

Manuales prácticos de refrigeración I

Francesc Buqué Mezquida

Manuales prácticos de refrigeración I

Francesc Buqué Mezquida

 **marcombo**
ediciones técnicas

Título de la obra:
Manuales prácticos de refrigeración – Tomo I

© 2006 Francesc Buqué Mezquida

© 2006 MARCOMBO, S.A.
Gran Via de les Corts Catalanes, 594
08007 Barcelona
www.marcombo.com

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, incluidos la reprografía y el tratamiento informático, así como la distribución de ejemplares mediante alquiler o préstamo públicos.

ISBN: 978-84-267-1387-2

ISBN (Obra completa): 978-84-267-1386-6

D.L.: SE-4662-2010
Impreso en Publidisa

1 INTRODUCCION

UNIDADES DE MEDIDA

1.1. INTRODUCCIÓN A LA REFRIGERACIÓN Y AL AIRE ACONDICIONADO

Las instalaciones de refrigeración o aire acondicionado, tienen la misión de mantener constante la temperatura y la humedad del aire en cualquier límite prescrito, dentro de un recinto determinado.

El técnico de servicio tiene que tener presente que cuando la instalación tiene un funcionamiento correcto, da unos valores de presiones, temperaturas y diferencias de temperaturas que estarán dentro de las estimadas como normales según el proyecto.

Cualquier variación producida en las diferentes mediciones con respecto a las esperadas en los puntos de control, será causada por condiciones de variables físicas, que en todos los supuestos serán explicables, delatando la causa o el motivo de entrada en avería de la instalación, y que entendemos que el técnico de servicio debe de estar familiarizado con las diferentes magnitudes, para poder en todo momento diagnosticar lo antes posible las causas de las posibles anomalías.

Por tal motivo es imprescindible saber escoger la instrumentación, en cantidad y calidad, adecuada a las necesidades propias de la aplicación de cada tecnología en cuestión, de hecho el sistema de unidades a utilizar es el Sistema Internacional, pero en la práctica profesional habitual, se utilizan otras unidades que le son mucho más familiares al técnico por haberlas utilizado con mayor frecuencia durante su actividad profesional.

A continuación se relacionan entre otras, las tablas de unidades de medida y factores de conversión más comunes, con el fin de poder llevar acabo de una forma sencilla los diferentes cálculos que se realizan en esta profesión, así como una traducción al español de las palabras técnicas del vocabulario inglés, que generalmente son más empleadas en los esquemas ó en la información técnica que trata sobre refrigeración y aire acondicionado.

1.2. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

OBJETO DE ESTUDIO:

Familiarizarse con las fórmulas y unidades de medida utilizadas en refrigeración, para el desarrollo de los diferentes cálculos.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Realizar o poder seguir cualquier cálculo, de una forma clara y sencilla.

— Sistema métrico decimal

El sistema métrico decimal toma su nombre de su unidad de longitud, el metro.
Sus unidades fundamentales son:

- El metro como unidad de longitud.
- El gramo como unidad de masa.
- El segundo como unidad de tiempo.

1. Introducción. Unidades de medida

En el sistema internacional (S.I.) el **metro** se define como la longitud del espacio recorrido por la luz en el vacío, durante un intervalo de tiempo de $1 / 299792458$ de segundo.

Se define el **gramo** como la milésima parte de la masa del kilogramo patrón, que es un bloque de platino e iridio que se conserva en París.

Se define **segundo** como $1 / 86400$ del día solar medio. Se llama día solar al tiempo que tarda el sol en pasar dos veces consecutivas por el mismo meridiano, y se toma como día solar medio, el promedio de todos los del año.

Existen múltiplos y submúltiplos de estas unidades, cuyos valores aumentan si son múltiplos o disminuyen si son submúltiplos.

UNIDADES DE LONGITUD, MASA Y CAPACIDAD

Para pasar de unidad multiplicamos por 10

| | | | | | | |
|----|----|----|---|----|----|----|
| ← | ← | ← | ← | ← | ← | ← |
| mm | cm | dm | M | Dm | Hm | Km |
| → | → | → | → | → | → | → |

Para pasar de unidad dividimos por 10

Ejemplo:

1 Metro = 10 dm , 100 cm o 1000 mm.

1000 mm = 100 cm , 10 dm o 1 metro.

Cuando las mediciones a realizar son de superficies se establece como unidad el m^2 . Se debe tener en cuenta que cuando realicemos los cambios de unidades se realizaran de la misma manera que se explico anteriormente pero en lugar de multiplicar o dividir por 10 se multiplicara o dividirá por 100.

UNIDADES DE SUPERFICIE

Para pasar de unidad multiplicamos por 100

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| ← | ← | ← | ← | ← | ← | ← |
| mm^2 | cm^2 | dm^2 | M^2 | Dm^2 | Hm^2 | Km^2 |
| → | → | → | → | → | → | → |

Para pasar de unidad dividimos por 100

Cuando las mediciones a realizar sean de un **volumen** se establece como unidad el m^3 . De igual manera tendremos en cuenta que el paso de una unidad a otra se realizara multiplicando o dividiendo por 1000.

UNIDADES DE VOLUMEN

Para pasar de unidad multiplicamos por 1000

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| ← | ← | ← | ← | ← | ← | ← |
| mm^3 | cm^3 | dm^3 | M^3 | Dm^3 | Hm^3 | Km^3 |
| → | → | → | → | → | → | → |

Para pasar de unidad dividimos por 1000

Recordaremos que existe una equivalencia entre las unidades de capacidad **Litro** y las unidades de volumen M^3 , siendo la siguiente:

$$1000 \text{ Litros} = 1 M^3$$

y por consiguiente

$$1 \text{ Litro} = 1 dm^3$$

En Gran Bretaña, Estados Unidos y muchos otros países angloparlantes todavía se emplean pulgadas, pies, millas o galones como unidades comunes para medir longitudes, pesos y volúmenes. Sin embargo estas unidades tradicionales están legalmente basadas en patrones métricos.

EJEMPLOS, FÓRMULAS Y/O PRIMEROS CÁLCULOS

Si después de realizar los cálculos sobre el volumen de refrigerante que tiene que ser capaz de aspirar el compresor de una instalación, nos da un valor de $3,797 m^3 / h$, podemos decir que también es de $3.797.000 cm^3 / h$, o bien 3.797 litros / hora.

$$\begin{array}{l} 1000 \text{ litros} \text{ ————— } 1 M^3 \\ X \text{ litros} \text{ ————— } 3,797 m^3 / h \end{array}$$

$$X = \frac{3,797 \times 1000}{1} = 3.797 \text{ litros / hora}$$

1.3. UNIDADES DE MEDIDA Y FACTORES DE CONVERSIÓN

OBJETO DE ESTUDIO:

Familiarizarse con las fórmulas y unidades de medida utilizadas en refrigeración, para el desarrollo de los diferentes cálculos.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Realizar o poder seguir cualquier cálculo, de una forma clara y sencilla.

Múltiplos y submúltiplos

Los nombres de los múltiplos y submúltiplos de las unidades, se forman mediante el empleo de los prefijos siguientes:

1. Introducción. Unidades de medida

| Factor por el cual ha de multiplicarse la unidad | Prefijo | Símbolo | Factor por el cual ha de multiplicarse la unidad | Prefijo | Símbolo |
|--|---------|---------|--|---------|---------|
| 1 000 000 000 000 000 000=10 ¹⁸ | exa | E | 0,1=10 ⁻¹ | deci | d |
| 1 000 000 000 000 000=10 ¹⁵ | peta | P | 0,01=10 ⁻² | centi | c |
| 1 000 000 000 000=10 ¹² | tera | T | 0,001=10 ⁻³ | mili | m |
| 1 000 000 000=10 ⁹ | giga | G | 0,000 001=10 ⁻⁶ | micro | μ |
| 1 000 000=10 ⁶ | mega | M | 0,000 000 001=10 ⁻⁹ | nano | n |
| 1 000=10 ³ | kilo | k | 0,000 000 000 001=10 ⁻¹² | pico | p |
| 100=10 ² | hecto | h | 0,000 000 000 000 001=10 ⁻¹⁵ | femto | f |
| 10=10 | deca | da | 0,000 000 000 000 000 001=10 ⁻¹⁸ | atto | a |

TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN

| UNIDADES | bar | Kg / cm ² | psi (lb/pl ²) | in (pulgada) Hg. | Pa |
|------------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|
| bar | 1 | 1,01972 | 14,5038 | 29,53 | 10 ⁵ |
| psi (lb / pl ²) | 0,0689 | 0,0703 | 1 | 2,036 | 6894,76 |
| pascal | 10 ⁻⁵ | 1,01972.10 ⁻⁵ | 1,45038.10 ⁻⁴ | 2,95300.10 ⁻⁴ | 1 |

TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES ENERGÉTICAS

| UNIDADES | Kcal | B.T.U. | Kw / h | KJ |
|--------------------------------|----------|----------|--------------------------|---------|
| Kilocaloría | 1 | 3,96709 | 1,16264.10 ⁻³ | 4,1855 |
| British Termal Unit (B.T.U.) | 0,252074 | 1 | 2,93071.10 ⁻⁴ | 1,05506 |
| Kilowatio - hora | 860,112 | 3412,14 | 1 | 3600 |
| Kilojulio | 0,238920 | 0,947817 | 2,77778.10 ⁻⁴ | 1 |

TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA

| Kilowatio KW | Kcal /hora | Btu/hora | Hp (USA) horse power | CV (métrico) caballo vapor | Tonelada de refrigeración |
|---------------------------|------------|-----------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 | 859,84523 | 3412,1416 | 1,3410221 | 1,3596216 | 0,2843494 |
| 1,163 x 10 ⁻³ | 1 | 3,9683207 | 1,5596 x 10 ⁻³ | 1,5812 x 10 ⁻³ | 3,3070 x 10 ⁻⁴ |
| 2,9307 x 10 ⁻⁴ | 0,2519958 | 1 | 3,9301 x 10 ⁻⁴ | 3,9847 x 10 ⁻⁴ | 8,3335 x 10 ⁻⁵ |
| 0,7456999 | 641,18648 | 2544,4336 | 1 | 1,0138697 | 0,2120393 |
| 0,7354988 | 632,41509 | 2509,6259 | 0,9863201 | 1 | 0,2091386 |
| 3,5168 | 3023,9037 | 11999,820 | 4,7161065 | 4,7815173 | 1 |

1 CV (caballo vapor métrico) = 735,499 W

Las unidades de medida de presión que se suelen utilizar últimamente en manómetros y diagramas entálpicos de los diferentes refrigerantes, acostumbran a ser el Kilopascal y el Megapascal, por lo que tendremos que recordar que:

- . 1 bar = 1 Kg / cm²
- . 1 bar = 100 Kpa.
- . 1 bar = 14,5 psi.
- . 1 Kpa = 0,145 psi.
- . 1 Mpa = 10 bar
- . - 0,1 Mpa = - 76 cm Hg.

OTROS COEFICIENTES PARA CONVERSIÓN DE UNIDADES

| MULTIPLIQUE | POR | PARA OBTENER |
|-----------------------------|---------|-----------------------------|
| Atmósferas | 76 | Centímetros de mercurio |
| B.T.U. | 0,252 | Calorías |
| B.T.U. / libra | 0,555 | Kcal / Kg |
| Kilocaloría | 3,968 | B.T.U. |
| Galones | 3,785 | Litros |
| Gramos | 0,0353 | Onzas |
| H.P. | 0,746 | Kilowatts |
| Kg por cm ² | 11,22 | Libras por pul ² |
| Kg por cm ² | 735 | Milímetros de mercurio |
| Kilowatts | 1.341 | Hp |
| Kilowatts hora | 856,9 | Calorías |
| Libras por pulgada cuadrada | 0,0703 | Kg. por centímetro cuadrado |
| Libras por pulgada cuadrada | 51,7 | Milímetros de mercurio |
| Millas | 1.609 | Kilómetros |
| Pulgadas | 2,54 | Centímetros |
| Pulgadas cuadradas | 6,45 | Centímetros cuadrados |
| Pulgadas de mercurio | 0,03453 | Kg por centímetro cuadrado |
| Pies | 30,48 | Centímetros |

1.4. ÁREAS Y PERÍMETROS

OBJETO DE ESTUDIO:

Familiarizarse con las fórmulas y unidades de medida utilizadas en refrigeración, para el desarrollo de los diferentes cálculos.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Realizar o poder seguir cualquier cálculo, de una forma clara y sencilla.

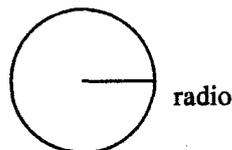
Vamos a recordar las fórmulas para el cálculo del área y el perímetro de las principales figuras geométricas empleadas en refrigeración.

Circunferencia:

Definición:

La circunferencia es una curva cerrada, cuyos puntos están a igual distancia de otro fijo que se llama centro.

Radio:



Es la distancia que hay entre el centro y algún punto de la circunferencia.

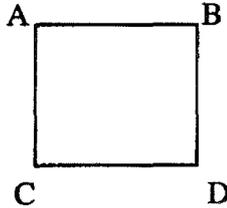
Área de una circunferencia πr^2

Perímetro o Longitud de una circunferencia $2 \pi r$

Cuadrado

Definición:

El cuadrado es una figura plana limitada por cuatro segmentos, de forma tal que sus lados $AB = AC = CD = BD$, y sus ángulos son todos iguales entre sí.



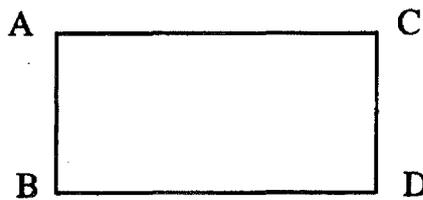
Área de un cuadrado: Lado^2

Perímetro de un cuadrado: $4 \times \text{Lado}$

Rectángulo

Definición:

El rectángulo es una figura plana limitada por cuatro segmentos, de forma tal que tiene pares de lados iguales $AC = BD$ y $AB = CD$ y todos sus ángulos son iguales.



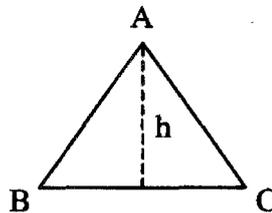
Área de un rectángulo: $\text{Lado mayor} \times \text{Lado menor}$

Perímetro de un rectángulo : $2 \times \text{Lado mayor} + 2 \times \text{Lado menor}$

Triángulo

Definición:

El triángulo es una figura plana limitada por tres segmentos (en este caso A, B y C)



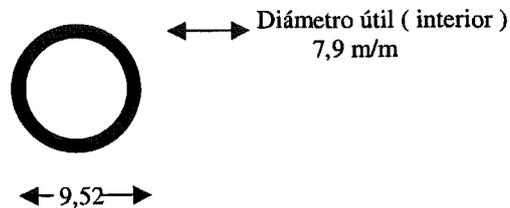
Base \times Altura (h)

Área de un triángulo : $\frac{\text{Base} \times \text{Altura (h)}}{2}$

Perímetro de un triángulo : $\text{Lado}_1 + \text{Lado}_2 + \text{Lado}_3$

EJEMPLOS, FÓRMULAS Y/O PRIMEROS CÁLCULOS:

Tomemos como ejemplo una tubería de refrigerante de 3/8" y queremos saber la sección. En el catálogo de características nos indican el diámetro exterior que es de 9,52 m/m, y tiene de pared 0,81 m/m.



En primer lugar para saber el diámetro interior tendremos que multiplicar la pared (0,81 x 2) y restar el resultado al diámetro exterior, dando un resultado de 7,9 m/m de diámetro interior y en consecuencia un radio de 3,95 m/m.

A través de la fórmula πr^2 hallaremos el **área** del círculo (**sección**):

$$3,1416 \times (3,95 \text{ m/m})^2 = 49,01 \text{ m/m}^2 \text{ ó } 0,49 \text{ cm}^2$$

1.5.VOCABULARIO BÁSICO INGLÉS - ESPAÑOL, MAS UTILIZADO EN REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

OBJETO DE ESTUDIO:

Familiarizarse con el significado de los términos más utilizados en refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Poder seguir cualquier esquema ó información técnica con mayor agilidad.

| | |
|------------------------------|--|
| Air intake grille air filter | Rejilla de entrada de aire |
| Air flow-direction louvers | Lamas deflectoras para orientar el flujo de aire |
| Air flow direction | Dirección flujo de aire |
| Air inlet | Aire entrante |
| Air outlet | Aire de salida |
| Black | Negro |
| Blue | Azul |
| Break | Roto, interrumpido. |
| Brown | Marrón |
| Button | Botón, pulsador |
| Capacitor | Condensador |
| Charging | Cargar |
| Cleaning | Limpiar |
| Clock display | Visualización de la hora |
| Clock adjust | Ajuste de hora |
| Coil reversing valve | Bobina de la válvula reversible (4 vías) |
| Cooling | Refrigeración |
| Check | Chequeo |
| Danger | Peligro |
| Defrost thermistor | Termistor de desescarche |
| Deicer | Descongelación. |
| Drain hose | Manguera de drenaje |
| Drive circuit | Circuito de energía |
| Dry | Seco |
| Dring operation | Operación de deshumidificación |
| Dual comparator | Doble comparador |
| Exposure | Exposición |
| Fan control | Control del ventilador |
| Fan speed | Velocidad del ventilador |
| Filter | Filtro |
| Fuse | Fusible |
| Green | Verde |
| Grey | Gris |
| Heat | Calor |
| Heating | Calefacción |
| High | Alta |
| Hot keep | Mantenimiento de calor |
| I feel | Comunicación entre el mando a dist.y unidad ev. |
| Indicator lamps | Lámparas indicadoras |
| Indoor unit | Unidad interior |
| Internal | Interno |
| Left side | Lado izquierdo |

| | |
|-----------------------------|--|
| Line filter | Filtro de línea (electricidad) |
| Air intake grilles | Rejilla de entrada de aire |
| Louvers | Lamas deflectoras |
| Low | Baja |
| Main | Principal |
| Master control | Control de funciones |
| Med fan | Ventilación media |
| Moisture | Humedad, vaho, condensación, |
| Noise | Ruido |
| Off timer | Desconexión del temporizador |
| On timer | Conexión del temporizador |
| Only | Solo |
| Operation indicator | Indicador de funcionamiento |
| Operation control panel | Panel de control de funcionamiento |
| Operation mode | Modo de funcionamiento |
| Orange | Naranja |
| Outdoor unit | Unidad exterior |
| Outlet | Salida desagüe |
| Outside thermistor | Termistor exterior |
| Over load protector | Protector de sobrecarga |
| Pipe | Tubo |
| Pole number | Número de polos (motores) |
| Power cord | Cable de alimentación |
| Power plug | Clavija de alimentación |
| Power relay | Relé de alimentación |
| Power supply | Suministro de corriente |
| Rated capacitor | Tipo de condensador |
| Rear side | Parte trasera |
| Red | Rojo |
| Run | Marcha (condensador, bobina) |
| Remote control unit display | Pantalla de la unidad del telemando |
| Right-left louvers | Lamas deflectoras izquierda-derecha |
| Room | Habitación |
| Set temperature | Definir temperatura |
| Signal transmitter | Transmisor de señales |
| Sleep timer | Temporizador de desconexión automática |
| Start | Arranque |
| Stop | Paro |
| Swing | Balanceo |
| Switch | Interruptor |
| Test run | Prueba de funcionamiento |
| Terminal board | Placa de terminales |
| Thermostat | Termostato |
| Timer | Temporizador |
| Under | Debajo |
| White | Blanco |
| Windings | Bobinas motor |
| Wiring | Cableado, instalación eléctrica |
| Unit holder | Soporte de la unidad |
| Yellow | Amarillo |

2

FUNDAMENTOS DE REFRIGERACION

PRINCIPIOS DE FÍSICA APLICADOS A LA REFRIGERACIÓN

2.1. FINALIDAD DE LA REFRIGERACIÓN

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

Ciertos alimentos necesarios para nuestra subsistencia, tales como carnes, pescados, frutas, etc., corren peligro de deteriorarse a breve plazo, si se les mantiene a temperatura ambiente.

Con el objeto de preservarlos de tal contingencia y conservarlos en buenas condiciones es necesario recurrir a la refrigeración, a fin de crear y mantener temperaturas adecuadas a la finalidad propuesta.

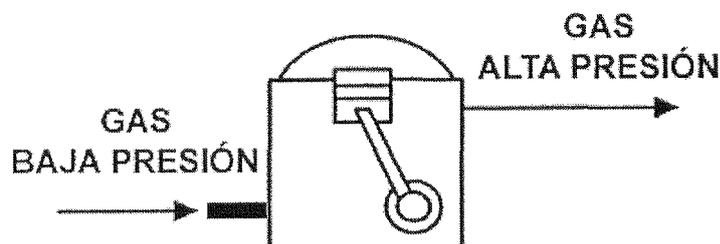
En el caso del aire acondicionado se tendrá que enfriar ó calentar (en el caso de las bombas de calor) el aire, tomando en consideración su grado de humedad, ya que con ello se hacen más confortables las condiciones de vida y de trabajo en el interior de los edificios.

Toda instalación frigorífica de compresión mecánica consta de cuatro componentes básicos unidos a través de unas tuberías, formando así un circuito cerrado y estanco.

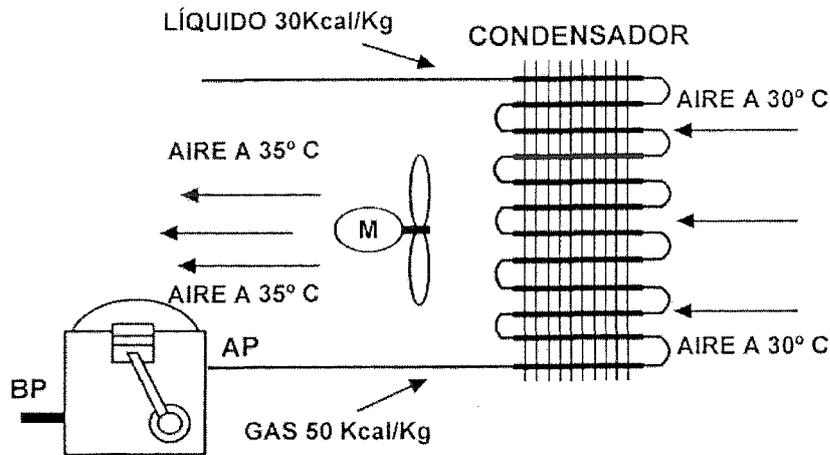
Por el interior de estas tuberías circulará un fluido que en un punto concreto de la instalación será obligado a cambiar de estado de líquido a gas y en otro punto de gas a líquido.

La presentación de los cuatro componentes y su misión básica es como sigue:

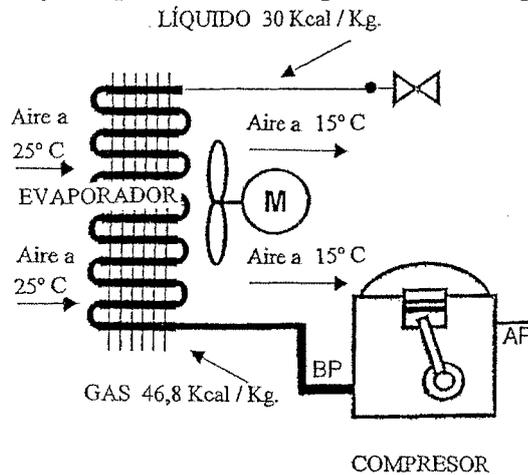
Compresor.- Aspirar los vapores que se formen en el interior del evaporador a la misma velocidad que se van produciendo, debido a que el fluido ha cambiado de estado en su interior pasando del estado líquido al estado gaseoso, seguidamente el compresor tendrá que ser capaz de aumentar la temperatura de este fluido en estado gaseoso para facilitar así su posterior condensación.



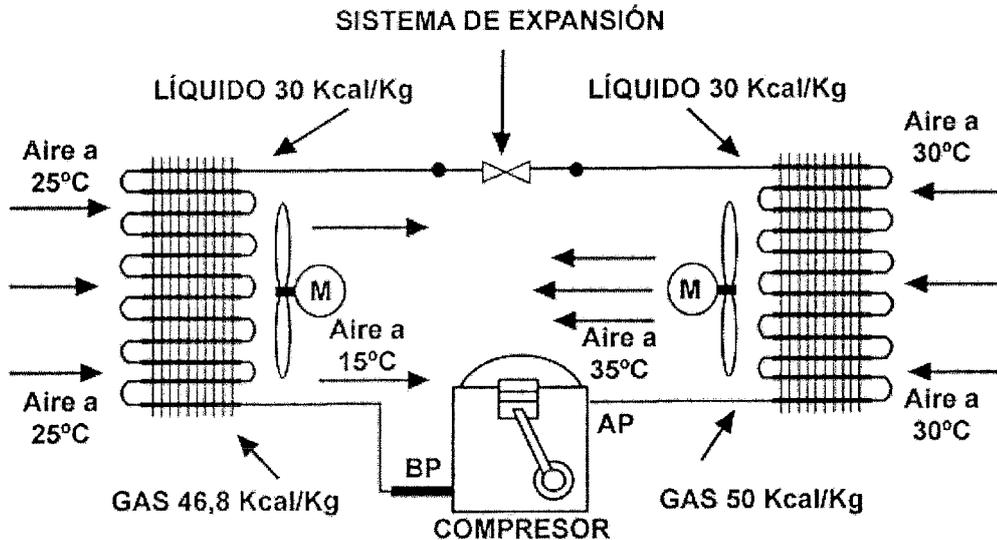
Condensador.- Componente instalado al exterior del recinto refrigerado, donde se realizará la descarga del calor que transporta el fluido, cambiando éste del estado gaseoso al estado líquido.



Sistema de expansión.- Bajar la presión al fluido para facilitar su posterior evaporación



Evaporador.- Componente instalado en el interior del recinto refrigerado, donde tendrá lugar la absorción de calor, debido al cambio de estado que sufrirá el fluido al pasar del estado líquido al estado gaseoso.



2.2. MATERIA Y MOLÉCULAS

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

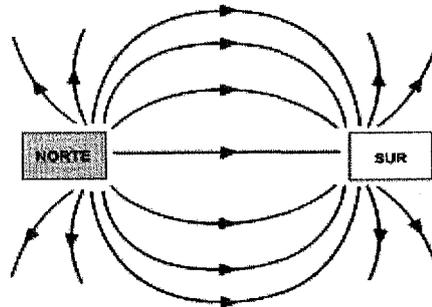
Fundamentos sobre los cambios de estado que sufre un fluido, en un sistema.

Cuando miramos de lejos un montón de granos de trigo nos parece uniforme y compacto y sin embargo cuando nos aproximamos comprobamos que no es así, sino que el montón está formado por pequeños granos que dan al conjunto, aunque observado a distancia, dan el aspecto de continuidad. Ello es debido a que nuestro ojo no es apto para diferenciar de lejos los pequeños componentes que forman el montón, en este caso granos de trigo.

Igualmente, y aun cuando al exterior no nos lo parezca, el estudio íntimo de la materia ha puesto de relieve que está integrada por pequeños granos de materia, que reciben el nombre de moléculas.

La molécula es la partícula estable más pequeña de materia en la cual una sustancia particular puede ser subdividida y conservar la identidad de la sustancia original. Cualquier sustancia, sea sólida, líquida o gaseosa, está compuesta de moléculas unidas entre sí.

Se ha supuesto que las moléculas que constituyen una sustancia **permanecen unidas mediante fuerzas de atracción mutua, llamadas fuerzas intermoleculares**, y que reciben el nombre de fuerzas de cohesión si las moléculas permanecen todas al mismo cuerpo, y el de fuerzas de adherencia, si pertenecen a cuerpos distintos.



Estas fuerzas de atracción que las moléculas tienen unas con otras, pueden ser similares a la atracción que existe entre cargas eléctricas diferentes o entre polos magnéticos diferentes, sin embargo la atracción mutua que existe entre las moléculas y la influencia resultante que cada molécula tiene con respecto a las demás hace que no están muy ligadas unas a otras, teniendo un cierto espacio entre ellas, y pueden con relatividad moverse entre sí.

Además se supone que las moléculas tienen movimiento vibratorio rápido y constante, por lo que la velocidad y extensión de la vibración así como el movimiento, será determinado por la **cantidad de energía** que poseen.

2.3. ENERGÍA

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

Todo trabajo realizado necesita irremediamente la consumición de lo que vamos a llamar **energía**, de manera que podemos proponer que energía es:

Toda causa capaz de producir trabajo

En realidad, identificamos dos conceptos, que son : **energía y capacidad de trabajo.**

Decimos que un sistema posee energía cuando puede realizar un trabajo. También podemos afirmar que la energía es todo aquello que de forma directa o indirecta puede ser convertido en trabajo.

Ejemplos:

- El agua del río o un salto de agua, puede desarrollar trabajo (energía hidráulica en eléctrica)
- El viento en los molinos (energía eólica)
- La mezcla de combustible con comburente (gasolina más aire) al explotar en el cilindro mueve el émbolo.

Todos estos cuerpos o sistemas comentados pueden desarrollar trabajo, y por lo tanto poseen energía.

En cuanto a las clases de energía diremos que hay motores que funcionan con electricidad, mientras que otros lo hacen con gasolina, gas-oil, gas natural, GLP,s etc.

Lógicamente, aunque en ambos casos se trata de energía, es claro que no es energía de la misma clase. En el caso de la corriente eléctrica diremos que se trata de energía eléctrica, en los combustibles derivados del petróleo diremos que existe energía química que se transforma en energía calorífica.

Para su estudio, la energía la podemos dividir en varias clases : mecánica, calorífica, eléctrica, luminosa, acústica, nuclear, etc, según sea la fuente energética de la que proviene.

2.4. CALOR Y FRIO

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

El calor como se ha dicho anteriormente es una forma de **energía** producida por la vibración rápida de las moléculas que constituyen los cuerpos, y que se transmite de un cuerpo a otro.

El frío no es una forma de energía, sino la ausencia de energía, como la oscuridad es la ausencia de luz.

La sensación de frío que se nota al aproximar la mano a un trozo de hielo, no obedece a que se desprende frío del hielo, sino que desaparece el calor de la mano al dirigirse hacia aquél, por lo que nuestra sensación es el sentir que nuestra mano se enfría al haber perdido parte de su calor.

La teoría del calor se define como el movimiento molecular, y termodinámicamente se define calor, como **energía en tránsito** de un cuerpo a otro como resultado de una diferencia de temperatura entre los dos cuerpos, ya que toda transferencia de energía se manifiesta en trabajo.

El **movimiento continuo** de las moléculas a una velocidad fantástica, produce choques entre ellas que las hace cambiar de dirección millones de veces por segundo, estos choques entre las moléculas son los que engendran la **energía calorífica** que normalmente llamamos calor.

Cuanto más energético resulta dicho movimiento mayor es el calor que proporciona el cuerpo, y al desprenderse éste calor disminuye el movimiento de las moléculas que no desaparece hasta el cero absoluto ($- 273^{\circ} \text{C}$), así pues, en todo cuerpo que se halle por encima de ésta temperatura existe teóricamente calor.

La refrigeración debe considerarse por consiguiente, como un proceso de extracción de calor.

Tomando como ejemplo lo que ocurre en cuanto a la finalidad de un frigorífico doméstico, diremos que los alimentos introducidos en su interior poseen una energía (calor), debido a la fricción existente entre las propias moléculas que constituyen el producto.

Esta energía será transportada al exterior del frigorífico por cada una de las moléculas de un fluido, que haremos circular por unas tuberías que recorrerán parte del interior del compartimento refrigerado, cediendo posteriormente dicho calor al aire ambiente de la propia cocina.

Para ayudar a la comprensión de dicho proceso podemos imaginar que cada molécula de fluido va equipada con un saco, y que al circular por el interior de los tubos que recorren una parte del recinto refrigerado, lo llenará de calor proveniente de los productos almacenados en su interior. A continuación y siguiendo un camino obligado (tuberías del circuito frigorífico), lo descargará al exterior del espacio refrigerado, volviendo a entrar al interior del compartimento con el saco vacío, y así se repetirá esta función continuamente.

Como comprobación solo basta tocar la reja instalada en la parte trasera de nuestro frigorífico, para comprobar (estando la instalación en marcha), el desprendimiento de calor que se lleva a cabo procedente en parte del calor de los alimentos que contiene en su interior.

2. Fundamentos de refrigeración. Principios de física aplicados a la refrigeración

A medida que el fluido refrigerante circula no sufre cambios químicos, pero está constantemente cambiando su estado físico, pudiendo ser líquido, gas, o una mezcla con diferentes proporciones de los dos estados, dependiendo del punto donde se encuentre durante el ciclo frigorífico.

La unidad de calor en el Sistema Internacional (S.I.) es el Julio, siendo la unidad más popular la Kilocaloría (Kcal.), que es la cantidad de calor necesaria para incrementar en 1°C la temperatura de 1 Kg de agua. Es decir, si le aplicamos 1 Kcal a 1 Kg. de agua, ésta incrementará su temperatura 1° C.

Por lo tanto el frío sería, la cantidad de calor que hay que retirar a 1 Kg. de agua para que su temperatura descienda 1° C

$$1 \text{ kilocaloría} = 4,186 \text{ kilojulios.}$$

2.5. CALOR Y TEMPERATURA

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

Dentro de la idea de calor debemos distinguir dos conceptos que nos servirán después para llevar a cabo su medida.

La cantidad de calor puede compararse a la masa de agua contenida en un depósito, y la temperatura indica un nivel o diferencia de altura o potencial calórico entre dos cuerpos o dos puntos distintos dentro de un mismo cuerpo.

Si ponemos en comunicación dos depósitos que contienen un líquido, éste pasará del que tenga un nivel más alto al que lo tenga más bajo, ocurriendo lo mismo con el calor ya que éste va siempre del cuerpo de mayor nivel o temperatura al de menor temperatura.

Como hemos dicho, el frío no es una forma de energía, y por lo tanto no puede ser transmitido.

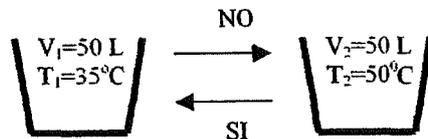
Si ponemos en contacto dos cuerpos a distintas temperaturas, el calor se transmitirá del cuerpo más caliente al más frío, enfriándose aquel y calentándose éste.

Siendo la temperatura un nivel, sus indicaciones serán siempre relativas en comparación con un punto de partida al que se considera como cero. El cero absoluto sería aquel en que la **energía cinética** (velocidad de las moléculas) fuese nula.

EJEMPLOS, FÓRMULAS Y/O PRIMEROS CÁLCULOS:



Ejemplo - 2



Si mezclamos el contenido de los depósitos del ejemplo - 2 , sucede lo siguiente :

$$\text{La temperatura del agua} = \frac{35 + 50}{2} = 42,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Fundamentos de refrigeración. Principios de física aplicados a la refrigeración

La mezcla resulta 100 Litros a 42,5 °C

$$\text{también } \frac{(V1 \times T1) + (V2 \times T2)}{V1 + V2} = \frac{(50L \times 35^{\circ}\text{C}) + (50L \times 50^{\circ}\text{C})}{50L + 50L} = 42,5^{\circ}\text{C}$$

2.6. GRADO CENTIGRADO Y ESCALAS TERMOMETRICAS

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

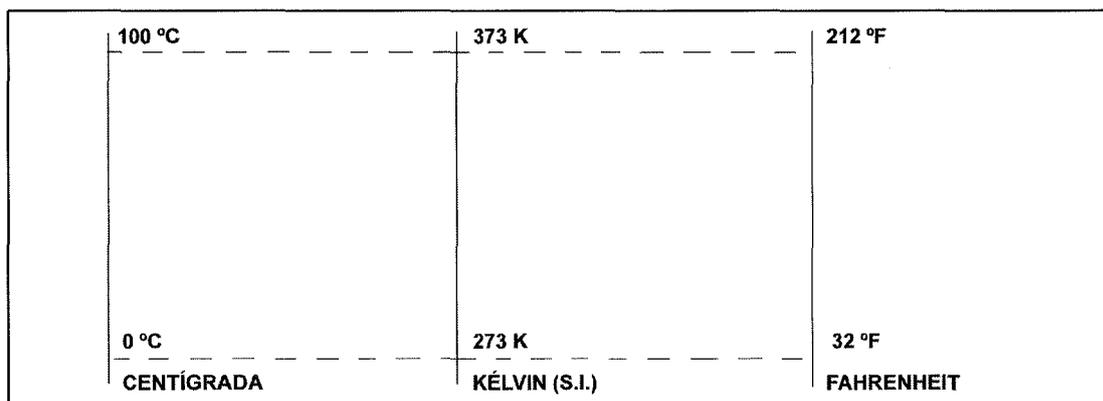
CAMPO DE APLICACIÓN:

Medición de la temperatura, en diferentes escalas termométricas.

Para determinar unos puntos que se puedan considerar constantes, se toma la del hielo en estado fundente al que se le asigna la temperatura de cero grados, y a la de ebullición del agua a la que se le asigna cien grados centígrados.

Dividiendo el espacio comprendido entre ambos puntos en cien partes, a cada una de ellas le corresponderá un grado **centígrado ó Celsius**.

En el sistema internacional se utiliza como unidad el grado **Kelvin (K)**, en tal caso no se indica la abreviación de grado (°), pero tendremos que tener en cuenta que existen otros tipos de grados.



La escala **Fahrenheit**, coloca los mismos puntos de congelación y ebullición del agua en 32 y 212 respectivamente, y divide el intervalo en 180 partes.

Se cumple que :

$$^{\circ}\text{F} = 1,8 \times ^{\circ}\text{C} + 32 \qquad ^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1,8}$$

La escala Kelvin , en hielo fundente se sitúa en 273 grados y en el agua hirviendo 373, cada uno de ellos es equivalente a un grado centígrado.

La conversión directa entre diferentes unidades, se encontrará en las tablas de presión temperatura, destinadas a cada refrigerante.

Se cumple que:

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

También existe la escala **Réaumur** ó francesa donde la ebullición del agua se marca en 80° y la fusión del hielo con 0°, dividiéndose el espacio en 80 divisiones, llamadas grados Réaumur (°R).

2.7.MEDIDA DE LA TEMPERATURA

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

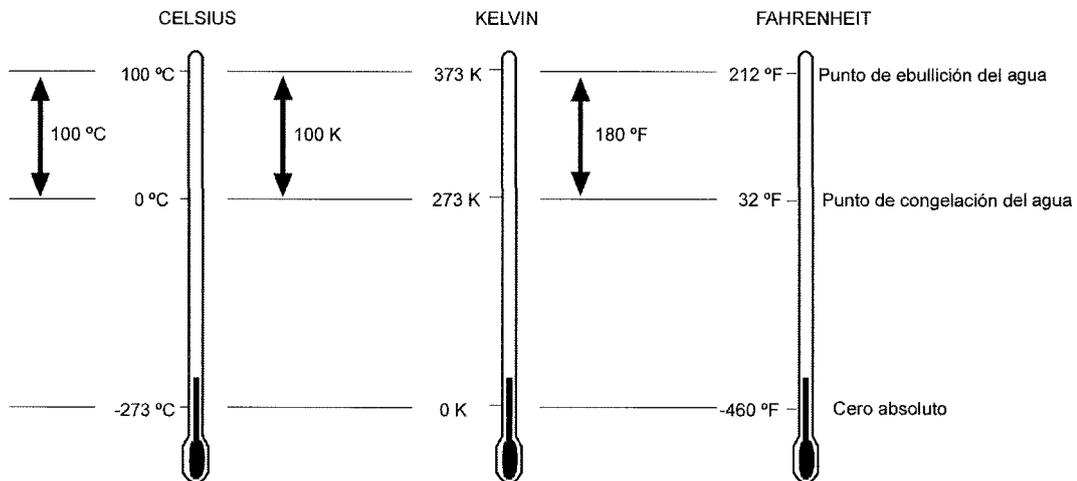
Diagnostico del funcionamiento de cualquier máquina térmica, a través de las diferencias de temperaturas existentes en los puntos de control del sistema.

El método más generalizado para la medición de la temperatura, es el basado en la dilatación y contracción que experimentan los cuerpos al ser calentados o enfriados.

Dilatación es el aumento de volumen que experimenta un cuerpo al que se le aplica calor, en el caso del agua, al enfriarse desde 4 °C a 0 °C también se dilata.

La dilatación es el fenómeno físico contrario a la contracción, que es la disminución del volumen como consecuencia debida al enfriamiento. En el caso del agua a este fenómeno se le conoce como “anomalía del agua”.

Uno de los termómetros más usuales son los que utilizan como sustancia dilatante el mercurio, el cual está colocado dentro de un depósito que termina en un tubo capilar de muy poco diámetro, y que por poco que varíe el volumen del mercurio contenido en el depósito, se observará una variación apreciable en el tubo capilar.



En termómetros electrónicos se utiliza la variación de resistencia eléctrica que experimentan algunos materiales, ante un cambio de temperatura.

Dentro de la termodinámica, su funcionamiento se encuentra basado en los principios de la termoelectricidad, rama que estudia los conceptos donde interviene el calor, es decir, la electricidad generada por la aplicación de calor a dos metales diferentes.

Para una determinada pareja de materiales, la diferencia de potencial eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de temperatura, así un termómetro electrónico es un convertidor de una señal eléctrica, a un valor de temperatura equivalente a través de una pantalla (display).

2.8. TRANSMISIÓN DEL CALOR

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos, cálculo de cargas térmicas, tratamiento del aire, etc.

Como se ha indicado anteriormente, el calor pasa siempre del cuerpo más caliente al más frío a través de todo objeto, no existiendo materia aislante al 100% que intercepte totalmente ésta transmisión.

Tendremos que tener en cuenta que gran parte del trabajo de todo equipo de refrigeración se emplea precisamente para absorber el calor que se ha filtrado a través de las paredes aisladas.

Existen tres métodos de transmisión de calor:

Por radiación.- Es la transmisión de calor a través de sustancias intermedias sin calentar éstas.

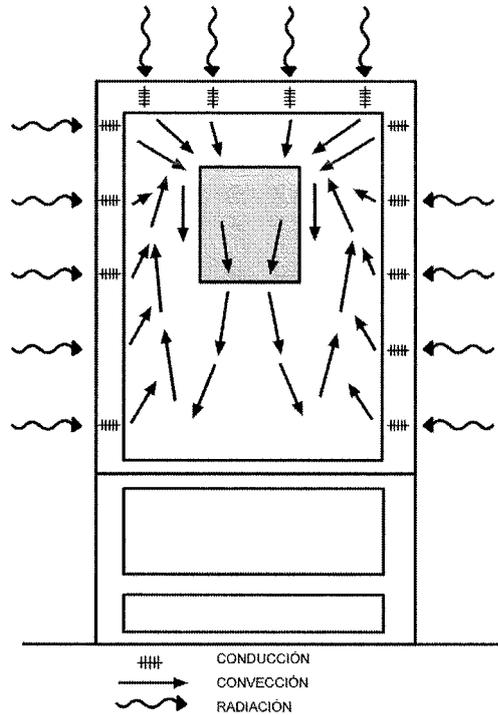
Por ejemplo el calor transmitido por los rayos solares, no calienta el aire a través del cual pasan dichos rayos solares, sino que ejerce su acción sobre los objetos o paredes que aquellos encuentran en su camino, los cuales absorben dicho calor.

Por convección.- Es el calor que se transmite por mediación de un agente (líquido ó vapor), las corrientes de aire son los agentes más comunes en la transmisión de calor por convección.

El enfriamiento de los alimentos en el interior de una nevera se produce a través del aire contenido en el interior del habitáculo refrigerado, el cual al ser enfriado en el evaporador y pesar más que el aire caliente, circulara hacia las parrillas inferiores del armario cargándose del calor procedente de los alimentos y también del aire ambiente interior.

Al cargarse de calor y pesar menos que el aire frío, continuará circulando por convección hacia la parte alta del refrigerador, donde podrá ceder el calor que transporta al fluido refrigerante en estado líquido que circula por el interior de las tuberías del evaporador a baja presión, ya que encontrar calor es el ingrediente que le hace falta al fluido para poder efectuar el cambio de estado a gaseoso, y de esta forma poder transportar éste calor al exterior del refrigerador a través del condensador.

Por conducción .- Es la transmisión de calor a través de un cuerpo sólido llamado conductor.



Resumen:

En las paredes de una cámara frigorífica podríamos decir que el calor que reina en el ambiente exterior se transmite a ellas por **radiación**, éste calor pasara al interior del recinto refrigerado a través del aislante de las paredes por **conducción**, y una vez éste calor a entrado al interior del recinto refrigerado será conducido por **convección**, a las tuberías del evaporador para que el fluido refrigerante transporte éste calor al exterior del recinto refrigerado.

2.9. CALOR ESPECIFICO

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Variable a utilizar según el tipo de fluido y condiciones de trabajo a las que se encuentre, por ejemplo si es agua tendrá un valor, si es aire tendrá otro etc. etc.

Se llama calor específico (C_e) a la cantidad de calor necesaria, para que la unidad de peso de un cuerpo aumente 1°C su temperatura, así pues el calor específico de un cuerpo depende de la naturaleza del cuerpo considerado.

En los gases , este calor específico viene modificado por las condiciones de presión y volumen.

Por la aplicación de calor (energía) a un cuerpo varía la separación entre sus moléculas, y la velocidad del movimiento microscópico de las mismas, así pues, si realizamos por ejemplo sucesivas aplicaciones de calor sensible a un cuerpo, va creciendo la separación y velocidad del movimiento de las moléculas a la vez que se produce un aumento de volumen o dilatación, pudiendo alcanzar un valor tal que de movimiento microscópico se convierta en movimiento macroscópico o de degradación de las moléculas, produciéndose en éste momento lo que es llamado **cambio de estado**.

Al llegar a este punto, todo el calor **sensible** que se siga aplicando al cuerpo éste lo empleará como calor **latente** de vaporización, ó sea, ya no lo empleara en aumentar la velocidad de sus moléculas sino, en romper los enlaces intermoleculares de toda la masa del cuerpo sin que haya posibilidad de aumento de temperatura mientras dura el cambio de estado.

Así pues interesa utilizar para el transporte de calor sustancias que tengan un (C_e) alto, ya que de esta forma se necesita menos masa para la misma cantidad de calor. El (C_e) del agua, que es $1 \text{ Kcal} / \text{kg } ^{\circ}\text{C}$, siendo cuatro veces superior al del aire, que es $0,24$.

La unidad de (C_e) en el S.I. es el **Julio / Kg x Kelvin**, si bien normalmente se expresa en **Kcal / Kg x $^{\circ}\text{C}$** .

EJEMPLOS, FÓRMULAS Y/O PRIMEROS CÁLCULOS

La ecuación que se utiliza para realizar los cálculos pertinentes es la siguiente :

$$Q = m \times C_e \times (t_2 - t_1)$$

en donde :

Q = calor suministrado o entregado por el material en Kcal o Kcal / h

m = peso del material en kilogramos ó caudal másico en Kg / h

C_e = Calor específico del material en Kcal / Kg $^{\circ}\text{C}$

t₁ = temperatura inicial en $^{\circ}\text{C}$

t₂ = temperatura final en $^{\circ}\text{C}$

2.10. ENERGÍA INTERNA

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

En realidad, tanto el calor como el trabajo son dos mecanismos diferentes de transferencia de energía entre un cuerpo y su medio exterior, pero cuando queremos referirnos a la energía que un cuerpo posee en su interior utilizamos el término **energía interna**, así pues, cuando un cuerpo o sistema recibe calor, la energía calorífica se transforma en energía interna.

La energía interna es una propiedad del sistema que depende de la masa del mismo, es decir, cuanto mayor sea la masa de un sistema mayor es su energía interna.

La **energía interna** incluye :

- La energía de traslación de las moléculas en movimiento llamada **energía cinética**.
- Las energías de vibración y de rotación de los átomos dentro de las moléculas.
- La energía de separación molecular o de configuración, que es la energía que tienen las moléculas en virtud de su posición de unas con respecto a otras, o sea, a mayor grado de separación molecular le corresponde la mayor **energía potencial interna**.
- Cualquier forma de energía implicada en la propia estructura de la materia.

La energía interna representa en sí, la suma de la energía cinética y potencial de todas las moléculas que constituyen el cuerpo.

Entre la energía cinética y la potencial existe una relación, ya que cuando un cuerpo está en reposo por ejemplo una piedra, su energía cinética es cero, pero cuando cae la energía potencial gravitatoria es máxima. Con este comentario podemos decir que la energía mecánica es la suma de las energías cinética y potencial.

Así como se ha visto en el apartado **calor y frío** podemos decir que, cuando se transmite energía a una sustancia, se incrementa el movimiento o velocidad de sus moléculas, y se **incrementa la energía cinética interna de la sustancia**, y el resultado de este incremento se refleja en un aumento de su temperatura.

A la inversa, **si se disminuye la energía cinética interna de la sustancia** por la pérdida de energía, el movimiento de las moléculas disminuye y al mismo tiempo disminuye la temperatura.

De lo anterior resulta ser evidente que la temperatura de un cuerpo es un índice de la velocidad promedio de las moléculas que forman el cuerpo.

De acuerdo a la teoría cinética, si la pérdida de energía de un cuerpo continúa hasta que la **energía cinética interna sea reducida a cero**, la temperatura del cuerpo bajará hasta el cero absoluto (-273 °C), y las moléculas perderán por completo su movimiento.

Cuando un material se expande o cambia su estado físico por la adición de energía, sus moléculas aumentan la separación entre las mismas.

2. Fundamentos de refrigeración. Principios de física aplicados a la refrigeración

Debido a que las moléculas están sujetas entre sí por fuerzas de atracción que tienden a juntarlas, debe efectuarse un trabajo interno a fin de separar aún más las moléculas unidas por las fuerzas de atracción, es decir, al material se le debe suministrar una cantidad de energía interna igual a la cantidad de trabajo interno. Al aplicar esta energía al material incrementa la energía potencial interna y esta energía "almacenada" es cuantificada por el incremento en la distancia promedio que se tiene entre las moléculas.

Es muy importante entender que en este caso la energía transferida al material no afecta su velocidad molecular (energía cinética interna), sino que solo es afectado el grado de separación molecular (energía potencial interna).

La energía interna se basa en el Primer Principio de Termodinámica que trata el principio de conversión de la energía, y dice:

No es posible construir una máquina que realice ciclos entregando una cantidad de energía en forma de trabajo (energía mecánica) mayor, que la recibida en forma de calor (energía térmica suministrada).

Este enunciado, quiere decir, que la energía no puede ser creada ni destruida, sino solo transformada, y debido a que la energía interna es una función de estado, se puede calcular por medio de tablas termodinámicas.

2.11. EFECTO DEL CALOR SOBRE EL ESTADO FÍSICO (Cambios de estado)

OBJETO DE ESTUDIO:

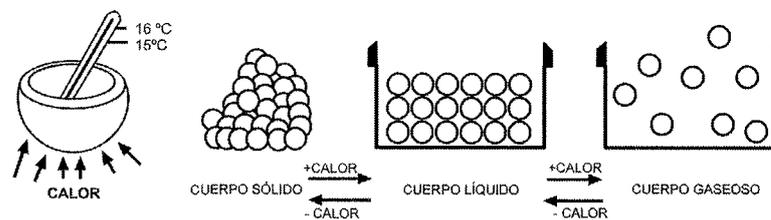
Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

Muchos materiales bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, pueden existir en cualquier y en los tres estados físicos de la materia, ya que al agregar o quitar energía puede conducir a un cambio en el estado físico del material así como también a un cambio en su temperatura.

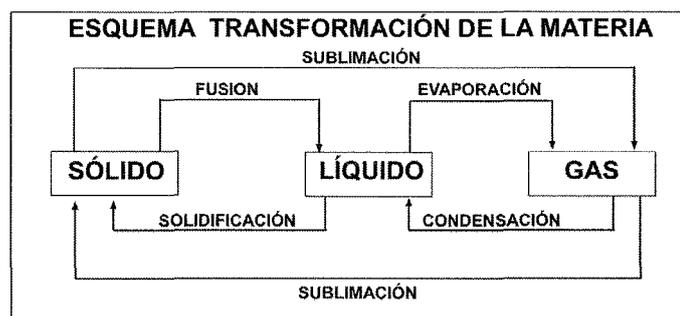
Es evidente que la energía produce un cambio en el estado físico de un material por el hecho de que muchos materiales, tales como los metales, se funden si se les aplica suficiente calor.



Otro fenómeno muy familiar es la fusión del hielo y la vaporización del agua, cada uno de estos cambios en el estado físico se logra mediante la adición de calor.

Se da el nombre de cambio de estado de los cuerpos al tránsito de un estado físico (sólido, líquido, gaseoso) a otro. Estos cambios tienen siempre lugar absorbiendo o desprendiendo calor, llamándose los primeros progresivos y los segundos regresivos.

Los **progresivos**, los que necesitan absorber calor para producirse, son la fusión, o paso de sólido a líquido, y la ebullición o vaporización, o paso del estado líquido al gaseoso, teniendo **gran aplicación en la producción del frío**.



Los **regresivos**, o sea los que se efectúan con desprendimiento de calor, son la solidificación, inversa de la fusión o paso de líquido a sólido, y la licuefacción, inversa de la vaporización o paso de gas a líquido, teniendo este último también **empleo directo en la refrigeración mecánica**.

Todos los cuerpos sometidos a la acción del calor absorben la mayor parte de éste en mayor o menor escala, según su naturaleza y la diferencia de temperatura entre ellos y el foco de calor.

El calor actuando sobre un cuerpo produce en él, un aumento de temperatura.

2.12. ESTADOS DE UN CUERPO

OBJETO DE ESTUDIO:

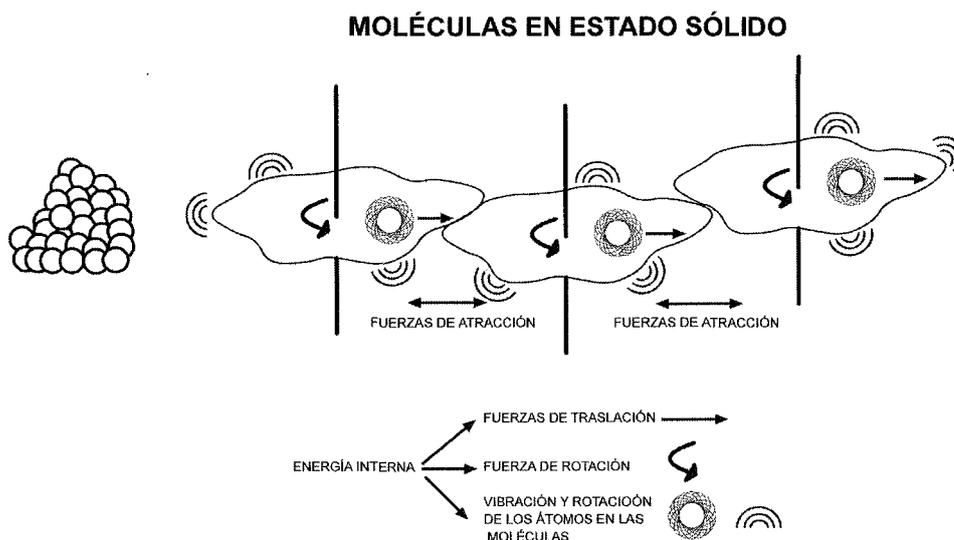
Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

Como ya es sabido, entre las moléculas existen unas fuerzas de cohesión que se denominan enlaces intermoleculares. La cohesión diremos que es, la atracción ejercida entre las moléculas de un mismo cuerpo, y que en virtud de la cual se mantienen unidas ofreciendo fuerte resistencia a la separación, y que de la intensidad de esta fuerza depende que los cuerpos se presenten en tres estados físicos distintos : sólido, líquido y gaseoso.

Sólido .- En los cuerpos llamados sólidos, la cohesión es grande y sus moléculas están muy próximas entre sí, teniendo un movimiento de rotación a velocidad pequeña y sin moverse de sitio.



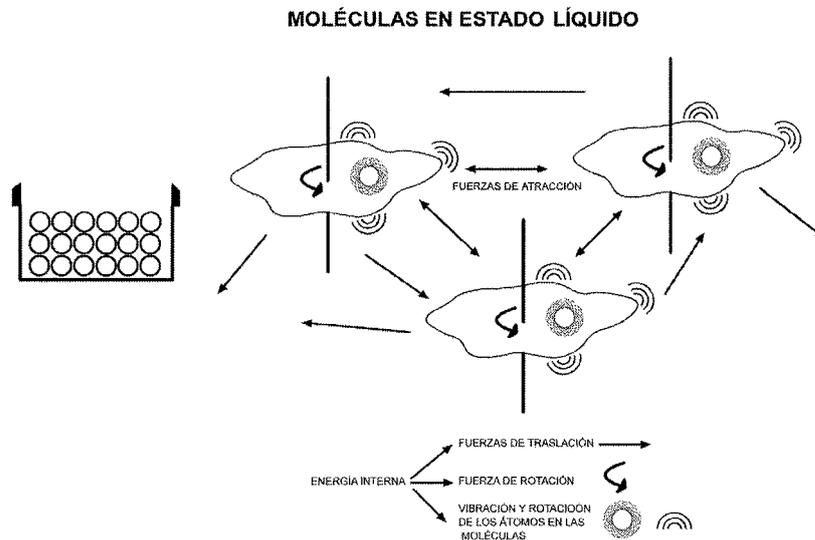
Un material en fase sólida tiene una cantidad relativamente pequeña de energía potencial interna, y las moléculas del material se encuentran bastante ligadas entre sí por fuerzas de atracción y por la fuerza de la gravedad, tomando una estructura molecular bastante rígida, en la cual, la posición de cada molécula está más o menos fija y el movimiento de las moléculas está limitado a movimientos del tipo vibratorio, el cual podrá ser más rápido o más lento, y dependerá siempre de la energía cinética que posean las moléculas.

Según la teoría cinética las moléculas de los sólidos se hallan animadas de movimiento desordenado y la energía cinética de sus moléculas en movimiento solamente depende de la temperatura.

Debido a la estructura molecular rígida que posee, un sólido tiende a conservar su forma y tamaño, teniendo en cuenta que prácticamente un sólido no es compresible y ofrece mucha resistencia a cualquier efecto que pueda producirle un cambio en su forma.

Líquido.- En el estado líquido la cohesión es menor y los cuerpos tienen sus moléculas más separadas, realizando movimientos de rotación y de traslación según un plano a velocidad mayor.

Las moléculas de un material en la fase líquida tienen más energía que las de un material en la fase sólida, y no se les encuentra tan rígidamente ligadas entre sí.



La energía aplicada en la fase líquida dará lugar a poder vencer las fuerzas de atracción, lo que les permitirá tener libertad de movimiento.

Se tiene libertad de movimiento alrededor de cada molécula de tal modo que el material se dice que esta “fluyendo”, aún cuando un líquido prácticamente no es compresible por lo que retiene su tamaño, debido a que la estructura molecular del fluido no retiene su forma y toma la forma del receptáculo que lo contiene.

Gaseoso .- En las moléculas que constituyen los gases la cohesión es casi nula, encontrándose en una situación notablemente distinta a la que presentan las partículas de los líquidos y sólidos. Esta situación produce en los gases las siguientes propiedades:

1º Las fuerzas atractivas que unas moléculas ejercen sobre otras son prácticamente despreciables, debido a que un material en fase gaseosa tiene una cantidad de energía bastante mayor que a la que se tiene en fase líquida.

Se tiene suficiente energía como para vencer todas las fuerzas de restricción, y por tal motivo no se les encuentra muy ligadas por fuerzas de atracción ni por la fuerza de la gravedad, como consecuencia, las distancias que separan unas moléculas de otras son sumamente grandes en comparación con el tamaño de las mismas, por ello la densidad de los gases es muy pequeña.

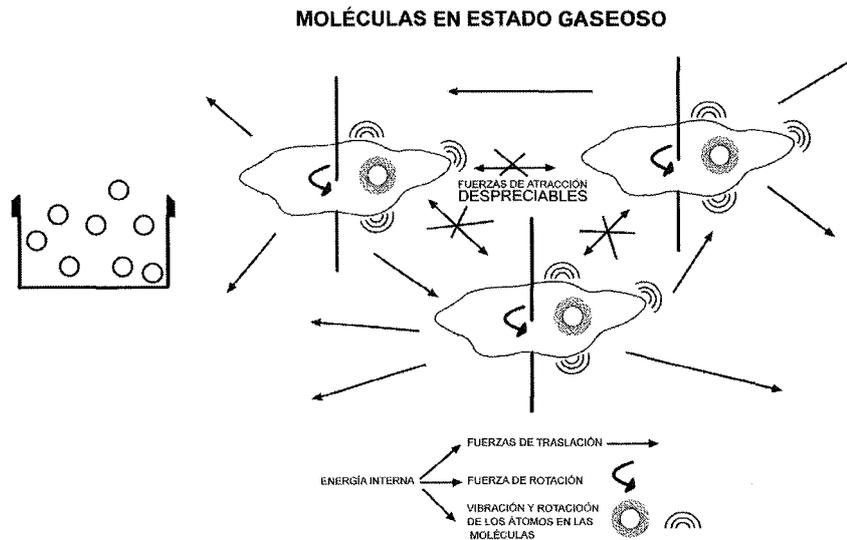
2º Debido a las mínimas atracciones que existen entre las moléculas, éstas tienen total libertad de movimiento (de rotación y traslación) y se desplazan constantemente, de forma rectilínea, desordenada y en zig-zag (en todos los sentidos) a gran velocidad.

3º El gas tiende a ocupar todo el recinto que lo contiene. Por ello decimos que los gases son muy expansibles y carecen de volumen definido adaptándose a la forma del recipiente.

4º Supone también la teoría cinética que las moléculas son perfectamente elásticas y por ello, los choques entre sí o contra las paredes se verifican sin pérdida de energía.

Los incesantes **choques** contra el envase o tuberías, son la causa de la **presión** que el gas produce contra las paredes del recipiente que las contiene. El **rozamiento** entre ellas produce la **temperatura**

5º La compresibilidad es una de las características más peculiares de los gases, esto significa que bajo el efecto de **una presión externa**, las moléculas del gas reducen al mínimo las distancias que las separan.



Conclusiones:

Todas las sustancias pueden pasar del estado en que se encuentran a otro, mediante absorción o cesión de cierta cantidad de calor (energía)

2.13. VAPORIZACIÓN Y LICUACIÓN

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

Absorción de calor

El calor absorbido por las moléculas aumenta su energía, hasta separar las fuerzas atractivas que las unen, adquiriendo una posición más libre (vaporización).

Vaporización .- La vaporización puede ocurrir por dos caminos :

1º Evaporación.

2º Ebullición.

La vaporización de un líquido por evaporación ocurre solamente en la superficie libre del líquido y puede presentarse a cualquier temperatura por debajo de la de saturación.

Por otra parte la ebullición se presenta tanto en la superficie libre del líquido como dentro del cuerpo del mismo y solamente a la temperatura de saturación.

Evaporación.- La evaporación ocurre continuamente y el hecho de que el agua se evapore en los lagos, ríos, charcas, ropas, etc. es evidencia suficiente de que la evaporación puede presentarse y de hecho se presenta a temperaturas inferiores a las de saturación.

El fenómeno de vaporización de los líquidos a temperaturas inferiores a la de saturación se puede explicar de la siguiente forma :

Como ya sabemos las moléculas de un líquido se encuentran en movimiento constante y rápido, variando su velocidad en función de la temperatura del líquido. En el curso de su movimiento chocan continuamente entre sí, y como resultado de estos impactos, algunas de las moléculas del líquido obtienen momentáneamente velocidades mucho más altas que el promedio de las otras moléculas. Su energía así, es mucho mayor que la energía promedio de la masa.

Si las moléculas que obtienen estas velocidades superiores a la normal se encuentran cerca de la superficie, pueden proyectarse de ésta escapando al aire para convertirse en moléculas de vapor.

Las moléculas que escapan en esta forma del líquido se difunden en el aire, ocupan los espacios relativamente grandes que existen entre las moléculas del aire y forman parte del aire atmosférico.

Efecto refrigerante de la evaporación.- Si las moléculas con velocidad más alta, las que tienen más energía, son las que escapan de la superficie de un líquido en evaporación, es lógico que la energía promedio de la masa se reduzca, disminuyendo en consecuencia su temperatura.

Siempre que una porción de un líquido se vaporiza, debe absorber una cantidad de calor igual al calor latente de vaporización por esta porción, ya sea de la misma masa del líquido, del aire circundante o de objetos adyacentes.

Como ejemplo práctico podemos recordar lo que nos sucede cuando en verano tomamos un baño en la playa (supongamos que con 35°C de temperatura), y al salir del agua si es un día que sopla viento tenemos sensación de frío, sin embargo con la misma temperatura un día sin viento solo tenemos sensación de frescor. O bien, estando dos recipientes en un mismo sitio, el agua que contiene un cántaro de barro está fresca y sin embargo en una botella de cristal está a temperatura ambiente.

La explicación se encuentra en que en el primer caso al salir del agua nuestra piel esta mojada, el aire circundante hace evaporar el agua más rápido el día que sopla viento que sin él, por lo que debido a la evaporación que se lleva a cabo en nuestra piel, la sensación de frío en nuestro cuerpo es mayor ya que la evaporación del agua se realiza absorbiendo calor de él.

Sin embargo si en vez de agua, nos mojamos la piel con alcohol y seguidamente soplamos sobre la piel, la sensación de frío será mayor, debido a que el alcohol se evapora con mayor rapidez que el agua y el robo de calor es más rápido.

En el caso del cántaro de barro las paredes sudan, el aire circundante evapora esta humedad y el robo de calor se efectúa bajando la temperatura del agua que contiene en su interior, por lo que al beberla tiene la sensación de fresca.

Ebullición .- Es la vaporización tumultuosa de toda la masa del líquido. Un líquido hierve cuando la tensión máxima de su vapor es igual a la presión exterior.

Desprendimiento de calor

En este caso las moléculas pierden **energía** y adoptan una disposición de menor movilidad y más compacta y es cuando se produce la licuación.

2.14. CALOR SENSIBLE

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos, cálculo de cargas térmicas, tratamiento del aire, etc.

Se llama calor sensible a aquel que puede ser apreciado por nuestro sentido del tacto, y los cambios de temperatura producidos por él pueden ser medidos por el termómetro común de bulbo seco. Como ejemplo recordaremos que el calor del ambiente lo sentimos en todo el cuerpo.

Al introducir la mano en el agua contenida en un recipiente notaremos si está fría o caliente. Si aplicamos calor al recipiente notaremos en la mano la sensación del aumento de calor y con un termómetro veremos el aumento de valor en su temperatura.

Así diremos que calor sensible es la cantidad de energía que gana o pierde un cuerpo, y que por lo tanto incrementa sus cargas positivas o negativas, pero no experimenta cambio de fase, es decir, solo hemos alterado su energía calórica pero no su estado.

Si calentamos agua a presión atmosférica desde 10 °C hasta 99 °C, toda la energía aplicada la utiliza como calor sensible, ya que el agua a 99 °C se mantiene en estado líquido pero evidentemente más caliente, pudiéndose medir con un termómetro el aumento que ha sufrido su temperatura.

El calor aportado o extraído de un sistema que produce una variación en la energía cinética molecular, y por consiguiente produce una variación de temperatura se denomina **calor sensible**.

2.15. CALOR LATENTE

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos, cálculo de cargas térmicas, tratamiento del aire, etc.

Es la cantidad de calor necesario para que a presión atmosférica, cambie de estado un cuerpo sin alterar su temperatura.

Siguiendo con el ejemplo del apartado anterior, si cuando tenemos el agua a 99 °C continuamos aplicando calor alcanzaremos los 100 °C, y el agua entrará en ebullición sin subir la temperatura en el termómetro mientras tengamos agua en el recipiente que la contiene, ya que una vez alcanzado el punto de ebullición del agua correspondiente a la presión atmosférica, toda la energía que se siga aplicando al agua, ésta no la invierte en aumentar la velocidad de sus moléculas (aumento de temperatura debido a los roces entre las moléculas), sino que esta energía la invierte en romper los enlaces intermoleculares que las mantienen unidas, y de esta forma poder pasar al estado gaseoso.

El concepto de latente tendremos que entender que existe y no se manifiesta (esta oculto), o sea, no se podrá medir con ningún termómetro.

Cuando el calor que recibe un cuerpo se utiliza para romper enlaces intermoleculares se produce un cambio de estado, sin embargo no varía su temperatura ya que no aumenta la energía cinética de sus moléculas.

Realmente el calor sensible y latente es lo mismo ya que es energía aportada o extraída de un sistema, **la diferencia estriba en la utilidad de la energía.**

El **calor total** de un material es la suma de los calores sensible y latente, requeridos para llevarle a una condición particular, desde una condición original de cero absoluto.

El calor total de un material comúnmente se conoce como **entalpía (h)** y se calcula desde un punto cero arbitrario, en lugar de cero absoluto.

2.16. VAPORES SATURADOS Y SOBRECALENTADOS

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos, cálculo de cargas térmicas, tratamiento del aire, etc.

Temperatura de saturación:

La temperatura a la cual un fluido cambia de la fase líquida a la fase vapor o a la inversa, de la fase de vapor a la fase líquida, se le llama temperatura de saturación.

Cuando se eleva la temperatura de un líquido a un punto tal, que cualquier calor adicional que se le aplique hace que parte del líquido se convierta en vapor, se dice que el líquido está saturado. En estas condiciones la temperatura del líquido se llama **temperatura de saturación**.

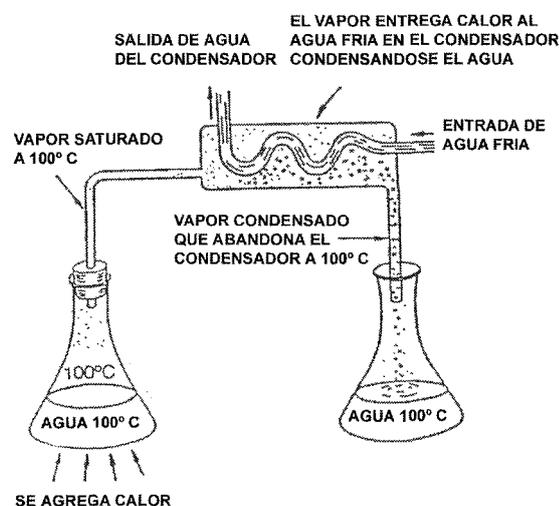
Vapor saturado :

El vapor producido por un líquido en vaporización se llama vapor saturado, siempre que la temperatura y presión del vapor sean las mismas que las del líquido saturado del cual proviene.

Un vapor saturado puede definirse también como el vapor a una temperatura tal que cualquier enfriamiento ulterior del vapor causará que parte de éste se condense y pase al estado líquido.

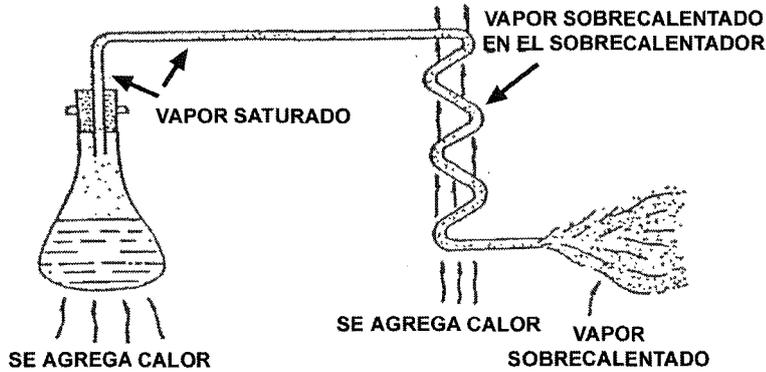
Es importante saber que la temperatura de saturación del líquido (la temperatura a la que vaporiza el líquido si se le aplica calor), y la temperatura de saturación del vapor (la temperatura a la cual condensará el vapor si se le retira calor) son las mismas para una presión dada, y que un líquido no puede existir como líquido a ninguna temperatura superior a la de saturación, mientras que un vapor no puede existir como vapor a una temperatura inferior a la de saturación.

Un ejemplo de lo dicho anteriormente lo podemos ver en la figura adjunta:



Vapor sobrecalentado:

Un vapor sobrecalentado es el que está a una temperatura superior a la de saturación. Para sobrecalentar un vapor es necesario separar el vapor del líquido vaporizante, tal como se ilustra en la figura.



Mientras el vapor permanezca en contacto con el líquido será saturado, o sea, que cualquier calor agregado a una mezcla de líquido y vapor simplemente vaporizará más líquido y no habrá sobrecalentamiento. Recíprocamente, antes de ser condensado un vapor se le debe quitar el sobrecalentamiento, ya que en principio se debe enfriar el vapor a su temperatura de saturación.

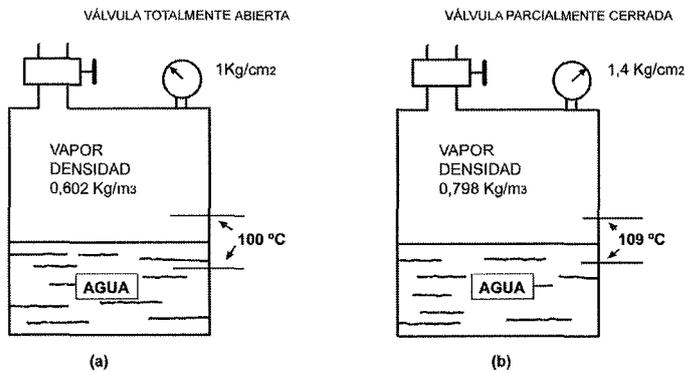
Líquido subenfriado:

Si después de la condensación se enfría un líquido, de manera que su temperatura sea inferior a la de saturación, se dice que el líquido se subenfrió.

Efecto de la presión sobre la temperatura de saturación:

La temperatura de saturación de un líquido o vapor varía con la presión. El aumento de presión eleva la temperatura de saturación y la reducción de presión hace descender la temperatura de saturación.

Para ilustrar esto supongamos que el agua se encuentra en un recipiente cerrado y equipado con una válvula de estrangulación. En la parte superior insertamos un manómetro para determinar la presión en el recipiente y dos termómetros para registrar la temperatura del agua y la del vapor de agua, tal como se indica en la figura adjunta.



Si abrimos la válvula de estrangulamiento, la presión que se ejerce sobre el agua es la atmosférica ($0 \text{ Kg} / \text{cm}^2$ manométricos , ó $1.033 \text{ Kg} / \text{cm}^2$ absolutos). Puesto que la temperatura de saturación del agua a presión atmosférica es de $100 \text{ }^\circ\text{C}$, la temperatura del agua se elevará (agregándole calor) hasta que llegue a $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

En este punto, si se continúa el calentamiento comenzará a vaporizarse el agua, y en poco tiempo el espacio sobre el agua se encontrará lleno de moléculas de vapor de agua moviéndose a altas velocidades. Algunas de estas moléculas de vapor regresarán al agua para convertirse nuevamente en moléculas líquidas mientras que otras escapan a través de la abertura exterior.

Si la abertura en la parte superior del recipiente de este tamaño es suficiente para permitir el escape libre del vapor, el agua abandonará el recipiente con la misma rapidez con que se vaporiza el líquido, es decir, el número de moléculas que abandonan el líquido para convertirse en vapor será exactamente igual al número de moléculas de vapor que abandonan el espacio interior del recipiente, ya sea escapando al exterior o regresando al líquido.

Así pues, el número de moléculas de vapor y la densidad de vapor sobre el líquido permanecen constantes y la presión ejercida por el vapor será igual a la de la atmósfera fuera del recipiente.

Bajo estas condiciones, el vapor de agua producido por el líquido vaporizante será saturado, y su temperatura y presión serán las mismas que las del agua : $100 \text{ }^\circ\text{C}$ y $1 \text{ Kg} . / \text{cm}^2$. La densidad del vapor de agua a esta temperatura y presión es de $0,602 \text{ Kg} / \text{m}^3$

Supóngase que se cierra parcialmente la válvula de estrangulamiento, de manera que el escape de vapor se encuentra obstaculizado. Por un tiempo el equilibrio se perderá, por cuanto el vapor no abandonará el recipiente con la misma rapidez que se vaporiza el líquido, y el número de moléculas de vapor en el espacio sobre el líquido será mayor, aumentando por tanto la densidad y la presión de vapor sobre el líquido, elevándose con ello la temperatura de saturación.

Si se supone que la presión del vapor aumenta a $0,37 \text{ Kg} . / \text{cm}^2$ manométricos ó $1,4 \text{ Kg} . / \text{cm}^2$ absolutos antes de que se establezca nuevamente el equilibrio, esto es, antes de que la rapidez con que se escapa el vapor al exterior sea exactamente igual a la rapidez con que se vaporice el líquido, la temperatura de saturación del líquido será $109 \text{ }^\circ\text{C}$. y la densidad del vapor será $0,798 \text{ Kg} . / \text{m}^3$.

Si después de la condensación se enfría un líquido, de manera que su temperatura sea inferior a la de saturación, se dice que el líquido se subenfía.

Para una determinada presión, la temperatura de saturación es la temperatura máxima que el líquido puede tener y la temperatura mínima que el vapor puede tener.

Cualquier elevación de la temperatura por encima de la temperatura de saturación traerá como consecuencia la vaporización de una parte del líquido. En forma análoga, cualquier reducción de la temperatura de un vapor por debajo de la temperatura de saturación, traerá como resultado la condensación de una parte del vapor.

La temperatura de saturación es diferente para los distintos fluidos, y para un fluido en particular varía de forma considerable con la presión del fluido.

2.17. CALOR LATENTE DE LICUEFACCION

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

Es la cantidad de calor que se debe extraer a un litro de un fluido, para hacerlo pasar de estado gaseoso al estado líquido, en una instalación frigorífica este cambio de estado se producirá en el condensador.

Como ya sabemos en los gases se encuentran las moléculas muy separadas, y por lo tanto la atracción mutua que entre ellas se ejerce es muy pequeña, además las fuerzas de repulsión debidas a los choques de las moléculas en vibración, son muy grandes.

De esta observación parecería lógico que para licuar un gas daría lo mismo acercar las moléculas (es decir aumentar la presión ejercida sobre el gas), que disminuir la energía cinética interna de las mismas (o sea disminuir la temperatura).

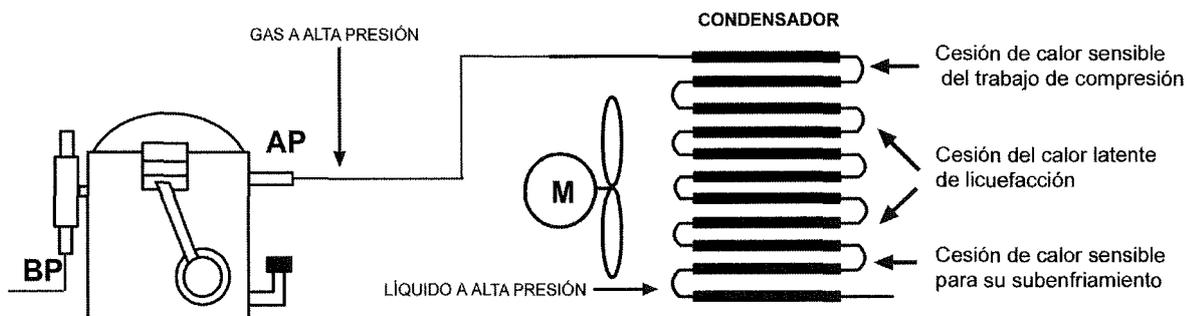
Este razonamiento condujo a los físicos a la creencia de que a cualquier temperatura se podrían licuar los gases siempre y cuando se aumentara suficientemente la presión, pero a muchos gases como el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno, el helio, etc., no fue posible licuarlos en estas condiciones y entonces se creyó que no habría medios para conseguirlo, y debido a esta propiedad se les llamó gases perfectos o permanentes.

Andrews (1813 – 1885) pensó que bajando la temperatura y aumentando simultáneamente la presión se podrían licuar gases que hasta entonces se habían considerado permanentes.

Condensación

La condensación de un vapor se logra de diferentes modos:

- 1º Extrayendo calor del vapor.
- 2º Aumentando la presión del vapor.
- 3º Por la combinación de estos dos métodos.



Condensación de un vapor saturado mediante la extracción de calor:

Previamente se ha descrito que un vapor está saturado cuando se tiene la condición de que cualquier enfriamiento adicional, causa la condensación de una parte del mismo, y esto se debe a que un vapor no puede existir como vapor a cualquier temperatura inferior a su temperatura de saturación.

Cuando el vapor es enfriado, las moléculas de vapor no pueden mantener la energía y velocidad suficiente para contrarrestar las fuerzas de atracción que se tienen entre ellas, y algunas de estas moléculas al ser vencidas sus fuerzas de atracción, cambian de estructura molecular pasando al estado líquido.

Como ejemplo práctico tendremos que recordar lo que sucede cuando tenemos agua hirviendo en una olla y le colocamos una tapa, si al cabo de unos minutos retiramos la tapa vemos gotas de agua en su parte inferior, ello es debido a que la temperatura de la tapa es más fría que la temperatura del vapor de agua.

Condensación mediante incremento en la presión del vapor:

Cuando un vapor es **comprimido** a temperatura constante, su volumen disminuye y la densidad del vapor se aumenta a medida que las moléculas del vapor se ven forzadas a ocupar un espacio menor.

Para el caso del vapor sobrecalentado en la descarga del compresor, la temperatura de saturación del vapor se aumenta a medida que se aumenta la presión en el condensador, hasta que descargando de calor a las moléculas, se llegará a un punto en el cual la temperatura de saturación del vapor será igual a la temperatura real del vapor.

Cuando esto ocurra, la densidad del vapor habrá llegado a su máximo valor para esa condición, pero debido a que el compresor seguirá comprimiendo a las moléculas se ocasionará una restricción en la estructura molecular del vapor, o sea, las moléculas serán obligadas a acercarse unas con otras.

Llegado este momento solo bastará descargarles de la energía que transportan para que parte del mismo pase a ser líquido, como consecuencia de aparecer de nuevo las fuerzas de atracción primitivas.

2.18. CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

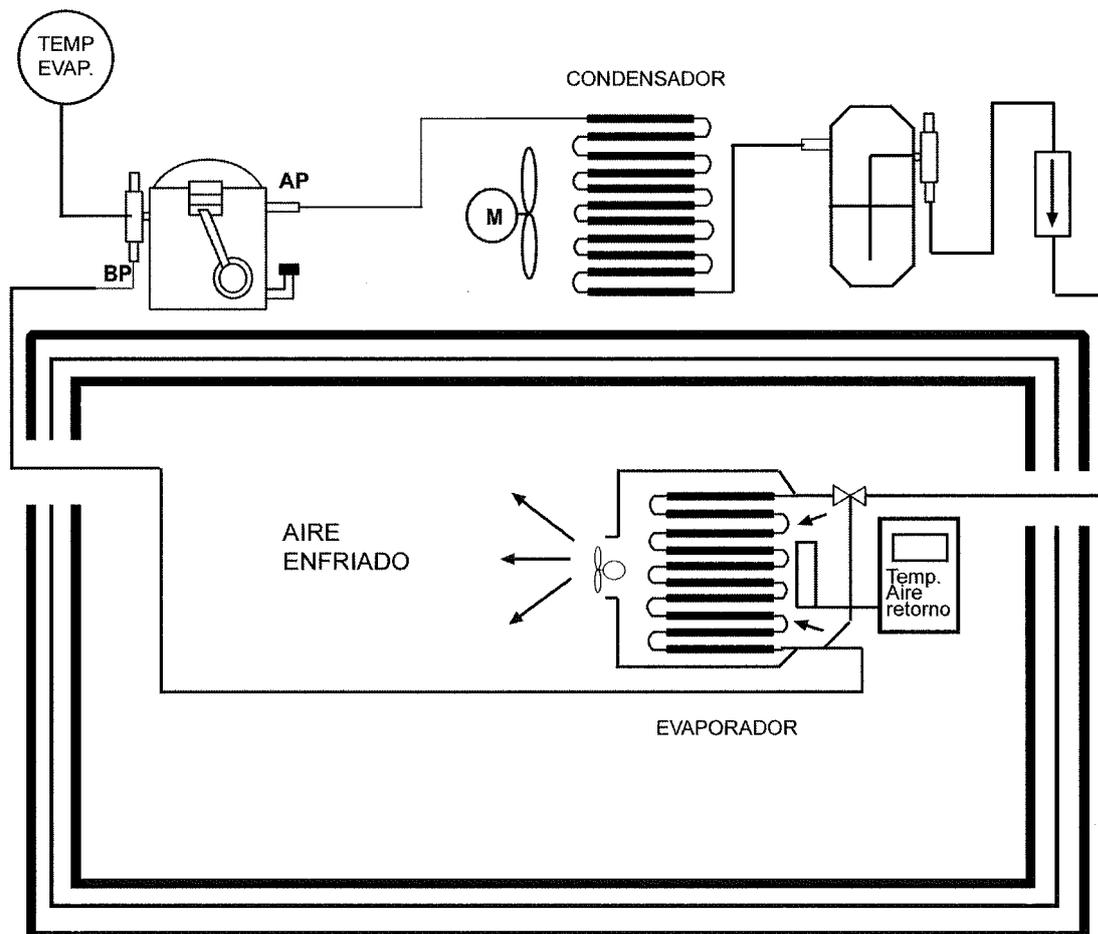
CAMPO DE APLICACIÓN:

Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

Dando por entendido que cualquier cantidad de energía suministrada a un líquido después que el líquido llega a la temperatura de saturación, es utilizada en aumentar el grado de separación molecular y romper los enlaces intermoleculares, el fluido pasará de la fase líquida a la de vapor, y debido a que no hay un aumento en la energía cinética interna la temperatura del fluido permanecerá constante durante todo el cambio de fase, y el vapor resultante estará a la temperatura de saturación.

Como ejemplo podemos transportar todo el proceso a lo que sucede en el interior del compartimento refrigerado de un frigorífico convencional.

Dentro de los tubos que recorren el interior de nuestro aparato frigorífico (llamado circuito evaporador), haremos circular a un fluido al que haremos que entre en evaporación a través de la presión a la que le vamos a someter.



Toda la energía que este fluido absorba de los alimentos depositados en su interior, la invertirá en romper sus enlaces intermoleculares, o sea, a cambio de recibir esta energía la molécula tendrá que realizar un trabajo, y de esta forma conseguiremos refrigerar un compartimento o estancia determinada. Esta molécula en estado gaseoso cargada de calor, será conducida a través de tuberías al circuito condensador, y una vez allí se le descargará de dicha energía y en consecuencia podrá pasar al estado líquido.

A medida que la sustancia cambia de fase de líquido a vapor, las moléculas de la sustancia adquieren suficiente energía para vencer sustancialmente todas las fuerzas de restricción, incluyendo la fuerza de la gravedad.

La cantidad de energía necesaria es muy grande para efectuar el trabajo interno necesario y superar dichas fuerzas restrictivas, por esta razón, la capacidad de una sustancia para absorber energía mientras cambia de la fase líquida a la de vapor es muy grande, muchas veces mayor que la energía necesaria para pasar de la fase sólida a la líquida.

El calor latente de vaporización es diferente para distintos fluidos y al igual que con la temperatura de saturación, varía en forma significativa de acuerdo a la presión que en particular se tenga en el fluido, **al aumentar la presión aumenta la temperatura de saturación del fluido y se disminuye el calor latente de vaporización.**

2.19. TRANSFORMACIONES TERMODINÁMICAS

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

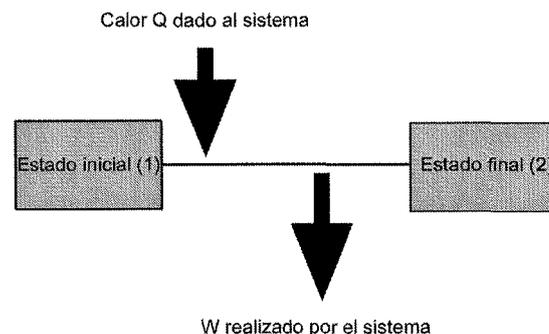
Familiarizarse con los procesos termodinámicos de los fluidos.

En general, denominamos **sistema termodinámico** a todo aquél cuerpo o porción de materia objeto de estudio. En termodinámica el sistema más usual es el de un fluido compresible bien sea gas o vapor, ya que los fluidos prácticamente incompresibles como son los líquidos se estudian en mecánica de fluidos.

En refrigeración, el sistema termodinámico principal es el fluido refrigerante que circula por el interior de la instalación, además también se estudian el sistema que se pretende enfriar y aquel sistema donde se cede el calor absorbido.

Todo sistema posee unas propiedades, es decir, magnitudes físicas cuyo valor nos puede informar sobre el sistema (presión, temperatura, volumen, viscosidad, etc.). Si en una sustancia o sistema se modifica una de estas propiedades, las demás por lo general también varían. El conjunto de valores que tienen estas propiedades definen el estado del sistema.

Decimos que un sistema realiza una transformación termodinámica cuando intercambia energía con el exterior, pasando de un estado inicial a un estado final. Cada estado termodinámico se caracteriza por tener un valor determinado de la energía interna, ésta puede variar o permanecer constante durante la transformación según sea su naturaleza.



La figura representa esquemáticamente una transformación termodinámica en la que un sistema pasa de un estado inicial con una energía interna U_1 , a otro estado final en el que posee una energía interna U_2 . Esta transformación podría consistir, por ejemplo, en que el sistema recibiera cierta cantidad de calor Q , y a expensas de él realizaría cierta cantidad de trabajo W .

3

FUNDAMENTOS DE REFRIGERACION

FLUIDOS Y PRESION

3.1. FLUIDOS CONDENSABLES

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACION:

Conocer las leyes con que se rigen los líquidos y gases.

Los fluidos son aquellos cuerpos cuyas moléculas se mueven fácilmente unas con otras, propiedad llamada **fluidez**. En refrigeración como ya sabemos se emplean fluidos como medio ó agentes para transportar el calor de una parte que no se desea, a otra que no importa su presencia, haciéndoles pasar en unos puntos concretos del circuito de vapor a líquido y viceversa.

Los fluidos condensables son aquellos que por la acción del calor cambian de estado pasando fácilmente de líquidos a gaseosos y viceversa, en el cual reciben el nombre de vapor para distinguirlos de los gases. Los gases son los cuerpos que se encuentran en estado gaseoso en las condiciones de temperatura y presión del ambiente y son de difícil condensación.

Mientras dura la ebullición ó evaporación de un fluido condensable, el fluido está constituido por una mezcla de líquidos y vapores desprendidos del mismo.

Al aplicar calor a un gas:

- Si su volumen permanece constante su presión aumenta.
- Si su presión es constante el volumen aumenta, ya que las moléculas se mueven con mayor rapidez y se separan más.

Relación entre temperatura y presión.- Cuando un líquido refrigerante está contenido en un depósito cerrado, su presión es definida por su naturaleza y por la temperatura.

A todo cambio de temperatura corresponde un cambio de presión, y por consiguiente refrigerantes diferentes a la misma temperatura, no tienen la misma presión porque sus puntos de evaporación son diferentes.

3.2. COMPORTAMIENTO DE LOS FLUIDOS EN CONDENSACIÓN

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Conocer las leyes con que se rigen los líquidos y gases.

El vapor aspirado y comprimido por el compresor, obliga a que las moléculas de refrigerante en estado gaseoso se acerquen unas con otras, pero para que condensen aún se encuentran muy cargadas de energía debido a que transportan la energía absorbida del espacio refrigerado, más la energía que les ha agregado el compresor por el hecho de haberlas comprimido. Seguidamente a través de aire o de agua más frío que ellas, se les descargara de dicha energía y pasaran al estado líquido.

a) La misma transferencia de calor latente se manifiesta en licuefacción como en la evaporación, y la cantidad de este calor latente arrastrado en cada cambio de estado, es exactamente igual para un mismo fluido líquido o vapor.

b) El vapor refrigerante no puede licuarse sino se mantiene una alta presión en el condensador.

c) La temperatura del medio empleado para condensar bien sea aire ó agua, tiene que ser inferior, para que de esta forma se pueda transmitir el calor latente absorbido en el proceso de evaporación.

d) Cuanto más elevada sea la presión en el circuito de baja, la temperatura de evaporación será más alta, y más alta la presión y temperatura de condensación, debido a la mayor densidad de refrigerante existente en el circuito de baja, que obliga a bombear mayor cantidad del mismo al condensador por cada carrera del compresor, con su consiguiente aumento de calor.

e) Para poder condensar, el compresor tiene que ser capaz de elevar la presión del refrigerante hasta un punto que la temperatura de saturación correspondiente, sea mayor que la temperatura del medio que se emplee para condensar.

f) Durante todo el cambio de estado el volumen varía.

g) Bajo una misma presión, las temperaturas permanecen constantes todo el tiempo del cambio de estado.

3.3. COMPORTAMIENTO DE LOS FLUIDOS EN EVAPORACIÓN

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Conocer las leyes con que se rigen los líquidos y gases.

Tendremos que recordar que vaporización es el paso de un cuerpo del estado líquido al gaseoso, y puede hacerse por evaporación y ebullición.

Cuando es por evaporación diremos que la formación de vapor se encuentra en la superficie libre del líquido, siendo esta más rápida cuanto más alta sea la temperatura, cuando mayor es la superficie libre del líquido, cuando más seca y renovada sea la atmósfera, cuando más baja es la presión, y cuando más elevada es la tensión máxima del líquido.

La temperatura del líquido refrigerante es la que corresponde a la presión que está sujeto, y siendo esta temperatura inferior al medio que ha de refrigerar, el refrigerante absorbe calor de éste y sufre la evaporación de forma progresiva.

Este calor sensible se dirigirá hacia las paredes del evaporador provocando la ebullición del refrigerante líquido que circula por su interior, convirtiéndose en calor latente de evaporación. La temperatura de ebullición dependerá de la presión.

Cuando es por ebullición diremos que es la vaporización rápida de un líquido, con la formación de burbujas en el seno del propio líquido.

Leyes de ebullición:

- a) Bajo una misma presión, un líquido comienza a hervir siempre a la misma temperatura.
- b) En toda la duración de la ebullición, la temperatura permanece constante si la presión permanece constante.
- c) La fuerza elástica máxima del vapor es igual a la presión soportada por el líquido.
- d) Si se quiere bajar la temperatura de ebullición, basta bajar la presión.
- e) Si se quiere elevar la temperatura de ebullición, basta aumentar la presión.
- f) Un líquido hierve a aquella temperatura a la que su tensión de vapor iguala a la presión que sobre él se ejerce,

Ejemplo:

El agua hierve a 100° C a presión atmosférica (760 m/m Hg), por ser ésta su tensión de vapor a esta temperatura. A menor presión hierve a menor temperatura, y a mayor presión a mayor temperatura, ya que por ejemplo a 4,6 m/m Hg. el agua hierve a 0°C.

3.4. PRESION

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Conocer las leyes con que se rigen los líquidos y gases.

Cuando una fuerza se aplica sobre una superficie, esta fuerza se reparte por dicha superficie. La presión representa el reparto de la fuerza, y su valor se obtiene del cociente entre la fuerza y la superficie.

$$\text{presión} = \frac{\text{fuerza}}{\text{superficie}}$$

Si nos situamos en una cama elástica de pié o acostados en ella comprobaremos que acostados el peso del cuerpo está más repartido en una mayor superficie y la cama se hunde menos. Por lo tanto la presión será mayor cuando una persona esta de pié que cuando está acostada. En resumen diremos que a igual fuerza, cuanto mayor sea la superficie de contacto, menor será la presión.

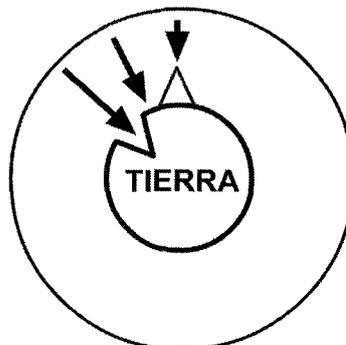
Como se ha dicho anteriormente, en los gases o vapores la presión detectada por el manómetro, es ejercida en todas direcciones por la suma de los choques de las moléculas sobre las paredes del recipiente o tubería que los contiene.

Si hinchamos un globo o un balón de aire, comprobamos que todas las partes de la goma aumentan de volumen como si por dentro se ejerciera una fuerza hacia el exterior por todas partes. Esta observación nos demuestra que el aire de un globo ejerce una presión en todas direcciones.

Con este ejemplo, experimentalmente, se demuestra el Principio de Pascal, ya que el aire ejerce una presión por igual y en todas direcciones sobre todas las partes de una pared de la goma que lo separan de la atmósfera.

La atmósfera que rodea la Tierra, por la acción de la gravedad, ejerce una presión sobre todos los puntos y cuerpos que se encuentren en ella, presión que varía según la altura, y se le denomina presión atmosférica.

Presión atmosférica



| Altitud en metros | Presión en Kg / cm ² |
|-------------------|---------------------------------|
| 0 | 1,033 |
| 1.000 | 0,915 |
| 5.000 | 0,552 |
| 8.000 | 0,363 |
| 10.000 | 0,270 |

Para evitar las diferencias de valor que tienen la presión atmosférica a distintas alturas se ha adoptado otra medida más práctica y casi igual a una atmósfera, que es el kilogramo por centímetro cuadrado, en América y países de lengua inglesa, se adopta como medida la libra por pulgada cuadrada. **P.S.I.** (Pound Square Inches)

$$1 \text{ Kg / cm}^2 \quad \text{X} \quad \frac{14,6 \text{ libras / pulgada}^2}{1}$$

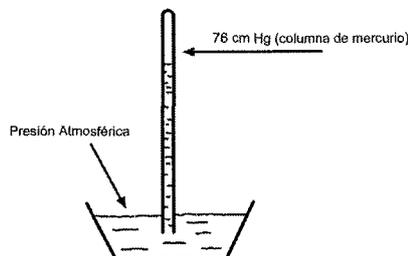
$$X = \frac{1 \text{ Kg/cm}^2 \times 1 \text{ lb / pl}^2}{14,6 \text{ lb / pl}^2} = 0,0685 \text{ Kg / cm}^2$$

$$1 \text{ Libra por pulgada cuadrada (P.S.I.)} = 0,0685 \text{ Kg / cm}^2$$

El aire que forma la atmósfera no está encerrado en ningún recipiente, y es su propio peso el que lo aplica contra la corteza terrestre.

Puede considerarse la atmósfera como un mar de aire en el cual vivimos, teniéndose en cuenta que la densidad del aire que está en contacto de la corteza terrestre es unas 800 veces menor que la del agua, ya que un litro de agua pesa 1000 gramos, y un litro de aire tomado en las condiciones en que se encuentra ordinariamente en nuestros climas pesa 1,2 gramos.

El experimento de Torricelli, efectuado en 1643, constituye la demostración clásica de la existencia de la presión atmosférica, para ello dispuso de un tubo de vidrio cerrado por un extremo, y aproximadamente de un metro de longitud, y después de llenarlo de mercurio tapó la abertura, lo invirtió, introduciendo el extremo tapado en un vaso con mercurio, y al destapar la abertura observó que el mercurio sólo descendía unos cuantos centímetros y que quedaba una columna de mercurio de unos 76 centímetros de altura, al igualarse el peso de la columna de mercurio con la presión atmosférica que incidía sobre la superficie del mercurio contenido en el vaso, quedando así descubierto el barómetro de mercurio.



El barómetro indica presiones de valor **absoluto**, mientras que los manómetros de presión **relativa**, también llamada **presión manométrica**.

Teniendo en cuenta que el peso específico del mercurio es 13.600 Kg / m^3 , resulta que la altura barométrica, de 76 cm. representa una presión de $76 \times 13,6 = 1033 \text{ gr. por centímetro cuadrado}$, o también $10.330 \text{ Kg por metro cuadrado}$ ó $\text{m/m de columna de agua (c.d.a.)}$.

3. 5. PRESIONES MANOMÉTRICAS Y ABSOLUTAS

OBJETO DE ESTUDIO:

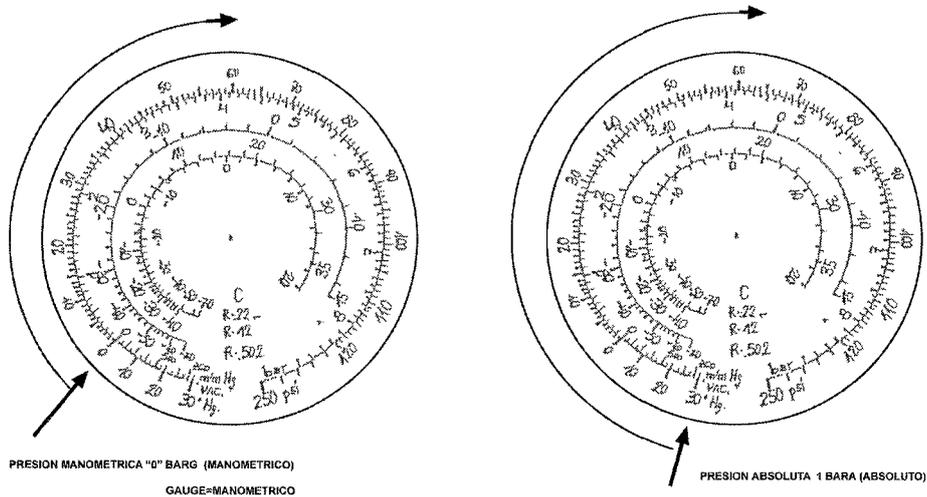
Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Conocer las leyes con que se rigen los líquidos y gases.

La presión efectiva, relativa o manométrica, es la diferencia entre la presión existente en un recipiente o tubería menos la presión atmosférica, y se mide a partir del cero que viene representado en la escala de presiones del manómetro.

La presión absoluta es la presión medida a partir del vacío o cero absoluto, y dado que el vacío viene expresado en cm, m/m, mbar, o pulgadas de columna de mercurio, se admite que la zona de vacío equivale a 1 bar ó 14,6 psi.



Si por abstracción consideramos un estado en el que no exista ninguna presión (vacío perfecto) en comparación con dicho estado, tendríamos la llamada presión absoluta.

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión de vacío} + \text{Presión manométrica}$$

Así cuando una instalación trabaje a 4 bars de presión relativa o manométrica, podremos decir también que trabaja a 5 bar absolutos.

Del mismo modo cuando trabaje a 60 psi de presión relativa o manométrica, podremos decir también a 74,6 psi absolutos.

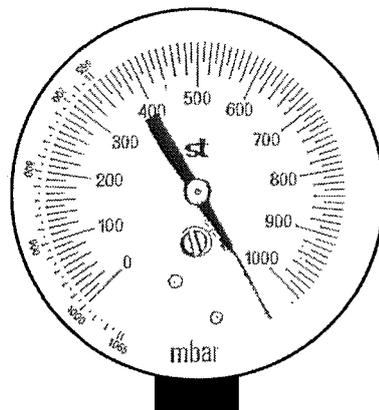
Las presiones se miden por medio de aparatos que reciben el nombre de manómetros y que en un tubo de forma elíptica arrollado en arco de espiral con un extremo fijo y abierto que puede comunicar con la conducción o tubería de la cual se quiere medir la presión, y el otro extremo cerrado, libre y articulado mediante un juego de palancas con una aguja móvil. El conjunto va montado dentro de una caja metálica y la aguja indicadora se desliza sobre un limbo graduado en unidades de presión y protegido por un cristal.

Al aire libre la aguja cae sobre el cero de la escala de presiones (presión atmosférica). Cuando estos aparatos se emplean para medir presiones inferiores a la atmosférica reciben el nombre de **vacuómetros** y para medir presiones superiores manómetros.

Un vacuómetro es un manómetro especial de precisión que únicamente mide vacío.

A diferencia de los demás manómetros, la aguja a presión atmosférica cae sobre la parte de la derecha, donde se encuentra el ("0" cero) de la escala de presiones. El vacío lo mide en sentido contrario al de las agujas del reloj, como todos los demás.

Cada manómetro posee una escala determinada. El mayor valor de la escala, representa la presión máxima que soporta el manómetro sin superar el límite elástico, si sometemos a un manómetro a una presión mayor de la que soporta se deteriorará.



Un manómetro a presión atmosférica, tiene que marcar ("0" cero). Si la aguja no indica cero, normalmente se puede corregir la posición de la aguja mediante un tornillo de ajuste ubicado en el eje de la aguja o bien en la misma superficie donde se encuentran las lecturas de presiones y temperaturas.

Cuando un manómetro recibe oscilaciones de presión con una frecuencia elevada, la aguja del manómetro vibra, y esta vibración puede llegar a deteriorar el tren de engranajes, además de dificultar la lectura del mismo. Algunos manómetros poseen en su interior glicerina, con el fin de amortiguar parcialmente estas vibraciones.

3.6. UNIDADES DE MEDIDA

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Conocer las leyes con que se rigen los líquidos y gases.

Anteriormente definíamos como presión a una unidad de fuerza que actúa sobre una unidad de superficie dentro de un sistema dado de unidades.

La **fuerza** es la causa que puede modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, o producir una deformación del mismo, así que todo trabajo se realiza aplicando una fuerza.

La unidad de fuerza en el sistema internacional (S.I.), es el **Newton**, definiéndose como la fuerza capaz de comunicar a una masa de 1 Kg, una aceleración de 1 m / s, cada segundo.

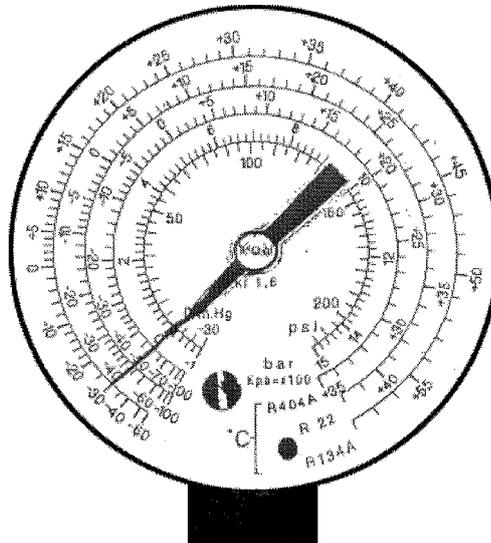
$$1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ Kg} / \text{m s}^2$$

En el sistema internacional (S.I.), el **Pascal** es la presión ejercida por una fuerza de un Newton, que actúa de una forma uniforme sobre una superficie de 1 m².

Siendo el Pascal un valor absoluto muy débil en relación a las presiones que se conocen en la industria, ésta se expresa con una unidad práctica múltiplo del Pascal, la baria (bar)

$$1 \text{ Mpa} = 1.000.000 \text{ Pa.}$$

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa.} = 100 \text{ Kpa, que equivalen aproximadamente a } 1 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$



El sistema angloamericano, tiene como base tres unidades fundamentales :

- . la pulgada (inches)
- . la libra (pound)
- . el segundo (second)

El conocimiento total del sistema angloamericano no es necesario para un frigorísta, pero si resulta indispensable conocer el nombre de las unidades utilizadas, así como también las fórmulas de conversión que le permitan expresar por medio del sistema S.I. las indicaciones facilitadas por la lectura de los aparatos de medida o por los diagramas.

Las presiones de vacío las encontraremos expresadas en 76 cm, 760 m/m, ó - 1 bar de columna de mercurio (Hg) para el S.I. y en 30 pulgadas (30" Hg) para el sistema anglosajon (1" = 25,4 m/m)

Una instalación frigorífica posee dos líneas de presiones diferentes la línea de alta presión (High Pressure) **H.P.**, y la línea de baja presión (Low Pressure) **L.P.** En la industria de la refrigeración se utilizan manómetros especiales para determinar cada una de estas presiones.

3.7. CONTROL DE LAS TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN Y CONDENSACIÓN A TRAVÉS DE LA PRESIÓN

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

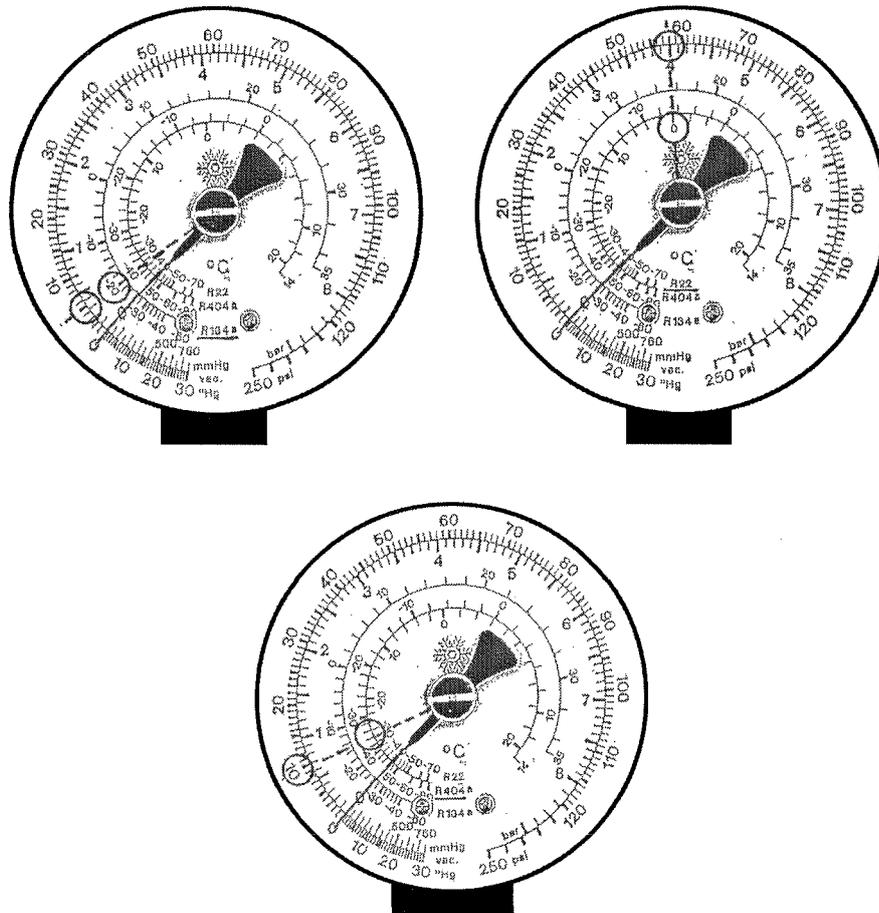
Conocer las leyes con que se rigen los líquidos y gases.

Control de la temperatura de evaporación :

La regulación de la temperatura de evaporación depende entre otros factores, de la temperatura que se desee en el interior de la cámara o recinto, del tipo de evaporador y del destino de la instalación.

Es sabido que para favorecer la evaporación de un fluido necesita encontrar una baja presión, ya que si en estas condiciones se le suministra calor, entrará en ebullición sin aumentar su temperatura.

En los manómetros de baja presión, se encuentran representadas las temperaturas de evaporación de los distintos refrigerantes más utilizados en la industria frigorífica, que variaran según sea la presión a que se les someta.



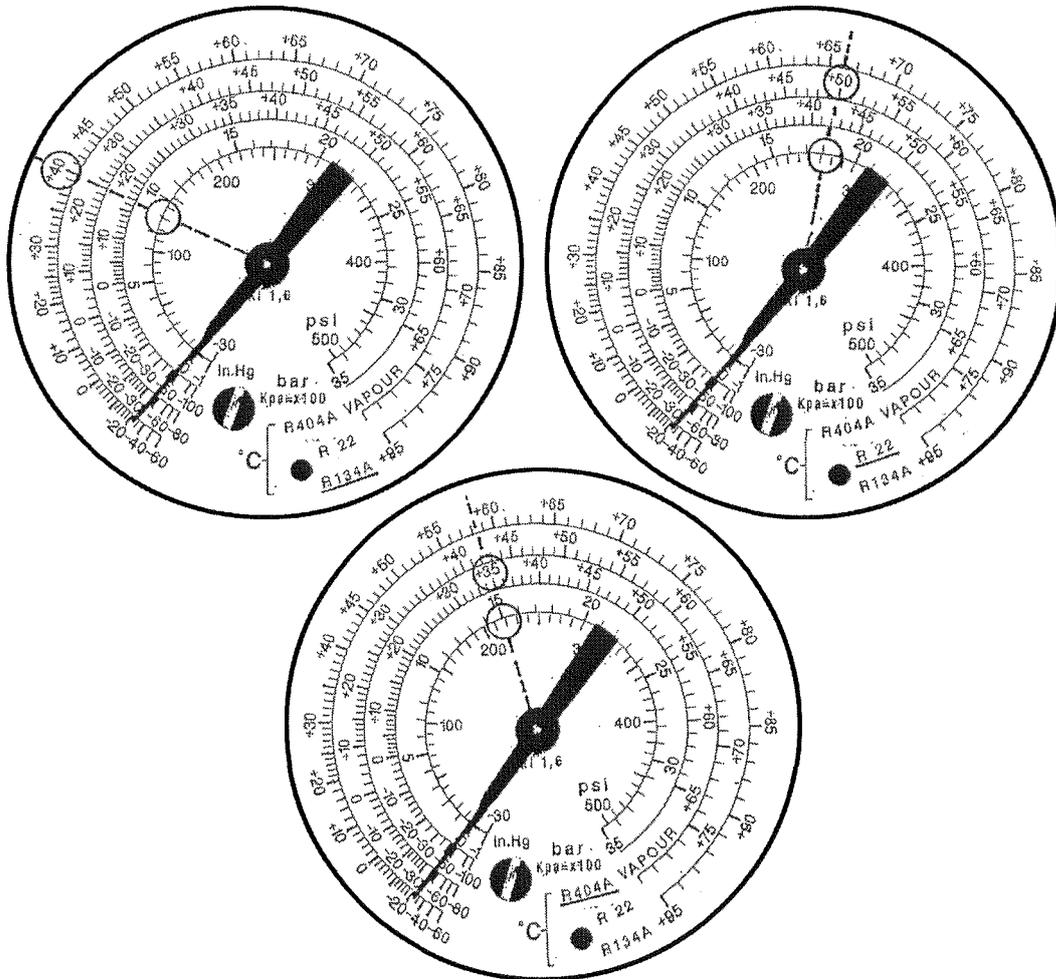
Así por ejemplo, si queremos evaporar a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ con el refrigerante R - 134 - a , deberemos someterle a una presión de 5 psi ó 0,3 bar, si queremos evaporar a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ con el refrigerante R- 22 deberemos someterle a una presión de 58 psi ó 4 bar, si queremos evaporar a $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ con el refrigerante R - 404-a, deberemos someterle a una presión de 10 psi ó 0,7 bar manométricos.

Control de la temperatura de condensación:

La temperatura de condensación depende entre otros factores, de la temperatura que tenga el medio empleado para condensar (aire o agua), del tipo de condensador, tipo de instalación, etc.

La temperatura de condensación se lee en el manómetro de alta presión, en el cual encontraremos las temperaturas de condensación correspondientes a los refrigerantes que contenga.

Así por ejemplo, si queremos condensar a $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ con el refrigerante R - 134 - a , deberemos someterle a una presión de 130 psi ó 9 bar, si queremos condensar a $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ con el refrigerante R- 22 deberemos someterle a una presión de 260 psi ó 18 bar, si queremos condensar a $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ con el refrigerante R - 404-a, deberemos someterle a una presión de 220 psi ó 15 bar manométricos.



3.8. ESTADOS, TEMPERATURAS Y PRESIONES EN LAS LÍNEAS FRIGORÍFICAS

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

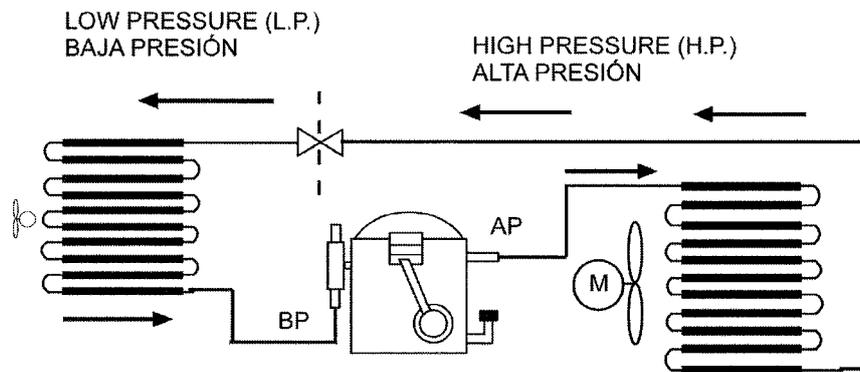
CAMPO DE APLICACIÓN:

Conocer las leyes con que se rigen los líquidos y gases.

Los cuatro elementos básicos de una instalación frigorífica, evidentemente van unidos entre sí a través de tuberías, llamadas líneas del circuito.

a) Línea de alta presión .- Desde la salida del compresor hasta la entrada a la válvula de expansión, el circuito se encuentra a la presión de alta del sistema.

b) Línea de líquido .- Desde la salida del condensador hasta la entrada al evaporador, el circuito se encuentra inundado de líquido.



c) Línea de gas .- Desde la salida del evaporador hasta aproximadamente la primera 1 / 4 parte del condensador, el circuito se encuentra inundado de gas (vapor).

d) Línea de baja presión, aspiración, retorno o succión .- La línea por donde aspira el compresor es decir, el tramo entre la salida del evaporador y la aspiración del compresor.

e) Línea de descarga .- Es la línea por donde descarga el compresor, o sea, el tramo entre la salida del compresor y la entrada del condensador.

La presión, temperatura y estado físico a los diferentes tramos de tubería son los siguientes :

1º Tramo entre el compresor y final del condensador

Presión : Alta en todo el circuito.

Temperaturas : Temperatura de condensación (leída en el manómetro de alta presión), encontrando al tacto, el tubo de descarga muy caliente, tubos del condensador de más a menos calientes a lo largo de su recorrido y último codo templado al tacto.

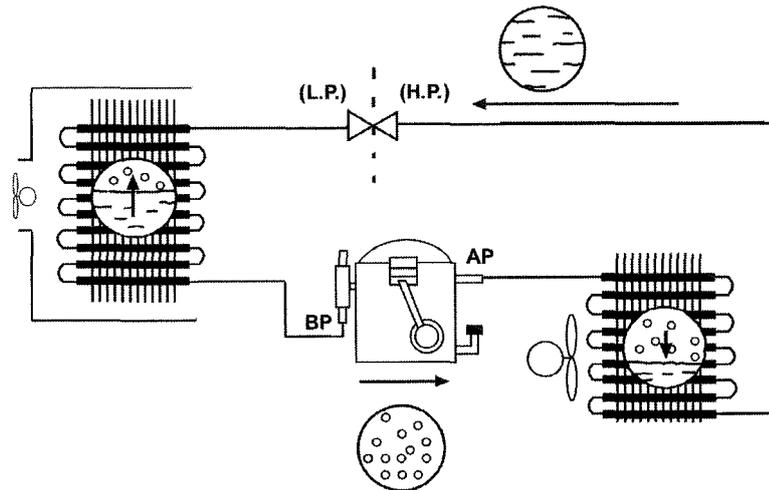
Estado físico del refrigerante: Gas a alta presión y alta temperatura en el tubo de descarga, diferentes proporciones de gas y líquido en el serpentín condensador, y líquido más o menos subenfriado a la salida de la batería.

2º Tramo entre el condensador y la entrada del elemento de expansión :

Presión: Alta

Temperaturas : Templado al tacto a la salida del condensador, y sucesivamente deberá ir perdiendo temperatura en su camino hacia la expansión, no debiendo en ningún caso estar más fría que la temperatura ambiente donde se encuentre instalada la línea.

Estado físico del refrigerante: Líquido más o menos subenfriado.



Líquido subenfriado: Cuando la temperatura del líquido es inferior a su temperatura de saturación.

3º Tramo entre la salida del elemento de expansión y el final del evaporador :

Presión: Baja.

Temperaturas: Temperatura de evaporación (leída en el manómetro de baja presión).

Estado físico del refrigerante: Líquido conteniendo distintas proporciones de vapor que irán aumentando durante su recorrido.

4º Tramo entre el final del evaporador y la aspiración del compresor :

Presión: Baja.

Temperaturas: Temperatura de evaporación, y diferentes temperaturas de recalentamiento desde la salida del evaporador hasta la aspiración del compresor.

Estado físico del refrigerante: Vapor menos recalentado a la salida del evaporador, y más recalentado en la aspiración del compresor.

Vapor recalentado: Cuando la temperatura de un vapor es superior a su temperatura de saturación, que corresponde al punto de ebullición.

El diámetro de las tuberías depende del estado termodinámico del fluido refrigerante que circula en su interior, así como de su caudal.

3.9. DENSIDAD Y VOLUMEN ESPECIFICO

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Cálculo de compresores, diámetro de tuberías, interpretación de valores en los diagramas, etc.

La densidad o peso específico de una sustancia, es el número que expresa las veces que el peso de un cuerpo es mayor que el de un volumen igual de agua, y viene dada por la relación entre la masa y el volumen de una cantidad cualquiera de la misma.

$$d = \frac{M \text{ (peso)}}{V} \quad V = \frac{M \text{ (peso)}}{d} \quad M \text{ (peso)} = V \times d$$

d = densidad

M = Masa

V = Volumen

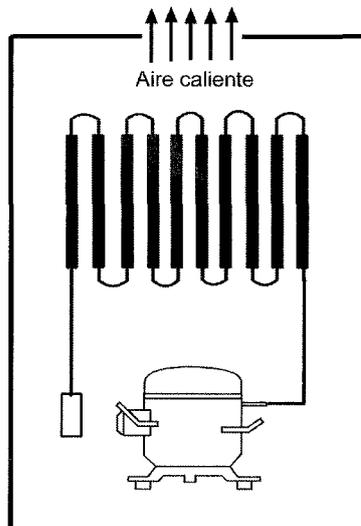
Al calentar un líquido, su volumen aumenta, mientras que la masa permanece constante. Consecuentemente, al calentar un líquido su densidad disminuye, ya que en la expresión

$$d = \frac{M}{V}, \text{ el denominador (V) aumenta, mientras que el numerador (M) permanece fijo.}$$

La densidad de los líquidos disminuye a medida que su temperatura aumenta.

Como consecuencia de lo comentado, cuando calentamos un líquido, las capas de mayor temperatura ocupan la parte superior, y las más frías la parte inferior.

Por ejemplo, en un refrigerador doméstico, el calor que se retira del condensador situado en la parte trasera del mueble, se efectúa a través del cambio de densidad del aire que lo rodea.



En cuanto a los gases, la densidad relativa es el resultado de relacionar los pesos de volúmenes iguales de gas y de aire.

Si la densidad relativa resulta ser menor que la unidad, indica que el gas en cuestión es más ligero que el aire y por lo tanto tiende a subir, siendo lo contrario en gases y vapores con una densidad relativa mayor que la unidad.

La presión dentro de un fluido es directamente proporcional a la densidad del fluido.

El volumen específico de una sustancia se expresa usualmente, como el número de metros cúbicos que ocupa un kilo de dicha sustancia. En el caso de los líquidos dicho volumen variará con la presión y la temperatura.

El volumen de un líquido será afectado por un cambio en su temperatura, pero ya que es prácticamente imposible comprimir los líquidos, el volumen no se afecta por un cambio de presión.

En refrigeración, el volumen del vapor de refrigerante bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, es uno de los conceptos más importantes a tener en cuenta en cuanto a la selección de las líneas de refrigerante más adecuadas.

El movimiento de cualquier fluido (aire, agua, salmuera, etc.) es producido por una diferencia de presión, que en el caso del aire acondicionado mediante conductos, se refiere a la caída de presión que se origina por rozamiento en el fluido al circular por ellos.

3.10. CONCEPTO DE VELOCIDAD

OBJETO DE ESTUDIO:

Introducción a diferentes conocimientos básicos sobre refrigeración.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Velocidades del fluido en las líneas de una instalación, retornos de aceite al compresor, caudales de aire etc.

La velocidad se puede definir como la relación que existe entre el espacio recorrido por el cuerpo móvil y el tiempo invertido en verificar el recorrido.

EJEMPLOS, FÓRMULAS Y/O PRIMEROS CÁLCULOS

Representando la velocidad por (v), el espacio por (e), y el tiempo por (t), la velocidad viene expresada por esta relación:

$$v = \frac{e}{t} = \text{metros / segundo } \text{ ó } \text{ Kilómetros / hora. etc.}$$

Se entiende que la velocidad vendrá siempre expresada por la relación entre una unidad de longitud y otra de tiempo.

Supongamos que queremos conocer la velocidad a la que circula un refrigerante en un punto concreto de la instalación, conociéndose de antemano los siguientes datos :

El peso de refrigerante en circulación : 40 Kg. / h.

El volumen específico: 0,80 litros por Kilo

El volumen del fluido circulante por hora será : $40 \times 0,80 = 32 \text{ lt. / h } \text{ ó } 32.000 \text{ cm}^3 / \text{h.}$

La línea de líquido tiene un diámetro interior de 4 m/m por consiguiente una sección de $12,5 \text{ m}^2$, ó $0,125 \text{ cm}^2$

$$\text{Velocidad del fluido en el tubo} = \frac{32.000 \text{ cm}^3 / \text{h}}{0,125 \text{ cm}^2} = 256.000 \text{ cm/h } \text{ ó } 2,56 \text{ Km/h}$$

Si la línea de líquido tiene 5 metros de largo y la velocidad es de 2,56 Km/h, representa 0,711 metros por segundo.

El tiempo necesario para efectuar el recorrido es de :

$$V = \frac{\text{espacio}}{\text{tiempo}} = \frac{5 \text{ metros}}{0,711 \text{ m / s}} = 7,03 \text{ segundos aproximadamente}$$

4

FUNDAMENTOS DE REFRIGERACION

PRINCIPIOS DE TERMODINÁMICA

4.1. QUE ES EL DIAGRAMA DE MOLLIER

OBJETO DE ESTUDIO:

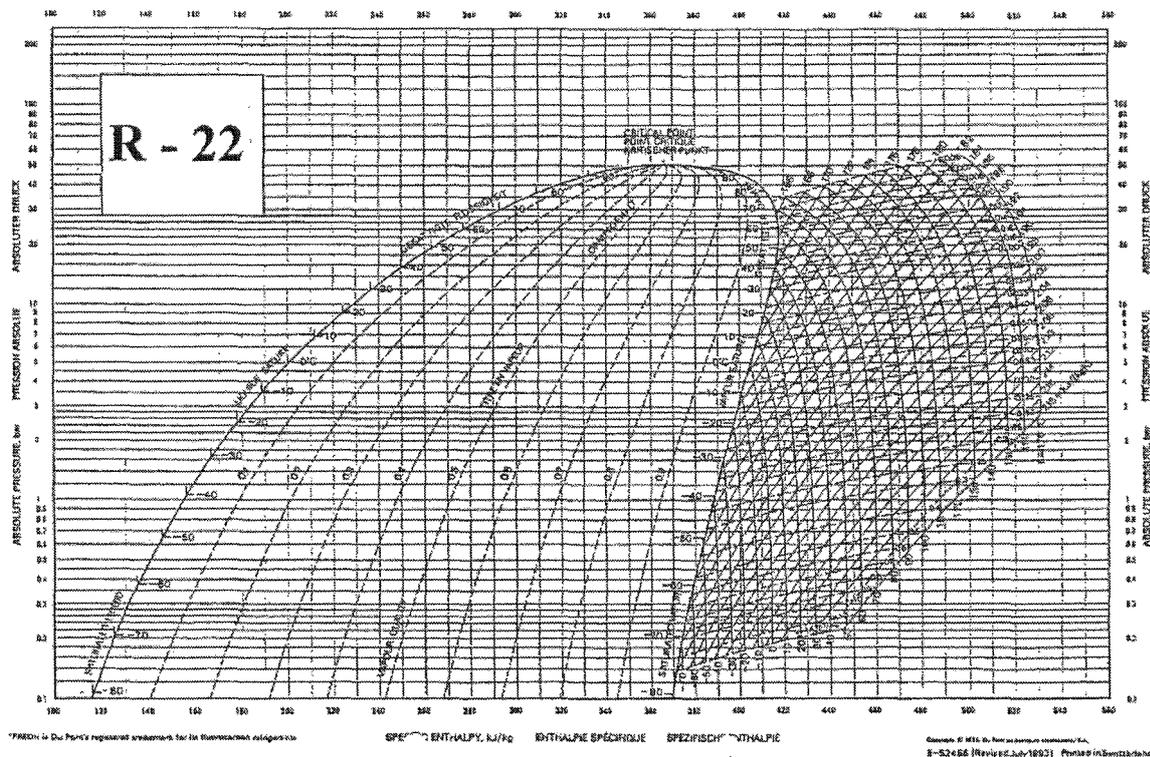
Comprender el ciclo de refrigeración por compresión mecánica.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Poder examinar el comportamiento de una instalación.

Como ejemplo comparativo diremos que si nos preguntan que ciudad está más cerca de París, si Barcelona ó Moscú, los europeos seguramente diremos que Barcelona, ahora bien si nos preguntan que ciudad está más cerca de Buenos Aires, si Londres ó Nueva York seguramente en la mayoría de los casos nos hará falta un mapa para poder dar una contestación fiable.

El diagrama de Mollier no es más que una representación gráfica, o sea, un mapa donde están representadas las propiedades de un fluido, en la que la **entalpía** (que es el contenido de calor de 1 kg de refrigerante), constituye una de las coordenadas.

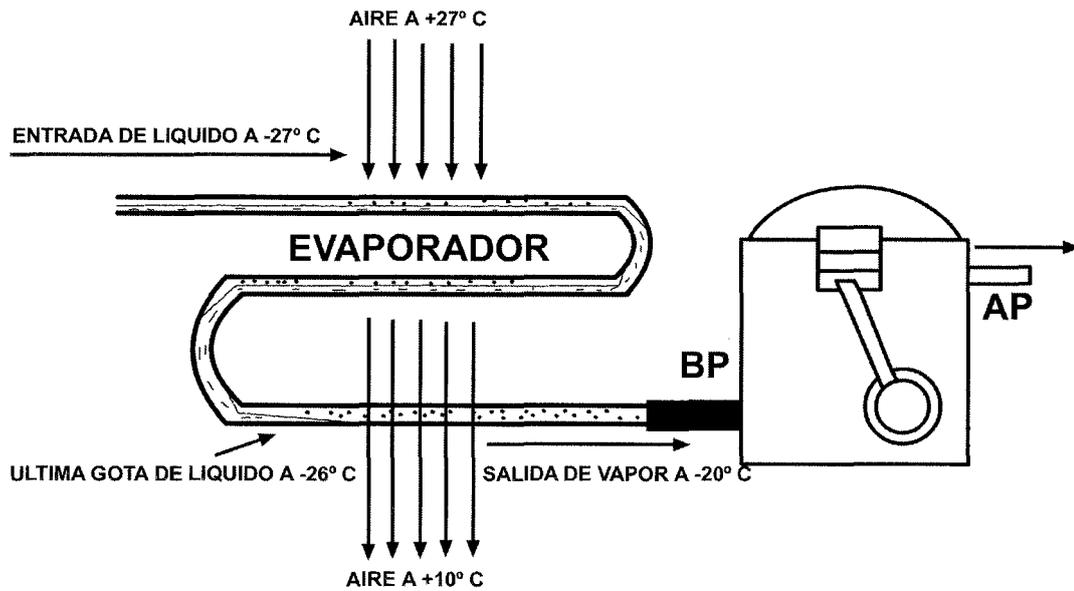


Además de contener las líneas correspondientes al líquido y vapor saturado, el diagrama posee trazos para representar la temperatura, la entropía, el volumen específico, la calidad del líquido, cálculos que si se tuvieran que hallar de forma matemática sería bastante complicado llevarlas a cabo. Cada fluido refrigerante tiene por supuesto su diagrama particular de presión - entalpía.

4. Fundamentos de refrigeración. Principios de Termodinámica

Tanto en el acondicionamiento del aire, como en la conservación o congelación de alimentos, se tiene como propósito controlar simultáneamente la temperatura, humedad, y si procede en caso del aire acondicionado la pureza de dicho aire.

Al hablar de refrigeración por aire mediante expansión directa de un fluido refrigerante, se entiende el proceso en el cual el aire se hace circular a través de un intercambiador (batería, serpentín, etc), en el que el refrigerante en estado líquido se evapora absorbiendo calor de este aire, y por lo tanto le reduce su entalpía, es decir lo enfría.



En este intercambiador se puede comprobar que :

Calor perdido por el aire del recinto refrigerado = Calor absorbido por el refrigerante

4.2. QUE UTILIDAD TIENE CONOCER EL DIAGRAMA DE MOLLIER

OBJETO DE ESTUDIO:

Comprender el ciclo de refrigeración por compresión mecánica.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Poder examinar el comportamiento de una instalación.

Pueden ser utilizados entre otros fines para el cálculo de los compresores frigoríficos, o bien para el examen del comportamiento de una instalación, elección de líneas frigoríficas etc..

Cálculo de compresores frigoríficos :

- 1º Producción frigorífica por kilo de refrigerante.
- 2º Producción frigorífica por m³ aspirado.
- 3º Equivalente del trabajo teórico de compresión por kg de fluido
- 4º Coeficiente de rendimiento frigorífico.
- 5º Producción frigorífica por kw / h
- 6º Gasto de masa de fluido.
- 7º Volumen horario aspirado.
- 8º Potencia mecánica necesaria.
- 9º Volumen horario desplazado.
- 10º Valor del rendimiento volumétrico.
- 11º Potencia mecánica real.
- 12º Cantidad de calor a evacuar en el condensador.

Examen del comportamiento de una instalación ;

- 1º Perdida de carga en las tuberías de descarga y aspiración.
- 2º Volumen específico del fluido en la aspiración.
- 3º Producción frigorífica por kg de fluido.
- 4º Equivalente del trabajo de compresión por kg de refrigerante.
- 5º Cantidad de calor a evacuar en el condensador.
- 6º Coeficiente de rendimiento frigorífico.
- 7º Producción frigorífica por m³ aspirado por el compresor.
- 8º Producción frigorífica del compresor.
- 9º Gasto de la masa de fluido frigorígeno.
- 10º Relación de la mezcla de líquido vapor, admitida en la válvula de expansión.

4.3. TRAYECTORIA DE LAS DIFERENTES LÍNEAS DE PROPIEDADES CONSTANTES EN EL DIAGRAMA

OBJETO DE ESTUDIO:

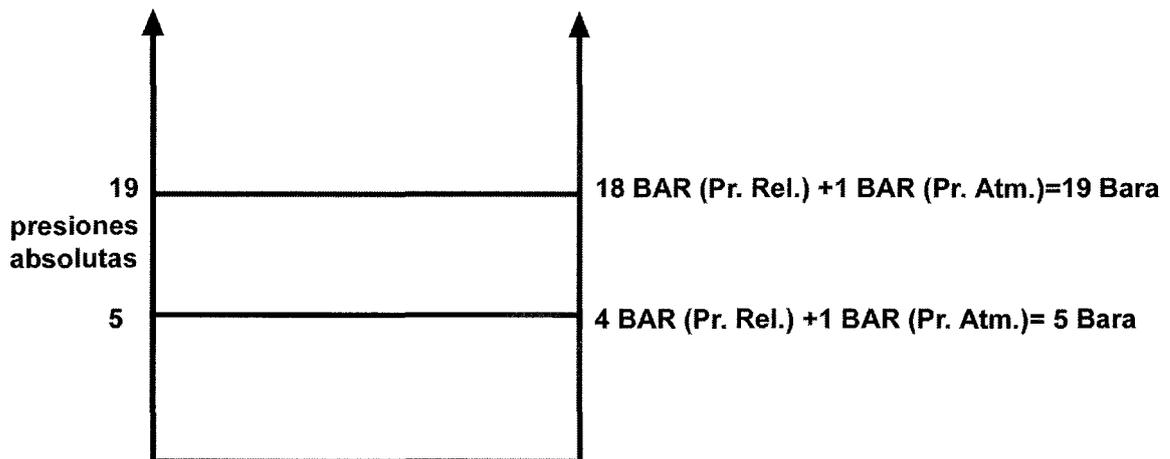
Comprender el ciclo de refrigeración por compresión mecánica.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Poder examinar el comportamiento de una instalación.

Líneas de presiones absolutas

Las líneas de presiones absolutas cruzan el diagrama horizontalmente y acostumbran a llevar el valor de presión en ambos lados del cuadrante a fin y efecto de facilitar así las diferentes lecturas de presiones según el punto del ciclo frigorífico que nos encontremos examinando.



No debemos confundirnos con las presiones de alta y baja que leemos en los manómetros de una instalación, ya que en el caso de querer pasar sus valores a un diagrama, tendremos que sumarle la presión atmosférica tanto a la alta como a la baja presión, es decir, tendremos que recordar que :

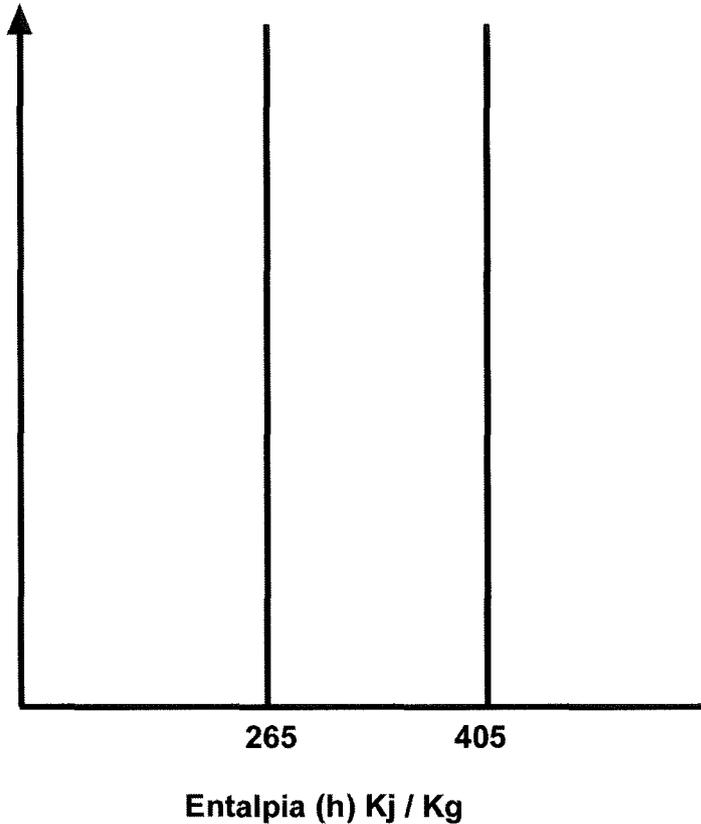
$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión relativa o manométrica} + \text{Presión atmosférica}$$

Las unidades de medida más utilizadas son el BARa (absoluto) o el PSIA. En caso de utilizar un diagrama con otras unidades de medida, utilizaremos las tablas de conversión de unidades.

En el lenguaje técnico a estas líneas horizontales se les llama **abcisas**, y al efectuarse los cambios de estado a presión constante tanto en el condensador como en el evaporador reciben el nombre de **isóbaras**.

Líneas de entalpía

Las líneas de entalpía cruzan verticalmente el diagrama y nos indican el contenido de calor que tiene un kilogramo de refrigerante bajo unas condiciones específicas.



Con este dato podremos conocer por ejemplo cuánto calor lleva el refrigerante en la entrada del evaporador, y saber cuánto lleva en la salida, ya que solo nos bastará restar los dos valores y sabremos cuánto calor ha sido capaz de absorber cada kg de refrigerante que ha pasado por el evaporador, así como la cantidad de calor que tendrá que evacuar el condensador cuando le sumemos el correspondiente al trabajo de compresión.

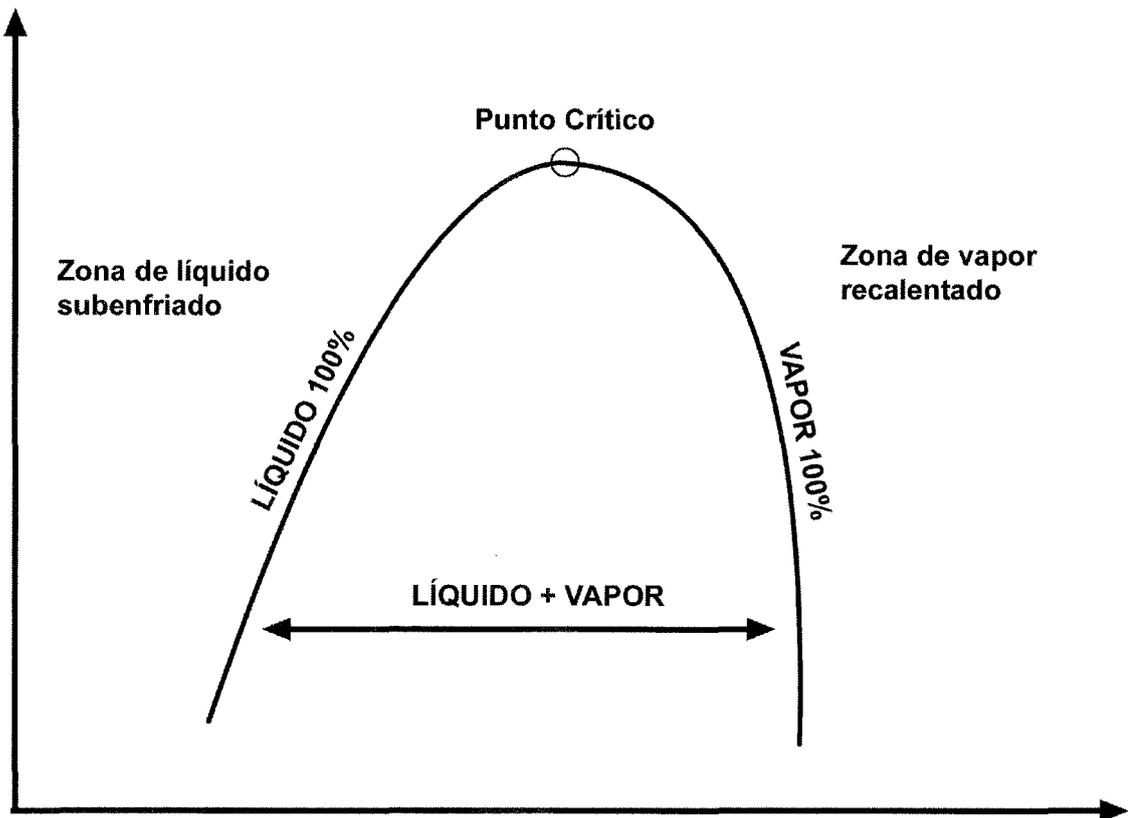
Los valores de entalpía en diferentes gráficos puede no corresponder, ahora bien las diferencias de entalpías entre dos puntos coincidirán siempre aunque sean diferentes diagramas.

Los valores de la entalpía (h) vienen reflejadas al pie del diagrama y la unidad de medida más empleada son los Kilojulios por Kilogramo de refrigerante (Kj / Kg). En el caso de querer pasar esta unidad a Kcal/ kg usaremos como siempre las tablas de conversión de unidades.

En el lenguaje técnico a estas líneas verticales se les llama **ordenadas**, y si la entalpía es constante reciben el nombre de **isoentálpicas**.

Curva de saturación

En el diagrama presión - entalpía existe una curva característica para cada fluido denominada curva de saturación (Andrews), que realmente de una forma didáctica es la frontera que delimita la zona donde se encuentra el líquido 100 % o sea saturado (zona izquierda del diagrama), de donde tenemos diferentes proporciones de líquido y vapor (zona interior de la campana), de donde tenemos vapor 100 % también saturado (zona derecha del diagrama)



El punto señalado en la parte más alta de la campana se le conoce como el punto crítico de este refrigerante, ya que en este punto por mucho que se incremente la presión ya no es posible condensarlo.

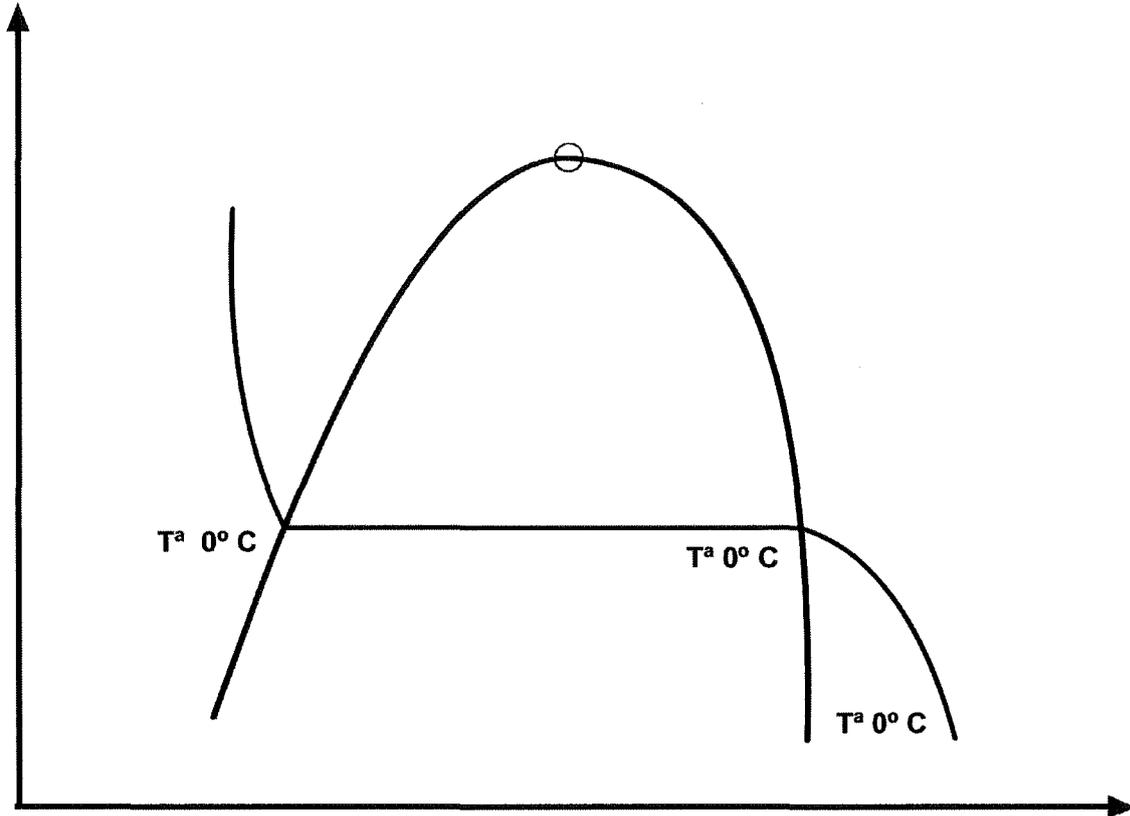
En ciertas ocasiones podemos encontrarnos diagramas de fluidos frigorígenos, que no dibujan en su totalidad la curva de saturación, es decir eliminan la parte superior de la misma, ya que las temperaturas pueden resultar excesivamente elevadas y de esta manera se evita su utilización, permitiendo además un mejor uso de la parte realmente útil.

Cuando representemos el funcionamiento de una instalación en el diagrama, veremos que la condensación y evaporación del fluido se efectuará en el interior de la campana, ya que en estos procesos tenemos diferentes proporciones de líquido y vapor, el subenfriamiento del líquido se representará en la zona izquierda del diagrama correspondiente al líquido más o menos subenfriado, y tanto el recalentamiento como la compresión de los vapores se efectuará en la zona derecha del diagrama.

Líneas de temperatura

La trayectoria de una línea de temperatura consta de tres tramos :

En la zona de cambio de fase (interior de la campana) la línea de temperatura constante coincide con una de presión constante o sea van solapadas en horizontal, porque a cada presión le corresponde una sola temperatura de saturación que queda constante durante todo el cambio de fase tanto en la condensación como en la evaporación.



Encontraremos el mismo valor de temperatura tanto en la curva de líquido como en la de vapor saturado.

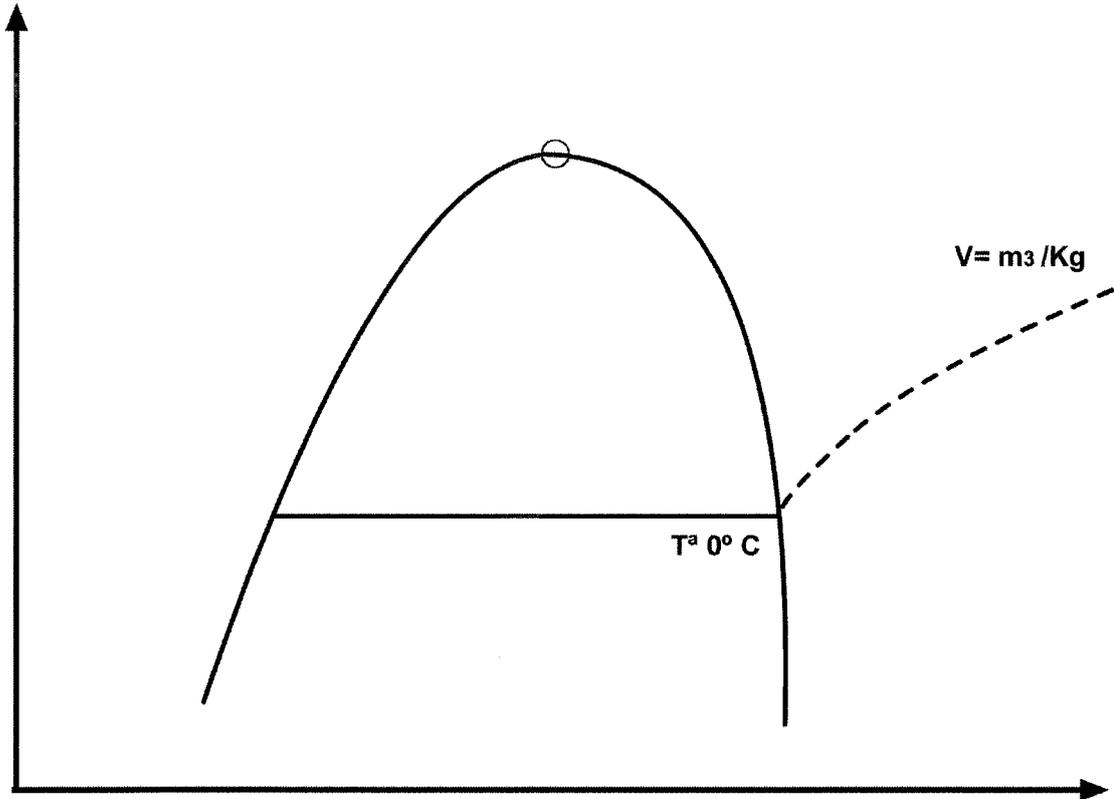
En la zona de líquido la línea de temperatura constante sigue casi en vertical - ascendente a las líneas de entalpía constante y normalmente no se representan en los diagramas, ello es debido a la incompresibilidad del líquido, ya que cualquier aumento de presión no tiene casi ninguna influencia en la entalpía del líquido.

En la zona de vapor, la línea de temperatura constante cae de forma pronunciada hacia la parte inferior del diagrama donde también encontramos su valor.

En lenguaje técnico si la temperatura es constante se le llama **isoterma**.

Líneas de volumen específico constante.

Las líneas de volumen específico constante se encuentran en la zona de vapor como líneas curvas casi horizontales.



Este dato nos permitirá conocer el volumen que ocupa un kg de refrigerante que ya está totalmente evaporado, bajo unas condiciones de trabajo específicas.

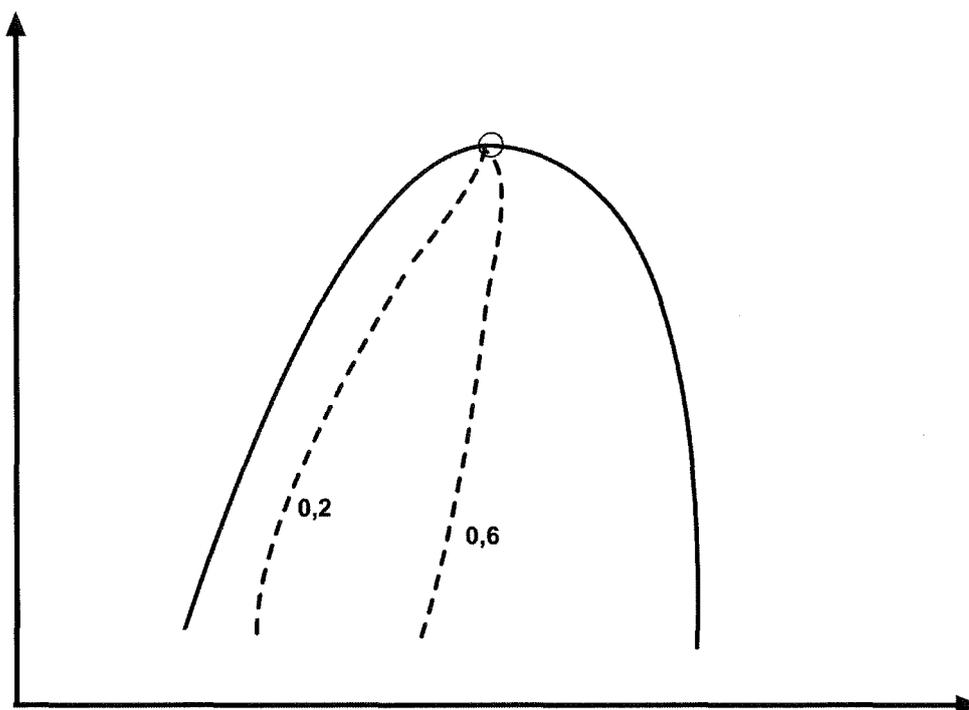
La unidad más empleada para el volumen específico es el m^3 / kg .

De arriba hacia abajo se encuentran valores crecientes de volumen específico.

Las líneas de volumen constante reciben el nombre de **isócoras**

Líneas de calidad de líquido

Estas líneas se encuentran en la zona de cambio de fase. Como se ha indicado anteriormente



cualquier punto entre las dos curvas de saturación representa una mezcla de líquido y vapor.

Los puntos más cercanos a la curva de líquido saturado, contienen más líquido que vapor, y al contrario, los puntos más cercanos a la curva de vapor contienen más vapor que líquido.

Veremos que hay nueve líneas de calidad de líquido, así cuando nos encontremos examinando un punto concreto de una instalación frigorífica, y la línea de calidad de líquido donde cae este punto leemos 0,2 sabremos que el 20% de la mezcla es vapor y el 80% es líquido, si este mismo punto cae en la línea 0,6 la mezcla estará compuesta por un 60 % de vapor y un 40 % de líquido.

Esta proporción de contenido de vapor y líquido se le llama título de vapor o calidad de líquido y se representa con la letra griega (**kappa**)

Líneas de entropía constante. (s)

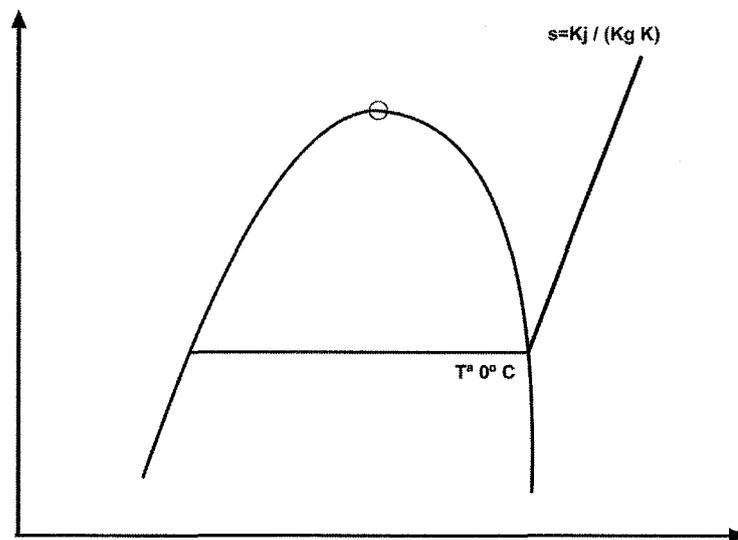
Todas las formas de energía, pueden expresarse como el producto de un factor cuantitativo por un factor cualitativo. Así, por ejemplo, en hidráulica la energía de un salto de agua es igual al peso de agua por la altura de caída.

En electricidad tenemos :

$$\text{Wattios} = \text{Intensidad} \times \text{Voltaje}$$

es decir el producto de la intensidad (factor cuantitativo) por la diferencia de potencial (factor cualitativo).

En el caso de la energía térmica nosotros conocemos la diferencia de potencial (diferencia entre la fuente caliente y la fuente fría), pero no tenemos nada que nos sirva como factor cuantitativo.



Clausius definió una nueva magnitud física, cuya medida directa no es posible, a la cual llamó **entropía** y la definió como la relación de contenido de calor del gas a su temperatura absoluta en grados Rankine, relacionada con la energía interna del gas.

Por tanto podemos definir la entropía como la energía térmica necesaria para que un cuerpo pueda efectuar reversiblemente una transformación dada, durante el espacio de tiempo en el que la temperatura puede ser considerada como constante.

El término entropía se utiliza cuando el vapor se comprime, y no se añade ni libera calor al exterior.

Cuando la entropía es constante, el proceso se denomina **adiabático**, lo cual significa que el gas cambia su condición sin la absorción o liberación de calor bien sea desde ó hacia un cuerpo o fuente externa.

Es práctica común en el estudio de ciclos de refrigeración, dibujar la línea de compresión a lo largo de una línea de entropía constante ó paralela a ella.

Estas líneas aparecen en la zona de vapor recalentado , y van muy inclinadas hacia la vertical ascendente.

Los valores crecen de izquierda a derecha, y como unidad de medida se utiliza el Kj / (kg K)

Las líneas de entropía constante reciben el nombre de **isoentrópicas**.

4.4. PROCESOS TERMODINAMICOS (Conceptos básicos)

OBJETO DE ESTUDIO:

Comprender el ciclo de refrigeración por compresión mecánica.

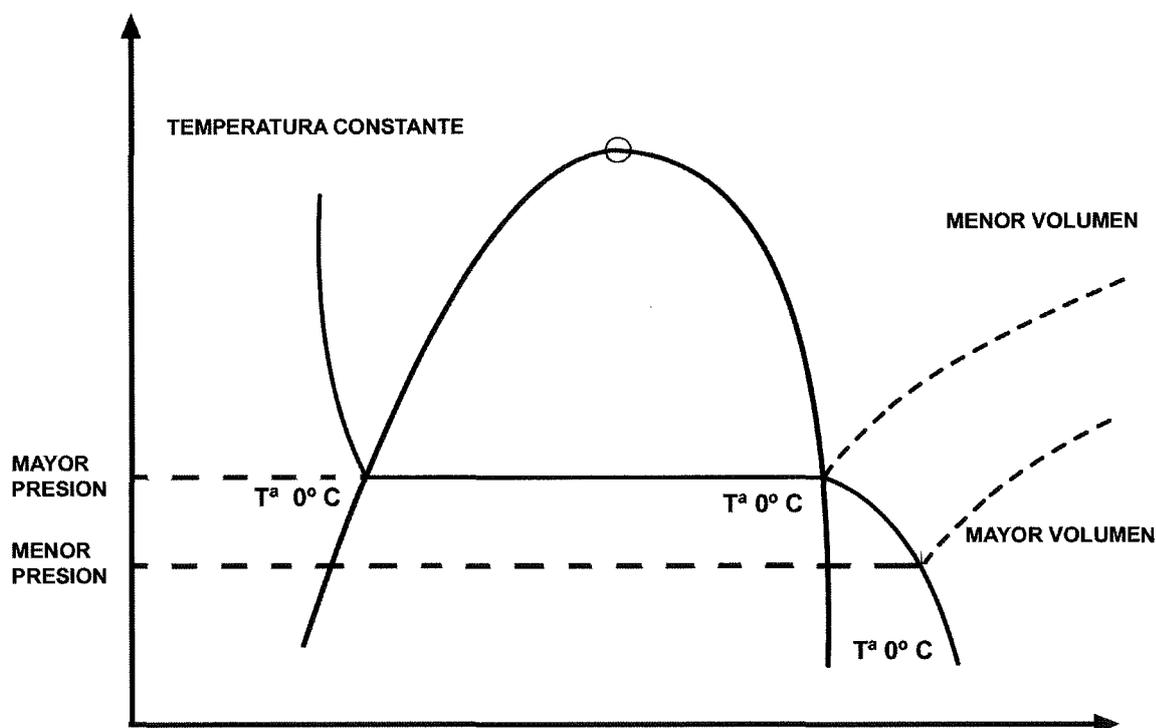
CAMPO DE APLICACIÓN:

Poder examinar el comportamiento de una instalación.

Entre los muchos procesos termodinámicos imaginables, cabe mencionar cuatro, debido a su habitual utilización en principios frigoríficos:

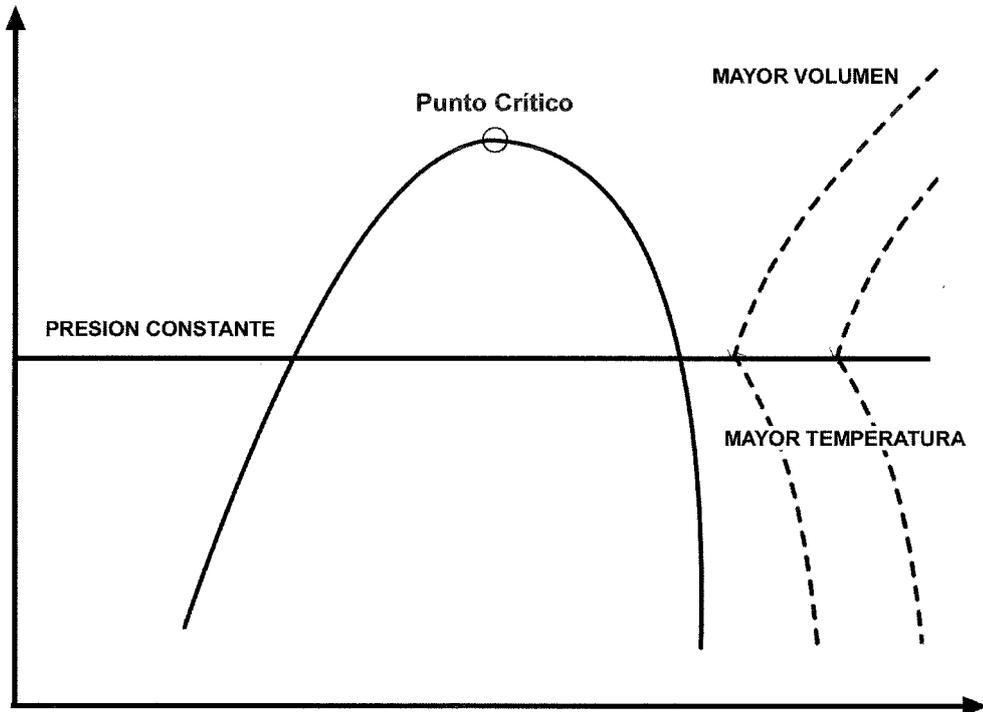
Transformaciones a temperatura constante (isotérmicas)

Si la temperatura de una masa gaseosa permanece constante, la presión y el volumen de la misma son magnitudes inversamente proporcionales.



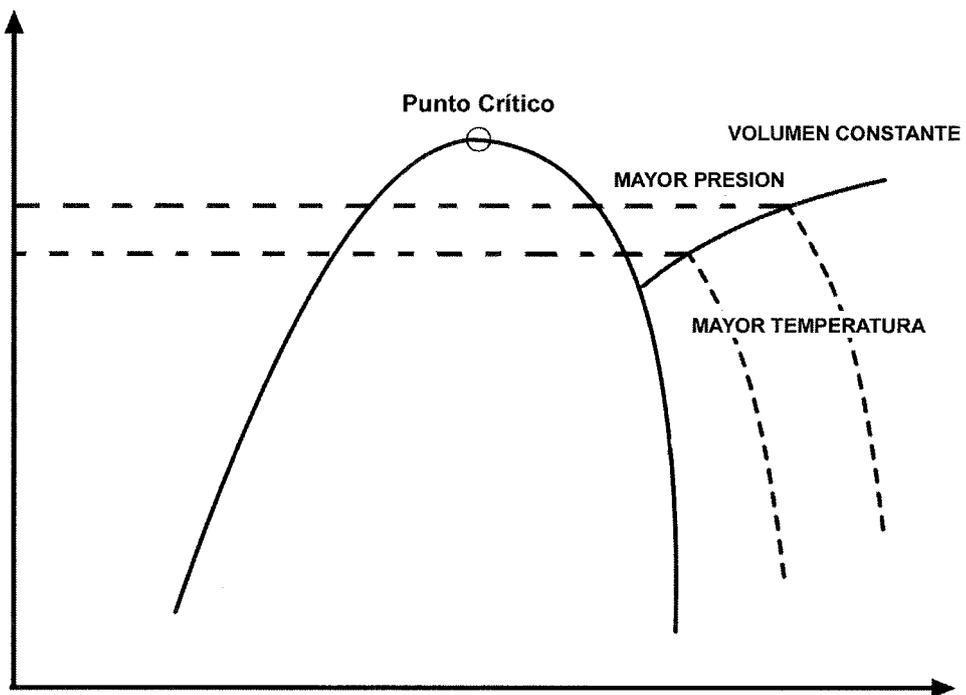
Transformaciones a presión constante (isobáricas)

Si la presión de una masa gaseosa permanece constante, el volumen de la misma es directamente proporcional a la temperatura.



Transformaciones a volumen constante (isócoras)

Si el volumen de una masa gaseosa permanece constante, la presión de la misma es directamente proporcional a la temperatura.



En la transformación intervienen las tres variables, donde el volumen es directamente proporcional a la temperatura, e inversamente proporcional a la presión.

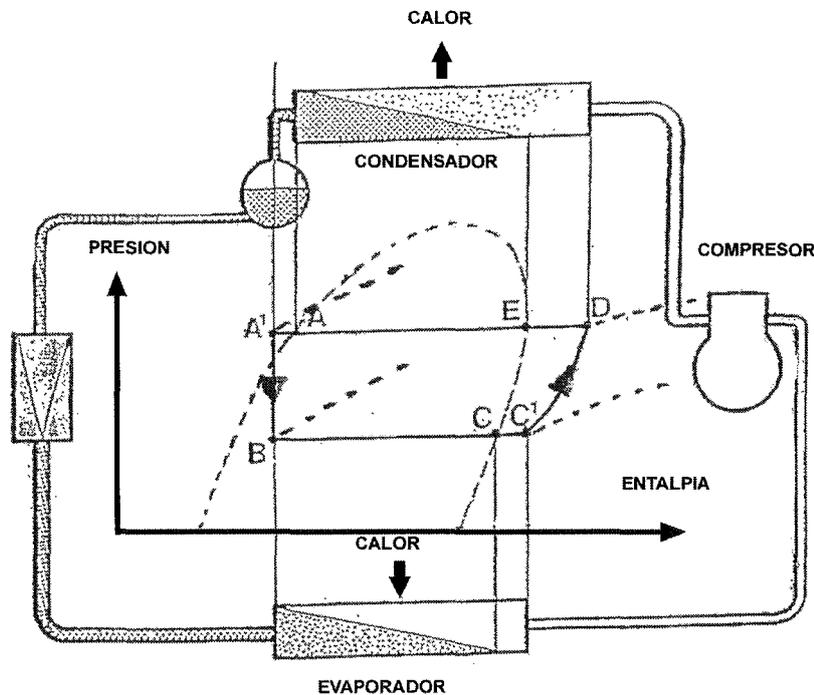
Transformaciones adiabáticas (isoentálpicas)

Son aquellas en las que no hay transferencia de calor, ya que el contenido de calor (energía interna) no ha cambiado.

EJEMPLOS :

Expansión adiabática.

En este componente se deja que el fluido se expanda desde la presión de condensación a la presión de evaporación, con el consecuente aumento de volumen, y su temperatura desciende desde la fuente caliente hasta la fuente fría sin intercambio de calor con el exterior. Durante la expansión se produce una cierta cantidad de trabajo mecánico.



Compresión adiabática.

El fluido se comprime de manera que su presión aumenta de la presión de evaporación hasta la presión de condensación y su volumen disminuye. El fluido se supone perfectamente aislado por lo que todo el trabajo mecánico exterior suministrado se emplea en la elevación de la temperatura del gas.

4.5. EL CICLO DE REFRIGERACIÓN EN EL DIAGRAMA DE MOLLIER

OBJETO DE ESTUDIO:

Comprender el ciclo de refrigeración por compresión mecánica.

CAMPO DE APLICACIÓN:

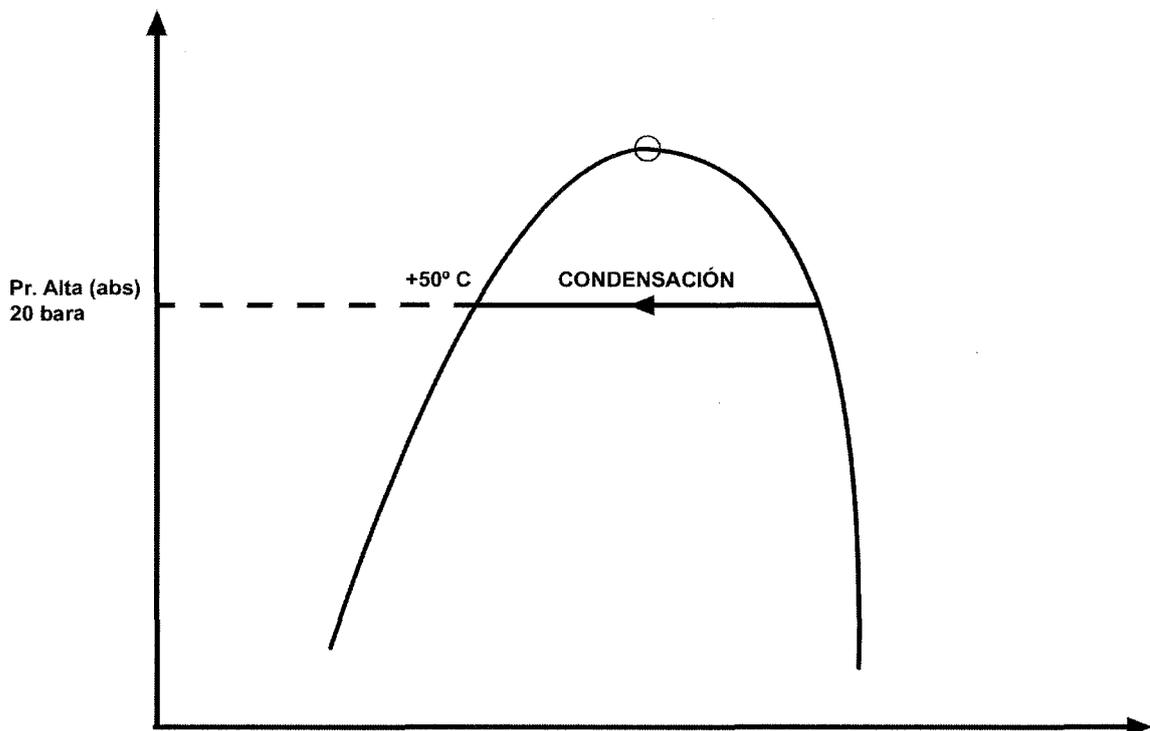
Poder examinar el comportamiento de una instalación.

El ciclo de refrigeración simple comprende como ya sabemos, las cuatro funciones básicas:

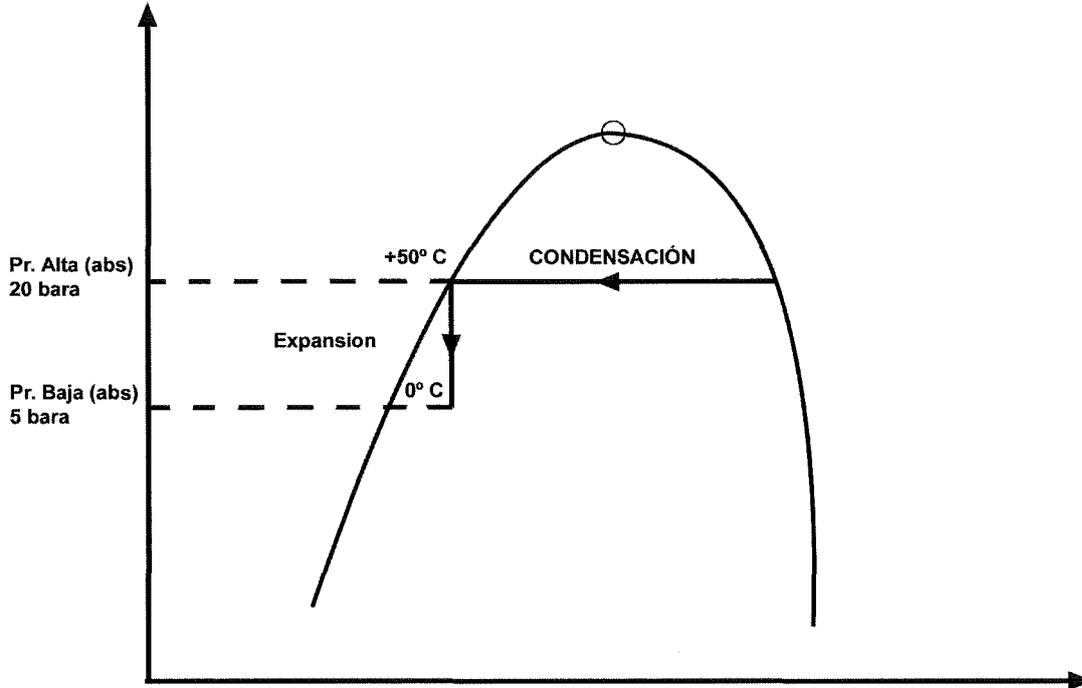
CONDENSACIÓN – EXPANSIÓN – EVAPORACIÓN – COMPRESIÓN

Pongamos como ejemplo que queremos representar el ciclo frigorífico de una instalación de aire acondicionado que monta R-22 como refrigerante.

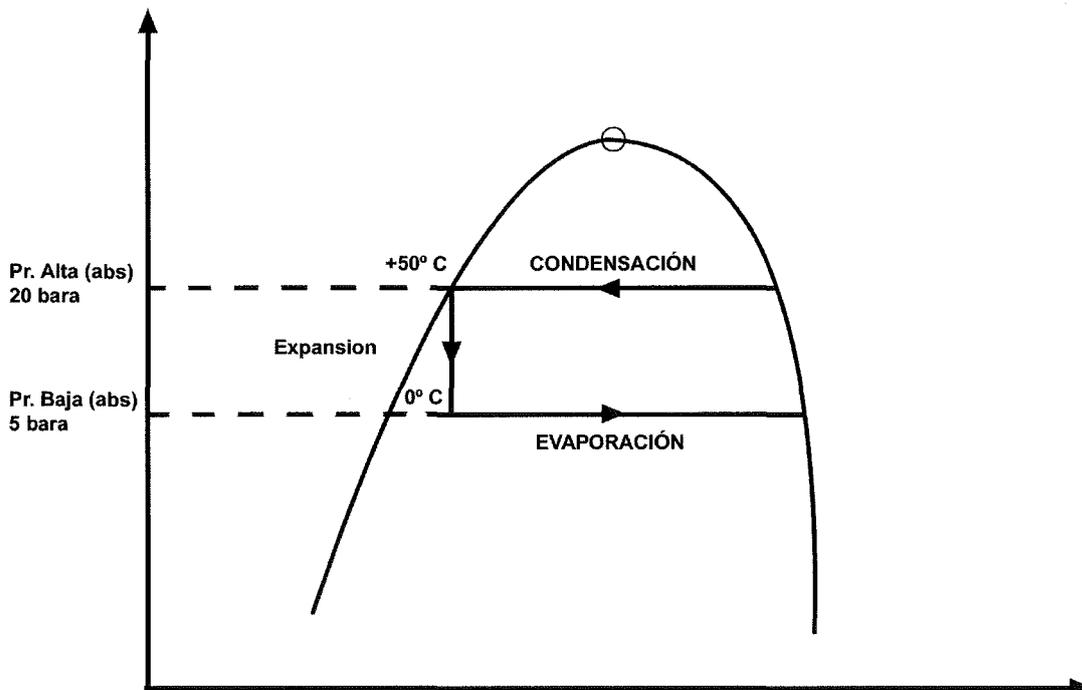
Empezaremos por instalar el **manómetro** en la toma de alta presión y leemos una presión de 19 Bar, correspondiente a una temperatura de condensación de $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, como el diagrama solo trabaja con presiones absolutas tendremos que **sumar 1 bar** a la lectura efectuada y trazaremos dentro de la curva de saturación una línea que iniciará su recorrido en la curva de vapor y llegará hasta la curva de líquido saturado a presión constante, ya que dentro del condensador tenemos diferentes proporciones de gas y líquido a la misma presión de alta.



Si siguiendo la instalación entramos en la expansión y lo que sucede en esta zona del circuito es que al refrigerante se le baja la presión de una forma brusca, por lo que tomaremos la presión en el circuito de baja y su valor es de 4 bar, le sumaremos 1 bar de la presión atmosférica y trazaremos una línea vertical que ira desde el final de la condensación hasta la presión de baja absoluta, esta línea vertical corresponderá a la expansión.

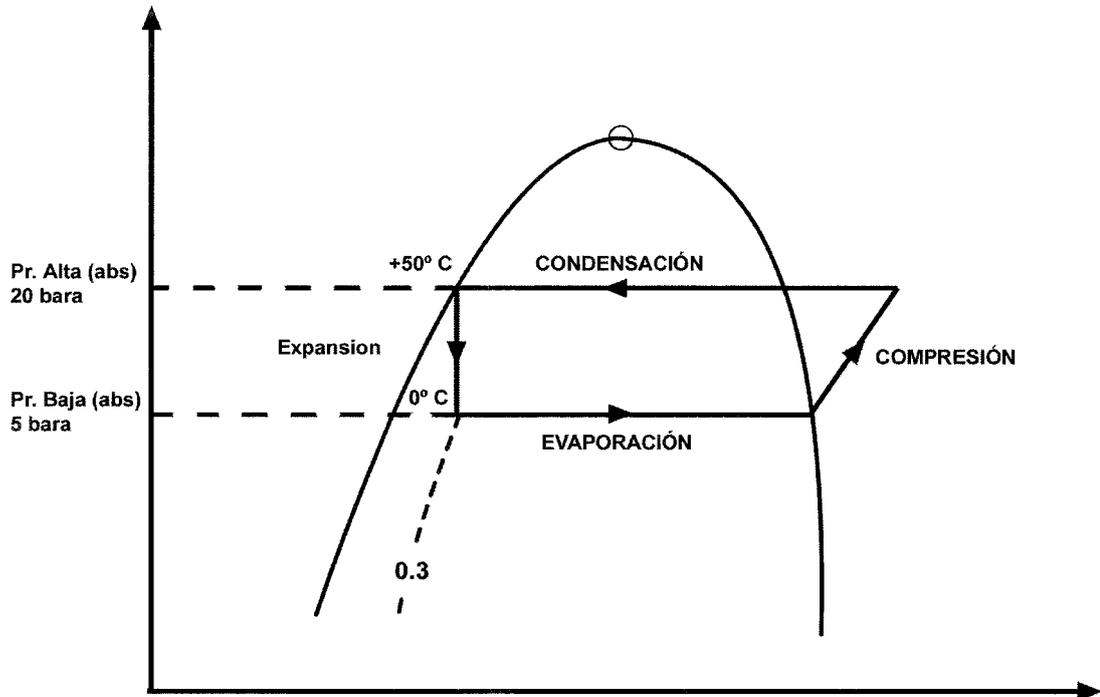


La evaporación del líquido dentro del evaporador, se llevará a cabo desde el final de la línea de expansión hasta la línea de vapor saturado a presión y temperatura constante.



Una vez evaporada la última gota de refrigerante nos encontramos con el compresor, el cual aspirará el vapor a la presión de baja y lo comprimirá hasta la presión de alta siguiendo las líneas de entropía constante.

Una vez el gas comprimido llega a la presión de alta, ira cediendo el calor de compresión al medio empleado para condensar hasta llegar a la curva de saturación, donde a partir de este punto empezará a formar las primeras gotas de líquido.



De esta forma queda representado el ciclo de funcionamiento de esta instalación en el diagrama de presión – entalpía.

Si examinamos la línea correspondiente a la evaporación observaremos que no va totalmente desde la curva de líquido saturado a la de gas saturado, ello es debido a que al refrigerante en el proceso de expansión se le ha hecho pasar de golpe de una temperatura de +50 °C que tenía en la condensación, a 0 °C que hay en la evaporación, y el fluido refrigerante se ha tenido que enfriar autoconsumiendo el propio líquido, hasta conseguir él la temperatura de evaporación de 0 °C.

Si observamos la línea de calidad de líquido que cruza el comienzo de la evaporación, sabremos el porcentaje consumido por este motivo, en este caso un 30 % ya es vapor.

4.6. PRIMEROS CÁLCULOS DE UNA INSTALACIÓN

OBJETO DE ESTUDIO:

Comprender el ciclo de refrigeración por compresión mecánica.

CAMPO DE APLICACIÓN:

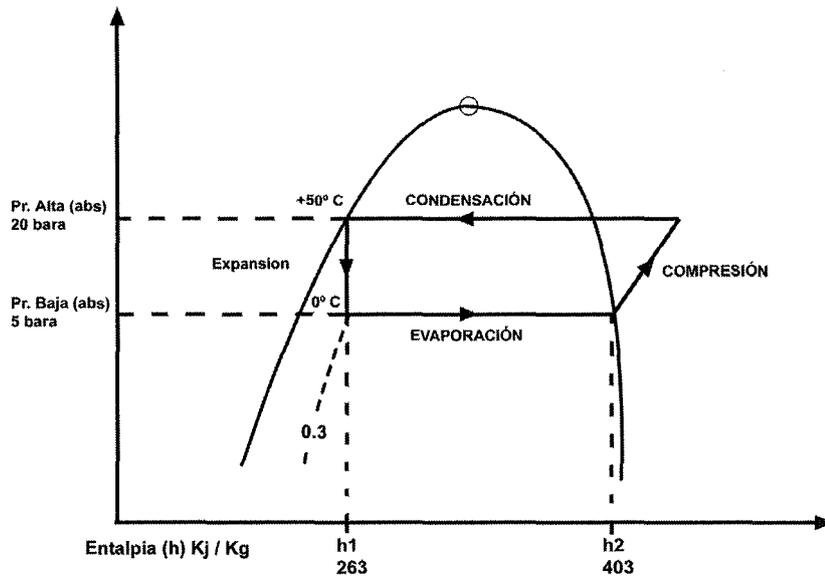
Poder examinar el comportamiento de una instalación.

En este apartado se explican de una forma comprensible los cálculos más usuales, que le pueden interesar a un Técnico de Servicio para la reparación, o mantenimiento de instalaciones frigoríficas, en caso de querer profundizar más sobre el estudio de los ciclos termodinámicos, sería conveniente adquirir las próximas publicaciones destinadas al estudio de máquinas frigoríficas, ya que este libro solo pretende ser una primera ayuda lo más clara y concreta posible destinada al Técnico de Servicio.

Producción frigorífica específica.

Cantidad de calor que puede llevarse cada Kg de refrigerante que se evapora en el evaporador.

Si queremos saber el contenido de calor (entalpia h) que lleva el refrigerante en la entrada del evaporador, solo tendremos que trazar una línea vertical desde el inicio de la evaporación hasta la base del diagrama y leeremos una entalpia de 263 Kj / Kg. A este punto le asignaremos (h 1) para los sucesivos cálculos.



A continuación y de la misma forma examinaremos el contenido de calor del refrigerante a la salida del evaporador, trazaremos una línea desde este punto hasta la base del diagrama y nos encontramos con una entalpía de 403 Kj / Kg. A este punto le asignaremos (h 2).

Solo nos bastará restar los dos valores (h 2 - h 1) para saber, cuanto calor ha absorbido cada Kg. de refrigerante en su paso por el evaporador.

Producción frigorífica esp. = 403 Kj / Kg - 263 Kj / Kg = 140 Kj / Kg.

Para convertir Kilojulios en Kilocalorias dividiremos los Kilojulios entre 4,18 (tablas)

140 Kj : 4,18 = 33,49 Kilocalorias / Kilogramo.

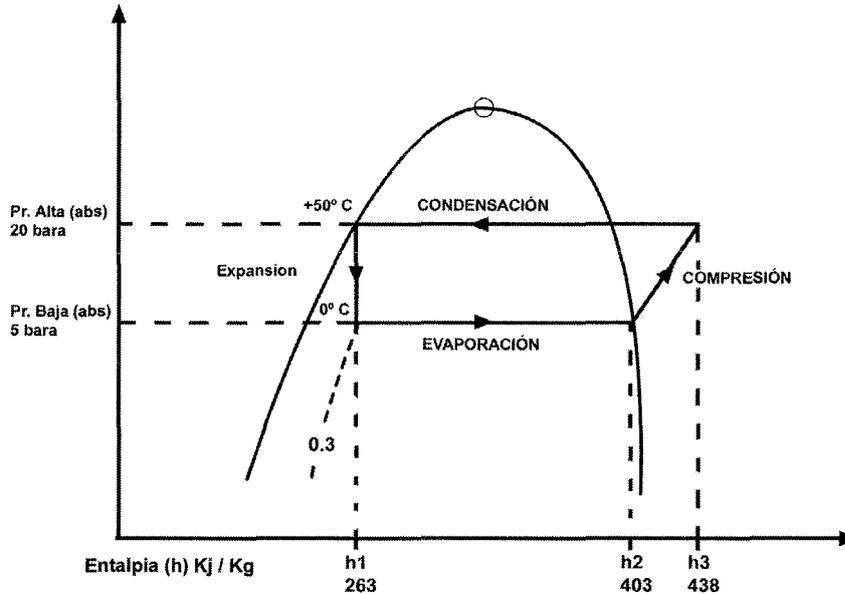
1Kcal = 4,18 Kj ó 1 Kj = 0,24 Kcal

Equivalente de calor del trabajo de compresión.

Una vez comprimidos los vapores que se han producido durante la evaporación nos encontramos al final de la compresión con la temperatura de descarga.

Igual que en los dos casos anteriores trazaremos una línea vertical desde este punto hacia la base del diagrama, y veremos que la entalpía del refrigerante es de 438 Kj / Kg. A este punto del ciclo le asignaremos (h 3).

Por lo tanto el calor de compresión será $h_3 - h_2$



Calor del trabajo de compresión = 438 Kj / Kg - 403 Kj / Kg = 35 Kj / Kg.

Calor a evacuar en el condensador.

El condensador tendrá que ser capaz de evacuar el calor de la producción frigorífica más el del trabajo de compresión.

Por lo tanto tendremos que restar $h_3 - h_1$

Calor a evacuar en el condensador = 438 Kj / Kg - 263 Kj / Kg = 175 Kj / Kg.

Caudal másico.

La cantidad de fluido frigorígeno que tiene que ser evaporado para conseguir una potencia frigorífica deseada.

Supongamos que previo cálculo sabemos que la potencia frigorífica deseada es de 6000 Fg / h.

Si conocemos que hay que evacuar del recinto 6000 Fg / h, y cada Kg de refrigerante es capaz de transportar 140 Kj / Kg, en primer lugar tendremos que transportar los dos factores a una misma unidad de medida, en este caso convertiremos los 140 Kj / Kg a Kcal / Kg., dividiéndolos entre 4,18 (tablas de conversión de unidades) y nos dará un resultado de 33.49 Kcal / Kg.

$$\text{Caudal másico} = \frac{6000 \text{ Kcal / h (que hay que evacuar)}}{33,49 \text{ Kcal / Kg (que absorbe 1 kg de refig.)}} = 179 \text{ Kg / h.}$$

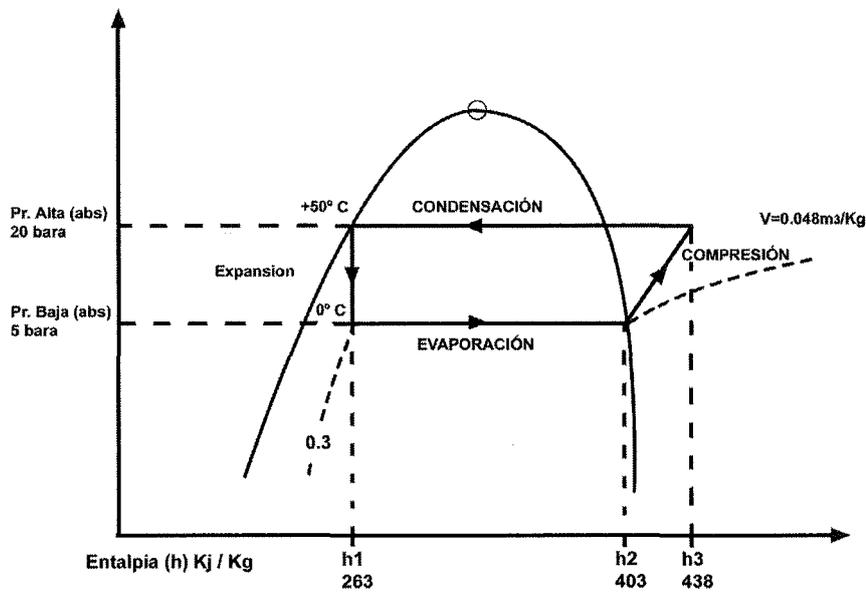
Estos será los Kilos de refrigerante que tienen que circular por el evaporador en una hora para conseguir la potencia frigorífica deseada.

Desplazamiento ó caudal volumétrico (teórico).

Caudal de fluido en m^3 / h a trasegar por el compresor, para que se desarrolle la potencia frigorífica estimada.

En primer lugar tendremos que hallar la producción frigorífica volumétrica o sea las Kilocalorías que transportará cada m^3 de refrigerante.

Si sabemos que la producción frigorífica del refrigerante es de $33,49 \text{ Kcal / Kg}$. nos hará falta saber a través de las líneas de volumen constante del diagrama, el volumen que ocupa 1 Kg de refrigerante evaporado en estas presiones de trabajo, y vemos que es de $0,048 \text{ m}^3 / \text{Kg}$.



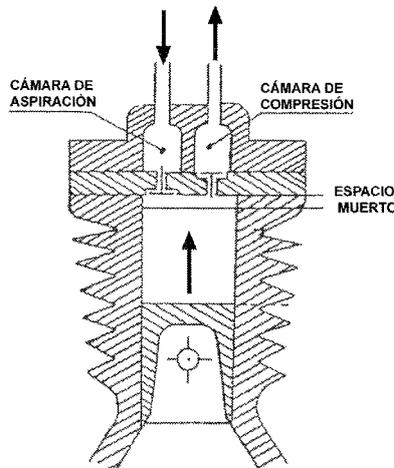
$$\text{Producción frigorífica volumétrica} = \frac{33,49 \text{ Kcal / Kg}}{0,048 \text{ m}^3 / \text{Kg}} = 697,70 \text{ Kcal / m}^3$$

$$\text{Caudal volumétrico} = \frac{6000 \text{ Kcal / h que hay que evacuar}}{697,70 \text{ Kcal / m}^3} = 8.59 \text{ m}^3 / \text{h que deberá aspirar el compresor (teórico)}$$

Volumen real a aspirar por el compresor.

El volumen real a aspirar o el desplazamiento que lleva a cabo el compresor, siempre deberá ser mayor que el volumen teórico debido a que cualquier compresor tiene un rendimiento volumétrico inferior a la unidad, debido entre otras causas al espacio muerto que queda durante la compresión, entre el final del recorrido del pistón por el interior del cilindro y las válvulas del compresor.

En un compresor ideal el pistón llegaría hasta el final del cilindro, pero de ser así, el pistón golpearía el fondo del cilindro y habría roturas y dilataciones. Para evitar esto se deja un espacio entre el punto más alto que llega el pistón y el fondo del cilindro llamado espacio perjudicial ó espacio muerto debido a la pérdida de rendimiento.



Al llegar el pistón al punto más alto, queda en el compresor un cierto volumen de fluido. Al retroceder el pistón este gas se va expandiendo y bajando su presión pero impide que se abra la válvula de aspiración hasta que su presión llegue a ser ligeramente inferior. Esto hace que durante un cierto recorrido, no exista aspiración y por tanto el volumen aspirado sea menor

$$\text{Rendimiento volumétrico} = \frac{\text{caudal volumétrico teórico}}{1 - (\text{espacio muerto} \times \text{relación de compresión})}$$

En el caso de no disponer de suficiente información técnica sobre las características del compresor en lo que concierne al espacio muerto, se puede tomar como factor de referencia:

- compresores herméticos = 0,04
- compresores semiherméticos = 0,02

Para hallar la relación de compresión ó eficiencia volumétrica, nos bastará dividir la presión absoluta de alta, por la presión absoluta de baja.

$$\text{Relación de compresión} = \frac{\text{Presión absoluta de alta}}{\text{Presión absoluta de baja}} = \frac{20 \text{ Bara}}{5 \text{ Bara}} = 4$$

Todo valor que exceda de 10 en el resultado, podremos asegurar que el compresor de la instalación quemará aceite, debido a las altísimas temperaturas que se alcanzarán durante la compresión del refrigerante.

$$\text{Rendimiento volumétrico} = 1 - (0,04 \times 4) = 0,84$$

$$\text{Volumen real a aspirar} = \frac{8,59 \text{ m}^3 / \text{h} \text{ (teórico)}}{0,84} = 10,22 \text{ m}^3 / \text{hora.}$$

En caso de interesarnos la cilindrada en cm^3 , tendremos que saber que para aspirar 1 m^3 , hace falta disponer de una cilindrada de $5,75 \text{ cm}^3$

Potencia frigorífica del condensador.

Expresa la cantidad de Kilocalorías / hora a eliminar en el condensador.

$$\text{Potencia frigorífica del condensador} = \text{Kg que deben circular} \times \text{Calor a evacuar por Kg}$$

$$\text{(Caudal másico)} \quad \text{(} h_3 - h_1 \text{)}$$

$$\text{Potencia frigorífica del condensador} = 179 \text{ Kg} / \text{h} \times 175 \text{ Kj} / \text{Kg} = 31.325 \text{ Kj} / \text{h}$$

$$31.325 \text{ Kj} / \text{h} : 4,18 = 7.494 \text{ Kcal} / \text{h}$$

Potencia frigorífica del evaporador.

$$\text{Potencia frigorífica del evaporador} = \text{Kg que deben circular} \times \text{Calor que se puede llevar 1 Kg.}$$

$$\text{(Caudal masico)} \quad \text{(Producción frig. } h_2 - h_1 \text{)}$$

$$\text{Potencia frigorífica del evaporador} = 179 \text{ Kg} / \text{h} \times 140 \text{ Kj} / \text{kg} = 25.060 \text{ Kj} / \text{h}$$

$$25.060 \text{ Kj} / \text{h} : 4,18 = 5.995 \text{ Kcal} / \text{h.}$$

C.O.P. frigorífico.

El término C.O.P. (Coefficient of performance ó Coeficiente de transformación), relaciona la energía entregada o absorbida por un sistema con respecto a la energía térmica equivalente que se necesita proporcionar al compresor en la compresión del vapor frigorígeno.

$$\text{COP} = \frac{\text{Potencia térmica útil entregada}}{\text{Potencia absorbida (trabajo de compresión)}}$$

$$\text{COP} = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_2} = \frac{140 \text{ Kj} / \text{Kg}}{35 \text{ Kj} / \text{Kg}} = 4$$

4. Fundamentos de refrigeración. Principios de Termodinámica

COP (Coeficiente de transformación) significa que por cada Kw que se consume, se obtienen 4 térmias útiles, considerándolo así como un rendimiento termodinámico.

La temperatura de evaporación y la temperatura de condensación varían la eficiencia del ciclo de refrigeración, más la primera que la segunda.

El efecto refrigerante en un ciclo, entendiéndose por unidad de masa del fluido movido, a igualdad de temperatura de condensación (es decir, en las mismas condiciones de condensación), es mayor cuanto mayor sea la temperatura de evaporación.

Es decir, un mismo refrigerante que tenga que trabajar a una temperatura de enfriamiento de +5 °C tendrá mayor eficiencia en igualdad de las otras condiciones que si debe enfriar o vaporizar a una temperatura de - 10 °C, por ejemplo.

Por otro lado, si suponemos un ciclo en que pueda elegirse en igualdad de temperatura de evaporación, distintas temperaturas de condensación, cuanto más alta sea esta última menor será la eficiencia del sistema.

4.7. RECALENTAMIENTO DE LOS VAPORES.

OBJETO DE ESTUDIO:

Comprender el ciclo de refrigeración por compresión mecánica.

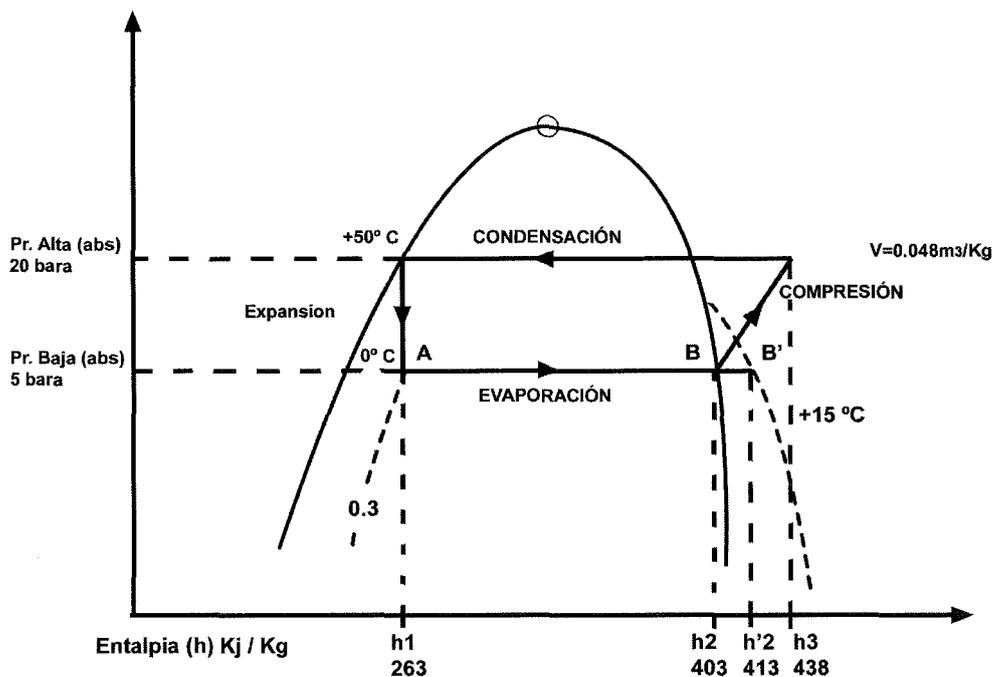
CAMPO DE APLICACIÓN:

Poder examinar el comportamiento de una instalación.

Según el ciclo de refrigeración simple (sin recalentamiento), se admite que el vapor de succión llegue a la entrada del compresor a la presión y temperatura de evaporación.

En realidad esto no acostumbra a ser así, pues normalmente el vapor frío que sale del evaporador sigue absorbiendo calor después de que todo el líquido haya sido evaporado y el vapor entra al compresor algo recalentado.

Para conocer como se representa en el diagrama entálpico, vamos a suponer que el vapor después de salir del evaporador mantiene su presión de evaporación de 5 Bara, hasta la entrada del compresor, pero su temperatura sube de 0 °C a +15 °C.



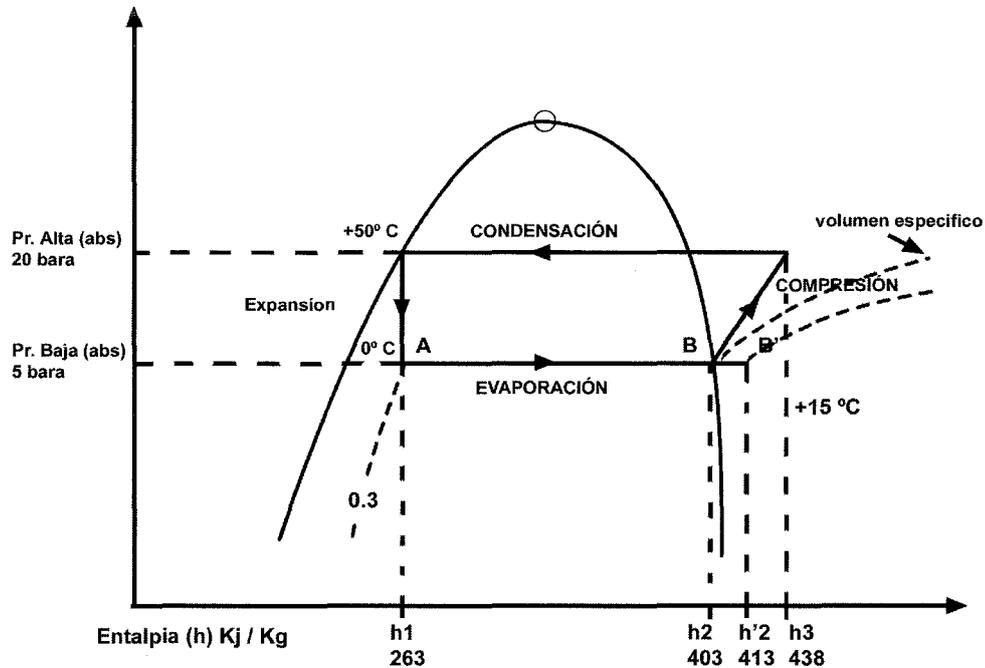
En el diagrama este aumento de temperatura a la presión constante de 5 Bara, se representa como se muestra en el dibujo.

En la instalación representada en los cálculos anteriores donde se mostraba el ciclo saturado simple, la evaporación empezaba en A y terminaba en B, en nuestro caso el punto B' se obtiene por la sección (corte) de la línea de presión correspondiente a 5 Bara, con la línea de temperatura correspondiente a +15 °C.

La diferencia de entalpía entre el punto B = 403Kj /kg y B' = 413 Kj / Kg. representa el calor de recalentamiento para aumentar la temperatura de 0°C a +15°C.

Efectos del recalentamiento.

Como consecuencia del recalentamiento se notan los siguientes cambios principales:



1º El volumen específico del vapor aspirado es más grande ó sea el vapor será menos denso, y por consiguiente cada m³ de vapor aspirado por el compresor pesará menos, es decir, contendrá menos masa de refrigerante y la capacidad del compresor se reducirá.

2º La temperatura de compresión o de descarga a la salida del compresor es más alta, el cilindro, pistón, válvulas, etc...estarán más calientes y el desgaste que sufrirán será mayor.

Especialmente en instalaciones de baja temperatura el recalentamiento del vapor de aspiración puede provocar temperaturas de compresión excesivas que pueden llegar a dañar el compresor.

3º El calor que debe desprenderse en el condensador es superior y especialmente el de trabajo de compresión, o sea, el calor sensible que tiene que desprenderse primero antes de empezar la condensación lo que disminuye el rendimiento del condensador.

Así pues los efectos del recalentamiento pueden ser favorables o desfavorables a la capacidad del sistema, todo dependerá del lugar y el método que se utilice.

Efecto frigorífico utilizable :

- 1º En el tubo de salida del evaporador.
- 2º En la línea de succión dentro del espacio refrigerado.

Efecto frigorífico no utilizable :

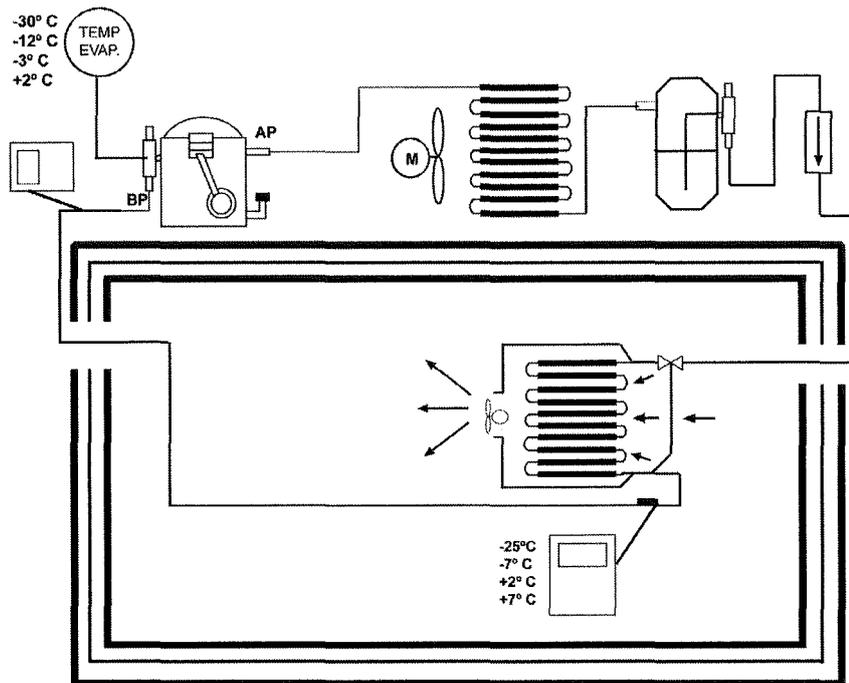
- 1º En la línea de succión fuera del espacio refrigerado.

2° En el compresor.

3° En un intercambiador de calor de líquido – vapor de succión

Recalentamiento en el tubo de salida del evaporador.

El control del flujo de refrigerante en el tubo de salida del evaporador, debe asegurar que todo el refrigerante sea vaporizado antes de salir del evaporador y evitar que lleguen gotas de líquido hasta el compresor.



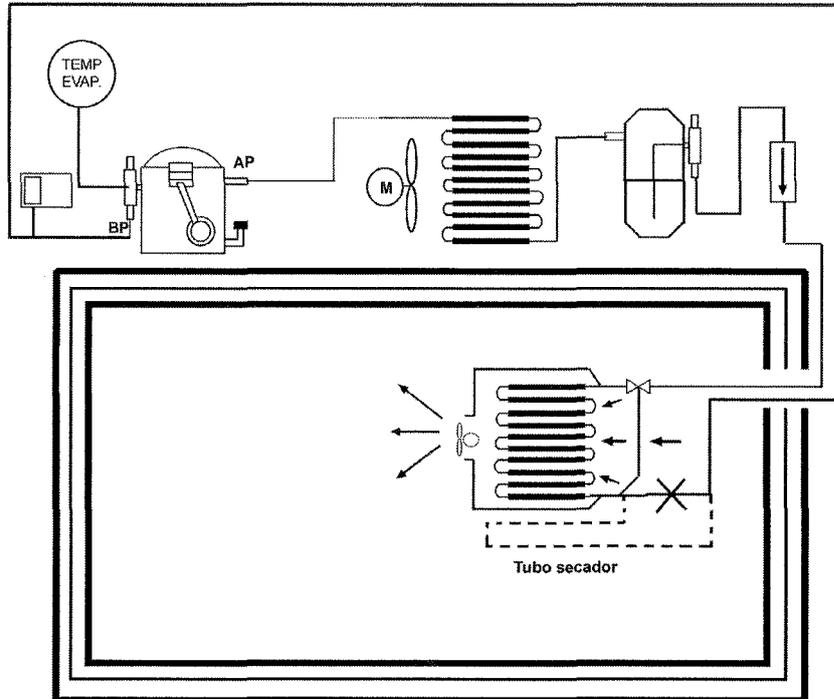
La razón es que los compresores son construidos principalmente como “bomba de vapor” y no soportan el paso de partes líquidas a través de las áreas restringidas de los cilindros y las válvulas, ya que los “golpes de líquido” son uno de los daños más temidos en la técnica de la refrigeración.

Las válvulas de expansión son construidas y ajustadas de manera que la última parte del evaporador sea la zona reservada para el recalentamiento del vapor, así el calor usado para recalentar proviene del existente en el interior de la cámara y representa un efecto frigorífico utilizable.

El recalentamiento en el evaporador tiene que limitarse al necesario para asegurar que solo salga de él vapor seco, y como valor adecuado se admite en el tubo de salida del propio evaporador exista un recalentamiento de entre 3 y 5° C sobre la temperatura de evaporación.

Recalentamiento en la línea de succión dentro del espacio refrigerado.

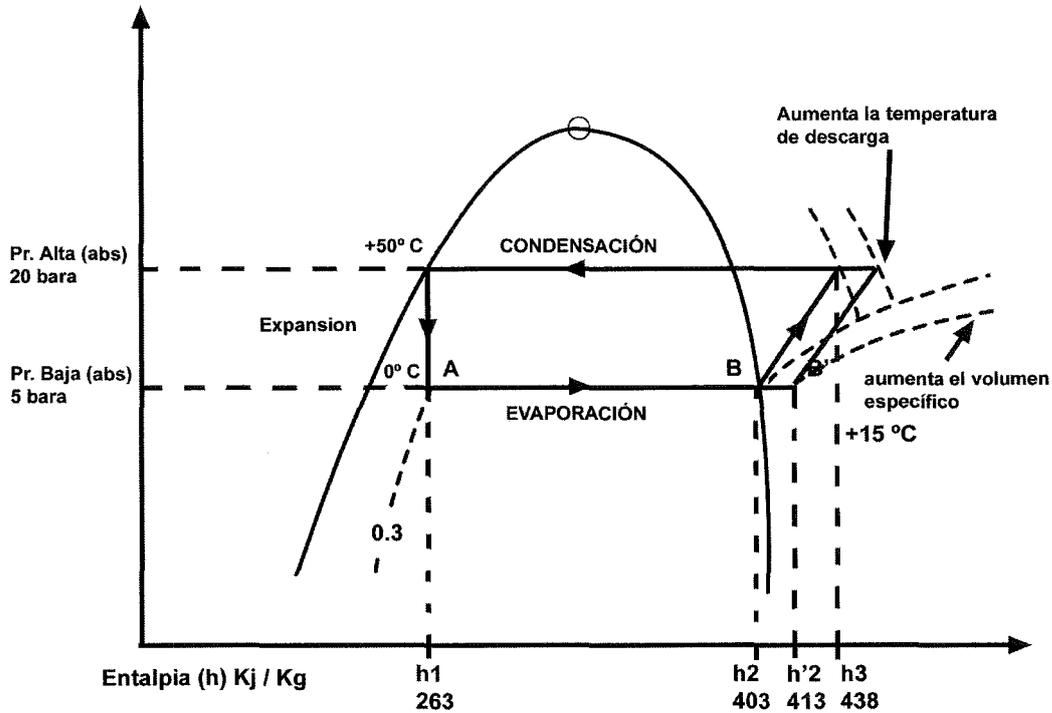
En casos donde el espacio disponible para el evaporador no hace posible un control óptimo del recalentamiento, o bien si la aspiración del motor está peligrosamente cerca del final del evaporador, es aconsejable montar una vuelta de tubo adicional inmediatamente después del evaporador dentro del espacio refrigerado. A este circuito se le llama tubo secador ya que su misión es secar al vapor de partículas líquidas.



Instalando este circuito podemos lograr un recalentamiento de 2 a 4°C y el efecto frigorífico es utilizable.

Recalentamiento en la línea de succión fuera del espacio refrigerado.

Mientras que en los dos casos anteriores el efecto frigorífico utilizable y el efecto que produce la disminución de capacidad por aumento del volumen específico a causa del recalentamiento casi se equilibran, todo recalentamiento fuera del espacio refrigerado solamente es dañino.



En la figura se representa el calor que el vapor absorbe del ambiente fuera del espacio refrigerado durante su camino del evaporador hacia el compresor.

Las consecuencias se manifiestan claramente en el diagrama. El volumen específico del vapor aspirado aumenta y la temperatura de compresión también, ambos efectos son perjudiciales y habrá que aislar la línea de aspiración, siendo especialmente importante como se ha dicho anteriormente en instalaciones de baja temperatura.

4.8. SUBENFRIAMIENTO DEL LIQUIDO

OBJETO DE ESTUDIO:

Comprender el ciclo de refrigeración por compresión mecánica.

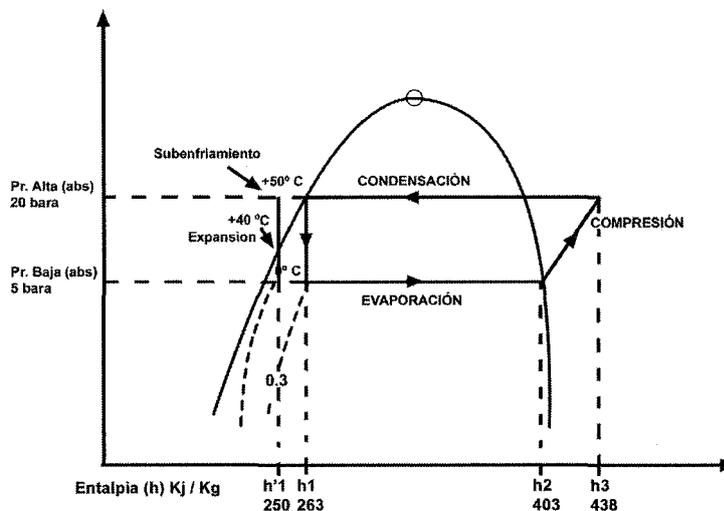
CAMPO DE APLICACIÓN:

Poder examinar el comportamiento de una instalación.

Cuando a una presión determinada un vapor es condensado totalmente en líquido o sea hasta llegar a la curva de saturación de líquido 100% en el diagrama, y por el medio que sea, bien por que su temperatura es más elevada que la del medio empleado para condensar (aire o agua) y quererse igualar con ella, se dice que el líquido esta subenfriado, ó lo que es igual que su temperatura es más baja que la que ha usado para condensarse.

En el ciclo frigorífico representado durante los cálculos, cuando llegábamos durante la condensación a la curva de líquido saturado 100%, entrábamos directamente en la bajada de presión que sufre el fluido refrigerante en la expansión.

Cuando existe subenfriamiento del líquido, supongamos en este ejemplo que su valor es de 10°C , la condensación la representaremos igual que en el caso anterior, ya que el cambio de fase se realiza a presión constante de (20 Bara) y a temperatura constante de $+50^{\circ}\text{C}$, hasta la curva de saturación de líquido 100%.



Una vez en este punto entraremos en la zona de líquido subenfriado (zona izquierda del diagrama) a presión constante de 20 Bara, hasta encontrar la línea de temperatura de $+40^{\circ}\text{C}$ que como ya se ha indicado anteriormente en esta zona sigue aproximadamente las líneas de entalpía.

A partir de $+40^{\circ}\text{C}$ en la curva de líquido, bajaremos verticalmente hasta la temperatura o presión de evaporación para representar la expansión.

Si examinamos su trazado hasta la zona de entalpías veremos que su valor ha disminuido con respecto al ciclo saturado simple (h_1).

En principio podemos observar que la producción frigorífica por kilo de refrigerante en circulación es mayor que ($h_1 - h_2$) del ciclo saturado simple.

4. Fundamentos de refrigeración. Principios de Termodinámica

También la calidad del líquido antes de la expansión ha mejorado de un 30 % a un 25 % de vapor, por lo tanto la autoevaporación que tenía que efectuar el líquido para bajar su temperatura desde la de condensación a la de evaporación se reducirá, y por otro lado las condiciones de aspiración y de compresión no han variado.

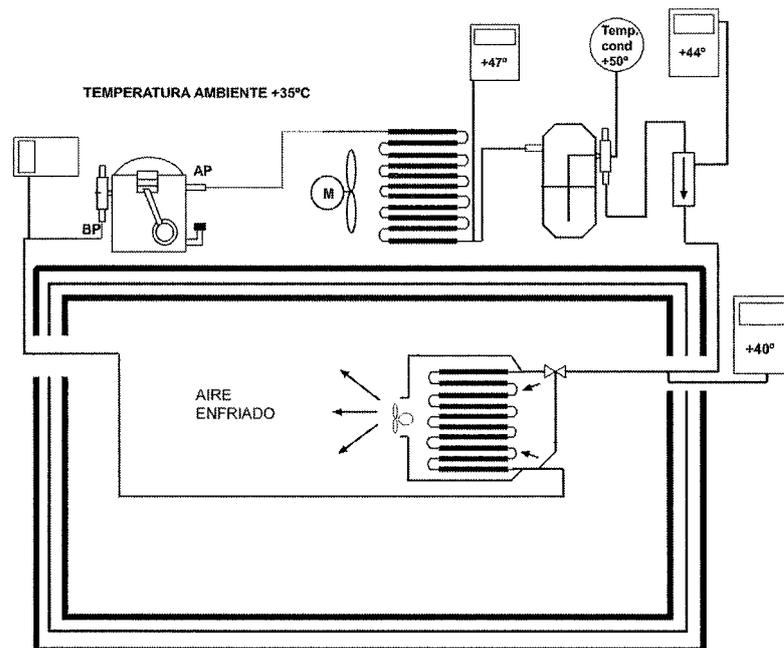
Esto nos produce una ganancia del efecto frigorífico, sin algún defecto compensatorio, y además de la ganancia en el efecto frigorífico, el subenfriamiento del líquido ofrece una ventaja que no puede ser estimada:

El existir subenfriamiento del líquido en cualquier instalación, garantiza un funcionamiento óptimo del sistema de expansión.

La válvula de expansión solo puede trabajar perfectamente cuando en su entrada exista un líquido 100 % puro, sin burbujas de gas.

Si a la válvula de expansión le llega un líquido en su punto de cambio de fase siempre existe la posibilidad de que traiga burbujas de gas, y esto afecta al buen funcionamiento de la válvula de expansión.

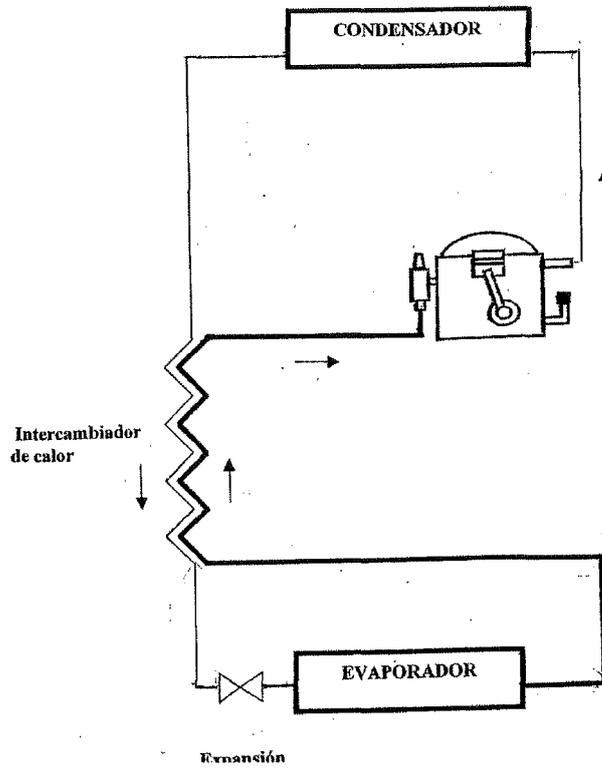
Hay que prestar la máxima atención en instalaciones donde la línea de líquido ofrezca mucha resistencia al paso del fluido, porque cualquier bajada de presión que hagamos a un líquido saturado provocará que éste entre en evaporación antes de llegar a la válvula de expansión, en tal caso encontraríamos al tacto durante el recorrido de la línea de líquido, un cambio de temperatura apreciable (más frío), debido a la evaporación parcial que sufre el refrigerante en su recorrido.



El subenfriamiento del líquido puede realizarse de diferentes maneras y en diferentes lugares del sistema, aunque muchas veces el líquido se subenfriaría mientras se encuentra retenido en el calderín de líquido ó bien en su paso por la línea de líquido cuando se dirige hacia la expansión, entregando su calor al ambiente para poder así igualar su temperatura.

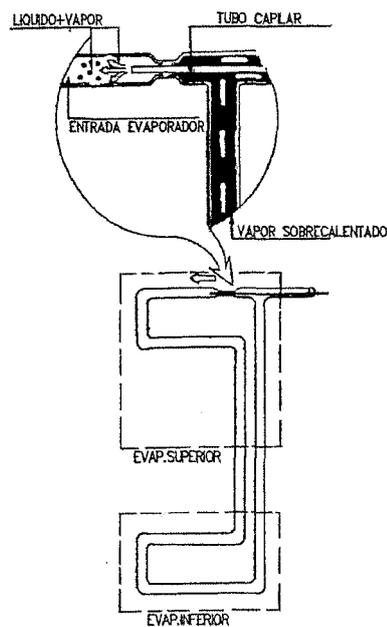
En caso de condensación por agua se logra conectando parcial o totalmente en serie o paralelo la línea de líquido con el condensador o con el medio empleado para condensar.

4.9. INTERCAMBIADORES DE CALOR LIQUIDO - GAS

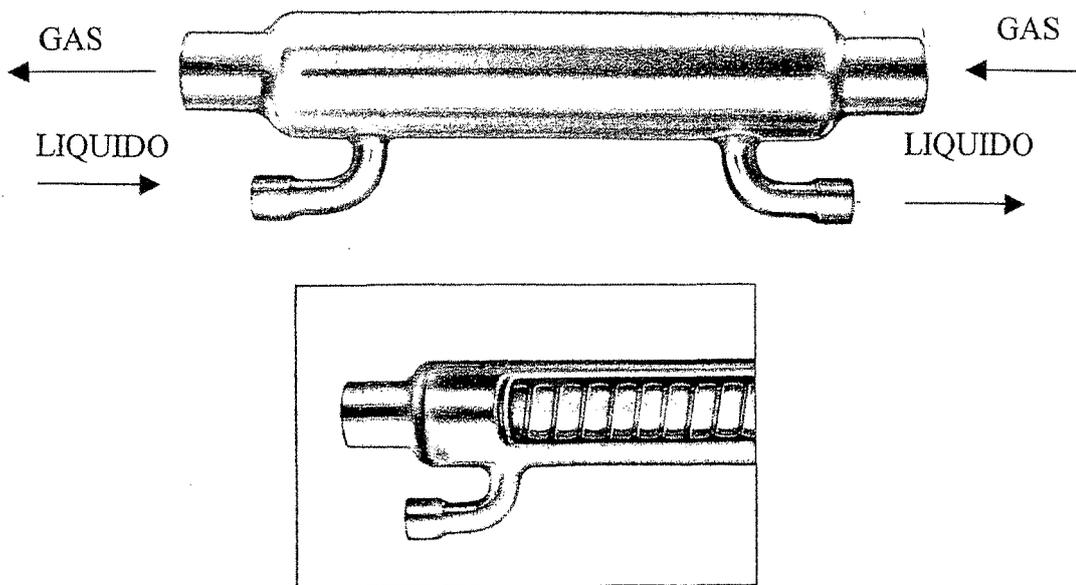


Son cambiadores de calor que tienen como misión subenfriar el líquido a la salida del condensador con los vapores frescos que abandonan el evaporador, y de esta forma poder mejorar su calidad a la entrada de la expansión.

El calor que cede el tubo de líquido, es agregado al gas que sale del evaporador recalentándolo, y en consecuencia se mejora el rendimiento y también la seguridad de un buen funcionamiento de la instalación frigorífica.



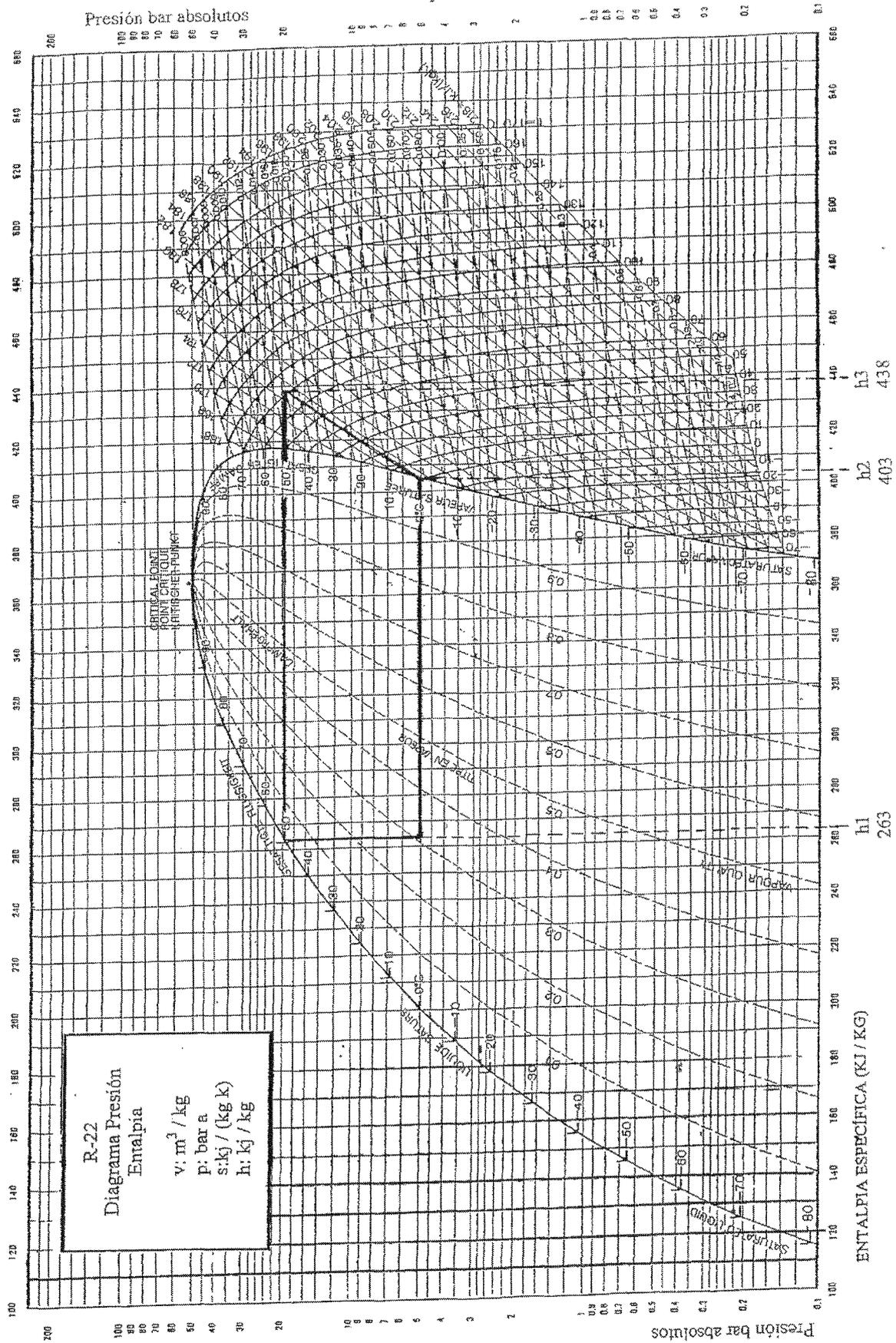
En refrigeradores domésticos, el tubo capilar a la salida del filtro deshidratador, circula por el interior del tubo de baja hasta la misma entrada del evaporador, donde a través de un pinzado especial efectuado en el circuito evaporador, obliga al refrigerante ya evaporado que se encuentra en estado gaseoso, poder ser aspirado por el compresor sin posibilidad de retorno al evaporador, consiguiéndose de esta forma un aprovechamiento máximo del serpentín, evitando el escarchado del tubo de aspiración a causa de los vapores fríos que circulan por su interior, y en contrapartida también se consigue un enfriamiento del líquido que circula por el tubo capilar antes de entrar al evaporador mejorando de esta forma su calidad.



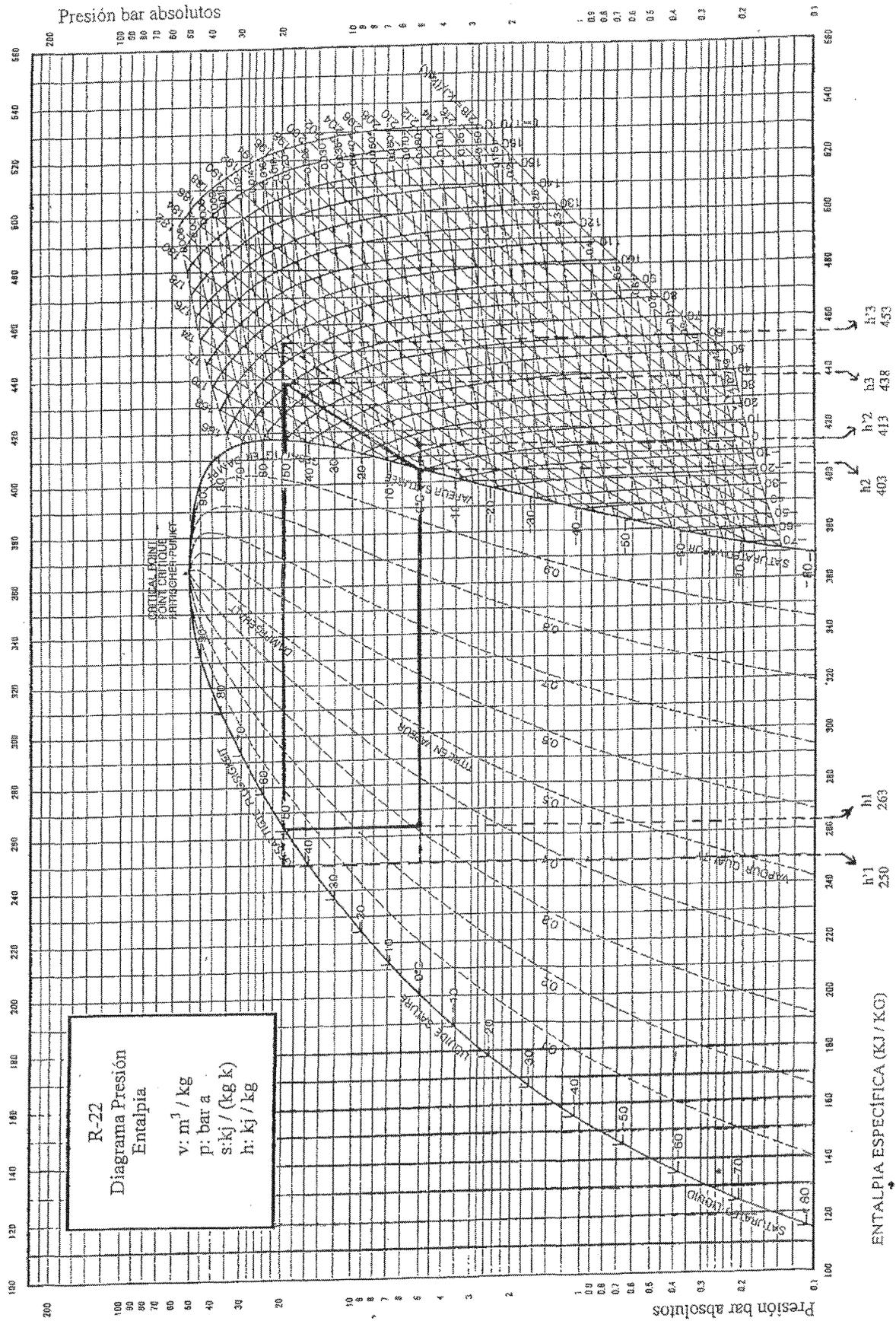
En aparatos de refrigeración comercial equipados con tubo capilar, normalmente el intercambio de calor entre el tubo capilar y el tubo de aspiración, se realiza soldándolos exteriormente durante una distancia predeterminada.

El mismo sistema se emplea también en aparatos equipados con válvula de expansión, pero en este caso uniendo la tubería de líquido con la tubería de gas, durante una zona de sus recorridos que asegure un funcionamiento óptimo de la instalación.

Existen en el mercado intercambiadores de calor fabricados para diferentes potencias frigoríficas, que aseguran en un espacio muy reducido un intercambio óptimo.



4. Fundamentos de refrigeración. Principios de Termodinámica



5

LINEAS FRIGORIFICAS

TUBERIA DE COBRE, ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS

5.1. CARACTERISTICAS DEL TUBO DE COBRE

La unión de componentes en instalaciones frigoríficas se realiza mediante tubo blando de cobre recocido, con acabado interior espejo, debidamente deshidratado y grueso de pared normalizado para la industria frigorífica.

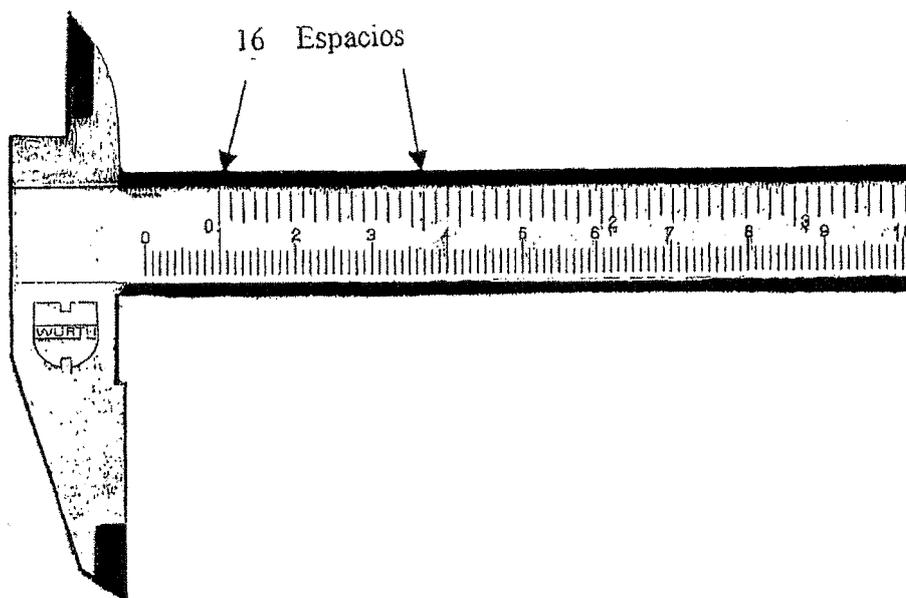
La aplicación de gruesos inferiores más económicos debido a su menor peso, debe rehusarse totalmente por los riesgos de rotura debidos no solo a la presión sino también especialmente a tensiones por temperatura, y vibraciones que deben soportar las conducciones frigoríficas.

Su presentación en el mercado va desde $3/16''$ hasta $7/8''$ de diámetro exterior, en rollos sellados de 15,24 metros lineales, longitud correspondiente a 50 pies.

Para diámetros de $3/8''$ hasta $3-1/8''$ también se presenta en barras de tubo rígido semiduro con una longitud de 5 a 6,10 metros lineales, debidamente tapadas en sus extremos.

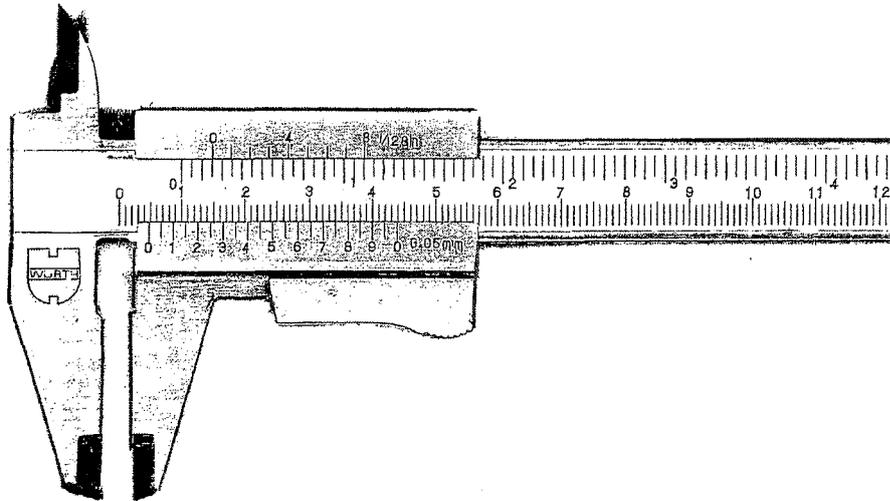
Para su identificación se emplea un calibre ó "pie de rey" que tenga escala de medición en pulgadas, ó bien tendremos que hacer la conversión de pulgadas a milímetros partiendo de la base de que 1 pulgada son 25,4 milímetros.

El calibre de la figura incorpora en la parte inferior la escala de m/m, y en la parte superior la escala en pulgadas con el cero algo desplazado con respecto al de la escala métrica. Para identificar los diámetros de tubo que son fracciones de pulgada, comprobaremos en primer lugar que en el calibre 1 pulgada está dividida en 16 fracciones.

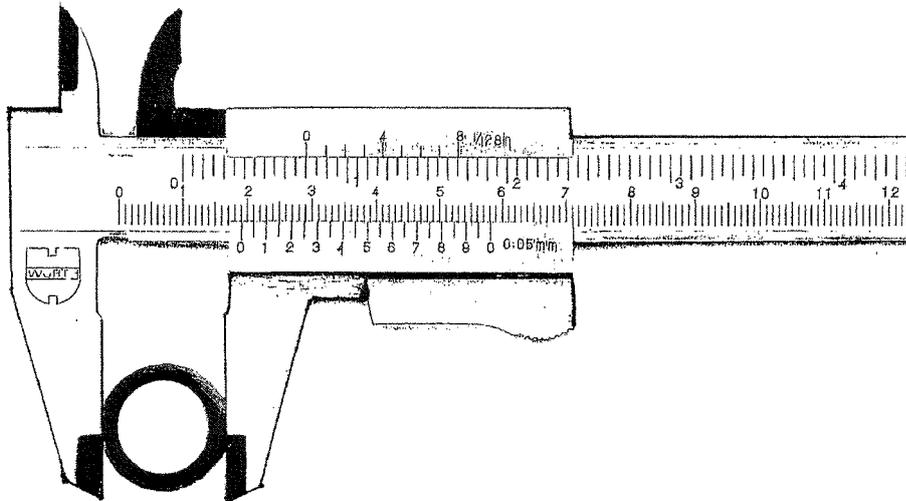


5. Líneas frigoríficas. Tubería de cobre. Accesorios y herramientas

A partir de éste dato cuando realicemos una medición y el lector superior “cero” nos marque 3 fracciones de las 16, podremos decir que el diámetro del tubo es de $3/16$ ".



En esta medición vemos que la medida del tubo es de $12 / 16$ ", en este caso como el quebrado se puede reducir (ya que ambos números son divisibles por 4), diremos que la medida del tubo es de $3 / 4$ " y así sucesivamente realizaremos todas las mediciones de tubo reduciendo al mínimo el quebrado resultante de la medición, siempre que éste lo permita.



De la misma forma identificaremos en la escala de pulgadas los diámetros interiores de tubos y accesorios.

5. Líneas frigoríficas. Tubería de cobre. Accesorios y herramientas

El tubo capilar para instalaciones frigoríficas es también de cobre blando, acabado interior espejo, deshidratado y sellado en sus extremos.

Se encuentra en el mercado en rollos de 15 ó 105 metros, reconociéndose por su diámetro interior expresado en m/m, que se mide a través de unas galgas especiales.

Las medidas interiores y exteriores son las siguientes:

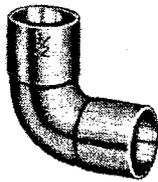
| Grueso de pared en m/m | Diámetro exterior m/m | Modelo de tubo |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 0,76 | 4,76 | 3 / 16" |
| 0,80 | 6,35 | 1 / 4" |
| 0,80 | 7,94 | 5 / 16" |
| 0,80 | 9,52 | 3 / 8" |
| 0,80 | 12,70 | 1 / 2" |
| 1,00 | 15,87 | 5 / 8" |
| 1,00 | 19,06 | 3 / 4" |
| 1,00 | 22,23 | 7 / 8" |
| 1,00 | 25,40 | 1" |
| 1,00 | 28,57 | 1-1 / 8" |
| 1,25 | 34,92 | 1-3 / 8" |
| 1,25 | 41,47 | 1-5 / 8" |

5.2. ACCESORIOS PARA INSTALACIONES DE TUBERIAS

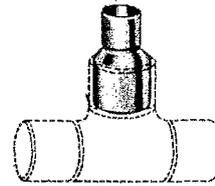
En la instalación de tubería frigorífica, podremos realizar las diferentes figuras que obligue el circuito ó bien la unión de diferentes diámetros de tubería a través de accesorios para ir soldados ó bien para ir roscados a través de rácores de latón matrizado.

Los accesorios para ir soldados o roscados, les caracteriza si son macho o hembra, el diámetro exterior de los tubos que tienen que unir, los grados de la curva y en el caso de ser accesorios roscados el tipo de rosca (SAE ó GAS).

CODOS 90° HEMBRA – HEMBRA



MANGUITOS REDUCIDOS MACHO – HEMBRA



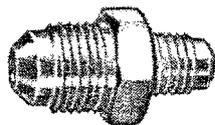
CURVAS 180° HEMBRA – HEMBRA



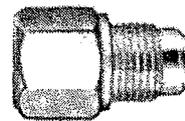
CURVAS 45° HEMBRA – HEMBRA



REDUCCIONES SAE MACHO – MACHO



ACOPLAMIENTO HEMBRA – MACHO GAS - SAE

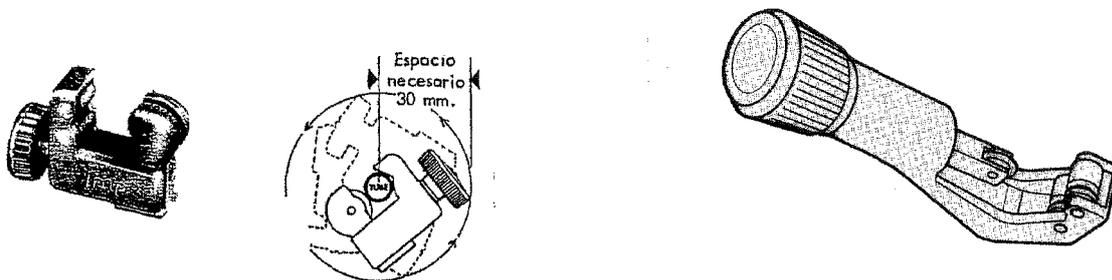


5.3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA FRIGORÍFICA

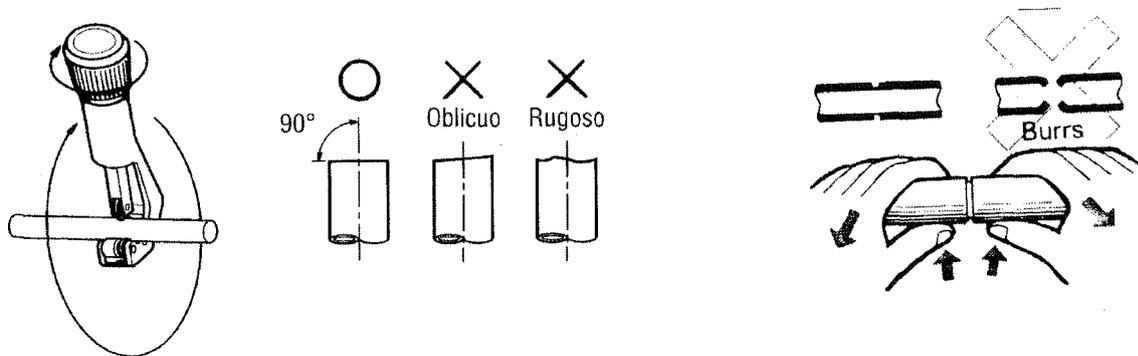
Cortatubos

El cortatubos es una herramienta imprescindible en la industria frigorífica, debido a que se debe evitar el uso de sierras para metales. El tipo de cortatubos que debemos utilizar queda ceñido a que el espacio que tengamos alrededor del tubo, nos permita realizar el giro de la herramienta y también por el propio diámetro del tubo.

En el mercado encontraremos cortatubos miniatura que solo precisan un radio de 30 m/m para efectuar el giro y pueden cortar tubos de 1 / 8" a 5 / 8", algunos modelos también van provistos de escariador montado en la misma herramienta.



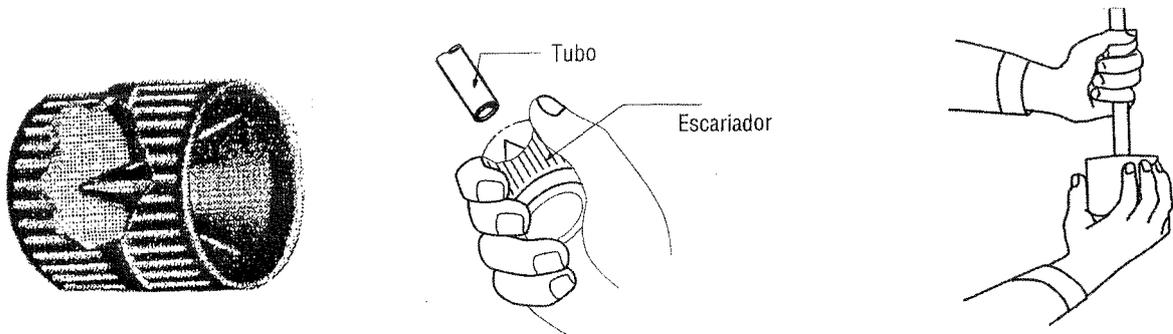
Para cortar un tubo solo tendremos que colocarlo entre los dos rodillos del cortatubos, girar el mando hasta que la cuchilla se ajuste suavemente a la superficie del tubo y dar un par de vueltas a la herramienta para iniciar el corte, ceñiremos de nuevo la cuchilla al tubo y seguiremos hasta lograr el cometido.



Para evitar posibles deformaciones al ser el tubo muy recocado es importante no ceñir en exceso la cuchilla al tubo.

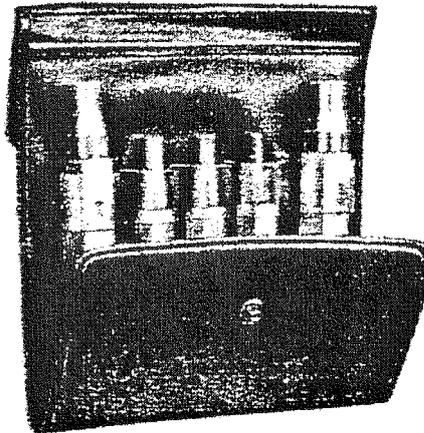
Escariador

Herramienta práctica y de fácil manejo que elimina las irregularidades interiores, después de las operaciones de corte. Es imprescindible durante su manejo, cuidar de no introducir virutas dentro de la tubería.



Ensanchadores de golpe

Es una herramienta de percusión, que aumenta el diámetro interior de los tubos permitiendo la unión de dos tubos del mismo diámetro con una sola soldadura, con tan solo ensanchar uno de ellos.

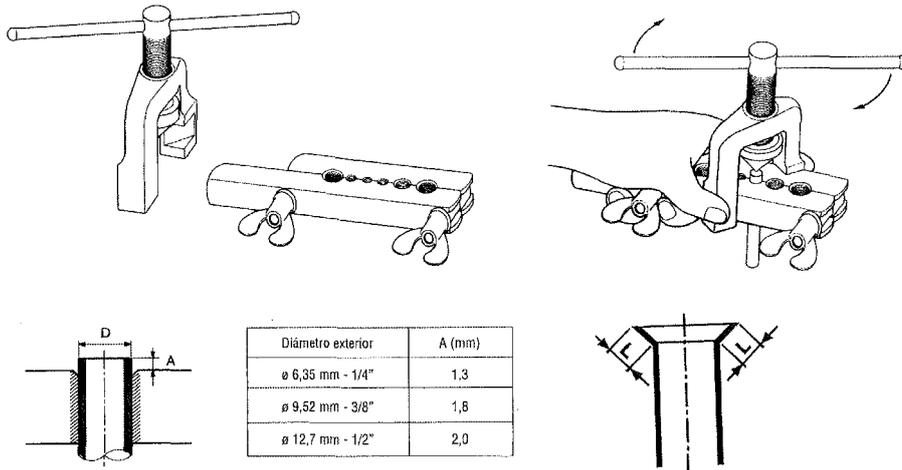


Para realizar el ensanchado tendremos que fijar el tubo en la mordaza de sujeción, introducir el ensanchador previamente engrasado con aceite frigorífico en el tubo, y golpear con un martillo hasta lograr la medida deseada.

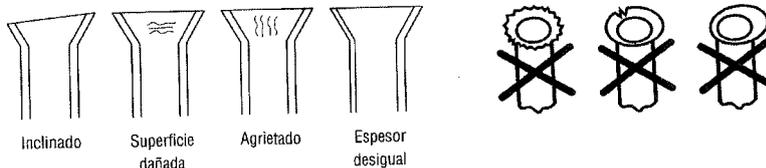
Abocardador

Para realizar los abocardados ó abocinados a los tubos, en primer lugar tendremos que fijar el tubo en la mordaza de sujeción y pondremos un poco de aceite frigorífico en el cono del puente.

A continuación acoplaremos el puente a la mordaza de forma que exista una perfecta alineación entre el tubo y la herramienta, y solo tendremos que girar el vástago hasta comprobar que la bocina realizada llene la superficie que tiene destinada en el interior para el alojamiento del abocardado, la tuerca de unión.



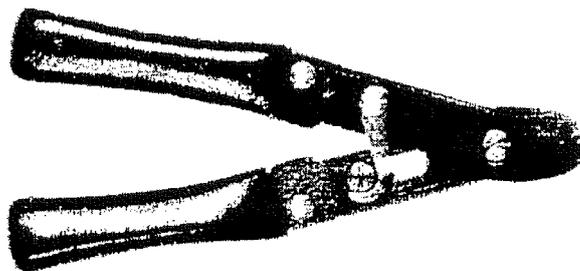
• Abocardado incorrecto



Hay puentes que pueden usarse como abocardador o como ensanchador indistintamente, con tan solo cambiarle la boquilla.

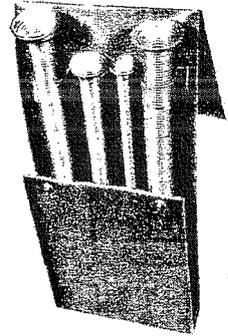
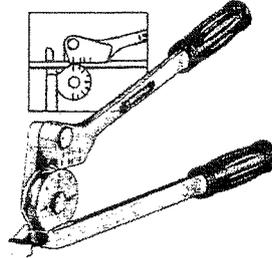
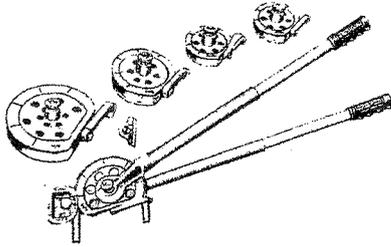
Cortador para tubo capilar

Cortador del tipo de tijera con tope graduable, que permite cortar tubos capilares de cualquier diámetro, respetando su silueta original sin reducir el paso interior.



Dobladores de tubos

Existen en el mercado diferentes modelos de dobladores de tubería mecánicos, que permiten realizar curvas de 90° y 180° con la máxima precisión del ángulo de curvatura.



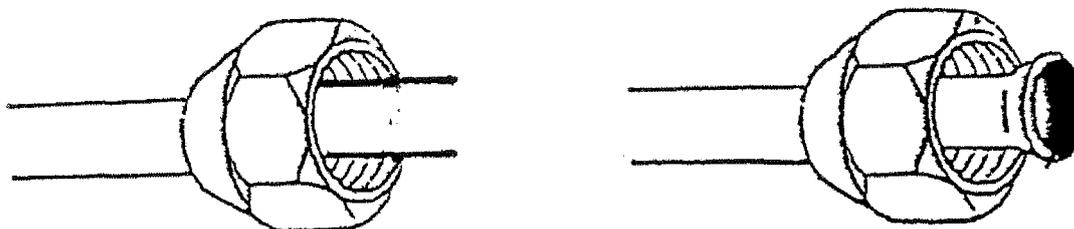
Para el curvado de tubos en sitios con poco espacio ó en trazados que no permiten la instalación de un doblatubos mecánico, es aconsejable usar los muelles de curvar y así se asegura la no deformación de la tubería. Una vez realizada la curva y para sacar el muelle con facilidad, deberemos cerrar un poco más el ángulo efectuado y volverlo a su posición original.

5.4. UNIONES DE TUBERÍAS, ABOCARDADAS O SOLDADAS

Conexión de tuberías abocardadas

Las conexiones abocardadas ó abocinadas se utilizan en las conexiones entre tubería de cobre blando y componentes de latón.

Trabajando con cobre viejo que puede volverse duro y quebradizo, se hace necesario templar el extremo calentándolo hasta el rojo sombra y sumergiéndolo rápidamente en agua, con lo que se previene que el extremo del tubo se abra durante la operación. Es importante la aplicación posterior de calor suave, para evaporar la humedad que pudiese permanecer en el extremo del tubo.



El procedimiento adecuado para abocardar la tubería de cobre es el siguiente:

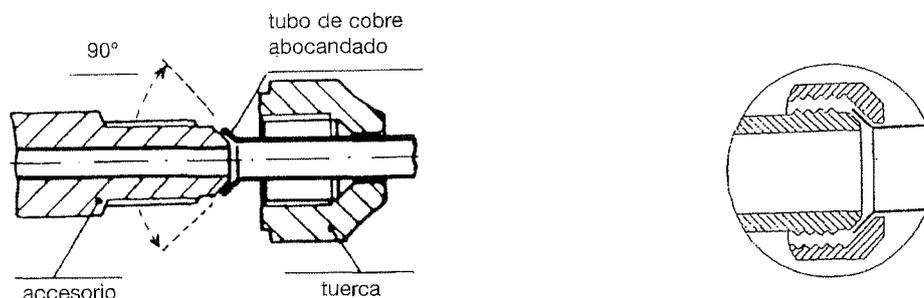
Cortar el trozo de tubo necesario que nos asegure poder realizar la unión a la distancia prevista, a través de un cortador de tubos, y a ser posible no utilizar una sierra de metales.

Eliminar las irregularidades interiores y exteriores con un escariador, evitando la entrada de viruta en el interior del mismo.

Introducir la tuerca de conexión a la tubería **antes** de proceder al abocardado.

Sujetar la tubería con la pinza del abocardador hasta que el tubo sobresalga unos milímetros de la herramienta.

Es importante lubricar con aceite frigorífico el cono de la herramienta antes de proceder al abocinado del tubo, ya que de esta forma se reduce la posibilidad de posteriores fugas de refrigerante.



Sea cual sea el diámetro de la tubería, siempre nos debemos asegurar antes de finalizar la operación, que la bocina efectuada cubra perfectamente las paredes interiores de la tuerca de unión, y que no existen rugosidades ni defectos en el abocardado.

Uniones fijas con soldadura.

La soldadura consiste en unir sólidamente dos piezas metálicas o dos partes de una misma pieza, elevando la temperatura de las superficies a soldar y poniéndolas en contacto íntimo, con aportación de una sustancia semejante o no a los materiales a soldar.

Existen muchos tipos de soldadura según los materiales a unir y los procedimientos empleados.

Soldadura blanda

La soldadura blanda es la que se realiza con una aleación de estaño con plomo ó plata, y cuyas temperaturas de fusión están por debajo de los 350 °C.

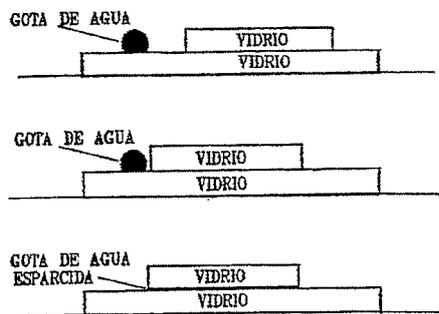
Este tipo de soldadura se emplea en lampistería, estando prohibida en refrigeración, ya que en esta profesión se exige el empleo de soldadura para que las uniones sean fuertes y flexibles, capaces de soportar los esfuerzos impuestos por las vibraciones, las temperaturas y las expansiones.

Se empieza por el corte de los tubos a unir a través de un cortatubos, limpiar con un estropajo de aluminio la superficie de los tubos, aportar el decapante que normalmente es liquido a los tubos y al manguito de unión, y a continuación con una lamparilla calentaremos la unión acercando el material fundente hasta que corra y cierre herméticamente la unión.

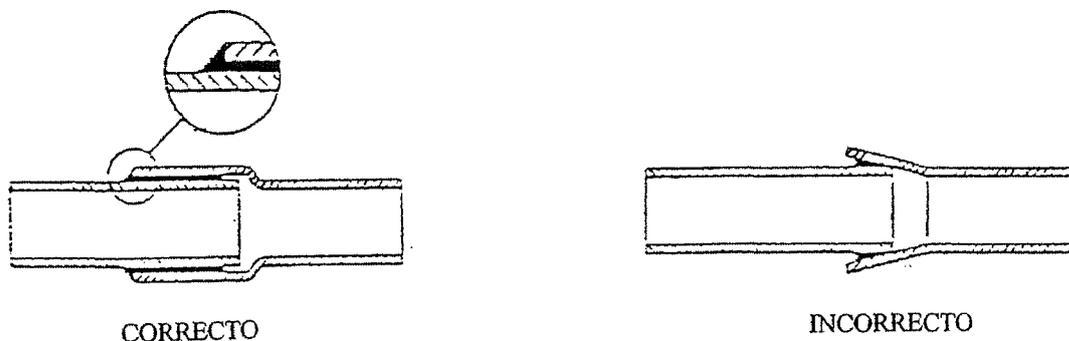
Soldadura fuerte

La soldadura fuerte se realiza también con una aleación de cobre y sus aleaciones con estaño, níquel, plata, cinc ó fósforo, pero a una temperatura que en refrigeración oscila entre los 600 y 750 °C. dependiendo del tipo de varilla utilizado.

La diferencia entre la soldadura blanda y la fuerte es por consiguiente la temperatura. En ambos casos la aleación se calienta hasta su temperatura de fusión a la cual fluye y se esparce por acción de capilaridad entre las superficies metálicas calientes que se van a unir.



La acción de la capilaridad se explica poniendo una gota de agua en una superficie de vidrio bien limpia, y acercando a ella una segunda pieza de vidrio de tal manera que su arista llegue a la gota de agua. Tan pronto como la toca, el agua corre por entre las dos superficies, hasta mojar a ambas por completo.



En sentido vertical sucede lo mismo si la separación entre las superficies es pequeña, pero no tiene lugar cuando la separación es demasiado grande.

Tipos de varillas fundentes ó puntas de soldar

Existe en el mercado una gran variedad de calidades y los fabricantes proporcionan datos muy valiosos en relación con los productos que elaboran. Se debe estudiar con cuidado esta información y escoger para el fin necesario la soldadura apropiada. Para elegir el tipo de varilla se puede tomar como guía el empleo de la temperatura de trabajo que se haya de ejecutar.

Ejemplos de temperatura de ligazón:

| | |
|------------------|--------|
| Cobre - Cobre | 700° C |
| Cobre - Bundy | 650° C |
| Cobre - Latón | 610° C |
| Acero inoxidable | 610° C |

Algunos de los tipos de varilla más utilizados en refrigeración tienen estas características:

0 % de contenido de plata, especialmente diseñada para la unión de cobre - cobre y no necesita aportación de decapante. Su temperatura de fusión es de 710 °C.

5% de contenido de plata, diseñada para la unión de cobre - latón y cobre - bundy , necesitando en ambos casos la aportación de decapante especial para plata (AG), para la unión de cobre - cobre no necesita decapante. Su temperatura de fusión es de 650 °C.

18 % de contenido de plata, tiene las mismas características que la anterior pero funde a 640° C.

Corte, limpieza y ajuste correctos entre uniones

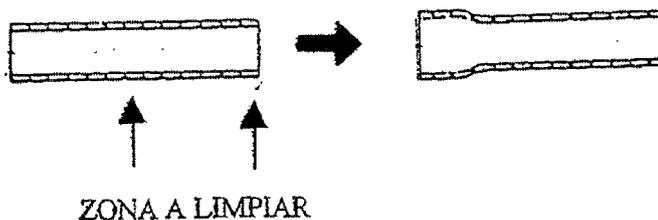
El corte de los tubos se debe realizar como se ha indicado anteriormente, con un cortatubos adecuado según sea su diámetro, y se debe tener en cuenta que no es aconsejable cortarlos con sierra debido a los residuos de limaduras que se forman, ya que al circular con el refrigerante podrían perjudicar el funcionamiento de la instalación en algún punto.

5. Líneas frigoríficas. Tubería de cobre. Accesorios y herramientas

Las superficies exterior e interior de los tubos en contacto, deben estar perfectamente limpias, desengrasadas y sin óxido inmediatamente antes de soldar, ya que si se deja pasar un tiempo se corre el riesgo que se vuelvan a oxidar.

Esto puede hacerse con el cepillo de púas metálicas (carda), ó bien con un estropajo de aluminio, pues el decapante que se emplea en la soldadura no es suficiente para evitar la limpieza “mecánica” antes mencionada, no siendo recomendable usar tela esmeril.

Al efectuar el ajuste de los tubos debe cuidarse que el extremo del tubo “macho”, debe limpiarse en longitud algo mayor que la que se introduce en el tubo “hembra”. En algunas ocasiones y debido a los residuos de soldadura ya existentes en los tubos, será preciso un calentamiento previo antes de encajar a fondo los tubos a soldar.



La tolerancia habitual entre tubos o accesorios a soldar es de 0,04 m/m.

Si el ajuste es más hermético, el material fundente no fluye por capilaridad.

Si el ajuste es muy holgado, el flujo no será capilar y se formaran burbujas con el peligro de taponar el paso con el material fundente.

5 - 5 - VENTILACION CON GASES INERTES (Corriente de Nitrógeno)

Al calentar el cobre en presencia de aire, se forma óxido de cobre en las superficies interna y externa del tubo, y al poner en marcha la instalación, el óxido de cobre que se haya formado en el interior de la tubería se desprenderá y circulará con el refrigerante, llegándose a mezclar con el aceite.

Al ser comprimido el refrigerante, alcanzará en la descarga del compresor altas temperaturas que pueden causar la descomposición del lubricante y del refrigerante formando ácidos.

Para impedir la formación de óxidos, será conveniente en principio aislar del circuito la tubería que se va a trabajar, e inyectar un caudal mínimo de Nitrógeno seco para desplazar el aire interior, durante la realización de la soldadura.

La botella de Nitrógeno tiene una presión de 170 a 200 bar, por lo que tendremos que instalar un manorreductor que nos permita trabajar a una presión de entre cero y 15 ó 20 bar como máximo.

5.6. PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA EN TODO TIPO DE INSTALACIONES

Es totalmente imprescindible proteger con plancha aislante para soldaduras, cualquier parte de la instalación que pudiera deteriorarse por la acción del calor.

Hay que poner especial interés en el aislamiento (con un trapo mojado) de cualquier componente de la instalación, que la aportación de calor le pueda ser perjudicial.

De la misma forma deberemos aislar la unión cobre – aluminio que encontraremos por ejemplo, en el tubo de baja presión de los frigoríficos domésticos en su entrada al compresor, antes de aplicarle calor al tubo de cobre.

Si el material de aportación fundido no se distribuye regularmente por la zona a soldar y tiende a formar gotas, significa que las superficies a soldar no están debidamente limpias ó no están bastante calientes.

Si el material de aportación no penetra pero fluye sobre la superficie exterior, ello es debido a insuficiente calentamiento del elemento macho ó al recalentamiento del elemento hembra.

Nunca deberemos aplicar calor a una tubería con presión de refrigerante, ante la duda instalaremos una válvula rápida ó cortaremos primero el tubo con el cortatubos.

No deberemos desoldar una conexión en una línea con vacío, ya que entraría aire en su interior conjuntamente con el grado de humedad que contenga.

Una vez desoldado el componente o accesorio, sellar inmediatamente la línea.

Siempre es conveniente efectuar las soldaduras en un ambiente ventilado, ya que los vapores de refrigerante que puedan quedar en la línea en presencia de una llama, crean vapores de fosgéno, que irritan a los ojos y a las mucosas.

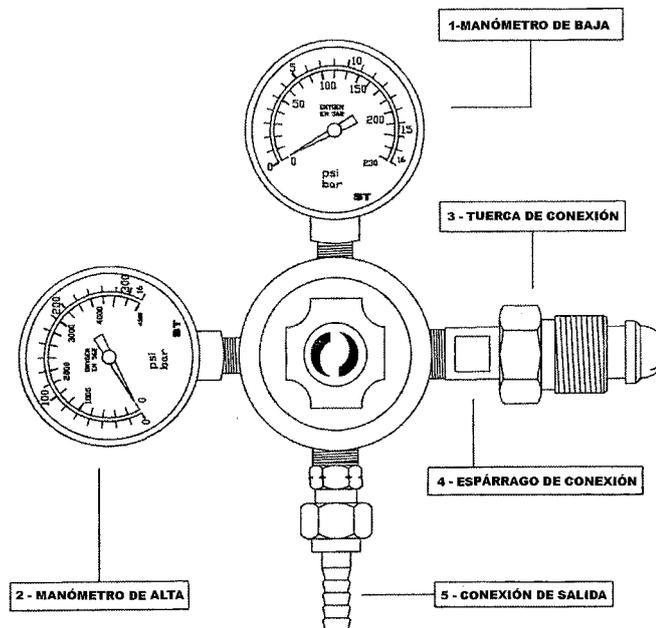
5.7. EQUIPOS Y REALIZACIÓN DE SOLDADURAS

La aportación de calor es aconsejable que se realice con un soplete equipado con botella de gas y oxígeno, regulando ésta a una presión aproximada de 2 bar a través del manorreductor, ya que con la lamparilla usada en fontanería, podríamos realizar las soldaduras de tubos hasta cierto diámetro, pero cuando tuviéramos que soldar o desoldar por ejemplo los tubos del compresor, difícilmente llegaríamos a la temperatura de fusión de la varilla debido a la diferencia de masas de los componentes.

El soplete de soldadura consta de una boquilla, un brazo portaboquillas, un mezclador de oxígeno-gas, un volante y una empuñadura.

Los reguladores de presión, están pensados para reducir la alta presión de los diferentes gases contenidos en botellas, a una presión optima para el trabajo.

Los reguladores constan de:



- MANÓMETRO DE BAJA PRESIÓN
(Indica la presión de salida ó de trabajo)
- MANÓMETRO DE ALTA PRESIÓN
(Indica la presión en el interior de la botella de oxígeno)
- TUERCA DE CONEXIÓN
(Permite unir el regulador a la botella)
- ESPARRAGO DE CONEXIÓN
(Acoplamiento a la botella)
- CONEXIÓN DE SALIDA
(Conexión para el equipo a utilizar)

Ajustar el regulador a la válvula de la botella y apretar cuidadosamente con la llave correcta.

Todas las conexiones de gases combustibles van roscadas a izquierdas y pueden reconocerse por una acanaladura en la tuerca exagonal.

