89	3.34	3.73	3.66	3.84	3.31
RIVE	5		4.43	4.38	4.66	4.16	-	-	4.11	4.02	4.2	3.66	4.03	3.96	4.15	3.65

**TABLA C-4 FACTOR DE CORECCION PARA LA PRESION**

TEMPERATURA DE EVAPORACION	CAIDA DE PRESION A TRAVES DE LA VET (PSI)							
	50	75	100	125	150	175	200	225
	FC PRESION							
5°, 0°	0.71	0.87	1.00	1.12	1.22	1.32	1.41	1.5
-10°	0.63	0.77	0.89	1.00	1.1	1.18	1.26	1.34
-20°	0.57	0.71	0.82	0.91	1.00	1.08	1.15	1.22
-30°, -40°	0.53	0.65	0.76	0.85	0.93	1.00	1.07	1.13

**TABLA C-5 FACTOR DE CORECCION PARA LA TEMPERATURA DE LIQUIDO**

REFRIGERANTE	TEMPERATURA DE LIQUIDO (°C)								
	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
	FC LIQUIDO								
22	1.63	1.53	1.42	1.32	1.21	1.11	1.00	0.89	0.78
407A	1.85	1.71	1.57	1.44	1.3	1.15	1.00	0.84	0.66
407C	1.42	1.36	1.3	1.23	1.16	1.08	1.00	0.91	0.82

**TESIS CON  
FALDA DE ORIGEN**

**ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN**

**APENDICE "D" ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA SELECCIÓN DE LAS VALVULAS SOLENOIDES**

TIPO	VALVULAS SERIE "E"	VALVULAS SERIE "A" Y "B"	tons														
			12					22					134a				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
E3	A3		0.7	1.0	1.2	1.4	1.6	0.9	1.3	1.6	1.9	2.1	0.8	1.2	1.5	1.8	1.4
E5	-		1.2	1.8	2.1	2.5	2.8	1.6	2.3	2.8	3.3	3.6	1.5	2.1	2.6	3.0	2.4
E6	B6		2.2	3.1	3.8	4.4	4.9	2.9	4.0	4.9	5.7	6.4	2.7	3.8	4.6	5.3	4.1
E9	B9		3.6	5.1	6.2	7.2	8.1	4.7	6.6	8.1	9.3	10.4	4.4	6.2	7.5	8.7	6.8
E10	B10		5.0	7.0	8.6	10.0	11.1	6.4	9.1	11.1	12.8	14.3	6.0	8.5	10.4	12.0	9.3
E14	B14		7.1	1.0	12.2	14.1	15.7	9.1	12.9	15.8	18.2	20.3	8.5	12	14.7	17.0	13.2
E19	B19		10.8	15.3	18.8	21.7	24.3	13.9	19.8	24.2	28.0	31.4	13.0	18.4	22.6	26.1	20.3
E25	B25		18.4	26.1	32.0	37.0	41.4	23.8	33.8	41.4	47.8	53.5	22.2	31.5	38.6	44.6	34.7
E34	B33		25.7	36.4	44.6	51.6	57.6	33.2	47.0	57.6	66.5	74.4	31.0	43.8	53.7	62.0	48.3
-	MA42		46.8	63.3	75.5	87.2	94.3	60.9	82.3	88.2	111	123	56.7	76.7	91.5	104	78.5
E42	-		56.9	80.4	98.5	113	127	73.5	104	127	147	164	68.6	96.9	119	137	107
-	MA60		83.6	113	135	159	168	109	147	175	199	219	101	137	163	185	142

**TABLA D-1 SELECCIÓN EN LINEA DE LÍQUIDO**

TIPO	VALVULAS SERIE "E"	VALVULAS SERIE "A" Y "B"	tons														
			401A					404A					502				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
E3	A3		0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	0.6	0.9	1.1	1.2	1.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
E5	-		1.0	1.5	1.8	2.1	2.4	1.1	1.5	1.9	2.1	2.4	1.0	1.5	1.8	2.1	2.4
E6	B6		1.9	2.6	3.2	3.7	4.1	1.9	2.7	3.3	3.8	4.2	1.9	2.6	3.2	3.7	4.1
E9	B9		3.0	4.3	5.2	6.0	6.7	3.1	4.4	5.4	6.2	6.9	3.0	4.3	5.2	6.0	6.8
E10	B10		4.2	5.9	7.2	8.3	9.3	4.2	6.0	7.3	8.5	9.5	4.2	5.9	7.2	8.3	9.3
E14	B14		5.9	8.3	10.2	11.8	13.2	6.0	8.5	10.4	12	13.4	5.9	8.4	10.2	11.8	13.2
E19	B19		9.0	12.8	15.7	18.1	20.3	9.2	13.1	16.0	18.5	20.7	9.0	12.8	15.7	18.2	20.3
E25	B25		15.4	21.8	26.8	30.9	34.6	15.7	22.3	27.4	31.6	35.4	15.5	21.9	26.8	30.9	34.7
E34	B33		21.5	30.4	37.3	43.1	48.2	22.0	31.1	38.1	44	49.2	21.5	30.5	37.4	43.2	48.3
-	MA42		39.8	53.8	64.2	72.8	80.2	40.8	55.2	65.8	74.6	82.2	39.5	53.4	63.7	72.2	79.5
E42	-		47.6	67.3	82.4	95.1	106	48.6	68.8	84.2	97.2	109	47.7	67.4	82.5	95.3	107
-	MA60		71.0	96.1	115	130	143	72.8	98.5	118	133	147	70.4	95.3	114	129	142

**TABLA D-2 SELECCIÓN EN LA LINEA DE LÍQUIDO**

\*No use con caídas de presión menores que 1 psi. Excepto las tipo E3 y A3.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

TABLA D-3 ESPECIFICACIONES PAR REFRIGERANTES 12-22-134A-401A-402A-404A-407C502-507

TIPO NUMERO						CONEXIONES pujadas	ORIFICIO mm	MOPD pal AC	Watts
Serie "E" con Conexiones Extendidas			Serie Válvulas "A" y "B"						
Sin vástago para Abrir Manualmente		Con Vástago para Abrir Manualmente	Sin Vástago para Abrir Manualmente		Con vástago para Abrir Manualmente				
Normalmente cerrada	Normalmente Abierta	Normalmente cerrada	Normalmente cerrada	Normalmente Abierta	Normalmente cerrada				
-	-	-	A3P1	-	-	3/8 NPT Hembra	2.6	300	10
-	-	-	A3F1	-	-	1/4 SAE Roscar			
E3S120	-	-	A3S1	-	-	1/4 ODF Soldar			
E3S130	-	-	A3S1	-	-	3/8 ODF Soldar	3.8	300	10
E5S120	-	-	-	-	-	1/4 ODF Soldar			
E5S130	-	-	-	-	-	3/8 ODF Soldar			
-	-	-	B6P1	-	MB6P1	3/8 NPT Hembra	4.8	300	10
-	-	-	B6F1	-	MB6F1	3/8 SAE Roscar			
E6S130	-	ME6S130	B6S1	-	MB6S1	3/8 ODF Soldar			
E6S140	-	ME6S140	B6S1	-	MB6S1	1/2ODF Soldar	7.1	300	15
-	-	-	B9P2	OB9P2	MB9P2	3/8 NPT Hembra			
-	-	-	B9F2	OB9F2	MB9F2	3/8 SAE Roscar			
E9S230	OE9S230	ME9S230	-	-	-	3/8 ODF Soldar	7.9	300	15
E9S240	OE9S240	ME9S240	B9S2	OB9S2	MB9S2	1/2 ODF Soldar			
-	-	-	B10F2	OB10F2	MB10F2	1/2 SAE Roscar			
E10S240	OE10S240	ME10S240	-	-	-	1/2 ODF Soldar	11.1	300	15
E10S250	OE10S250	ME10S250	B10S2	OB10S2	MB10S2	5/8 ODF Soldar			
-	-	-	B14P2	OB14P2	MB14P2	1/2 NPT Hembra			
E14S250	OE14S250	ME14S250	B14S2	OB14S2	MB14S2	5/8 ODF Soldar	15.1	300	15
-	-	-	B19P2	OB19P2	MB19P2	3/4 NPT Hembra			
E19S250	OE19S250	ME19S250	B19S2	OB19S2	MB19S2	5/8 ODF Soldar			
E19S270	OE19S270	ME19S270	B19S2	OB19S2	MB19S2	7/8 ODF Soldar	19.6	300	15
-	-	-	B25P2	OB25P2	MB25P2	1 NPT Hembra			
E25S270	OE25S270	ME25S270	B25S2	OB25S2	MB25S2	7/8 ODF Soldar			
E25S290	OE25S290	ME25S290	B25S2	OB25S2	MB25S2	1-1/8 ODF Soldar	25.4	300	15
E34S290	OE34S290	ME34S290	B33S2	OB33S2	MB33S2	1-1/8 ODF Soldar			
E34S2110	OE34S2110	ME34S2110	B33S2	OB33S2	MB33S2	1-3/8 ODF Soldar			
-	-	-	B33S2	OB33S2	MB33S2	1-5/8 ODF Soldar	33.3	300	15
-	-	-	-	-	MA42P3	1-1/2 NPT Hembra			
E42S2130	OE42S2130	ME42S2130	-	-	MA42S3	1-5/8 ODF Soldar			
E42S2170	OE42S2170	ME42S2170	-	-	MA42S3	2-1/8 ODF Soldar	39.7	300	18
-	-	-	-	-	MA50P3	2 NPT Hembra			
-	-	-	-	-	MA50S3	2-1/8 o 5/8 ODF Soldar			

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS PARA EL ENSAMBLE DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN

APENDICE "E" ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

TIPO DE AISLAMIENTO Temp. Máxima	THWN, RUW, T, TW, TWD, MTW 60°C		RH, RHW, THW, THWN, DF, XHHW, RUH 75°C		PILC, V, MI 85°C		TBS, AVB, SIS, THHW, TA, SA, FEP, THW, RHH, EP, MTV, XHHW 90°C	
	Calibre AWG/MCM	en tubo	al aire	en tubo	al aire	en tubo	al aire	en tubo
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	265	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000

TABLA E-1 CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS

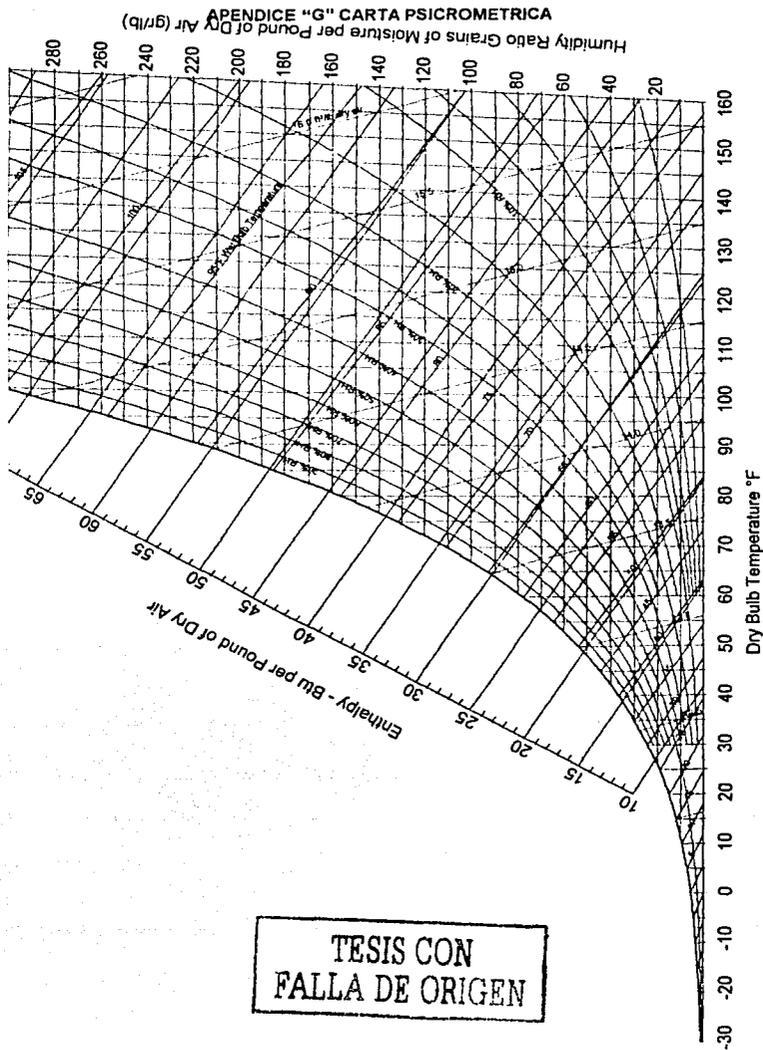
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## APENDICE "F" CARTA PRESIÓN TEMPERATURA DE LOS REFRIGERANTES

PSIG	TEMPERATURA °C						
	REFRIGERANTE (Código Sportan)						
	22	12	124	134a	502	507	717
5*	-44	-34	-16	-30	-49	-51	-37
3*	-43	-32	-14	-28	-48	-49	-36
1*	-42	-31	-13	-27	-46	-47	-34
0	-41	-30	-12	-26	-46	-47	-33
2	-38	-37	-9	-23	-43	-44	-31
4	-36	-24	-6	-21	-40	-42	-28
6	-33	-22	-3	-18	-38	-39	-26
8	-31	-19	-1	-16	-36	-37	-24
10	-29	-17	1	-14	-34	-36	-22
12	-27	-15	3	-12	-32	-34	-21
14	-26	-13	5	-11	-30	-32	-19
16	-24	-11	7	-9	-28	-31	-17
18	-22	-9	9	-7	-27	-29	-16
20	-21	-8	11	-6	-25	-27	-14
22	-19	-6	12	-4	-24	-26	-13
24	-18	-4	14	-3	-22	-24	-12
26	-17	-3	15	-1	-21	-23	-11
28	-15	-2	17	0	-19	-22	-9
30	-14	0	18	2	-18	-21	-8
32	-13	1	19	3	-17	-19	-7
34	-12	3	21	4	-16	-18	-7
36	-11	4	22	5	-15	-17	-6
38	-9	5	23	6	-14	-16	-4
40	-8	6	24	7	-13	-15	-3
42	-7	7	26	8	-12	-14	-2
44	-6	8	27	9	-11	-13	-2
46	-5	9	28	11	-9	-12	-1
48	-4	11	29	11	-9	-11	0
50	-3	12	30	12	-8	-11	1
52	-2	13	31	13	-7	-9	2
54	-2	14	32	14	-6	-9	3
56	-1	14	33	15	-5	-8	3
58	0	16	34	16	-4	-7	4
60	1	17	35	17	-3	-6	5
62	2	18	36	18	-3	-6	6
64	3	18	37	18	-2	-4	7
66	3	19	38	19	-1	-4	7
68	4	20	38	20	0	-3	8

PSIG	TEMPERATURA °C						
	REFRIGERANTE (Código Sportan)						
	22	12	124	134a	502	507	717
70	5	21	39	21	1	-2	8
72	6	22	40	22	1	-2	9
74	7	23	41	22	2	-1	10
76	7	23	42	23	3	0	11
78	8	24	43	24	3	1	11
80	9	25	43	24	4	1	12
85	11	27	46	26	6	3	13
90	12	29	47	28	8	4	14
95	13	31	49	29	9	6	16
100	15	32	51	31	11	8	17
105	17	34	52	32	12	9	19
110	18	36	54	34	14	11	20
115	19	37	56	36	15	12	21
120	21	39	57	37	17	13	23
125	22	40	59	38	18	14	24
130	23	42	60	39	19	16	25
135	24	43	62	41	21	17	26
140	26	44	63	42	22	18	27
145	27	46	64	43	23	19	28
150	28	47	66	44	24	21	29
155	29	48	67	46	25	22	30
160	31	49	68	47	27	23	31
165	32	51	69	48	28	23	32
170	33	52	71	49	28	24	33
175	33	53	72	50	29	26	34
180	34	54	73	51	31	27	35
185	36	56	74	52	32	28	36
190	37	57	75	53	33	28	37
200	38	59	77	55	35	31	38
220	42	63	81	58	38	34	42
240	46	67	85	62	42	37	44
260	49	71	89	65	46	41	47
280	52	74	92	68	48	43	50
300	55	77	95	71	51	46	53
320	58	81	98	74	54	49	55
340	60	83	101	77	57	51	57
360	63	86	104	79	59	53	59

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**BIBLIOGRAFIA**

W. F. Stoecker  
Refrigeración y Acondicionamiento del Aire  
Ed. McGraw-Hill

Raymond A. Havrella  
Fundamentos de Calefacción  
Ventilación y Acondicionamiento de Aire  
Ed. McGraw-Hill

Burgess H. Jennings Samuel R. Lewis  
Aire Acondicionado y Refrigeración  
Ed. Continental

F. Porges  
Prontuario de Calefacción Ventilación y Aire  
Ed. Marcombo

José Alarcón Creus  
Tratado Practico de Refrigeración Automática  
12ª Edición Ed. Alfa omega Marcombo

R. Warren Marsh C. Thomas Olivio  
Principios de la Refrigeración  
2ª Edición Ed. Diana

M. David Burghardt  
Ingeniería Termodinámica  
2ª Edición Ed. Harla

P. J Ropin  
Instalaciones Frigoríficas Tomo 2  
Ed. Marcombo

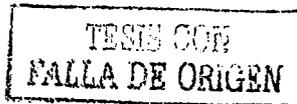
Eduardo Hernández Goribar  
Fundamentos de Aire Acondicionado  
y Refrigeración  
Ed. Limusa

<http://www.gervasoni-ingenieria.com>

<http://www.thermoandina.com>

<http://www.elgadevenezuela.com>

<http://www.york.com>



<http://www.carrier.com>

<http://www.copeland.com>

<http://www.acalny.com>

<http://www.sporlan.com>

<http://www.buenasalud.com>

<http://www.spsrepresentaciones.com>

<http://www.efn.uncor.edu/dep/aero>

<http://www.calelec.com.mx>

<http://www.vamsaingenieria.com>

<http://www.schneider-electric.com.com>

<http://www.copperandtools.com>

<http://www.procobreperu.org>

<http://www.sec.cl/>

<http://www.lawebdelprofe.com>

<http://www.fao.org/>

<http://www.webdiee.cem.itesm.mx>

Robert L. Mott  
Mecánica de Fluidos Aplicada  
4ª Ed. Prentice-Hall

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN