



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE NUEVA  
TECNOLOGÍA Y UN CASO DE APLICACIÓN EN UN HOTEL**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELÉCTRICISTA**

**PRESENTA:  
AARÓN DAVID MÉNDEZ DÍAZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO**



**MÉXICO**

**2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mis Dios Jehová el creador del universo y de mi vida, por permitirme la vida hasta ahora, por sus maravillosos consejos, por permitirme la vida a mi familia y a todos mis seres queridos y poder estar con ellos, por dejarme realizar este proyecto; por ser el dador de la vida. Por ser un Dios bondadoso y amoroso.

A mi padre Manuel Méndez por ayudarme a concluir este proyecto que sin su ayuda hubiera sido más difícil y por que nunca me ha dejado solo. Por impulsarme a seguir adelante, por ser un padre dedicado y responsable y por darme el ejemplo.

A mi madre María Díaz por sus tiernos cariños y sus maravillosos consejos y por que me sigue impulsando a seguir adelante en esta vida, por enseñarme a como vivir. Por ser una maravillosa madre y una gran amiga para mí.

Gracias a mi hermana Brigitte por los momentos que me ha dedicado y por apoyarme y ayudarme en los asuntos de mi vida y por el amor que me tiene.

A mi novia y gran amiga Yumahara por el gran amor incondicional que me demuestra, por apoyarme en todo, por el tiempo que me dedica, por escucharme, por el ejemplo que me demuestra a seguir adelante en la vida, y sobre todo por ser una gran mujer.  
Te amo nenita.

Gracias a mi familia por su apoyo y el gran amor que me han mostrado, por las alegrías y tristezas que hemos compartido.

Gracias a mis dos hermanos Luis y Omar por ayudarme en todo y por los conocimientos que me han aportado, sobre todo por el apoyo que me han mostrado y el gran amor que me tienen.

A mi cuñado Daniel por querer mucho a mi hermana y por sus alegrías.

A mis amigos y amigas por sus experiencias, consejos, por su apoyo, por todo lo que he vivido con cada uno de ellos, por la confianza que depositan en mi por creer en mi; que entre ellos esta Evelin, por ser una gran amiga, y por mis nuevos amigos y amigas.

A Paola por que es como una hermana para mí y sobre todo una amiga, por sus alegrías y tristezas.

Al Ingeniero Alejandro Rueda por ayudarme a concluir este trabajo, por sus conocimientos que me ha aportado y su tiempo que me ha dedicado, por ser un amigo.

A mi asesor el Ing. Adrián Paredes Romero, por el tiempo que me dedico, por aclarar mis dudas, por ayudarme ha concluir este trabajo.

A todos los profesores que me han ayudado a llegar a alcanzar esta meta por sus conocimientos aportados y a todas aquellas personas que me han aportado sus conocimientos y que en cierta forma me han ayudado.

## DEDICATORIAS

A mi Papá por ser el mejor padre y enseñarme a sobresalir en esta vida, ha ser dedicado, responsable y trabajador, ha no ser conformista y seguir preparándome para mejorar cada día. Por que me sigue dando su ejemplo.

A mi mamá por ser una maravillosa madre, por enseñarme el camino que debo seguir en esta vida, por sus maravillosos consejos, por estar siempre cuando uno la necesita, por ser un ejemplo para seguir adelante.

Gracias a Dios por darme estos maravillosos padres y la maravillosa familia que tengo, que cada uno con su ejemplo y su ayuda he aprendido mucho sobre esta vida.

“Por lo tanto, todas las cosas que quieren que los hombres les hagan, también ustedes de igual manera tienen que hacérselas a ellos.” (Mateo 7:12)

“Si es posible, en cuanto dependa de ustedes, sean pacíficos con todos los hombres.” (Romanos 12:18)

“Perdónanos nuestras deudas, como nosotros también hemos perdonado a nuestros deudores.” (Mateo 6:12) “Más bien háganse bondadosos unos con otros, tiernamente compasivos, y perdónense liberalmente unos a otros, así como Dios también por Cristo liberalmente los perdonó a ustedes.” (Efesios 4:32)

“La perspicacia del hombre ciertamente retarda su cólera, y es hermosura de su parte pasar por alto la transgresión.” (Proverbios 19:11)

“La persona fiel en lo mínimo es fiel también en lo mucho, y la persona injusta en lo mínimo es injusta también en lo mucho.” (Lucas 16:10)

“¿Has contemplado a un hombre hábil en su trabajo? Delante de reyes es donde él se apostará.” (Proverbios 22:29)

“La cosa deseable en el hombre terrestre es su bondad amorosa; y uno de escasos recursos es mejor que un hombre mentiroso.” (Proverbios 19:22)

“Felices son los que tienen conciencia de su necesidad espiritual.” (Mateo 5:3)

“Tienes que amar a Jehová tu Dios con todo tu corazón y con toda tu alma y con toda tu mente.” (Mateo 22:37)

# ÍNDICE

PÁGINA

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	I
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	II
<b>CAPITULO I. REFRIGERACIÓN</b> .....	1
I.1 Conceptos Teóricos .....	1
I.2 Ciclo de Refrigeración .....	10
I.2.1. Ciclo Invertido de Carnot .....	10
I.2.2. Diagrama de Mollier (Entalpía-Entropía) .....	12
I.2.3 Componentes Básicos .....	14
I.3. Estimación de la Carga Térmica .....	17
I.3.1. Factores .....	17
I.3.2. Conducción, Convección y Radiación .....	19
I.3.3. Alumbrado, Equipo y Personas .....	20
<b>CAPITULO II. CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO</b> .....	22
II.1 Compresores .....	22
II.2 Evaporadores y Condensadores .....	25
II.3 Refrigerantes .....	35
II.3.1 Propiedades de los Refrigerantes .....	35
II.3.2. Selección del Refrigerante .....	39
<b>CAPITULO III. AIRE ACONDICIONADO</b> .....	42
III.1. Cartas psicrométricas .....	42
III.1.1. Propiedades .....	42
III.1.2. Procesos psicrométricos .....	47
III.2. Condiciones de Confort .....	49
III.2.1 Temperatura en Interiores .....	49
III.2.2. Humedad .....	51
<b>CAPITULO IV. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO</b> .....	52
IV.1. Normas .....	52
IV.2. Equipo de Ventana .....	53
IV.3. Equipo de Aire Acondicionado tipo Paquete .....	56
IV.4 Equipos de Expansión Directa (Divididos, Mini-Split, Multi-Split) .....	58
IV.5 Unidades Generadoras de Agua Helada (Chillers) .....	64
IV.5.1 Compresores Reciprocantes .....	64
IV.5.2 Compresores de Tornillo .....	65
IV.5.3 Compresores Centrífugos .....	66
IV.5.3 Compresor Scroll .....	68
IV.6. Torres de Enfriamiento para Disipación de Calor .....	70

<b>CAPITULO V. CASO DE APLICACIÓN EN UN HOTEL</b> .....	74
V.1 Objetivo .....	74
V.2 Datos generales del Hotel .....	74
V.3 Facturación Eléctrica .....	75
V.4 Sistema de Acondicionamiento ambiental Actual .....	76
V.5 Sistema de Acondicionamiento ambiental Propuesto .....	78
V.6 Cálculos de ahorros Energéticos .....	78
V.7 Inversión .....	79
V.8 Periodo de Recuperación de la Inversión(PRS) .....	79
<b>CONCLUSIONES</b> .....	81
<b>ANEXOS</b> .....	83
<b>FUENTES DE CONSULTA</b> .....	85



## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha estado buscando la tecnología adecuada para mejorar la eficiencia energética de los equipos de consumo eléctrico, así como también se ha buscado tecnología que disminuya el consumo de energía eléctrica y que mejoren la eficiencia de utilización de las fuentes energéticas.

El ahorro de energía por tanto es de preocupación a nivel nacional no sólo en lo que respecta al aire acondicionado si no en todos los ámbitos; es por eso que existen algunas organizaciones preocupadas por reconocer los esfuerzos de los fabricantes por reducir los consumos de energía. Así, el FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica) otorga el sello FIDE, que es una certificación otorgada a productos que cuentan con un estándar elevado de ahorro de energía, más exigente aun que la NOM, lo que permite obtener una ventaja competitiva a los productos que porten dicho sello.

Es un hecho que el clima esta cambiando y cada vez hace más calor en lugares donde anteriormente el clima era benévolo. Debido a eso hay ciudades en el país donde la gente conoce muy poco o nada respecto al aire acondicionado.

Es por eso que en el presente trabajo se pretende dar a conocer un enfoque de lo que es el aire acondicionado; mencionar el proceso del ciclo de refrigeración así como también mencionar algunos de los diferentes equipos que existen en el área del aire acondicionado que pueden ser utilizados en distintos tipos de edificios, y que nos pueden generar una mejor eficiencia energética así como también un mayor ahorro de energía eléctrica.

También se pretende mencionar un caso real en un edificio ya establecido, que cuenta con equipos de aire acondicionado convencionales, en el cual se sustituyen estos equipos por equipos de nueva tecnología; los cuales después de una serie de cálculos nos generan un mayor ahorro de energía eléctrica y una mayor eficiencia de equipo.

## JUSTIFICACIÓN

En la actualidad los equipos de aire acondicionado convencionales generan una cantidad muy elevada de energía eléctrica y su alta dependencia de los hidrocarburos están creando una situación de seria consideración; esto no solo afecta en el consumo, demanda e importe en la facturación eléctrica, presentada por Comisión Federal de Electricidad, sino también a nuestro medio ambiente por motivo del deterioro de la capa de ozono debido a los tipos de refrigerantes.

En los últimos 20 años la industria de la calefacción, ventilación y aire acondicionado a sufrido un mayor desarrollo en la mejora de los equipos empleados para el acondicionamiento ambiental en muchas áreas.

El aire acondicionado comercial es esencial para la comodidad de la sociedad contemporánea en la mayor parte del mundo. Estos sistemas contribuyen a la salud y comodidad, a la productividad de los trabajadores y a la vitalidad económica. El aire acondicionado comercial se usa en tiendas, restaurantes, oficinas, hoteles, hospitales y otros lugares públicos.

Puesto que en este tiempo es necesario mejorar la economía y cuidar más de la naturaleza, es conveniente que se utilice esta tecnología para suplantar los equipos convencionales por equipos de nueva tecnología, y de esta manera generar un mayor ahorro de energía eléctrica y un mayor cuidado de nuestro medio ambiente; así como económico a corto y largo plazo.

# CAPÍTULO I. REFRIGERACIÓN

## I.1 CONCEPTOS TERÓRICOS

### **Refrigeración.**

La refrigeración es la rama de la ciencia que trata del proceso por el cual se reduce la temperatura de un espacio determinado abajo de la del medio ambiente que nos rodea, manteniendo esta temperatura baja con un fin, por ejemplo:

- Enfriar alimentos.
- Conservación de determinadas sustancias.
- Ambiente agradable.

Esto es, remueve calor no deseado de un lugar u objeto y lo descarga o transfiere a otro lugar u objeto. La remoción del calor baja la temperatura y puede ser llevada a cabo mediante el uso de hielo, nieve, agua fría o refrigeración mecánica.

El calor siempre fluye de un cuerpo caliente a uno frío hasta que ambos tengan la misma temperatura.

### **Refrigeración mecánica.**

Se refiere a la utilización de componentes mecánicos arreglados en un sistema de refrigeración, con el propósito de transferir calor.

### **Calor.**

Es una forma de energía transferida de un objeto a otro en virtud de una diferencia de temperatura; una propiedad de la materia mensurable. El calor existe en cualquier parte en mayor o menor grado. Como cualquier forma de energía no puede ser creado ni

destruido, aunque otra forma de energía pueda convertirse al calor y viceversa. La energía viaja en una sola dirección de un objeto o área más caliente a una más fría.

### **Frío.**

Se refiere a la carencia de calor en un objeto o espacio. Algunas definiciones lo describen como la ausencia de calor, pero no hay nada conocido en el mundo hoy día del cual el calor esté totalmente ausente. Ningún proceso ha sido capaz de alcanzar el estado de cero absoluto, en el cual todo calor ha sido removido de un espacio u objeto. Este punto cero teóricamente sería 459.69 grados bajo cero en la escala termométrica Fahrenheit y 273.16 grados bajo cero en la escala Celsius.

### **Refrigerantes.**

Son compuestos químicos que son alternativamente comprimidos y condensados a la fase líquida y luego se les permite expandir a vapor o gas; cuando son bombeados a través del sistema o ciclo de refrigeración mecánica.

### **Temperatura.**

Es una medida relativa de la intensidad o nivel del calor. Las medidas más conocidas son los grados Fahrenheit y los grados Celsius(Centígrados).Entre los puntos fijos de congelación y de evaporación, hay 100 grados en la escala Celsius y 180 grados en la escala Fahrenheit. Así, un grado Celsius es 1.8 veces mayor que un grado Fahrenheit. El punto de congelación del agua es 32°F o 0°C y el punto de evaporación es de 212°F o 100°C. Estas dos escalas se relacionan entre si de la siguiente manera:

$$T_F = 9/5T_C + 32$$

$$T_C = 5/9(T_F - 32)$$

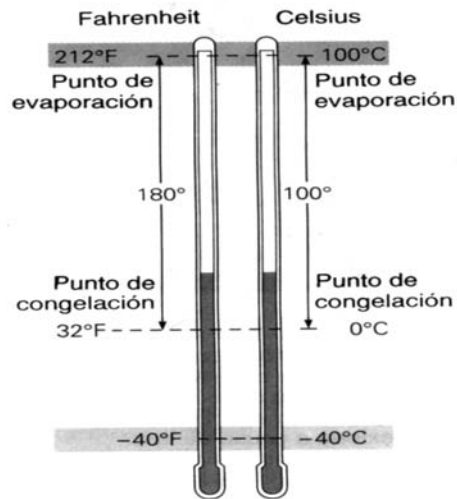


Fig. I.1. Escalas de temperatura Celsius y Fahrenheit.

### Unidad de cantidad de calor.

La unidad de calor que se emplea comúnmente en la industria es la British Thermal Unit (BTU) o Unidad Térmica Británica. El agua se usa como un patrón para esta unidad de cantidad de calor. Entonces una BTU es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua en 1°F, e inversamente si la temperatura de una libra de agua se reduce 1°F, una BTU en forma de calor es removido.

### Calor específico.

El calor específico de una sustancia es la cantidad de energía en BTU requerida para cambiar la temperatura de una libra de la sustancia en 1°F. Se puede concluir entonces que el calor específico del agua es 1 BTU/lb-°F. Debido a que muchas otras sustancias requieren de menos energía para producir un cambio en su temperatura, tienen un calor específico menor a 1. El calor requerido para cambiar la temperatura de cualquier sustancia se puede expresar en forma de ecuación, de la siguiente manera:

$$Q = mc(T_i - T_f)$$

donde:

Q = Cantidad de calor (BTU).

m = Cantidad de sustancia (lb).

$c$  = Calor específico de la sustancia (BTU/lb-°F)

$T_i$  = Temperatura inicial (°F).

$T_f$  = Temperatura final (°F).

Agua	1,00
Hielo	0,50
Aire (seco)	0,24
Vapor de agua	0,48
Aluminio	0,22
Bronce	0,09
Plomo	0,03
Hierro	0,10
Mercurio	0,03
Cobre	0,09
Alcohol	0,60
Kerosene	0,50
Aceite de oliva	0,47
Vidrio	0,20
Pino	0,67
Mármol	0,21

Fig. I.2. Calores específicos de sustancias comunes en BTU/lb-°F.

El calor específico de una sustancia también cambiará, con un cambio en el estado de ésta. Como ejemplo de esta variación en el calor específico tenemos el agua. Cuando es un líquido, su calor específico es 1.0 pero cuando es un sólido (hielo) su calor específico se aproxima a 0.5 y cuando pasa al estado gaseoso (vapor de agua) su calor específico es de 0.48.

Dentro del sistema de refrigeración habrá sustancias en forma líquida o gaseosa y su habilidad para absorber o dar calor. Por ejemplo el vapor de refrigerante 12(R-12) aproximadamente a 70°F y a una presión constante tiene un valor específico de 0.148, mientras que en forma líquida su calor específico es de 0.24 a 86 F.

**Calor sensible.**

Es el calor a remover o a adicionar de una sustancia que puede sentirse o medirse al cambiar la temperatura de la sustancia. Este es el calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado. La sustancia bien sea en estado sólido, líquido o gaseoso, contiene calor sensible, en algún grado, siempre que su temperatura este por encima del cero absoluto.

**Calor latente.**

La derivación de la palabra latente es de la palabra latina para oculto. Este es entonces un calor oculto que no se registra sobre un termómetro ni puede sentirse. Por tanto calor latente es el calor a remover o a adicionar de una sustancia a causa del cambio de estado sin cambio en su temperatura. Al extraer o adicionar calor a una sustancia se puede lograr que cambie su estado manteniendo su temperatura constante, conocida como temperatura de saturación.

Bajo un cambio de estado, la mayoría de las sustancias tendrán un punto de fusión en el cual ellas cambiaran de un sólido a un líquido sin ningún incremento en su temperatura. El calor latente para un cambio de fase de sólido a líquido o líquido a sólido se llama calor latente de fusión y para el cambio de fase de líquido a gas o gas a líquido se denomina calor latente de vaporización.

El calor a remover o a adicionar en cambio de estado es comparativamente más grande que en el incremento de temperatura; por ejemplo en el agua tenemos:

- 144 BTU/lb en fusión.
- 970 BTU/lb en vaporización.

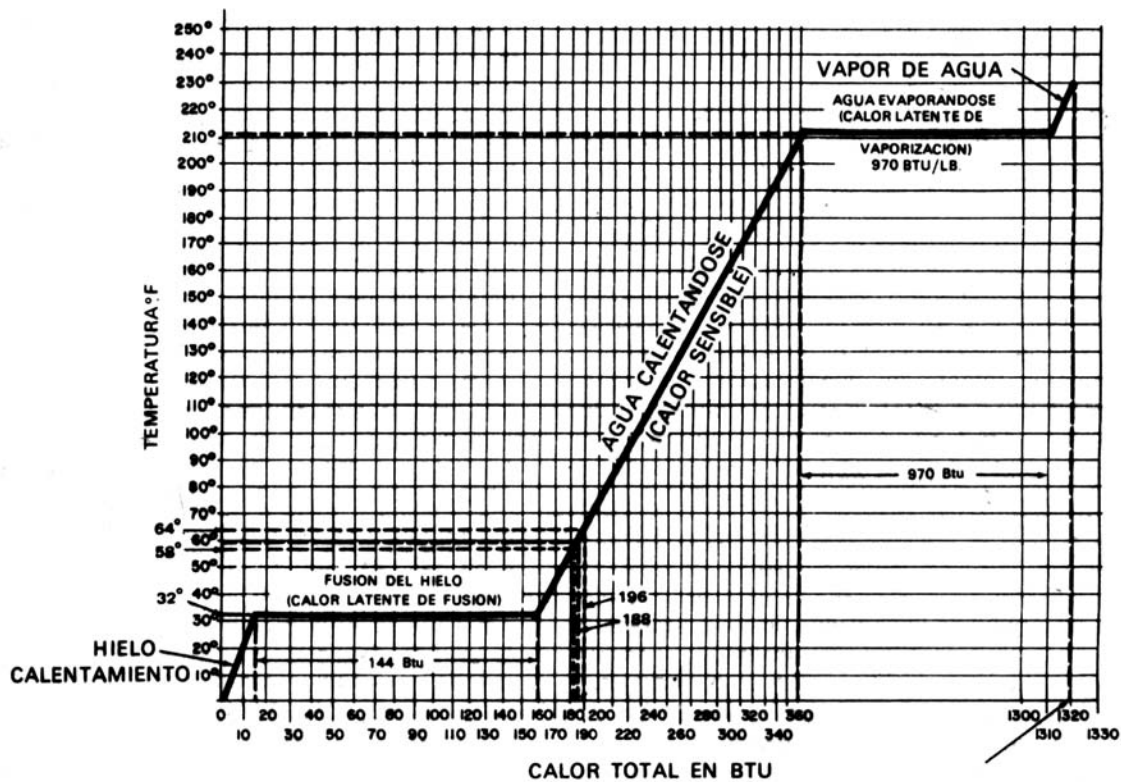


Fig. I.3. Muestra de relación entre calor sensible y latente.

**Energía.**

Habilidad para realizar un trabajo. Esta puede existir en muchas formas tales como energía calorífica, energía mecánica, energía química, energía eléctrica y puede ser cambiada de una forma a otra.

**Potencia.**

Una tarea determinada puede requerir de una cierta cantidad de trabajo, pero que puede realizarse en diferentes intervalos de tiempo o a velocidades diferentes. Por tanto, potencia es la rapidez con que se desarrolla un trabajo.

**Presión.**

La presión de fluido es la fuerza por unidad de área ejercida por un gas o un líquido. Se expresa en términos de psi(libra por pulgada cuadrada). Varía directamente con la



densidad y la profundidad del fluido, y a la misma profundidad debajo de la superficie, la presión es igual en todas direcciones.

Presión = Fuerza / Área, ( $P=F/A$ ).

### Presión atmosférica.

Es la presión que ejerce el aire sobre la superficie de la tierra. Ha sido computado que una columna de aire con un área seccional de una pulgada cuadrada y que se extiende desde la superficie de la tierra a nivel del mar hasta los límites de la atmósfera, pesaría aproximadamente 14.7 lbs. Entonces como la fuerza también significa el peso de una sustancia y la presión es la fuerza por pulgada cuadrada, la presión atmosférica normal se considera que es 14.7psi, al nivel del mar. La presión variará con la altitud o elevación sobre el nivel del mar y hay variaciones debidas a cambios en la temperatura y en el contenido del vapor de agua del aire.

### Presión manométrica.

Es la presión que se mide en un manómetro; cuando las presiones son menores a la atmosférica se dice que son presiones de vacío. Este tipo de medidor de presión utiliza un líquido, usualmente mercurio, agua o aceite, como un indicador de la cantidad de presión involucrada.

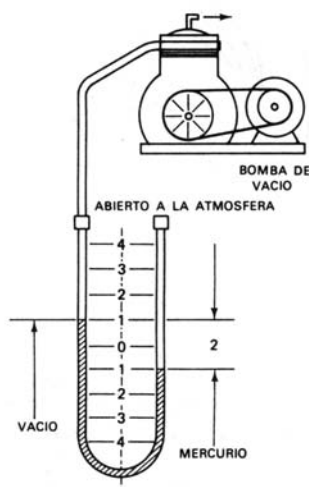


Fig. I.4. Manómetro de mercurio para medir presión de vacío.



Fig. I.5. Manómetros típicos usados en trabajo de refrigeración (cortesía de Marsh Instrument company).

**Presión absoluta.**

Es la suma de la presión atmosférica y la presión manométrica. Entonces tenemos que:

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{man}}$$

La presión ejerce un efecto especial en la temperatura de evaporación de las sustancias, mismo que se aprovecha en la refrigeración para controlar la temperatura del producto a enfriar a partir de la presión de evaporación; al bajar la presión baja la temperatura de evaporación y al subir la presión sube la temperatura de evaporación.

**Principio de Pascal.**

En la mitad del siglo diecisiete un científico y matemático llamado Blaise Pascal experimento con agua y presión de aire. Su experimento científico condujo a la formulación de lo que se conoce como principio de Pascal. Cuando la presión se incrementa sobre la superficie abierta de un líquido incompresible, en reposo, la presión en cualquier punto del líquido, o de las superficies que lo limitan, se incrementa en la misma magnitud. El efecto sería el mismo si la presión se aplica por medio de un pistón a cualquier superficie de un fluido encerrado. Tenemos entonces que el principio de Pascal es:

**La presión aplicada a un fluido encerrado es transmitida sin disminución alguna a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente.**

Para un líquido incompresible, el cambio de presión es transmitido instantáneamente. Para un gas, el cambio de presión es transmitido a través del fluido y una vez restablecido el equilibrio, que es después de los cambios en volumen y /o temperatura, el Principio de Pascal es válido.

**Presión de un gas.**

El volumen de un gas se afecta por el cambio en la presión o la temperatura, o ambas. La ley de Boyle establece que el volumen de un gas varía inversamente con su presión si la temperatura de un gas permanece constante.

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2, \text{ a temperatura constante.}$$

Así, el producto de la presión por el volumen permanece constante, o que si la presión de un gas es el doble el mayor volumen será la mitad del volumen original. O puede considerarse que si el volumen se dobla, la presión absoluta será reducida a la mitad de la original. Aquí la presión tiene que expresarse en términos de presión absoluta.

### **Primera ley de la termodinámica.**

Establece que la energía no puede ser creada ni destruida; solamente puede convertirse de una forma a otra. La energía en si misma se define como la habilidad de hacer trabajo, y como ya se menciona el calor es una forma de energía.

También hay otras formas de energía como: mecánica, eléctrica y química las cuales pueden convertirse fácilmente de una a otra. Por ejemplo el generador con turbina accionada por vapor de agua, de una planta térmica es un equipo que convierte energía calorífica en energía eléctrica.

### **Segunda ley de la termodinámica.**

Establece que se transfiere calor en una sola dirección, de mayor a menor temperatura; por medio de tres medios básicos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación, que se analizaran en la parte tres de este capítulo.

### **Efecto de refrigeración –TON-.**

El término común que se usa en trabajo de refrigeración para definir y medir la capacidad del efecto refrigerante, se llama una TON o Tonelada de Refrigeración (TR). Es la cantidad de calor absorbida al fundir una tonelada de hielo, 2,000 lbs, en un periodo de 24 horas.

La T. R. es igual a  $288,000 \text{ BTU} / 24 \text{ hrs}$ . Se obtiene multiplicando el peso del hielo, el cual es 2,000 lbs, por el calor latente de fusión, que es  $144 \text{ BTU} / \text{lb}$ . Por tanto una TR es igual a  $12,000 \text{ BTU} / \text{hr}$  ( $288,000 / 24$ ) =  $3.024 \text{ Kcal} / \text{hr}$ .

## I.2. CICLO DE REFRIGERACIÓN

### I.2.1. Ciclo Invertido de Carnot

El ciclo de Carnot es un ciclo termodinámico ideal reversible entre dos fuentes de temperatura, en el cual el rendimiento es máximo.

Una máquina térmica que realiza este ciclo se denomina máquina de Carnot. Trabaja absorbiendo una cantidad de calor  $Q_1$  de la fuente de alta temperatura y cede un calor  $Q_2$  a la de baja temperatura produciendo un trabajo sobre el exterior. El rendimiento viene definido, como en todo ciclo, por:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

El ciclo de Carnot consta de cuatro etapas: dos procesos isotermos (a temperatura constante) y dos adiabáticos (aislados térmicamente) que son las siguientes:

- Una expansión isotérmica reversible durante el cual el calor es transferido desde el depósito de alta temperatura hacia el flujo de trabajo.
- Una expansión adiabática reversible que continúa hasta que el flujo de trabajo alcanza la temperatura del depósito de baja temperatura.
- Compresión isotérmica reversible durante la cual el calor es transferido desde el fluido de trabajo hasta el depósito de baja temperatura.
- Compresión adiabática reversible que continúa hasta que el flujo de trabajo alcanza la temperatura del depósito de alta temperatura.

Si el ciclo se presenta en un diagrama p-v, éste puede tener muchas formas dependiendo del fluido de trabajo y de su estado en las diferentes partes del ciclo.

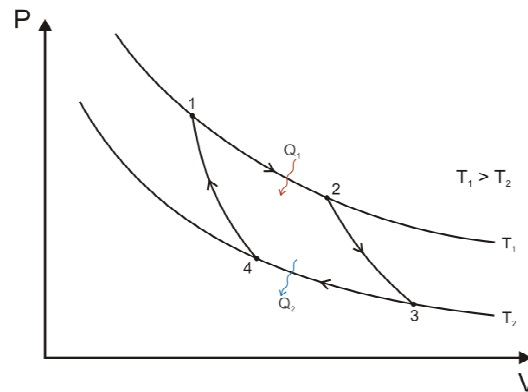


Fig. I.6. Diagrama p-v

En un sistema cerrado que realiza un ciclo Carnot tiene producción de trabajo durante los procesos de expansión y consumo de trabajo durante los procesos de compresión.

Como todos los procesos que tienen lugar en el ciclo ideal son reversibles, el ciclo puede invertirse. Entonces la máquina absorbe calor de la fuente fría y cede calor a la fuente caliente, teniendo que suministrar trabajo a la máquina. Si el objetivo de esta máquina es extraer calor de la fuente fría se denomina máquina frigorífica, y si es aportar calor a la fuente caliente bomba de calor.

Entonces si la dirección de cada proceso en el ciclo de Carnot es invertida, el ciclo que resulta es llamado ciclo de Carnot invertido.

### Ciclo de Carnot inverso.

El ciclo de Carnot Inverso es considerado como el estándar de comparación dentro de los ciclos de refrigeración existentes, dado que por ser ideal da el rendimiento máximo posible por un proceso cíclico. Este será el patrón de comparación al evaluar eficiencia y operación de todos aquellos ciclos mecánicos reales que transforman el calor o energía internas en trabajo mecánico.

El ciclo de Carnot Inverso está compuesto por cuatro procesos totalmente reversibles que se ilustran en la figura.

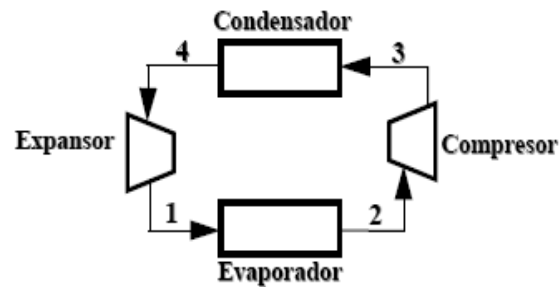


Fig. I.7. Ciclo de Carnot inverso.

- 1) Una evaporación isobárica e isotérmica de 1 a 2 a una temperatura  $T_2$  donde se suministra al fluido una cantidad de calor  $Q$ .
- 2) Una compresión isoentrópica o adiabática donde el refrigerante pasa de una temperatura  $T_2$  a una  $T_3$  (donde  $T_3 > T_2$ ) al realizar un trabajo sobre el gas.
- 3) Una condensación isobárica e isotérmica de 3 a 4 a una temperatura  $T_4$ , al ceder una cantidad de calor  $Q$  al receptor.
- 4) Una expansión isoentrópica o adiabática donde el fluido pasa de una temperatura  $T_4$  hasta la inicial  $T_1$  (donde  $T_4 > T_1$ ).

Para obtener un ciclo de refrigeración en la práctica se emplea una bomba calorimétrica, donde el líquido a evaporar a presión constante, permite absorber calor a temperatura constante. Este líquido refrigerante puede ser desde un glicol éter o producto halogenado hasta agua, dependiendo de las condiciones de operación requeridas y la aplicación industrial.

### I.2.2. Diagrama de Mollier (Entalpía-Entropía)

La entropía es una propiedad que se especifica para cada estado de equilibrio de una sustancia, representa el desorden o incertidumbre en escala microscópica; sin embargo macroscópicamente se le emplea como todas las propiedades; se puede decir entonces que la entropía es una propiedad del sistema.

El valor de la entropía específica para sustancias puras se tabula junto con la entalpía, el volumen específico y otras propiedades termodinámicas necesarias.

Un diagrama h-s recibe el nombre de diagrama de Mollier y se indican las líneas de volumen, presión y temperatura constantes. Las coordenadas h-s representan las dos coordenadas principales de interés en el análisis de sistemas abiertos con la primera y segunda leyes. La distancia vertical entre dos estados, en este diagrama, es una medida de  $\Delta h$ ; a su vez, el cambio de entalpía está relacionado por medio del balance de energía del flujo continuo adiabático con los cambios de trabajo y energía cinética, para las turbinas, compresores, toberas, etc. La distancia horizontal  $\Delta s$  entre dos estados es una medida del grado de irreversibilidad de un proceso adiabático.

En una gráfica h-s las líneas de presión constante y las líneas de temperatura constante son rectas en la región húmeda (líquido-vapor). Las líneas de calidad constante dentro de la región húmeda son aproximadamente paralelas a las líneas de vapor saturado. En algunos diagramas de Mollier, las líneas de calidad constante están marcadas como líneas de por ciento de humedad. El porcentaje de humedad significa porcentaje de líquido que hay en la mezcla líquido-vapor. Las líneas de temperatura constante se vuelven horizontales en la región de sobrecalentamiento, las cuales se localizan en el extremo derecho de la gráfica. En los gases ideales la temperatura y la entalpía son directamente proporcionales; entonces, a presiones lo suficientemente bajas, las líneas de temperatura deben ser paralelas a las líneas de entalpía.

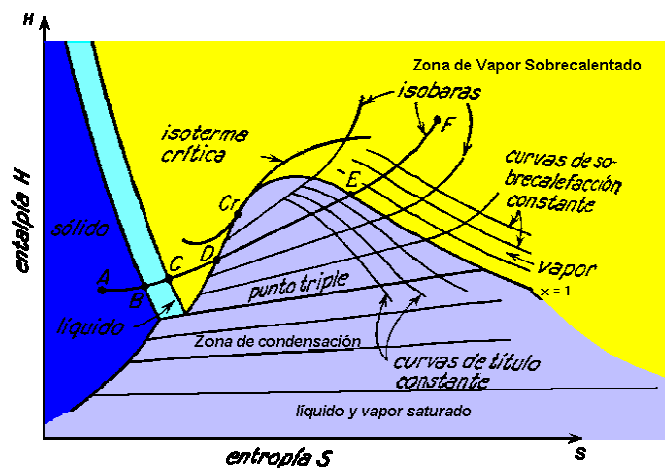


Fig. I.8. Diagrama entalpía-entropía (H-S).

Sin embargo el diagrama utilizado para la refrigeración es el diagrama de Presión-Entalpía (p-h) que se muestra en la figura.

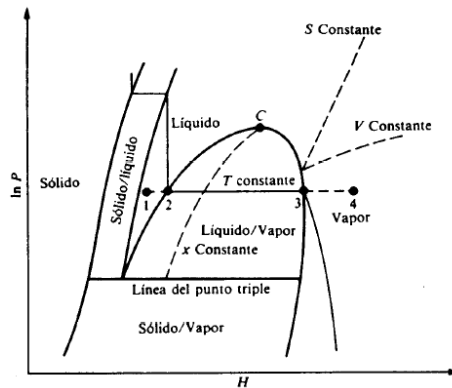


Fig. I.9. Diagrama (P-H).

### I.2.3 Componentes Básicos

#### Principios de Refrigeración.

La refrigeración evita el crecimiento de bacterias y además impide ciertas reacciones químicas no deseadas que pueden ocurrir a temperatura ambiente. En la refrigeración se obtiene un enfriamiento constante mediante la circulación de un líquido refrigerante en un circuito cerrado, donde se evapora y se vuelve a condensar en un ciclo repetitivo. Si no existiesen pérdidas, el líquido refrigerante sirve para toda la vida útil del sistema. Todo lo que se necesita para mantener un enfriamiento es un suministro continuo de energía y un método para disipar el calor.

Los principales sistemas mecánicos de refrigeración son:

Sistema de compresión. El cual se utiliza en refrigeradores domésticos grandes y en la mayoría de los aparatos de aire acondicionado.

Sistema de absorción. Este es utilizado en los acondicionadores de aire por calor.



## **Componentes del sistema de Refrigeración y su ciclo.**

El refrigerante es bombeado a través de un sistema completamente cerrado. Si el sistema no fuese cerrado, el refrigerante se disiparía al aire; como es un sistema cerrado el mismo refrigerante es reutilizado descargando cierta cantidad de calor cada vez que realiza el ciclo. Por ejemplo, tenemos un bote lleno de agua y queremos remover el agua que hay dentro de éste bote, podemos utilizar un cubo con el cual achicamos cierta cantidad de agua no deseada y la transferimos al exterior del bote, teniendo el cubo dentro para usarlo en repetidas ocasiones y así continuar eliminando agua.

El ciclo cerrado de refrigeración preserva el refrigerante de llegar a contaminarse y controla su flujo, debido a que en ocasiones y en algunas partes del ciclo este refrigerante es un líquido y en otras un gas.

En este ciclo existen dos presiones diferentes, estas son:

Lado de baja presión. Que es en el evaporador.

Lado de alta presión. Que es en el condensador.

Estas áreas de presión se separan por dos puntos de división:

Válvula de expansión, donde el flujo del refrigerante es controlado.

Compresor, donde el vapor es comprimido.

El sistema de refrigeración se compone básicamente por:

Evaporador

Compresor

Condensador

Aparato de medición(válvula de expansión)

Los cuales están conectados por determinados medios, como son:

Las tuberías o "líneas", que completan el sistema de tal manera que el refrigerante no se pierda a la atmósfera. La línea de succión que conecta el evaporador al compresor.

La línea de gas caliente o descarga, que conecta el compresor al condensador y la línea de líquido que conecta el condensador a la válvula de expansión.

El ciclo lo podemos empezar en donde se encuentra la válvula de expansión, que controla el flujo del refrigerante dentro del evaporador a baja temperatura y a baja presión. El refrigerante se expande y se evapora cuando atraviesa al evaporador, donde retira el calor del espacio en el cual el evaporador está localizado.

El calor viajará entonces del aire más caliente al evaporador enfriado por la evaporación del refrigerante dentro del sistema, causando que el refrigerante “hierva” y se evapore. Por ejemplo si tenemos una vasija llena de agua y la calentamos en la estufa el agua cambia a vapor excepto que el refrigerante hierve a mucha menor temperatura.

Luego este vapor a baja presión y baja temperatura es llevado al compresor donde se comprime a un vapor con alta temperatura y alta presión. El compresor lo descarga al condensador de tal manera que cede el calor que tomo en el evaporador. Entonces el vapor refrigerante esta a una temperatura más alta que la del aire que pasa a través del condensador, por lo que el calor se transfiere del vapor del refrigerante más caliente al aire más frío. En este proceso cuando el calor se retira del vapor refrigerante éste se condensa a líquido a una alta presión y alta temperatura.

El refrigerante que nuevamente es líquido viaja entonces a la válvula de expansión en donde pasa a través de una pequeña abertura donde una caída de presión y temperatura se presenta y luego entra al evaporador. Cuando el refrigerante hace su camino a las mayores aperturas de la tubería o del evaporador, se vaporiza listo para iniciar nuevamente el ciclo a través del sistema.

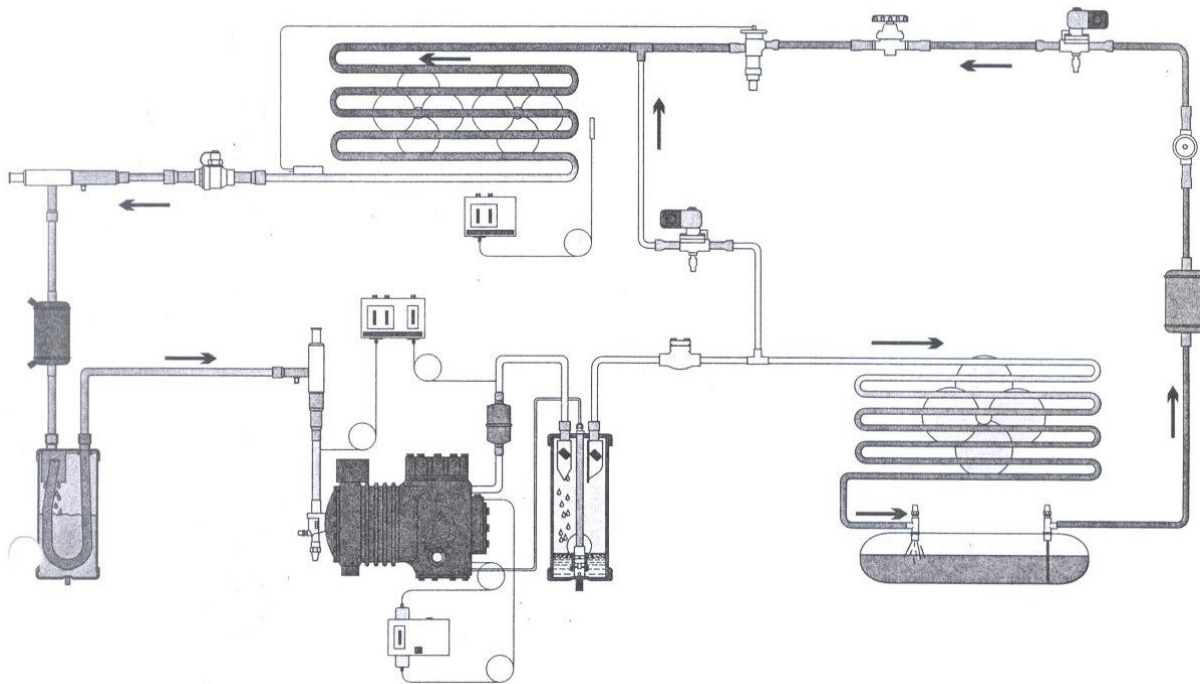


Fig. I.10. Fases del ciclo de refrigeración.

### I.3. ESTIMACIÓN DE LA CARGA TERMICA

#### I.3.1. Factores

##### Definición de carga térmica.

También nombrada como carga de enfriamiento, es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica (Ej. Confort humano). Es la cantidad de calor que se retira de un espacio definido, se expresa en BTU, la unidad utilizada comercialmente relaciona unidad de tiempo, BTU/hr.

Para realizar el estimado de la carga de enfriamiento requerida con la mayor exactitud posible en espacios y edificios, las siguientes condiciones son de las más importantes para evaluar:

- Datos atmosféricos del sitio.
- La característica de la edificación, dimensiones físicas.
- La orientación del edificio, la dirección de las paredes del espacio a acondicionar.
- El momento del día en que la carga llega a su pico.
- Espesor y características de los aislamientos.
- La cantidad de sombra en los vidrios.
- Concentración de personal en el local.
- Las fuentes de calor internas.
- La cantidad de ventilación requerida.

Existen diferentes métodos para calcular la carga de enfriamiento en un área determinada, en cualquier caso es necesario evaluar diversas características como las condiciones del lugar (condiciones atmosféricas), tipo de construcción y aplicación del espacio a acondicionar.

Debe tenerse en cuenta el calor procedente del exterior en un día de proyecto, lo mismo que el calor que se genera en el interior del local.

### Cargas Externas

- Estas cargas implican:
- Rayos del sol que entran por las ventanas.
- Rayos del sol que inciden sobre las paredes y techo.
- Temperatura del aire exterior.
- Presión del vapor de agua.
- Viento que sopla contra una pared del edificio.
- Aire exterior necesario para la ventilación.

## Cargas Internas

Estas implican:

- Personas.
- Alumbrado.
- Utensilios.
- Maquinas eléctricas.
- Motores eléctricos.
- Tuberías y depósitos de agua caliente.
- Otras fuentes de calor.

### I.3.2. Conducción, Convección y Radiación

#### Transmisión del calor

El calor no sólo afecta al componente que lo genera, sino a todos los circundantes. Por lo tanto, se hace imprescindible evacuarlo correctamente y, para ello, nada mejor que conocer los mecanismos de transmisión del calor.

El calor se transmite por tres mecanismos que siempre aparecen combinados: conducción, convección y radiación. Sin embargo, uno de ellos será dominante sobre los demás, debiéndole prestar, por ende, mayor atención, pues será el que nos permita evacuar la mayor cantidad de calor. Cual será el dominante en cada caso, depende de las condiciones de la fuente de calor y de su entorno.

#### Conducción

La conducción es el método más directo de transmisión del calor. Se produce cuando dos partes de un cuerpo, o dos cuerpos en contacto directo, se encuentran a distinta temperatura. Entonces el calor pasa de la parte más caliente a la más fría, hasta que la temperatura se hace homogénea.

Para aumentar la transmisión de calor por conducción se puede aumentar la superficie de contacto entre la parte fría y la caliente, o elevar la diferencia de temperaturas entre estas.

---

---

## **Convección**

La transmisión por convección se da en líquidos y gases. Para el caso que nos interesa, en el aire. Se produce por ser menos denso el aire caliente que el frío y, por lo tanto, más ligero. Por ello, el aire caliente tiende a subir, siendo reemplazado por aire frío en las zonas inferiores.

El mecanismo anterior se denomina convección natural, y es válido para evacuar pequeñas cantidades de calor. Para mejorar el rendimiento se suele utilizar la convección forzada, que consiste en acelerar el movimiento natural del aire por medio de un ventilador. Para que el ventilador no se oponga al mecanismo natural de convección, es importante que impulse el aire caliente de abajo hacia arriba, o el aire frío desde arriba hacia abajo.

## **Radiación**

En este mecanismo, el calor se transmite en forma de radiación electromagnética y, por tanto, a la velocidad de la luz. Cuanto mayor sea la superficie y la temperatura de un objeto, mayor será el calor que desprenda por radiación. Además, también está influido por el color del objeto, siendo los colores oscuros y mates los más propicios para la evacuación del calor por radiación.

### **I.3.3. Alumbrado, Equipo y Personas**

#### **Alumbrado**

Los elementos de iluminación convierten la energía eléctrica en calor y en luz a la vez. Una parte de este calor es radiante y se almacena también parcialmente.

## Equipo

Consultar los datos de fábrica para valorar la ganancia de calor procedente de las máquinas eléctricas de calcular o aparatos que se estén ocupando. Como normalmente todas las máquinas o aparatos no se usarán simultáneamente, habrá que aplicar un factor de empleo o diversidad a la ganancia de calor a plena carga. Estas máquinas o aparatos pueden estar también cubiertas o tener refrigeración interna parcial, lo cual reduce la carga impuesta al equipo de acondicionamiento.

## Personas

El cuerpo humano, en razón de su metabolismo, genera calor en su interior y lo cede por radiación, convección y evaporación desde su superficie, y por convección y evaporación a través del sistema respiratorio. La cantidad de calor generado y disipado depende de la temperatura ambiente y del grado de actividad de la persona.

Pueden existir otras fuentes de calor y de humedad dentro del espacio acondicionado, como, por ejemplo, escapes de vapor (máquinas de lavar y planchar), o absorción de agua por medio de materiales higroscópicos (papel, tejidos, etc.).

Además de la ganancia de calor que tienen su origen en el exterior o en el interior del espacio acondicionado, el propio equipo de acondicionamiento y el sistema de conductos producen una ganancia o pérdida de calor. Los ventiladores y bombas que se utilizan para distribuir el aire o el agua en el sistema generan calor; también se añade calor cuando los conductos de impulsión de aire o de retorno atraviesan espacios más calientes. En los conductos de impulsión pueden producirse fugas de aire frío y en los de retorno fugas de aire caliente.

## **CAPITULO II.**

### **CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO**

#### **II.1 COMPRESORES**

Un compresor se puede definir como una máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Comparados con turbo soplantes y ventiladores centrífugos o de circulación axial, en cuanto a la presión de salida, los compresores se clasifican generalmente como máquinas de alta presión, mientras que los ventiladores y soplantes se consideran de baja presión.

Los compresores se emplean para aumentar la presión de una gran variedad de gases y vapores para un gran número de aplicaciones. Un caso común es el compresor de aire, que suministra aire a elevada presión para transporte, pintura a pistola, inflamamiento de neumáticos, limpieza, herramientas neumáticas y perforadoras. Otro es el compresor de refrigeración, empleado para comprimir el gas del vaporizador. Otras aplicaciones abarcan procesos químicos, conducción de gases, turbinas de gas y construcción.

La capacidad real de un compresor es menor que el volumen desplazado del mismo, debido a razones tales como:

- Caída de presión en la succión.
- Calentamiento del aire de entrada.
- Expansión del gas retenido en el volumen muerto.
- Fugas internas y externas.

Se distinguen varios tipos de compresores los cuales son:

- Compresores de desplazamiento positivo



- Alternativo o de Embolo
  - Rotatorio
  - Helicoidal (tornillo)
- Compresores cinéticos
    - Centrífugo

Los tipos de desplazamiento positivo son de dos categorías básicas: Reciprocantes y Rotatorios.

El compresor reciprocante tienen uno o más cilindros en los cuales hay un pistón o embolo de movimiento alternativo que desplaza un volumen positivo en cada carrera. Los rotatorios incluyen los tipos de lóbulos, espiral, aspas o paletas y anillo de liquido. Cada uno con una carcasa, o con mas elementos rotatorios que se acoplan entre sí, como los lóbulos o las espirales, o desplazan un volumen fijo en cada rotación.

Los compresores de desplazamiento positivo, se clasifican así a causa de que la capacidad máxima es una función de la velocidad y el volumen del desplazamiento del cilindro. Puesto que la velocidad es normalmente fija, el volumen o peso del gas bombeado, viene a ser una relación mecánica de carreras por minuto multiplicado por el volumen del cilindro.

El compresor cinético, algunas veces llamado turbo-compresor es un miembro de una familia de turbo máquinas que incluyen ventiladores, hélices y turbinas, donde la fuerza de bombeo esta sujeta a la velocidad del impulsor y al momento angular entre el impulsor que rota y el fluido que se mueve. A causa de que sus flujos son continuos las turbo máquinas tienen mayor capacidad volumétrica, tamaño por tamaño, que las máquinas de desplazamiento positivo. Sin embargo no son apropiados para aplicaciones pequeñas(50 TON y menos); estas máquinas corrientemente arrancan en el rango de 80 a 100 TON.

Los compresores centrífugos impulsan y comprimen los gases mediante ruedas de paletas.

Los compresores centrífugos son el tipo que más se emplea en la industria de procesos químicos porque su construcción sencilla, libre de mantenimiento permite un funcionamiento continuo durante largos periodos.

El compresor centrifugo más sencillo es el suspendido, de una sola etapa. Los hay disponible para flujo desde 3,000 hasta 150,000 PCM. El impulsor convencional, cerrado o con placas se utilizaría para cargas adiabáticas hasta de unas 12,000(ft-lb)/lb. El impulsor abierto, de alabes radiales producirá mas carga con los mismos diámetros y velocidad, sus variantes, con inductor o alabes tridimensionales producirá hasta 20,000(ft-lb)/lb de carga.

Se utilizan diseños similares, hechos con materiales más resistentes y a velocidades más altas, en aplicaciones especiales como compresores de aire con engranes integrales, para aplicaciones aeroespaciales, en los turbo cargadores para motores de combustión, compresores de carga, etc.

En el caso del compresor de tornillo la compresión por rotores paralelos puede producirse también en el sentido axial con el uso de lóbulos en espira a la manera de un tornillo sin fin. Acoplando dos rotores de este tipo, uno convexo y otro cóncavo, y haciéndolos girar en sentidos opuestos se logra desplazar el gas, paralelamente a los dos ejes, entre los lóbulos y la carcasa.

Las revoluciones sucesivas de los lóbulos reducen progresivamente el volumen de gas atrapado y por consiguiente su presión, el gas así comprimido es forzado axialmente por la rotación de los lóbulos helicoidales hasta la descarga.

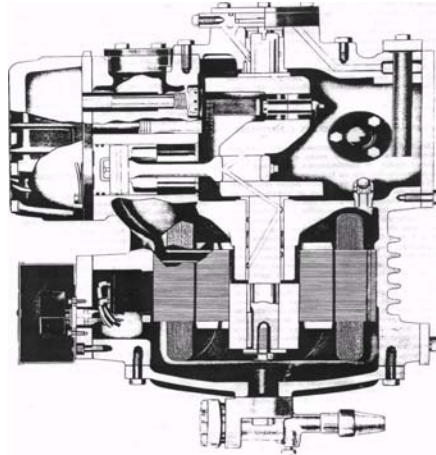


Fig. II.1. Sección transversal de un moto-compresor típico.

Clasificación de acuerdo al principio de compresión.

De desplazamiento:

1. Alternativos: de pistón, de pistón tipo abierto, diafragma, tipo discus.
2. Rotativos: de tornillo, de paletas, de anillo líquido, de lóbulos.

Dinámicos:

1. Centrífugos.
2. Axiales.

## II.2 EVAPORADORES Y CONDENSADORES

### Evaporadores

La evaporación es uno de los principales métodos utilizados en la industria química para la concentración de disoluciones acuosas. Normalmente implica la separación de agua de una disolución mediante la ebullición de la misma en un recipiente adecuado, el evaporador, con separación del vapor. Si el líquido contiene sólidos disueltos, la disolución concentrada resultante puede convertirse en saturada, depositándose cristales.

El evaporador es un intercambiador de calor, en él se efectúa la ebullición del refrigerante líquido que procede de la etapa de expansión, con la consiguiente absorción del calor.

Los principales tipos de evaporadores tubulares calentados con vapor que se utilizan en la actualidad son:

1. Evaporadores de tubos cortos.
2. Evaporadores de tubos largos verticales:
  - (a) Circulación forzada.
  - (b) Flujo ascendente (película ascendente).
  - (c) Flujo descendente (película descendente).
3. Evaporadores de película agitada.

Los evaporadores pueden operar como unidades de un solo paso o como unidades de circulación. En la operación de un solo paso el líquido de alimentación pasa una sola vez a través de los tubos, desprende el vapor y sale de la unidad como líquido concentrado. Toda la evaporación se produce en un único paso. En una unidad de un solo paso la relación de la evaporación a la alimentación está limitada, y por esta razón estos evaporadores se adaptan muy bien a la evaporación en múltiple efecto, donde la concentración total se puede alcanzar en varios efectos. Los evaporadores de película agitada operan siempre con un solo paso. Los evaporadores de película ascendente y los de película descendente también pueden operar de esta forma.

Los evaporadores de circulación operan con una carga de líquido dentro del aparato. La alimentación que entra se mezcla con el líquido contenido en el evaporador y la mezcla pasa posteriormente a través de los tubos.

El líquido no evaporado que sale de los tubos se une con la carga del líquido contenida en el aparato. Todos los evaporadores de tubos cortos y circulación forzada operan.

Los evaporadores de película ascendente pueden operar como un solo paso o como unidades de circulación.

Los factores que afectan la capacidad del evaporador son muy similares a los que afectan la capacidad del condensador, algunos son:

- Área superficial o tamaño del evaporador.
- Diferencia de temperatura entre el refrigerante que se evapora y el medio que se está refrigerando.
- Velocidad del gas en los tubos del evaporador. Dentro de la gama comercial normal, a mayor velocidad mayor transferencia del calor.
- La velocidad y flujo sobre la superficie del evaporador del medio que se está refrigerando.
- Material utilizado en la construcción del evaporador.
- El enlace entre las aletas y los tubos es muy importante. Si no existe una unión apretada, la transferencia de calor disminuirá considerablemente.
- Acumulación de escarcha en las aletas del evaporador. El funcionamiento a temperaturas inferiores al punto de congelación con serpentines de tiro forzado producirá la formación de hielo y escarcha en los tubos y aletas. Ello puede provocar la reducción del flujo de aire sobre el evaporador y la disminución de la transferencia de calor.
- Tipo del medio que ha de refrigerarse. El calor fluye casi cinco veces con mayor efectividad de un líquido al evaporador que de un gas como el aire.
- Punto de saturación del aire que entra. Si la temperatura del evaporador se encuentra por debajo del punto de saturación del aire que entra, tendrá lugar una transferencia de calor latente junto con el sensible.

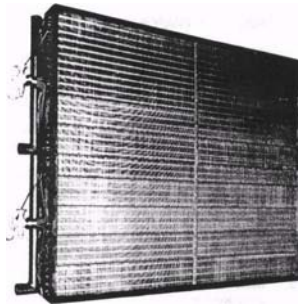


Fig. II.2. Serpentín evaporador.

### Temperatura y deshumidificación.

Puesto que para una instalación dada se fijan las características físicas, la variable primaria, como en el caso del condensador, es la diferencia de temperatura entre el refrigerante en evaporación y el medio que se está enfriando, comúnmente llamada  $\Delta T$ . Para un serpentín de tiro forzado, entre más frío esté el refrigerante con respecto a la temperatura del aire que entre en el evaporador, mayor será la capacidad del serpentín.

Normalmente se utilizan diferencias de temperatura de 3°C a 11 °C (5°F a 20°F). Pero con fines económicos, la diferencia de temperatura deberá mantenerse tan baja como sea posible, dado que el funcionamiento del compresor será más eficaz a una presión de succión mayor.

### Descongelamiento.

Siempre que se retire humedad del aire u otro producto que se enfríe o congele, se acumulará escarcha sobre los elementos de enfriamiento que debe ser retirada periódicamente. La escarcha actúa como un aislamiento, reduciendo la transferencia de calor entre el aire y el refrigerante en el serpentín de enfriamiento.

En caso de que el aire devuelto al evaporador se encuentre por encima de 0°C (32°F) la descongelación puede llevarse a cabo dejando que el ventilador continúe funcionando mientras que se detiene la marcha del compresor, ya sea durante un período de tiempo

previamente establecido o hasta que la temperatura del serpentín suba unos pocos grados sobre 0°C (32°F) que es la temperatura de fusión del hielo.

Para sistemas de baja temperatura, debe suministrarse una fuente de calor para fundir el hielo. Los sistemas de descongelación eléctricos utilizan bobinas o varillas calefactores en el evaporador. El agua también es apropiada para la descongelación de sistemas. La descongelación mediante gas caliente es ampliamente utilizada, usando el gas de descarga procedente del compresor desviándolo del condensador y descargándolo directamente en la entrada del evaporador. En los sistemas de descongelación por gas caliente el calor de compresión o alguna fuente de calor almacenado proporcionan el calor para descongelación y deben instalarse, en caso necesario, dispositivos de protección adecuados, tales como re-evaporadores o acumuladores de succión para evitar que el refrigerante líquido sea devuelto al compresor. Otros sistemas utilizan una descongelación de ciclo inverso, en la que el flujo de refrigerante se invierte para convertir el evaporador, temporalmente, en un condensador, hasta que el período de descongelación se ha completado.

Para evitar la recongelación del condensado fundido en la charola de drenaje del evaporador, se requiere un calefactor en la charola de drenaje.

## **Condensadores**

El condensador es un intercambiador de calor cuya misión es intercambiar calor entre el fluido refrigerante (freón vapor, a alta presión y temperatura) y el exterior más frío (la temperatura de este ambiente exterior limita el correcto funcionamiento de los condensadores). Esto es transfiere el calor desde el refrigerante a un medio que puede absorberlo y removerlo. El condensador suele ser un 30% más grande que el evaporador. Para poder condensar ha de haber 10°C de  $\Delta t$  entre la temperatura de condensación y el medio condensable.

Tipos de condensadores.

Clasificación según el medio que absorbe el calor del refrigerante.

Condensadores de aire, son un tubo en el que en el exterior se le disponen aletas, suele llevar un ventilador con flujo cruzado.

Suelen ser varios en paralelo en la misma unidad para limitar las pérdidas de carga, con transposición del orden para lograr condiciones uniformes.

Condensador de agua, el tamaño necesitado es menor.

Un intercambiador de calor, de tubos coaxiales, multitubular, de placas, ha de disponerse en contracorriente.

Un tubo sumergido en un tanque de agua, condensador de inmersión, puede utilizarse el tanque como acumulador térmico.

Condensadores evaporativos; se puede pulverizar agua sobre el condensador, lográndose la refrigeración del mismo por evaporación.

Si el condensador fuera demasiado grande no se tendría suficiente presión de alta y no se podría empujar el líquido hacia el evaporador.

Condensador enfriado por agua.

- De doble tubo.
- De carcasa y tubo, vertical, de tipo abierto.
- De carcasa y tubo, horizontal.
- De carcasa y serpentín.

Se utiliza también el sistema de condensación mixta, combinando un condensador de aire y otro de agua. Tendríamos entonces:

Menor consumo de agua.

Funcionamiento aire o agua en función de necesidad.



El agua calentada en la refrigeración de los condensadores de agua (en cualquiera de los anteriores), puede:

- Almacenarse para su posterior utilización (des escarche del evaporador).
- Utilizarse directamente en duchas, grifos, etc.
- Verterse a la red, agua perdida (válvula presostática de agua).
- Enfriarse en una torre de refrigeración para utilizar en circuito cerrado.

Condiciones de funcionamiento.

Para el buen funcionamiento es preciso:

Que esté limpio; colocación de filtros de aire o agua para impedir que se ensucie, la temperatura del aire o agua ha de ser lo más baja posible. La colocación física del condensador es generalmente junto al compresor, unidad condensadora, se puede aprovechar la refrigeración del condensador para refrigerar también el compresor.

Capacidad del condensador.

La capacidad del condensador es la cantidad de calor que el condensador es capaz de extraer al refrigerante.

Si disminuimos la temperatura de condensación el condensador podrá ser más pequeño.

También nos modifica la capacidad del condensador la relación de compresión, o la diferencia de presión entre la baja y la alta.

Cuando más alta sea la temperatura de condensación más grande deberá ser el condensador para la misma potencia frigorífica.

Por ejemplo, si tenemos dos cámaras de la misma potencia frigorífica pero de diferentes temperaturas aumentaría la capacidad del condensador al aumentar la relación de compresión.

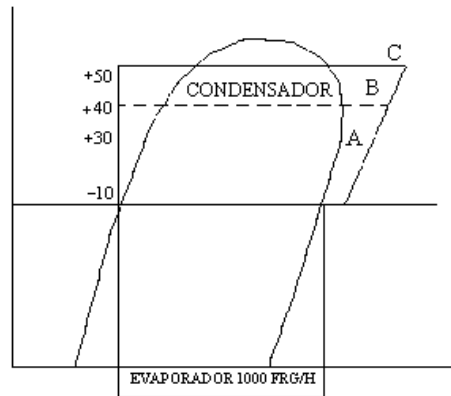


Figura II.3.

La diferencia de temperatura entre el invierno y el verano afecta negativamente en los condensadores de aire, ya que en invierno tendremos menos presión de alta. Para compensar esto es necesaria una regulación de condensación (ventiladores, etc.).

El  $\Delta t$  del condensador es la diferencia de temperatura entre el medio condensante y la temperatura de condensación.

El problema de todos los condensadores es la suciedad que se acumula que hace de aislante impidiendo que salga el calor.

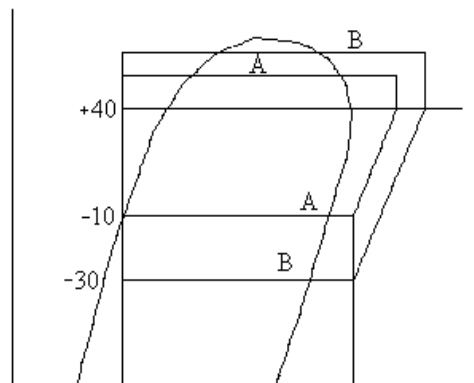


Figura II.4.

### Condensador de aire.

Los condensadores que tienen como medio enfriador el aire ambiente pueden ser estáticos o de tiro forzado:

Estáticos: Suelen ser de tubo liso, como la velocidad del aire es lenta se acumula mucha suciedad. Suelen ser bastante largos y se usa sólo en el entorno doméstico.

Tiro forzado: Utilizan ventiladores para aumentar la velocidad del aire, por lo tanto reducimos superficie de tubo. Exteriormente es bastante parecido a un evaporador.

Cuando está instalado junto con el compresor el condensador a de tomar el aire en el lado contrario de este para evitar tomar el aire ya caliente.

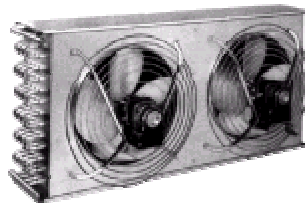


Fig. II.5. Condensador de aire.

### Condensador de agua.

Son aquellos que usan el agua como medio condensable.

Para asegurar un buen funcionamiento y limitar el consumo de agua, las temperaturas idóneas del agua a la salida del condensador con respecto a la temperatura de entrada han de ser:

Temperatura de entrada hasta 15°C, la salida ha de ser 10°C más que la entrada.

Condensador de doble tubo.

Es un serpentín formado por dos tubos concéntricos, por el tubo interior circula el agua y por el exterior el refrigerante, se hace circular a contracorriente para robar mejor el calor al refrigerante.



Fig. II.6. Condensador de doble tubo.

Se instala junto con el serpentín una válvula presostática para controlar la presión del agua según la presión de alta de la instalación de manera que cuando la instalación está parada no circule agua. Son condensadores pequeños y se usa como refuerzo.

Condensador multitubular.

Se utiliza como bancada del compresor y hace de recipiente en los equipos medianos. Circula agua por los tubos interiores y condensa el refrigerante contenido en el recipiente.

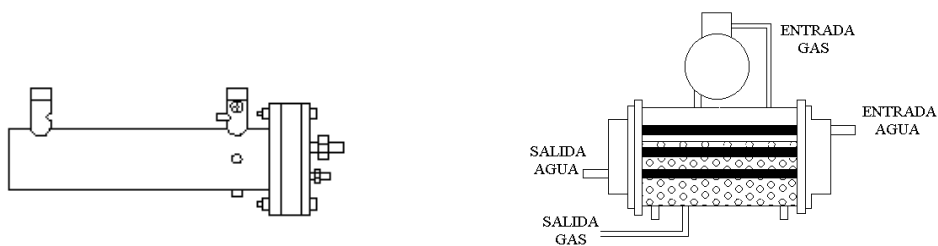


Fig. II.7. Condensador multitubular.

Llevan un tapón fusible de seguridad y una válvula de purga para extraer los gases no condensables.

Condensador evaporativo.

Está formado por un serpentín por el cual circula el refrigerante, este serpentín es mojado por unas duchas de agua de manera que al hacer circular una corriente de aire el agua que moja los tubos se evapora extrayendo calor. Tiene un rendimiento muy bueno.

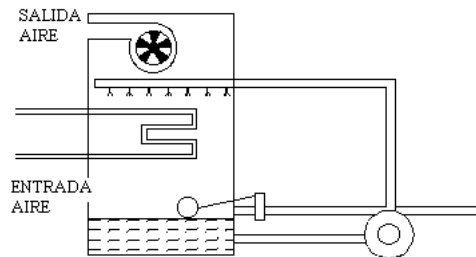


Fig.II.8 Condensador evaporativo.

## II.3 REFRIGERANTES

### II.3.1 Propiedades de los refrigerantes

Desde mediados de la década de 1980, los sistemas de refrigeración comerciales han pasado por un proceso de transición, desde usar compuestos refrigerantes que reducen el ozono, incluyendo los clorofluorocarbonos (CFC's), a compuestos de baja o ninguna reducción de ozono, tal como los hidroclofluorocarbonos (HCFC's) y los hidrofluorocarbonos (HFC's). El amoníaco y la absorción se usan en menor medida.

Debido a sus excelentes propiedades refrigerantes y baja reactividad química, los CFC's se usaron inicialmente en equipos de refrigeración de gran tamaño. Los HCFC's se usaban en sistemas de aire acondicionado montados en el techo y habitaciones de menor tamaño. Actualmente, se han introducido mezclas que incluyen R-407C y R-410A para

reemplazar el HCFC-22 en máquinas pequeñas y se usan hidrocarburos en algunos equipos nuevos. Los equipos de refrigeración pueden usar HCFC-123, HFC-134a, HFC-410A, HCFC-22 y amoníaco. A largo plazo, se detendrá la producción de HCFC según el Protocolo de Montreal<sup>1</sup>. También puede usarse el proceso de absorción, el cual emplea una tecnología diferente. Actualmente, todos los equipos nuevos están virtualmente sellados; la alta integridad de contención minimiza la pérdida de refrigerante.

La sustitución de sistemas de aire acondicionado de los CFC's en todo el mundo con nuevos equipos de alta eficiencia está ahorrando miles de millones de Kilowatts/ hora anualmente y los correspondientes millones de CO<sub>2</sub> derivados de la electricidad.

En la refrigeración el proceso de almacenamiento de energía se lleva a cabo mediante el cambio de temperatura o por cambio de estado; sin embargo para lograr un sistema óptimo es mucho más recomendable realizarlo mediante cambio de estado, ya que de esta forma almacena un mayor porcentaje de energía comparado con el primer proceso mencionado, por lo tanto se logra obtener un mejor efecto refrigerante al introducir menor trabajo, obteniendo considerablemente mayor energía.

En la refrigeración mecánica se requiere un proceso que pueda transmitir grandes cantidades de calor económica y eficientemente, y que pueda repetirse continuamente. Los procesos de evaporación y condensación de un líquido son por lo tanto los pasos lógicos en el proceso de refrigeración.

El refrigerante es cualquier materia que actúa como medio de transporte de energía térmica.

Un refrigerante ideal debe cumplir las siguientes propiedades:

- Ser químicamente inerte hasta el grado de no ser inflamable, ni tóxico, ni explosivo, tanto en estado puro como cuando esté mezclado con el aire en determinada proporción.

---

<sup>1</sup> El tratado fue firmado el 16 de septiembre de 1987 y entró en vigor el 1 de enero de 1989. Relativo a sustancias agotadoras de la capa de ozono.

- No reaccionar desfavorablemente con los aceites o materiales empleados en la construcción de los equipos frigoríficos.
- No reaccionar desfavorablemente con la humedad, que a pesar de las precauciones que se toman, aparece en toda instalación.
- Su naturaleza será tal que no contamine los productos almacenados en caso de fuga.
- El refrigerante ha de poseer unas características físicas y termodinámicas que permitan la máxima capacidad de refrigeración con la mínima demanda de potencia.
- La presión de descarga de cualquier refrigerante siempre disminuye a medida que baja la relación de compresión. Por lo tanto deseamos que la presión de descarga sea la más baja posible para alargar la vida del compresor.
- El coeficiente de transferencia de calor conviene que sea lo más elevado posible para reducir el tamaño y costo del equipo de transferencia de calor.
- La relación presión-temperatura debe ser tal que la presión en el evaporador para la temperatura de trabajo sea superior a la atmosférica, para evitar la entrada de aire y de humedad en el sistema en caso de fuga.
- Temperatura y presión crítica, lógicamente el punto de congelación deberá ser inferior a la temperatura mínima de trabajo.
- La miscibilidad de un refrigerante con el aceite del compresor favorece el retorno del aceite desde el evaporador hasta el cárter del compresor en aplicaciones de máquinas alternativas. Las unidades centrífugas tienen circuitos separados de aceite y de refrigerante.
- La potencia frigorífica teórica de la mayoría de refrigerantes en los niveles de temperatura del acondicionamiento de aire es aproximadamente la misma.
- La velocidad de fuga de un gas refrigerante aumenta de modo directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional al peso molecular.
- La detección de las fugas de refrigerante debe ser sencilla y eficaz por razones de mantenimiento, coste y seguridad.

- La densidad del vapor afecta a la capacidad del compresor y al dimensionado de los tubos.
- Finalmente ha de ser de bajo precio y de fácil disponibilidad.

Existen en la actualidad tres tipos de refrigerantes de la familia de los hidrocarburos halogenados:

CFC's: (Flúor, Carbono, Cloro), Clorofluorocarbono totalmente halogenado, no contiene hidrógeno en su molécula química y por lo tanto es muy estable, esta estabilidad hace que permanezca durante largo tiempo en la atmósfera afectando seriamente la capa de ozono y es una de las causas del efecto invernadero. (R-11, R-12, R-115). Esta prohibida su fabricación desde 1995.

HCFC's: (Hidrógeno, Carbono, Flúor, Cloro), Es similar al anterior pero con átomos de hidrógeno en su molécula. La presencia de Hidrógeno le confiere menos estabilidad, en consecuencia, se descompondrá en la parte inferior de la atmósfera y no llegará a la estratosfera. Posee un potencial reducido de destrucción de la capa de ozono. Su desaparición está prevista para el año 2015. (R-22)

HFC's: (Hidrógeno, Flúor, Carbono). Es un Fluorocarbono sin cloro con átomos de hidrógeno sin potencial destructor del ozono dado que no contiene cloro. (R-134a, 141b).

Los refrigerantes pueden ser puros o mezcla de diferentes gases, las mezclas pueden ser azeotrópicas o no azeotrópicas.

Las mezclas azeotrópicas están formadas por tres componentes y se comportan como una molécula de refrigerante puro. Empiezan por 5 (R-500, R-502).

Las mezclas no azeotrópicas están formadas por varios componentes pero la mezcla no se comporta como una molécula de refrigerante puro. Por lo tanto la carga de refrigerante que funciona con estos gases se ha de realizar siempre por líquido ya que cada gas se comporta diferente en estado gaseoso. Empiezan por 4 (R-404, R-408, R-



409). Aparte este tipo de mezclas tiene deslizamiento, lo que quiere decir que a la misma presión la temperatura es diferente si está en estado gaseoso o en estado líquido. Este deslizamiento puede ser desde 1º hasta 7ºC.

Estos gases no son tóxicos en estado normal pero desplazan el oxígeno produciendo asfixia. Cuando están en contacto con llamas o cuerpos incandescentes el gas se descompone dando productos altamente tóxicos y capaces de provocar efectos nocivos en pequeñas concentraciones y corta exposición.

Los refrigerantes que empiezan por 7, indican que son fluidos inorgánicos. Por ejemplo, el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) que se denomina R-717 o el R-744 que es el anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), el R-764 es el anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ).

Los que empiezan por 6 son los isobutano como el R-600, se emplean en instalaciones domésticas. Son altamente inflamables.

### II.3.2. Selección del Refrigerante

La elección de un refrigerante para un sistema de compresión está limitada por:

- Las condiciones económicas.
- Tipo y capacidad del equipo.
- Aplicación.

El refrigerante específico está determinado por el tipo y la capacidad del equipo. Para reducir el número de tamaños o capacidades de compresores de pistón, el fabricante construye en cada tamaño diversos refrigerantes de vapor relativamente denso.

Los compresores centrífugos o turbocompresores de capacidades relativamente bajas, requieren un refrigerante de gran volumen de vapor, para un rendimiento óptimo.

El refrigerante elegido depende del tipo de la aplicación. Los condensadores enfriados por aire no deben utilizarse con ciertos refrigerantes a causa de la temperatura

de condensación de proyecto necesaria y las correspondientes limitaciones sobre la presión del compresor.

La dependencia entre la temperatura y la presión de un refrigerante es de considerable importancia en las aplicaciones de baja temperatura. Si la presión del evaporador es relativamente baja para la temperatura necesaria de éste, el volumen de vapor con que tiene que trabajar el compresor es excesivo. Si la presión del evaporador es relativamente alta para la temperatura necesaria de éste, las presiones en el sistema son altas.

En un ciclo fundamental de refrigeración por absorción se utiliza el agua como refrigerante y el bromuro de litio como absorbente. El refrigerante debe ser adecuado para utilizarlo como absorbente y ser elegido de modo que:

Las presiones del vapor de refrigerante y del absorbente sean diferentes en el generador.

Las relaciones de temperatura-presión sean compatibles con las temperaturas y presiones del absorbedor y del generador.

El refrigerante tenga alta solubilidad en el absorbente a temperatura y presión del absorbedor y baja solubilidad a temperatura y presión del generador.

El refrigerante y el absorbente juntos sean estables dentro del margen de temperaturas del evaporador-generador. Normalmente, el absorbente debe permanecer líquido a las temperaturas y presiones del absorbedor (cámara de absorción) y el generador. Debe tener bajo calor específico, los valores de su tensión superficial y viscosidad deben de ser bajos y además debe de ser neutro para los materiales utilizados en el equipo.

A continuación se muestra una serie de tablas de Temperatura-Presión útil para la selección de refrigerantes.

Temp. °F.	REFRIGERANTES									
	123	11	134a	12	22	500	502	717	502	717
-50	292	289	185	154	62	128	0.0	14.3		
-48	291	288	177	146	48	119	0.8	13.3		
-46	291	287	170	138	35	109	1.6	12.2		
-44	290	286	162	129	20	98	2.5	11.1		
-42	290	285	155	119	0.5	88	3.4	10.0		
-40	289	284	147	110	0.5	78	4.3	8.7		
-38	288	283	137	100	1.3	64	5.2	7.4		
-36	287	282	127	89	2.2	52	6.2	6.1		
-34	287	281	117	78	2.0	39	7.2	4.7		
-32	286	279	108	67	3.9	26	8.3	3.2		
-30	285	278	98	55	4.9	12	9.4	1.6		
-28	284	277	86	43	5.9	0.1	10.5	0.0		
-26	282	275	74	30	6.9	0.9	11.7	0.8		
-24	281	274	62	16	7.9	1.6	13.0	1.7		
-22	279	272	50	0.3	9.0	2.4	14.2	2.6		
-20	278	270	38	0.6	10.2	3.2	15.5	3.6		
-18	276	268	19	1.3	11.3	4.1	16.9	4.6		
-16	275	266	0.3	2.1	12.5	5.0	18.3	5.6		
-14	273	264	0.6	2.8	13.8	5.9	19.7	6.7		
-12	272	262	1.2	3.7	15.1	6.8	21.2	7.9		
-10	270	260	1.8	4.5	16.5	7.8	22.8	9.0		
-8	268	258	2.7	5.4	17.9	8.8	24.4	10.3		
-6	266	255	3.6	6.3	19.3	9.9	26.0	11.6		
-4	264	253	4.5	7.2	20.8	11.0	27.7	12.9		
-2	262	250	5.4	8.2	22.4	12.1	29.4	14.3		
0	260	247	6.3	9.2	24.0	13.3	31.2	15.7		
2	257	244	7.4	10.2	25.6	14.5	33.1	17.2		
4	255	241	8.4	11.2	27.3	15.7	35.0	18.8		
6	252	238	9.5	12.3	29.1	17.0	37.0	20.4		
8	250	234	10.5	13.3	30.9	18.4	39.0	22.1		
10	247	231	11.6	14.6	32.8	19.7	41.1	23.8		
12	244	227	12.9	15.8	34.7	21.2	43.2	25.6		
14	240	223	14.2	17.1	36.7	22.6	45.3	27.5		
16	237	219	15.4	18.4	38.7	24.1	47.7	29.4		
18	233	215	16.7	19.7	40.9	25.7	50.1	31.4		
20	230	211	18.0	21.0	43.0	27.3	52.9	33.5		
22	226	206	19.5	22.4	45.3	28.9	54.9	35.7		
24	221	201	21.0	23.9	47.6	30.6	57.4	37.9		
26	217	197	22.5	25.4	50.0	32.4	60.0	40.2		
28	212	191	24.1	26.9	52.4	34.2	62.7	42.6		
30	208	186	25.6	28.5	54.9	36.0	65.4	45.0		
32	203	181	27.4	30.1	57.5	37.9	68.2	47.6		
34	198	175	29.2	31.7	60.1	39.9	71.1	50.2		

Temp. °F.	REFRIGERANTES									
	123	11	134a	12	22	500	502	717	502	717
36	192	169	30.9	33.4	62.8	41.9	74.1	62.9		
38	187	163	32.7	35.2	65.6	43.9	77.1	58.7		
40	182	156	34.5	37.0	68.5	46.1	80.2	58.6		
42	176	150	36.6	38.8	71.5	48.2	83.4	61.6		
44	169	143	38.7	40.7	74.5	50.5	86.6	64.7		
46	163	136	40.7	42.7	77.6	52.8	90.0	67.9		
48	156	128	42.8	44.7	80.8	55.1	93.4	71.1		
50	150	120	44.9	46.7	84.0	57.6	96.9	74.5		
52	142	112	47.3	48.8	87.4	60.1	100.5	78.0		
54	135	104	49.7	51.0	90.8	62.6	104.1	81.5		
56	127	96	52.1	53.2	94.3	65.2	107.9	85.2		
58	120	87	54.5	55.4	97.9	67.9	111.7	89.0		
60	112	78	56.9	57.7	101.6	70.6	115.6	92.9		
62	103	68	59.7	60.1	105.4	73.5	119.6	96.9		
64	94	59	62.4	62.5	109.3	76.3	123.7	101.0		
66	84	49	65.2	65.0	113.2	79.3	127.9	105.3		
68	75	38	67.9	67.6	117.3	82.3	132.2	109.6		
70	66	28	70.7	70.2	121.4	85.4	136.6	114.1		
72	55	16	73.8	72.9	125.7	88.6	141.1	118.7		
74	44	0.5	77.0	75.6	130.0	91.8	145.6	123.4		
76	33	0.3	80.1	78.4	134.5	95.1	150.3	128.3		
78	22	0.9	83.3	81.3	139.0	98.5	155.1	133.2		
80	11	1.5	86.4	84.2	143.6	102.0	159.9	138.3		
82	0.0	2.2	90.0	87.2	148.4	105.6	164.9	143.6		
84	0.7	2.8	93.5	90.2	153.2	109.2	170.0	149.0		
86	1.3	3.5	97.1	93.3	158.2	112.9	175.1	154.5		
88	1.9	4.2	100.6	96.5	163.2	116.7	180.4	160.1		
90	2.6	4.9	104.2	99.8	168.4	120.6	185.8	165.9		
92	3.3	5.6	108.2	103.1	173.7	124.5	191.3	171.9		
94	4.0	6.3	112.2	106.5	179.1	128.6	196.9	178.0		
96	4.7	7.1	116.3	110.0	184.6	132.7	202.6	184.2		
98	5.5	7.9	120.3	113.5	190.2	136.9	208.4	190.6		
100	6.3	8.8	124.3	117.2	195.9	141.2	214.4	197.2		
102	7.1	9.6	128.8	120.9	201.8	145.6	220.4	203.9		
104	7.9	10.5	133.3	124.6	207.7	150.1	226.6	210.7		
106	8.7	11.3	137.8	128.5	213.8	154.7	232.9	217.8		
108	9.6	12.3	142.3	132.4	220.0	159.4	239.3	225.0		
110	10.5	13.2	146.8	136.4	226.4	164.1	245.8	232.3		
112	11.4	14.2	151.8	140.5	232.8	169.0	252.4	239.8		
114	12.4	15.1	156.8	144.7	239.4	173.9	259.2	247.5		
116	13.4	16.1	161.9	148.9	246.1	179.0	265.1	255.4		
118	14.4	17.2	166.9	153.2	252.9	184.2	273.1	263.5		

Temp. °F.	REFRIGERANTES									
	123	11	134a	12	22	500	502	717	502	717
120	15.4	18.2	171.9	157.7	259.9	189.4	280.3	271.7		
122	16.5	19.3	177.5	162.2	267.0	194.8	287.5	280.1		
124	17.5	20.5	183.1	166.7	274.3	200.2	295.0	288.7		
126	18.7	21.6	188.6	171.4	281.6	205.8	302.5	--		
128	19.8	22.8	194.2	176.2	289.1	211.5	310.2	--		
130	21.0	24.0	199.8	181.0	296.8	217.2	318.0	--		
132	22.2	25.2	205.9	185.9	304.6	223.1	325.9	--		
134	23.4	26.5	212.1	191.0	312.5	229.1	334.0	--		
136	24.7	27.8	218.2	196.1	320.6	235.2	342.3	--		
138	26.0	29.1	224.4	201.3	328.9	241.4	350.6	--		
140	27.3	30.4	230.5	206.6	337.3	247.7	359.1	--		
142	28.7	31.8	237.3	212.0	345.8	254.2	367.8	--		
144	30.1	33.2	244.1	217.5	354.5	260.7	376.6	--		
146	31.5	34.7	250.1	223.1	363.3	267.4	385.6	--		
148	32.9	36.2	257.5	228.8	372.3	274.2	394.7	--		
150	34.5	37.7	264.4	234.6	381.5	281.1	403.9	--		
152	36.1	39.2	271.8	240.5	390.8	288.1	413.4	--		
154	37.7	40.8	279.2	246.5	400.3	295.3	422.9	--		
156	39.3	42.4	286.7	252.5	410.0	302.5	432.7	--		
158	40.9	44.1	294.1	258.8	419.8	309.9	442.5	--		
160	42.5	45.8	301.5	265.1	429.8	317.4	452.6	--		
162	44.3	47.4	309.6	271.5	440.0	325.1	--			
164	46.1	49.2	317.7	278.1	450.4	332.9	--			
166	47.9	51.0	325.9	284.7	460.9	340.8	--			
168	49.7	52.9	333.9	291.5	471.7	348.8	--			
170	51.5	54.8	342.0	298.3	482.6	357.0	--			
172	53.5	56.8	350.8	305.3	493.7	365.3	--			
174	55.5	58.8	359.3	312.4	505.0	373.7	--			
176	57.4	60.7	368.3	319.6	516.5	382.3	--			
178	59.4	62.7	377.1	326.9	528.2	391.0	--			
180	61.4	64.7	385.9	334.3	540.1	399.9	--			
182	63.6	66.9	395.4	341.9	552.2	408.8	--			
184	66.8	69.1	405.0	349.5	564.5	418.0	--			
186	68.0	71.3	414.5	357.3	577.1	427.3	--			
188	70.2	73.5	424.1	365.2	589.9	436.7	--			
190	72.5	75.7	433.6	373.3	602.9	446.3	--			
192	74.9	78.1	443.9	381.4	616.1	456.0	--			
194	77.4	80.5	454.2	389.7	629.6	465.9	--			
196	79.8	83.0	464.4	398.2	643.4	475.9	--			
198	82.3	85.4	474.7	406.7	657.4	486.1	--			
200	84.7	87.8	485.0	415.4	671.7	496.4	--			

TABLAS TEMPERATURA / PRESION

RODIL PULGADAS HG  
NEERO - P.S.I.G

---

---

## **CAPITULO III. AIRE ACONDICIONADO**

### **III.1. CARTAS PSICROMÉTRICAS**

#### **III.1.1. Propiedades**

La psicrometría estudia las propiedades de las mezclas de aire y vapor de agua. Es importante por que el aire atmosférico no está completamente seco, sino que es una mezcla de aire y vapor de agua. Todos los procesos de acondicionamiento de aire deben tener en cuenta la presencia del vapor de agua en el aire.

Las cartas psicrométricas son gráficas que representan las propiedades psicrométricas del aire. El uso de tales gráficas permite el análisis de datos psicrométricos y procesos facilitándose la solución de muchos problemas prácticos relacionados con aire.

Línea de saturación. Las coordenadas que se juzgan más convenientes en la carta psicrométrica son la presión del vapor de agua como ordenada y la temperatura de la mezcla aire-vapor como abscisa. Se considerara una carta que se refiere únicamente al agua. La región a la derecha de la línea de saturación representa la zona del vapor de agua recalentado. Si el vapor recalentado se enfría a presión constante, alcanzará la línea de saturación donde empezará a condensarse.



Fig.III.1. Línea de saturación.

El vapor de agua se comporta como si no estuviese presente el aire. A una presión del vapor de agua dada, la cual es ahora su presión parcial en la mezcla, la condensación ocurre a la misma temperatura que ocurre a la misma temperatura que ocurriría si no estuviera presente el aire.

Humedad relativa. Es el porcentaje de vapor de agua contenido en el aire con relación a la cantidad contenida en el aire saturado a la misma temperatura. Las líneas de humedad relativa constante deben trazarse en la carta, dividiendo los segmentos verticales comprendidos entre la línea de saturación y el eje de abscisas. Por ejemplo, la línea de humedad relativa 0,50 tiene ordenadas que son mitades de las ordenadas de la línea de saturación. Las propiedades representadas hasta este momento son independientes de la presión barométrica.

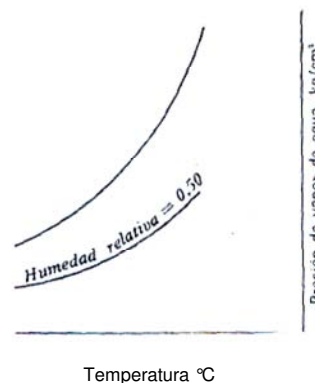


Fig. III.2. Línea humedad relativa.

Relación de humedad. La relación de humedad  $W$  es el peso de vapor de agua mezclado con cada kilogramo de aire seco. La relación de humedad, esta referida 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 en las aplicaciones corrientes de acondicionamiento de aire. El aire se supone un gas perfecto por que su temperatura es relativamente alta en comparación con su temperatura crítica, y el vapor de agua se supone un gas perfecto porque su presión es relativamente baja en comparación con su presión crítica.

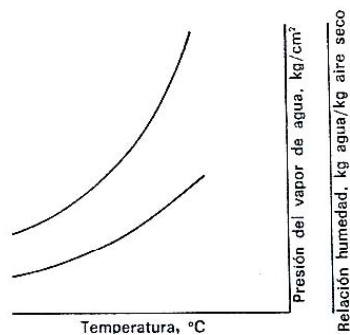


Fig. III.3. Relación de humedad.

Entalpía. La entalpía de una mezcla de aire seco y de vapor de agua es la suma de las entalpías de ambos. 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:

$$H, \text{ Cal/Kg aire seco} = C_p t + W h_g$$

Donde:

$C_p$  = calor específico del aire a presión constante =  $0,24 \text{ Cal}/(\text{Kg}) (^{\circ}\text{K})$ .

$t$  = temperatura de la mezcla aire-vapor,  $^{\circ}\text{C}$ .

$h_g$  = entalpía del vapor saturado a la temperatura de la mezcla aire-vapor,  $\text{Cal}/\text{Kg}$ .

Volumen específico. El volumen específico es el número de metros cúbicos de mezcla aire-vapor por kilogramo de aire seco. También podría 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.

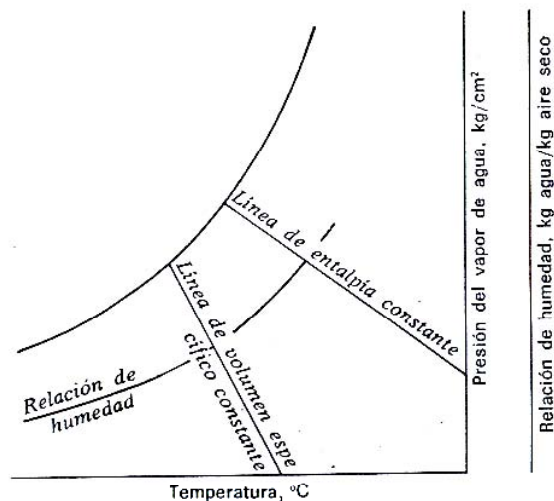


Fig. III.4. Línea de volumen específico constante.

Temperatura de bulbo húmedo. Esta temperatura es la temperatura indicada por un termómetro que tiene su bulbo humedecido e inmerso en una corriente de aire. Es necesario evitar la transmisión de calor por radiación a o desde el termómetro, y debe también evitarse la transmisión por conducción a lo largo del vástago. Cuando se han suprimido todas las inexactitudes de medida, el termómetro señala una temperatura que es realmente la del agua sobre el bulbo. El agua, cuando esta en contacto con aire no saturado, toma una temperatura diferente de la del aire.

Saturación adiabática. Esto se ilustra por medio de una instalación, la cual consiste en un conducto aislado a través del cual circula, en proceso continuo, agua que cae pulverizada en forma de lluvia. La lluvia de agua satura al aire. Algún tiempo después del comienzo de la operación, cuando sea establecido el equilibrio, el agua



sale de la cámara a la misma temperatura a la que entra. Esta temperatura es la misma temperatura que toma el agua sobre un termómetro de bulbo húmedo cuando el termómetro se pone en contacto con una corriente de aire en el estado del punto 1 de la figura. La temperatura del aire que sale del saturador adiabático, punto 2, se considera igual a la temperatura de bulbo húmedo del aire.

Líneas de temperatura de bulbo húmedo constante. El proceso de saturación adiabática es un proceso de temperatura de bulbo húmedo constante. Si los puntos de estado del aire en un proceso de saturación adiabática se representan gráficamente sobre una carta psicrométrica y se unen los puntos por una línea, resulta una línea de temperatura de bulbo húmedo constante.

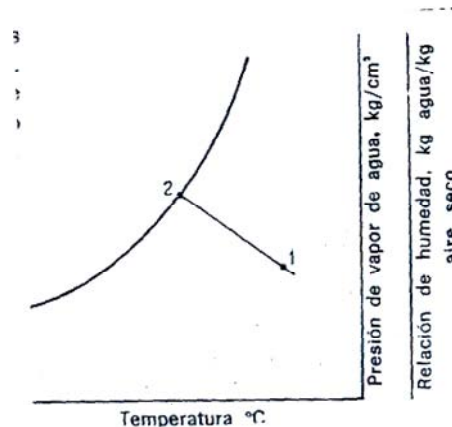


Fig. III.5. Línea de temperatura de bulbo húmedo constante.

Desviación de entalpía. En la desviación de entalpía no van a coincidir las líneas de temperatura de bulbo húmedo constante con las de entalpía constante. Escribiendo el balance térmico en el saturador adiabático de la figura III.5, referido a 1 kg de aire seco:

$$h_1 + (W_2 - W_1) h_a = h_2$$

donde  $h_a$  es la entalpía del agua de reposición a la misma temperatura que el agua del sumidero. La entalpía del aire que sale supera a la del aire que entra en la cantidad  $(W_2 - W_1) h_a$ . La desviación de entalpía es nula en la línea de saturación.



### III.1.2. Procesos psicrométricos

Los procesos termodinámicos realizados por el aire pueden representarse gráficamente en una carta psicrométrica. La carta se utiliza también para determinar en los procesos las variaciones de las propiedades significativas tales como la temperatura, la relación de humedad y la entalpía. Algunos de los procesos fundamentales o más importantes son:

Calentamiento o enfriamiento sensibles.

Humedecimiento adiabático o no adiabático.

Enfriamiento y desecado.

Desecado químico.

Mezclado.

Calentamiento o enfriamiento sensibles.

El calentamiento o enfriamiento sensibles consiste en una variación de la temperatura de bulbo seco sin que se altere la relación de humedad. El calor sensible se define como la variación de la temperatura de bulbo seco  $c_p$ , distinto del calor latente, que es el calor absorbido o cedido al evaporar o condensar la humedad del aire sin variación de la temperatura.

Humedecimiento adiabático o no adiabático.

El humedecimiento, puede ser adiabático, y entonces 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 externamente, resultaría el proceso 1-3 (Fig. III.6).

### Enfriamiento y desecado.

El enfriamiento y desecado es un proceso con una reducción tanto de la temperatura de bulbo seco como de la relación de humedad. Un serpentín de enfriamiento y desecado realiza este proceso. La capacidad de refrigeración en toneladas durante un proceso de enfriamiento y desecado viene dada por la fórmula,

$$\text{Capacidad, ton} = \frac{(h_1 - h_2) [\text{caudal de aire (kg aire seco / min)}]}{50,4 \text{ Cal / (min)(ton)}}$$

### Desecado químico.

El secado químico es un proceso por el cual el vapor de agua del aire es absorbido por una sustancia higroscópica. Con este proceso, si se realiza térmicamente aislado, es esencialmente a entalpía constante y la relación de humedad disminuye, la temperatura del aire debe aumentar.

### Mezclado.

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. En la figura se representa la mezcla de  $m_1$  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 gráfica de la figura III.6.

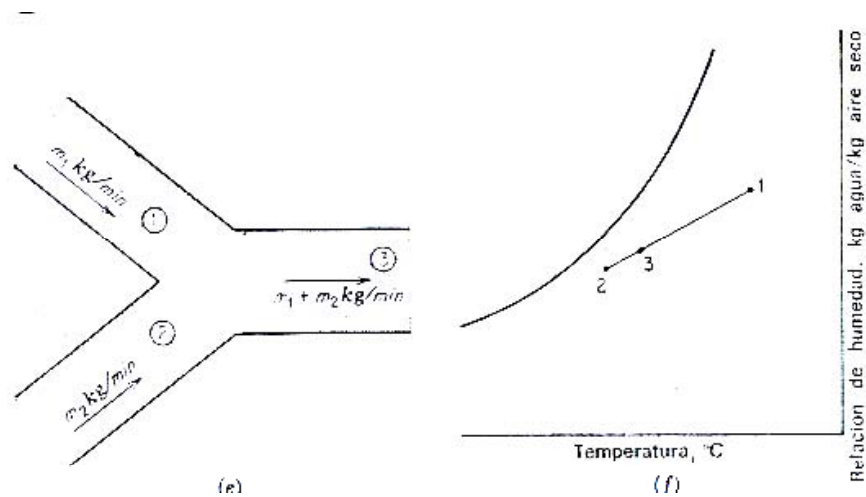


Fig. III.6. Proceso de mezcla esquemática y sobre la carta psicrométrica.

## III.2. CONDICIONES DE CONFORT

### III.2.1 Temperatura en Interiores

Las condiciones de confort tienen por objeto lograr un mantenimiento sensiblemente uniforme de la sensación de comodidad, equilibrando las diferencias que pudieran existir entre dos o más locales contiguos que pertenecen a una sola unidad hogareña, comercial, laboral, etc., así como conseguir el máximo confort en cada estancia, considerada independientemente.

Las condiciones de confortabilidad vienen presididas, por la temperatura artificial lograda en cada caso, pero esta temperatura dependerá de múltiples factores como son:

- El uso habitual de la estancia.
- El número de personas que deban ocuparla.
- La actividad a realizar.
- La humedad del ambiente.
- La velocidad y pureza del aire interior.
- El calor radiante percibido o emitido por las personas.

Atendiendo a la actividad desarrollada, se aceptan como medios los siguientes valores. Estos pueden y deben modificarse según circunstancias que dependen del ambiente exterior y del grado de movilidad o inmovilidad de las personas que se acojan a la protección de una temperatura artificial.

Reposo	20° C
Trabajos de oficina	18/19° C
Trabajos manuales ligeros	17° C
Trabajos manuales medios	15/16° C
Trabajos pesados	10/13° C

También puede constituir la diferencia de temperatura el espesor de los muros y el número de caras exteriores que posea cada local; teniendo en cuenta que estos datos serán distintos para cada habitación de una misma vivienda, deberán preverse temperaturas secas diferentes para las mismas, aunque íntimamente relacionadas entre sí. El cálculo que se incluye a continuación, ha sido realizado para diversas piezas que se suponen ocupadas por personas en reposo, con una temperatura exterior situada alrededor de los  $-5^{\circ}$ :

Habitaciones interiores	18° C
Habitaciones con un lado al exterior	18,5° C
Habitaciones con dos lados al exterior	19° C
Habitaciones con tres lados al exterior	19,5° C
Habitaciones con cuatro lados al viento	21° C
Galerías acristaladas	22/23° C

Si las personas se hallan en movimiento, decaerán los efectos radiantes al aumentar la convección del calor producido por las mismas y en consecuencia la temperatura citada podrá rebajarse quedando de la siguiente manera:

---

---

Habitaciones interiores	17° C
Habitaciones con un lado al exterior	17,5° C
Habitaciones con dos lados al exterior	18° C
Habitaciones con tres lados al exterior	18,5° C
Habitaciones con cuatro lados al viento	19,5° C
Galerías acristaladas	21° C

Por otro lado, la distribución vertical de la temperatura referida a un local concreto, debe ser lo más uniforme posible en la práctica y previendo alturas del techo de edificaciones modernas, que suelen ser inferiores a los 3.5 metros, la diferencia entre la temperatura a nivel del pavimento y el cielo raso no exceda de 5° C, siempre que la instalación haya sido efectuada correctamente y exista la debida humedad ambiental y una radiación inferior a los 200 Kc/m<sup>2</sup> y hora.

### **III.2.2. Humedad**

Una gran parte del calor generado por el cuerpo humano se disipa por evaporación a través de la piel.

Esa evaporación se favorece con una humedad relativamente baja, y contrariamente, se dificulta en los casos que sea elevada, manifestándose en la transpiración. En el caso de que fuese excesivamente baja, entonces daría lugar a fenómenos de resecamiento de la piel, así como de la boca y vías respiratorias.

Estas alteraciones indican la importancia que tiene, para lograr un alto índice de confortabilidad, llegar a regular la humedad, cuyo control tienen tanto valor como el que pudiera presentar el de la temperatura.

## **CAPITULO IV. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO**

### **IV.1.NORMAS**

La aplicación e instalación de los aparatos de acondicionamiento de aire deben cumplir todas las normas y reglamentos vigentes en la localidad de la instalación. Las disposiciones aplicables de la American Estándar Safety code B9.1, ARI, ASHRAE y AMCA Estándar conciernen al ensayo, especificación y manufactura de los aparatos de acondicionamiento de aire.

Las siguientes normas son aplicables para la instalación de los sistemas.

Normas aplicables.

NOM-021-ENER/SCFI/ECOL-2000(NOM-073-SCFI-1994):

Eficiencia energética en acondicionadores tipo cuarto.

NOM-009-ENER-1995:

Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.

NOM-011-ENER-2006 (NOM-011-ENER-2002):

Eficiencia energética de acondicionadores de aire tipo Central.

Las cuales toman en cuenta las siguientes características.

Medidas operacionales.

Diseño.

- Ubicación correcta del termostato.
- Aislamiento de conductos y tuberías.

#### Controles.

- Ajuste de la temperatura de confort (set point).

#### Operación.

- Eliminar fugas de aire.
- Limpiar filtros de aire.
- Mantenimiento continuo.

#### Medidas tecnológicas.

##### Envolvente.

- Aislamiento térmico (techos y paredes).
- Cubrir cristales con películas reflejantes.
- Ventanas de doble cristal.

##### Equipos.

- Compresores de alta eficiencia.
- Operación de chillers en etapas.

##### Sistemas.

- Distribución de aire variable.
- Economizador de aire.

## **IV.2. EQUIPO DE VENTANA**

El acondicionador tipo ventana es el sistema de aire acondicionado más elemental. Este tipo de aire acondicionado es también bastante económico. Como su propio nombre indica, el aparato va instalado en una ventana, de forma que queda la mitad del refrigerador colgando en el exterior y la otra mitad en el interior de la estancia. Se caracteriza por la facilidad para adaptarse a cualquier edificio, climatizando únicamente la estancia en la que se encuentra instalado el equipo.

Poseen en una misma unidad el compresor, ventilador, evaporador; lo que produce ciertas desventajas en cuanto a aspectos estéticos y del nivel sonoro que produce en el interior de la vivienda. Son unidades capaces de proporcionar una potencia de refrigeración de entre 1.5 y 7 KW<sup>2</sup> (0.5TR y 2TR).

Generalmente, estos equipos sólo proporcionan refrigeración.

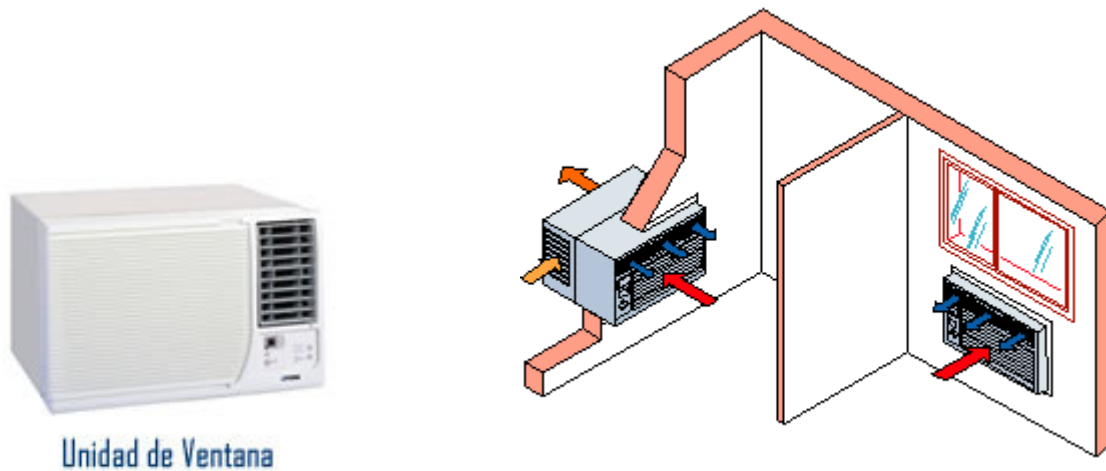


Fig. IV.1. Acondicionador de ventana.

Las características que se deben observar al seleccionar una unidad de ventana son:

Tipo de control: Se recomienda por comodidad del usuario, los equipos con control remoto, actualmente la diferencia en precio de una unidad con control manual y una de control remoto es muy poca. El control de la temperatura se realiza por medio de un termostato ajustable. En el caso de las unidades de control manual este termostato se ajusta girando una perilla. En el caso de las unidades de control remoto es mediante botones digitales o mediante el control inalámbrico.

---

<sup>2</sup>1 KW = 0.28435 TR.



**Velocidades:** Se refiere a la velocidad del ventilador. Se recomienda que tenga por lo menos 2 velocidades aunque los equipos más completos tienen 3 velocidades (Baja, Media y Alta).

**Función energy saver:** La función de energy saver (ahorradora de energía) es recomendable ya que apaga el ventilador cuando el equipo no está enfriando. Como resultado el consumo de energía es menor.

**Toma de aire exterior:** Las unidades de ventana deben de contar con una pequeña ventila ajustable que permite introducir aire fresco del exterior.

**Eficiencia:** La eficiencia de un equipo de aire acondicionado es la característica más importante, ya que el costo adicional al comprar un equipo eficiente representa un ahorro a la hora de recibir el recibo de luz. El estándar de eficiencia es de 10 EER, aunque mientras mayor sea éste número es mucho mejor. Si el presupuesto lo permite, es mucho mejor gastar un poco más al inicio pero disfrutar de los ahorros el tiempo que dure el equipo.

**Voltaje de operación:** Los equipos de Aire Acondicionado de una tonelada de refrigeración (1TR) o menores están disponibles en el voltaje más común que es de 110 volts. Sin embargo arriba de 1 ½ TR el voltaje de éstos equipos es de 220 volts. A continuación se muestra una tabla con la capacidad y el voltaje de operación más comunes para el hogar:

Capacidad Ton	Ventana
½	110 v
1	110v/220v
1½	220 v
2	220 v
3	220 v
4	220 v
5	220 v

### IV.3. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO PAQUETE

Es un equipo de aire acondicionado tipo central, en el cual todos los componentes principales son acoplados en un solo gabinete.

Deben tener capacidad de enfriamiento para abatir la carga de calor sensible y latente del local y del aire exterior a suministrar. La configuración de la descarga y retorno puede ser horizontal o vertical. El equipo debe contar con el número de circuitos de refrigerante requeridos, cada circuito de refrigerante debe tener: compresor de refrigerante, válvulas de servicios en la descarga, filtro deshidratador tipo removible, mirilla en la línea de líquido con indicador de humedad, puerto de carga y válvulas de expansión termostática.

Equipo de paquete suministrado por York, cuenta con las siguientes características:

- Para conectarle conductos que distribuyan el aire dentro de los ambientes acondicionados.
- Serpentes de diseño exclusivo York.
- Tuberías de cobre muy resistentes y con ranuras internas, aletas de aluminio.
- Evaporador con moto-ventilador centrífugo ultra silencioso.
- Condensador con moto-ventilador axial de elevada eficiencia.
- Diseño de flujo de aire que minimiza las turbulencias y los ruidos.
- Compresores recíprocos y tipo scroll.
- Todo el equipo está sometido por una sólida estructura metálica.
- Desde 60,000 BTU/hr a más para importación.



Fig. IV.2

Equipo de paquete LG que cuenta con las siguientes características:

- Compresor de alta eficiencia.
- Ventilador balanceado con aspas de bajo ataque y ventura.
- Protección térmica.
- Tubería de cobre con espiral interna.
- Área del serpentín extendida.
- Filtro deshidratador en la línea de líquido.
- Rejillas cubiertas de plástico.
- Orificio regulador de refrigerante.
- Conexiones eléctricas de fácil acceso.
- Gabinete de acero galvanizado de grueso calibre prepintado.
- Rieles en la base.
- Compartimiento del ventilador aislado.



Fig. IV.3

El intercambiador de calor LG está cubierto con una capa dorada anticorrosiva sobre la superficie de aluminio, que le permitirá conservarse a lo largo del tiempo. De esa forma el desempeño de la unidad será prácticamente el mismo siempre.

Las unidades tipo paquete condensador por agua son de operación silenciosa y eficiente; son ideales para instalaciones en complejos residenciales múltiples, centros comerciales, hoteles, etc. Su compacto diseño y su versátil servicio frontal permiten su instalación en espacios reducidos sin ocupar valioso espacio de piso.

#### **IV.4 EQUIPOS DE EXPANSIÓN DIRECTA (DIVIDIDOS, MINI-SPLIT, MULTI-SPLIT)**

##### **Equipo Dividido**

Cuando utilizamos un aparato de aire acondicionado podemos usar la climatización para conseguir refrigerar un ambiente. El sistema es similar al de un frigorífico, sacando el calor del interior de la nevera y expulsándolo en la cocina. Los sistemas split están formados por dos unidades, una externa y otra interna, enlazadas entre sí a través de tubos de cobre.

En verano, la unidad interna obtiene el calor del ambiente y lo descarga en el exterior. Mientras, el aparato que está en el interior, además, distribuye el aire fresco y limpio en la habitación, de un modo uniforme para evitar corrientes de aire.

En invierno el proceso es el mismo, pero a la inversa, consiguiendo obtener el escaso calor del exterior para suministrarlo al interior del hogar. Cuando un equipo de aire acondicionado dispone de la capacidad para poder calentar el ambiente, se dice que incorpora una “bomba de calor”, convirtiéndose en un sistema cómodo y versátil para solucionar las temperaturas extremas en cualquier época del año.

Pueden distinguirse las siguientes modalidades:

**Split fijo.** Es el equipo más habitual y más económico del mercado tanto en instalación como en mantenimiento. Disponible en versión pared, de techo o suelo, el split fijo tiene un precio que oscila entre los 600 euros<sup>3</sup> (9,400 pesos) y 1,200 euros (18,891 pesos). La unidad evaporadora es comandada por un control remoto, cuenta con reguladores de temperatura, ventilación y aletas difusoras.

**Split móvil.** Es una opción recomendable si las necesidades de aire acondicionado son puntuales y de forma discontinua en las distintas estancias de la casa. Pueden trasladarse fácilmente y no necesitan de un profesional para su instalación. Sin embargo, la gama de potencias resulta limitada y el consumo de energía es considerable. A pesar de su dinamismo, sólo es aconsejable cuando la complejidad de la instalación hace inviable otro tipo de instalación. Su precio va desde los 800 euros (12,594 pesos).

### **Mini-Split**

El término mini-split se traduce literalmente como mini-dividido. Esto se refiere a que un sistema mini-split en realidad consta de 2 unidades: la unidad interior y la unidad exterior.

---

<sup>3</sup> Considerando el precio del Euro = 15.74 pesos.

La unidad interior es la unidad que va dentro del cuarto a acondicionar. Hay diferentes tipos de unidades interiores, la diferencia principal está en la forma en que se instalan. La más común en los hogares es la que se instala en la parte alta de una pared por lo que se le conoce como High Wall (pared alta), sin embargo también existe un tipo de unidad que se instala en el techo de la habitación o en la pared pero en la parte baja incluso recargada en el piso, ésta unidad se le conoce como Piso-Techo (o Flexiline).



Hi-Wall  
(pared alta)



Flexiline  
(piso/techo)

Fig. IV.4. Evaporadoras.

La unidad exterior o unidad condensadora es la parte del Mini-split que como su nombre lo indica va en el exterior, ya sea en un patio o azotea. Ésta unidad está diseñada para estar a la intemperie y de hecho mientras más aire fresco le dé, es mejor. También es recomendable ubicarla donde pueda dar sombra al tiempo que se use el equipo. Ésta unidad es la que se encarga de rechazar el calor hacia el exterior por lo que el aire que sale es caliente, es por eso que no se debe colocar en un lugar encerrado ya que al no haber ventilación el equipo se sobrecalentará y se apagará para evitar ser dañado.



Descarga de aire lateral



Descarga de aire vertical

Fig. IV.5. Condensadoras.

La unidad interior y exterior deben de estar conectadas entre sí. Por una parte debe de haber conexión de tubería de cobre para gas refrigerante y por otra parte debe de haber conexiones eléctricas entre ambas. La ventaja de los equipos Mini-splits contra las unidades de ventana consiste en que no es necesario hacer un hueco grande en la pared, por otro lado la estética del equipo es mejor, además de que son más silenciosos y cuentan con más funciones de operación.

Las características que se deben observar al seleccionar un equipo Mini-split son:

Tipo de control. Prácticamente todos los Mini-splits se ofrecen con control remoto similar al control de la TV Sin embargo hay diversas funciones que son recomendables al momento de seleccionar uno.

Timer. Funciona de la misma manera que la función de sleep en un televisor, es decir se programa en cuanto tiempo se desea que se apague el equipo en incrementos de 30 minutos.

Encendido y apagado automático. Esta función permite programar la hora en que el equipo enciende y apaga.

Rejilla oscilatoria. Esta opción consiste en que la rejilla se está moviendo (oscilando) para lograr una mejor distribución del aire y lograr la misma temperatura en todo el cuarto.

Indicador de filtro sucio. Consiste en un contador de tiempo con alarma que le recuerda al usuario limpiar el filtro de la unidad. Cuando el filtro es limpiado, el contador se reestablece y volverá a recordar sobre la limpieza una vez transcurrido el tiempo necesario.

Velocidades. Se refiere a la velocidad del ventilador. Es importante contar con 3 velocidades: Baja, Media y Alta, así como la función Auto, que permite al control del equipo selecciona la velocidad optima.

Función energy saver. La función de energy saver (ahorradora de energía) es recomendable ya que apaga el ventilador cuando el equipo no está enfriando. Como resultado el consumo de energía es menor.

Eficiencia. La eficiencia de un equipo de aire acondicionado es la característica más importante, ya que el costo adicional al comprar un equipo eficiente representa un ahorro a la hora de recibir el recibo de luz. El estándar de eficiencia de Mini-splits es de 10 EER, aunque mientras mayor sea este número es mucho mejor. Si el presupuesto lo permite, es mucho mejor gastar un poco más al inicio pero disfrutar de los ahorros el tiempo que dure el equipo.

Voltaje de operación. Las unidades Mini-split operan en su mayoría con un voltaje de 220, sin embargo en algunos casos están disponibles en 110volts. Es recomendable hacer el cambio de voltaje a 220volts si es que no se tiene actualmente. Al contrario de lo que la mayor gente piensa, no se va a pagar más dinero por tener este voltaje, sin embargo sí se puede ahorrar en calibre de conductores al hacer la instalación eléctrica.

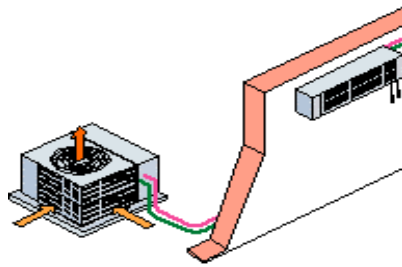


Fig. IV.6. Equipo Mini-split.



## Multi-Split

Pensado para viviendas de más de 100 metros cuadrados o unifamiliares, este sistema cuenta con varias unidades interiores que consiguen climatizar toda la vivienda. Su precio oscila en función de las unidades empleadas.

Este sistema es muy usado en la actualidad por las facilidades en su instalación así como un bajo costo de instalación. Consiste en una unidad exterior la cual puede interconectarse hasta con 4 unidades evaporadoras interiores.

Para este sistema existen diferentes tipos de evaporadoras.

- Pared.
- Piso –Techo.
- Fan -Coil.

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.

El hueco necesario para unir la unidad interior y la exterior es muy pequeño. Así, un hueco de 10 x 10 cm es suficiente para pasar los dos tubos del refrigerante, el tubo de condensación de la unidad evaporadora y el cable de conexión eléctrica.

Hay algo muy importante que se debe de tomar en cuenta al seleccionar donde colocar el equipo, ya que cualquiera que sea éste, producirá agua por el efecto de condensación. El efecto de condensación es similar al que se presenta en una lata de refresco frío, la cual se llena de gotas de agua. En un aire acondicionado éste efecto es mucho mayor por lo que es necesario una manguera de desagüe que debe ser dirigida hacia un lugar donde no cause problemas, ya sea algún patio o directamente al drenaje.

En casos donde ésta labor se dificulte se debe considerar una bombita de agua para enviar ese condensado al lugar deseado.

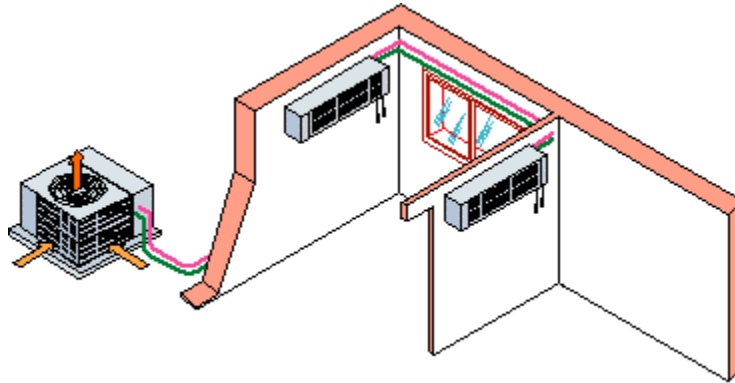


Fig. IV.7. Equipo Multi-split.

## IV.5 UNIDADES GENERADORAS DE AGUA HELADA (CHILLERS)

### IV.5.1 Compresores Reciprocantes

Las unidades enfriadoras de líquido o generadoras de agua helada chiller ofrecen una excelente solución para diferentes requerimientos en aplicaciones para Aire Acondicionado o Proceso.

La línea York ofrece una variedad de chillers de nueva tecnología para diferentes aplicaciones.

Enfriadores de agua libres de CFC's, los enfriadores de agua millenium reciprocantes utilizan los ecológicamente más seguros HCFC's R-22 y HFC's R-134a. Se presentan en modelos enfriados por agua de 3 a 240 toneladas, y modelos enfriados por aire desde las 3 hasta las 450 toneladas. Presentan el centro de control millenium, el panel de control más cómodo para el usuario existente en el mercado, y los mismos compresores encontrados en aplicaciones refrigerantes y petroquímicas.



Fig. IV.8. Chiller con compresor reciprocante.

### IV.5.2 Compresores de Tornillo

Los enfriadores de agua de tornillo millenium presenta muchas de las características que han hecho de los enfriadores de agua centrífugos millenium una revolución tecnológica. Tienen compresores de tornillo fabricados por la división Frick de York International, el fabricante de mayor cantidad de compresores de tornillo en el mundo. Los modelos enfriados por agua se presentan en un rango que comprende de las 100 a las 1.250 toneladas utilizando HCFC's R-22; 100 a 420 toneladas empleando HFC's R-134a. Existen modelos enfriados por aire desde las 130 hasta las 450 toneladas empleando HCFC's R-22.



Fig. IV.9. Chiller con compresor de tornillo.

### IV.5.3 Compresores Centrífugos

Como líder mundial en tecnología de Aire Acondicionado y Refrigeración York ofrece un paquete de enfriadores de agua centrífugos los cuales tienen la capacidad de operar con los siguientes refrigerantes: HFC-134a y HCFC-22 desde 350 a 2,100 toneladas de refrigeración, y con HCFC-123 desde 100 a 850 toneladas de capacidad. Los enfriadores de agua centrífugos millenium ofrecen un insuperable ahorro de energía debido a su variador electrónico de velocidad, alcanzando un promedio anual de 30% de ahorro de energía comparado con otros equipos de esta naturaleza, operando a bajas cargas puede alcanzar ahorros tan altos como 75%.

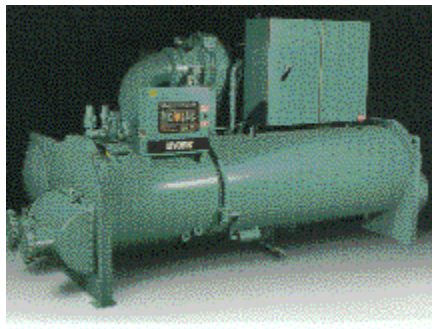


Fig. IV.10. Chiller con compresor centrífugo.

Chiller de agua centrífugos impulsados por motores a gas.

York ofrece el enfriador de agua millenium acoplado a motores a gas. Este es el único enfriador de agua con motor a gas natural, diseñado, probado y soportado tecnológicamente por dos fabricantes de clase mundial- York y Caterpillar. Este equipo se encuentra disponible para capacidades desde 400 a 2,100 toneladas usando HFC-134a como refrigerante. La integración de las tecnologías de York y Caterpillar a tenido como resultado un diseño sin precedentes en cuanto a ahorro de energía se refiere.

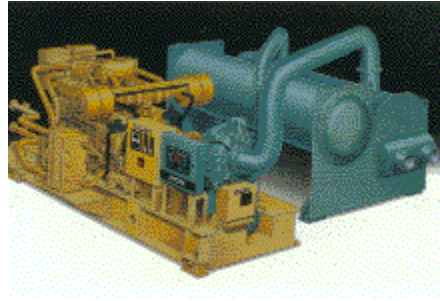


Fig. IV.11. Chiller de agua con compresor centrífugo.

### Chiller centrífugo multietapa.

Para ser aplicado en mayores capacidades de enfriamiento, York dispone del enfriador de agua centrífugo multietapa, que es diseñado para dar respuesta a un amplio rango de aplicación, tanto para aire acondicionado como refrigeración. Disponible desde 2,000 hasta 8,500 toneladas de capacidad, estos enfriadores pueden trabajar tanto con HCFC-22 o HFC-134a para operaciones ambientalmente más seguras.



Fig. IV.12 Chiller centrífugo multietapa.

### IV.5.3 Compresor Scroll

Se trata de un chiller enfriado por aire con sistema hidrónico integrado, 10 a 55 toneladas nominales. Los chillers enfriados por aire 30RA AquaSnap son de bajo costo y fáciles de instalar, además operan de manera silenciosa y eficiente. Incluye características de valor agregado como: sistema de ventilación silencioso aero acoustic, compresión rotativa tipo scroll, fáciles de usar con los controles comfort link, opcionalmente se ofrece el paquete hidrónico de bombas.

Características Estándar:

Circuito de refrigeración.

- Carga completa de refrigerante R-22.
- Circuitos de refrigeración independientes (1 circuito para tamaños 010 a 030 y 2 para tamaños 035 a 055).
- Compresores tipo Scroll.
- Protección del compresor.
- Válvula de expansión termostática.
- Aislamiento en el evaporador.
- Filtro deshidratador.
- Mirilla de refrigerante indicadora de humedad.

Circuito de agua helada.

- 300 psig (2.068 kPa).
- Interruptor de flujo.
- Protección contra congelamiento.

Controles / comunicación.

- Microprocesador de control Comfort Link.
- Paneles de acceso con bisagras.

- Display de temperatura y presión.
- Reajuste de la temperatura de agua helada (desde el fluido de retorno o por la temperatura exterior).
- Límite de demanda.
- Protección contra baja temperatura del agua.
- Protección por alta presión.
- Protección por baja presión.
- Control Lead/Lag en el compresor (arranque-paro y ciclado).
- Panel de control montado en la unidad.
- Protección contra ciclado excesivo del compresor.
- Capacidad de comunicación CCN (Carrier Comfort Network).

#### Características eléctricas.

- Entrada de energía primaria en un solo punto.
- Transformador de control para controles y entrada en un solo punto.
- Interruptor encendido/apagado (apagado de emergencia).
- Arrancador del compresor a través de la línea.



Fig. IV.13. Chiller con compresor tipo scroll.

## IV.6. TORRES DE ENFRIAMIENTO PARA DISIPACIÓN DE CALOR

La Torre de enfriamiento es un dispositivo que emplea el contacto directo entre el elemento disipador y el elemento a disipar (agua y aire atmosférico).

El objetivo no es el procesamiento del aire, sino el procesamiento térmico en el enfriamiento del agua en el estado en que se encuentre. Es por este fenómeno que la torre de enfriamiento es un sistema ampliamente utilizado en la industria, para el control de la temperatura de los refrigerantes que diversos equipos utilizan en los procesos que generan calor, por su constante uso, los cuales para un funcionamiento efectivo necesitan disipar el exceso de calor.

El no poseer un sistema de enfriamiento de este tipo podría ocasionar fatiga o desperfectos continuos en los equipos, que a largo plazo produce un desembolso de dinero que aumentaría los costos de producción, los cuales podrían evitarse instalando un equipo de enfriamiento adecuado el cual incrementaría la vida útil y mejoraría el rendimiento, reflejado en la reducción de los costos de producción.

Tipos principales y formas de clasificación.

Los equipos de enfriamiento atmosféricos del agua incluyen, estanques de rociado, torres de enfriamiento de tiro natural, y torres de enfriamiento de tiro mecánico.

Albercas o estanques de rociado.

Estas son convenientes para capacidades pequeñas y cuando el precio del terreno es bajo. Estos tienen la desventaja, de que aun colocando persianas en la caída libre del agua, se pierde mucha agua por la fuerza del viento; la potencia para el bombeo del agua es apreciable puesto que la producción de una pulverización satisfactoria del agua, precisa de una gran presión en la tobera de pulverización.



Torres de enfriamiento de tiro natural.

Estas se subdividen en torres atmosféricas, en las que los vientos dominantes proveen la ventilación; y el de tipo chimenea que es una de las utilizadas más antiguas.

Este tipo de torre tiene una gran ventaja sobre la de estanque de enfriamiento y de rociado, aunque estos son más caros y necesitan mayor mantenimiento. La característica de la cual depende este tipo de torres, es en la que el movimiento del aire que circula a través de ella depende única y exclusivamente de las condiciones atmosféricas.

Torre atmosférica. En este tipo de torre de enfriamiento, la circulación del aire a través de ella, es esencialmente en sentido horizontal en lugar de ser de arriba hacia abajo. En si la velocidad del viento es la que hace mover el flujo de aire a través de la torre. El agua se distribuye en la parte superior, haciéndola caer sobre secciones de madera distribuidas y uniformes, dejando abertura entre ellas, y teniendo una serie de persianas laterales para tratar de que el viento no arrastre cantidades considerables de agua.

La altura y ancho de la torre pueden variar dependiendo de la longitud y cantidad de agua a enfriar. Una de las dificultades principales que se tienen que afrontar con este tipo de torre, es una completa y uniforme distribución del agua en las superficies bajas y tratar en lo posible de impedir cuantiosas pérdidas de agua por el arrastre del viento y la evaporación.

Torre tipo chimenea. El principio de funcionamiento de esta torre es que el aire es calentado por el agua y que de esta forma se produce una corriente esencial del aire caliente hacia la parte superior de la torre. Los cuatro lados van completamente cerrados, desde el fondo de la torre hasta la parte superior de la misma, en la cual existe una gran disminución del área de la parte inferior a la superior; siendo la entrada de aire por la parte inferior y la salida por la superior. En este tipo de torre de enfriamiento la resistencia del aire debe ser mínima.

### Principio de funcionamiento.

Desde el momento en el que el agua es impulsada al sistema, desde el depósito recolector de agua caliente, su recorrido no se detendrá hasta caer al depósito de colección, que es donde originalmente se tiene el agua. El agua caliente es obtenida en los procesos industriales que generan calor, y luego será refrigerada en la torre de enfriamiento al contacto directo que tendrá con el aire, el cual será impulsado por el ventilador desde la parte baja de aquella. El enfriamiento podrá regularse con el incremento y decrementos en el caudal de agua y aire.

El sistema de enfriamiento estará montado sobre un banco desplazable, lo que permite ubicarlo en lugares adecuados para realizar las prácticas. Se recomienda que el lugar donde sea ubicado el sistema, tenga una altura considerable de techo que permita la evaporación libre de alguna cantidad de agua debido a pérdidas por arrastre y por el aire mismo.

En el proceso de enfriamiento del agua, la carga de enfriamiento se define como la cantidad de calor a disiparse desde el agua por el contacto directo del aire. El caudal del agua se puede regular por válvulas colocadas en la línea de alimentación de agua caliente a la tubería de distribución. El caudal de aire podrá regularse por medio de una compuerta en la entrada del ventilador.

### Áreas en las que se utilizan las torres de enfriamiento.

En los sistemas de refrigeración y acondicionamiento de aire, en los motores de combustión, en las plantas y generadores eléctricos o en nucleares y en muchos otros equipos industriales, en los cuales la generación de calor es considerable, es importante la adecuada selección de un medio disipador de calor para el funcionamiento adecuado de estos.

Los equipos se clasifican de acuerdo con los medios de disipación de calor que son el agua y el aire. En forma general existen tres tipos de uso corriente:

Enfriamiento por aire, en el que el calor es disipado directamente al aire por transferencia de calor sensible.

Enfriamiento por agua, en el que el calor sensible es transferido directamente al agua.

Enfriamiento por evaporación, en el que se emplean serpentines de rociado para disipar el calor en el aire, por transferencia de calor sensible y de calor latente.

En el enfriamiento por agua, debido al aprovechamiento que se le puede dar al agua, en el sentido de conservarla por un enfriamiento sensible y latente, se diseña en forma conjunta con el equipo, la torre de enfriamiento, como un solo principio de disipación de calor.

Con la torre de enfriamiento se ahorra consumo o gastos del agua necesaria para enfriar el equipo que genera gran cantidad de calor en su funcionamiento diario en la industria.

---

---

## **CAPITULO V.**

### **CASO DE APLICACIÓN EN UN HOTEL**

#### **V.1. OBJETIVO**

Desarrollar un proyecto de ahorro de energía eléctrica altamente rentable que permita obtener grandes beneficios económicos en un hotel, con la sustitución de equipos obsoletos por equipos de alta tecnología que nos proporcionen una mejor eficiencia y un mayor ahorro de energía eléctrica en la facturación eléctrica del local.

Así como obtener ahorros económicos a largo plazo, tanto de equipo como de energía eléctrica.

#### **V.2. DATOS GENERALES DEL HOTEL**

Introducción.

El Hotel se encuentra estratégicamente ubicado en el centro de la ciudad de Cuautla, Morelos, aproximadamente a 103 Km de la ciudad de México (1 hr). Además de contar con uno de los mejores climas del país, cuenta con importantes sitios culturales de interés general que muestran la arquitectura de la zona, así como jardines y flores. Asimismo, tiene atractivos paseos locales como lo es el tren de vapor, ruta de conventos, haciendas, balnearios, feria anual, paracaidismo y vuelos panorámicos en avionetas ultraligeras.

Servicios del Hotel.

El Hotel cuenta con 70 habitaciones estándar y 5 habitaciones Júnior Suite, las cuales cuentan con aire acondicionado, televisión por cable y terraza; Restaurante Tabachines;

bar Jacarandas, 7 salones (de 15 a 500 personas), 2 albercas de agua templada, canchas de tenis y squash, juegos de mesa y video, jardines y estacionamiento.

### V.3. FACTURACIÓN ELÉCTRICA

El servicio de energía eléctrica de la empresa es suministrado por la Comisión Federal de Electricidad mediante la tarifa HM, Región Sur. Las características eléctricas promedio de esta empresa son las siguientes:

Medidor No. 9111MC	Tarifa: HM
No. Servicio	297 810 500 959
Consumo Anual	302,640KWh
Importe Anual	\$ 476,772.10 Pesos
Precio medio (Octubre 2007)	\$1.55690 \$/KWh

Historial de consumos.

#### HOTEL

Tarifa: **HM**  
No. Cuenta: **297 810 500 959**

Periodo de Facturación	Consumo de Energía KWh	Demanda Facturable KW	F.P. %	Importe Pagado \$	Precio Medio \$/KWh
Nov-06	20,880	85	99.99	36,381.40	1.64243
Dic-06	21,600	98	99.98	38,703.18	1.68901
Ene-07	21,120	53	99.99	32,460.51	1.44877
Feb-07	20,400	83	99.99	33,031.35	1.52628
Mar-07	29,280	176	99.99	57,268.87	1.84368
Abr-07	32,880	102	99.98	46,521.71	1.41489
May-07	27,360	84	99.98	38,906.80	1.34044
Jun-07	26,400	84	100.00	39,342.07	1.40473
Jul-07	28,800	90	100.00	43,435.12	1.42163
Ago-07	28,080	86	100.00	42,815.15	1.43727
Sep-07	23,760	67	99.98	33,529.49	1.33021
Oct-07	22,080	70	99.99	34,376.45	<b>1.55690</b>
<b>Promedio</b>	<b>25,220</b>	<b>90</b>	<b>99.99</b>	<b>39,731.01</b>	1.57538
<b>Total</b>	<b>302,640</b>			<b>476,772.10</b>	-

### V.4. SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL ACTUAL

El sistema de aire acondicionado de las habitaciones esta conformado por 2 unidades generadoras de agua helada de 60 TR cada una. La sustitución del sistema se llevara acabo en dos fases, por lo que en esta primera fase se analizará únicamente la sustitución de una unidad, quedando la restante para un segundo proyecto.

Referente a la unidad generadora de agua helada (chiller) con compresor recíprocante y condensador enfriado por agua que se sustituirá, modelo HN65BJ208 y capacidad nominal de 60 TR, marca Carrier, el estado actual es obsoleto y aunado a su antigüedad (aproximadamente de 20 años) resultan ser ineficientes, lo que provoca un alto consumo eléctrico por la operación de dicha unidad.

Con el paso del tiempo, el chiller se ha pintado en muchas ocasiones y no cuenta con placa alguna que pueda identificar el número de serie de la unidad, por lo que únicamente se consiguieron los números de serie de los compresores, los cuales son CA-9706235 y DO-023480. A continuación se presentan algunas fotografías de la unidad.



Unidades Generadoras de Agua Helada, cada una cuenta con dos compresores.



Daños visibles al casco de una de las unidades.



Equipo de medición de temperatura del agua de salida.



Datos técnicos del equipo.



Datos de placa de uno de los compresores.



Torre de enfriamiento de las unidades.

Para determinar la capacidad y eficiencia del equipo actual, se procedió a tomar los datos promedio de los mismos durante las cuatro estaciones del año de acuerdo a la bitácora de operación. La metodología utilizada para la determinación de los parámetros es la siguiente:

$$TR = \frac{GPM * \Delta T}{24}$$

$$KW = \frac{V * I * FP * \sqrt{3}}{1000}$$

$$\eta = KW/TR$$

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD REAL DEL EQUIPO**

Estación	Temperaturas del evaporador			Flujo de agua GPM	Capacidad TR	Porcentaje de Carga
	Entrada °F	Sálida °F	?T °F			
<b>Unidad Generadora de Agua Helada con capacidad nominal de 60 TR</b>						
Invierno	53.1	45.9	7.2	145	43.5	72.5
Primavera	54.7	45.3	9.4	145	56.8	94.7
Verano	55.6	45.8	9.8	145	59.2	98.7
Otoño	53.5	45.9	7.6	145	45.9	76.5
<b>Promedio</b>					<b>51.4</b>	<b>85.6</b>

**DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE EFICIENCIA DEL EQUIPO**

Estación	Tensión V	Corriente				FP %	Potencia kW	Capacidad TR	Eficiencia kW/TR
		I-A	I-B	I-C	Promedio				
<b>Unidad Generadora de Agua Helada con capacidad nominal de 60 TR</b>									
Invierno	220	195	197	197	196.3	95.14	71.2	43.5	1.64
Primavera	220	286	288	285	286.3	88.84	96.9	56.8	1.71
Verano	220	308	303	306	305.7	89.84	104.7	59.2	1.77
Otoño	220	192	196	194	194	92.60	68.5	45.9	1.49
<b>PROMEDIO</b>								<b>51.4</b>	<b>1.65</b>

**SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL ACTUAL**

Equipo	Cant.	Cap. Nominal TR	Cap. Total TR	Capacidad Entregada TR <sup>1_/</sup>	Relación Eficiencia kW/TR	Demanda Total kW	Periodo operación hrs/mes	Consumo Mensual kWh
Unidad generadora de agua helada (chiller) de 60 TR, marca Carrier, modelo HN65BJ208 con compresor recíprocante y condensador enfriado por agua.	1	60	60	51.4	1.65	84.81	250	21,203
<b>Total</b>			<b>60</b>	<b>51.4</b>		<b>84.81</b>		<b>21,203</b>

<sup>1\_/</sup> Porcentaje de carga del 85.6%.

**V.5. SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL PROPUESTO**

La acción que se llevara a cabo es la siguiente:

Reemplazar la unidad actual por 23 unidades de aire acondicionado tipo Multi-split marca Carrier modelo FKGC183C/38XCA36226B-C, con capacidad de 3 TR c/u, para operar a 220V/1F/60Hz, incluyendo 2 evaporadoras de 1.5 TR.

**SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL PROPUESTO**

Equipo	Cant.	Cap. Nominal TR	Cap. Total TR	Capacidad Entregada TR <sup>1_/</sup>	Relación Eficiencia kW/TR	Demanda Total kW	Periodo operación hrs/mes	Consumo Mensual kWh
Unidad tipo multi split, marca Carrier, modelo FKGC183C / 38XCA36226B-C, capacidad de 3 TR con 2 evaporadoras de 1.5 TR c/u, 220V/1F/60Hz.	23	3	69	51.8	1.07	55.37	250	13,843
<b>Total</b>			<b>69</b>	<b>51.8</b>		<b>55.37</b>		<b>13,843</b>

**V.6 CÁLCULOS DE AHORROS ENERGÉTICOS**

Concepto	Facturación Actual <sup>1_/</sup>	Ahorros Estimados	
		Unitario	%
Demanda Facturable (kW)	90	29	32.8
Consumo Anual (kWh)	302,640	88,320	29.2
Importe Anual (\$) incluye IVA	476,772.10	137,505.36	28.8

<sup>1\_/</sup> Promedio del período de noviembre de 2006 a octubre de 2007.



## V.7. INVERSIÓN

La inversión requerida para llevar a cabo el proyecto es de \$ 470,281.00 IVA incluido y se lograra obtener un ahorro en importe de \$ 137,505.36, por lo que el período de recuperación simple es de 3.4 años.

## V.8 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN(PRS)

Concepto	Sistema Actual	Sistema Propuesto	Ahorro
Demanda (kW)	85	55	29
Consumo Mensual (kWh)	21,203	13,843	7,360
Precio Medio (\$/kWh) <sup>1_</sup>	1.55690	1.55690	-
Importe Mensual (\$), incluye IVA	33,010.95	21,552.17	11,458.78
Importe Anual (\$), incluye IVA	396,131.40	258,626.04	137,505.36
<b>Inversión (\$) =</b>	<b>470,281.00</b>	<b>Recuperación =</b>	<b>3.4 Años</b>

1\_ / Precio medio correspondiente al mes de octubre de 2007.

Con un período de recuperación de 3.4 años, es factible el proyecto, por lo que se recomienda solicitar los recursos al FIDE para la adquisición e instalación de los equipos.

Se consideran 250 horas de operación mensual de acuerdo a la estadística del hotel.

El precio medio \$/KWh es el correspondiente al mes de octubre del 2007, el cuál es de \$1.55690.

El cálculo de la relación de eficiencia del equipo actual de 60 TR es de 1.65 KW/TR; cabe aclarar que este equipo es enfriado por agua.

Para el caso de los equipos propuestos, la eficiencia se determinó de acuerdo a los datos del catálogo del fabricante.

Las normas por las cuales se rige FIDE para la realización de los proyectos, son las mencionadas anteriormente. Para este caso se baso en mejorar la calidad del hotel, pues al cambiar el equipo convencional por los de nueva tecnología se obtuvo un mayor confort por cada habitación. También se baso en cuestiones de estética, pues al introducir estos nuevos equipos se obtiene un mayor espacio debido a que ya no se cuenta con el sistema de bombeo de agua para la torre de enfriamiento. También se mantiene funcionando solamente el equipo rentado, los equipos son más silenciosos y con una mayor eficiencia energética.

Con este tipo de proyectos se obtienen muchos beneficios; en este caso cada habitación ya cuenta con un equipo individual por lo que se reducen los consumos de energía, es decir únicamente va a funcionar el equipo de la habitación rentada. A continuación se presentan algunas fotografías.



Unidad condensadora ubicada en el exterior.



Unidad evaporadora ubicada dentro de una habitación.



Unidad evaporadora ubicada dentro del hotel.

## CONCLUSIONES

La energía eléctrica es un insumo fundamental en todos los procesos productivos y un satisfactor indispensable para la sociedad, dadas las condiciones que prevalecen en todo el mundo, caracterizadas por una mayor globalización de las economías, hace necesario que cada país conserve sus recursos energéticos haciendo más eficiente los procesos productivos y racionalizando sus consumos con objeto de competir sin desventajas en el ámbito internacional.

La correcta implantación de programas de ahorro de energía incide evidentemente en la productividad y conlleva a una participación más activa de la industria nacional en el mercado internacional.

Uno de los medios más efectivos para impulsar el ahorro de energía eléctrica es la difusión sobre las alternativas tecnológicas existentes en el mercado y sus técnicas de evaluación y aplicación; por tal motivo, el compromiso del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) es el ser promotor del desarrollo de la cultura en ahorro y uso eficiente de los recursos energéticos de nuestro país, así como difundir estas tecnologías y técnicas a escala nacional.

Uno de los proyectos a los cuales el FIDE se enfoca es, como ya hemos visto, al ahorro de energía en hoteles mediante la nueva tecnología de equipos de aire acondicionado; estos suplantando a los equipos convencionales, o equipos de baja eficiencia energética, que como consecuencia traen un mayor beneficio en cuestiones de energía y medio ambiente.

En el caso del medio ambiente el beneficio que se obtiene con los equipos de nueva tecnología en aire acondicionado es el cambio de refrigerantes de los cuales algunos tenían posibles efectos nocivos que podrían modificar la capa de ozono a otros que no dañan o no modifican la capa de ozono de alguna manera.

Por ello el día 29 del mes de diciembre del año de 1987, fue aprobado por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión, el Protocolo de Montreal el cual establece la "eliminación" de las sustancias que agotan la capa de ozono como su "objetivo final"; adoptado en la ciudad de Montreal, Canadá. El Protocolo entró en vigor, oportunamente, el 1 de enero de 1989.

Esta claro que este acuerdo es un llamado para reducir de manera gradual los CFC's los cuales tienen un tiempo de vida atmosférico de 100 años o más y son los que tienen el mayor Potencial de Agotamiento de Ozono; en cambio los HFC's y los HCF's tienen un tiempo de vida más reducido, el cual varía entre 2 a 25 años y tienen un Potencial de Agotamiento de Ozono mucho menor.

Otro beneficio con la implantación de equipos de nueva tecnología en el acondicionamiento del aire es un mayor ahorro de energía, como se logra observar en el proyecto al sustituir los equipos convencionales, en este caso el equipo de paquete, por equipos de nueva tecnología o mayor eficiencia energética, Mini-splits, los beneficios que se obtienen son mayores en el hotel pues tenemos un mayor ahorro de energía eléctrica (KW/h), la cual es nuestra principal meta, y por ende tenemos mayor ahorro económico.

Se sabe actualmente que en México el costo de la energía eléctrica y su alta dependencia de los hidrocarburos están creando una situación de seria consideración, obligando con esto a implementar la mejor tecnología en el diseño de sistemas de generación y consumo de energía.

Entonces como hemos observado dentro del medio del acondicionamiento del aire se encuentra múltiples oportunidades para mejorar el rendimiento, lo cual, ha llamado mucho la atención cuando se trata de ahorrar energía, mejorar el clima y temperatura a los espacios habitados.

Por ello se espera que esta implementación de nueva tecnología traiga consigo mas beneficios no solo en el ámbito del acondicionamiento del aire sino también en cualquier medio del cual dependa la energía, pues el utilizar esta tecnología da mayores beneficios en cuanto al consumo de la energía y trae una mejora de nuestro medio ambiente.

El proyecto expuesto en este trabajo es un claro ejemplo de utilizar los equipos de nueva tecnología en el ámbito del aire acondicionado pues otorgan mayores beneficios.

# multieuro

confort para espacios múltiples

## multisplit

2x1 ton 2x 1 1/2 ton 2x1 ton + 1x2 tons



evaporadora



Bicondensadora  
Tricondensadora



### CONFORT ECOLÓGICO

El nuevo multieuro, nos permite acondicionar hasta tres habitaciones al mismo tiempo, utilizando un solo compresor por cada habitación independiente.



### AHORRO ECOLÓGICO

La tecnología euro ha sido desarrollada para alcanzar altos estándares de **eficiencia** lo cual se ve reflejado en significativos ahorros.



### AIRE ECOLÓGICO

El nuevo filtro **AIR/LIFE** es un filtro Antibacterial deodorizante que elimina micropartículas del aire y humo del cigarro, etc; **purifica** el aire removiendo partículas sólidas, alergias y contaminantes al mismo tiempo.



### BELLEZA ECOLÓGICA

El nuevo multieuro, es la unidad ideal para los espacios más exigentes; con su único **estilo italiano** y la más alta tecnología, es el resultado de lo que nuestros centros de investigación y diseño Carrier han creado para ti.

Deflexión multidireccional de 4 vías / Condensador con 2 ó 3 compresores independientes / Operación silenciosa / INFINITUM: Protección Anticorrosiva / Calefacción HEAT PUMP Opcional

**ECOLIFE** by



Turn to the Experts.





### Control Remoto

- Inalámbrico con pantalla digital.
- AIR SWING: Control automático de rejillas para una óptima distribución de aire.
- Selección de temperaturas desde 17°C hasta 32°C (Auto, Cool, Dry y Fan).
- Selección de las velocidades del ventilador (Auto, High, Med, Low).
- TIMER: Programación de 24 hrs.
- SLEEP: Función dormir.
- DRY: Función deshumidificación.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Modelo	Capacidad (BTU/HR)	V-F-Hz	Consumo Energía (W) Frio	Amperes (A) Frio	Eficiencia Energética SEER	Nivel de ruido (dBA)	Peso Neto (Kg)	Dimensiones (cm) Alto X Largo X Fondo
FKGB123C	2 X 12,000					33 / 38 / 41	9	26 X 81.6 X 18.5
FKGB123C						33 / 38 / 41		26 X 81.6 X 18.5
38XCA24226B-C	24,000	220-1-60	2198	10,2	10.0		56	64.3 X 87 X 40
FKGC183C	2 X 18,000					38 / 40 / 42	14.5	29 X 108 X 18.5
FKGC183C						38 / 40 / 42		29 X 108 X 18.5
38XCA36226B-C	36,000	220-1-60	3550	16,8	11.2		79	63 X 93.8 X 37
FKGB123C	2 X 12,000					33 / 38 / 41	14.5	26 X 81.6 X 18.5
FKGB123C						33 / 38 / 41		26 X 81.6 X 18.5
FKGD243C	1 X 24,000					40 / 42 / 45	14.5	29 X 108 X 18.5
38XCA48226T-C	48,000					220-1-60		5000



- Calefacción HEAT PUMP
- Ciclo reversible con bomba de calor

Modelo	Capacidad (BTU/HR)		V-F-Hz	Consumo energía (W) Frio	Consumo energía (W) Calor	Amperes (A) Frio	Amperes (A) Calor	Eficiencia Energética SEER	Nivel de ruido (dBA)	Peso Neto (Kg)	Dimensiones (cm) Alto X Largo X Fondo
	Frio	Calor									
FOGB123C	2 X 12,000								33 / 37 / 40	9.0	26 X 81.6 X 18.5
FOGB123C									33 / 37 / 40		26 X 81.6 X 18.5
38XQA24226B-C	24,000	22,000	220-1-60	2640	2970	11,7	13,3	10.0		56.0	63 X 93.8 X 37
FQPC183C	2 X 18,000								38 / 40 / 42	14.5	29 X 108 X 18.5
FQPC183C									38 / 40 / 42		29 X 108 X 18.5
38XQP36226B-C	36,000	32,000	220-1-60	3780	3800	16,8	17,0	10.5		80.0	63 X 93.8 X 37
FOGB123C	2 X 12,000								33 / 37 / 40	9.0	26 X 81.6 X 18.5
FOGB123C									33 / 37 / 40		26 X 81.6 X 18.5
FQPD243C	1 X 24,000								40 / 43 / 45	14.5	29 X 108 X 18.5
38XQP48226T-C	48,000								38,000		220-1-60

\* SEER: Relación de Eficiencia Energética Estacional.



[www.carrier.com.mx](http://www.carrier.com.mx)

distribuidor autorizado

## FUENTES DE CONSULTA

### BIBLIOGRAFICAS

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. FIDE. Ingeniero Alejandro Rueda Albino.

Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Tomo 1. Camilo Botero G. Rodrigo Montaña M. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México 1987.

Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Tomo 2. Camilo Botero G. Rodrigo Montaña M. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México 1987.

Manual de Operación y Mantenimiento del Equipo de Refrigeración. Colgate Palmolive S.A. de C.V.

Física. Jerry D. Wilson. Segunda edición. Pearson Educación.

Principios de la Termodinámica para Ingeniería. John R. Howel, Richard O. Buckius. Mc Graw Hill.

Termodinámica. Kenneth wark. Primera edición en español. Mac Graw Hill.

Termodinámica. Jp. Holman. Segunda edición. Mac Graw Hill.

Termodinámica. William Z. Black, James G. Hartley. Editorial Continental Compañía S.A. de C.V. México.

Principios y Sistemas de Refrigeración. Edward G. Pita. Editorial Noriega Limusa.

Refrigeración y Acondicionamiento de Aire. W.F. Stoecker. Mc Graw Hill.

Principios de Refrigeración. Roy J. Dossat. 15a edición. Compañía Editorial Continental. México 1995.

Manual de Aire Acondicionado Carrier.

ABC del Aire Acondicionado. Ernest Tricomi. Editorial Marcombo. Barcelona 1992.

Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de Aire. Juan de Cusa Ramos. Editorial Ceac.

Revista Refrinoticias al Aire. Año 21. Edición 11 Marzo 2007. Número 251.

Revista Refrinoticias al Aire. Año 21. Edición 3 Julio 2006. Número 243.

Revista Mundo de la Refrigeración. Año2. Número 9. Mayo 2002.

Revista Mundo de la Refrigeración. Año2. Número 2. Octubre 2001.

Revista Mundo de la Refrigeración. Abril 2001.

Manual Técnico Valycontrol. Refrigeración y Aire Acondicionado. 1996

## **ELECTRÓNICAS**

[www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)

[www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

[www.quecalor.com](http://www.quecalor.com)

[www.monografias.com](http://www.monografias.com)

[www.accrweb.com](http://www.accrweb.com)

[www.geocites.com/torres\\_enfriamientos](http://www.geocites.com/torres_enfriamientos)

[www.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_termodin](http://www.wikipedia.org/wiki/Ciclo_termodin)

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons>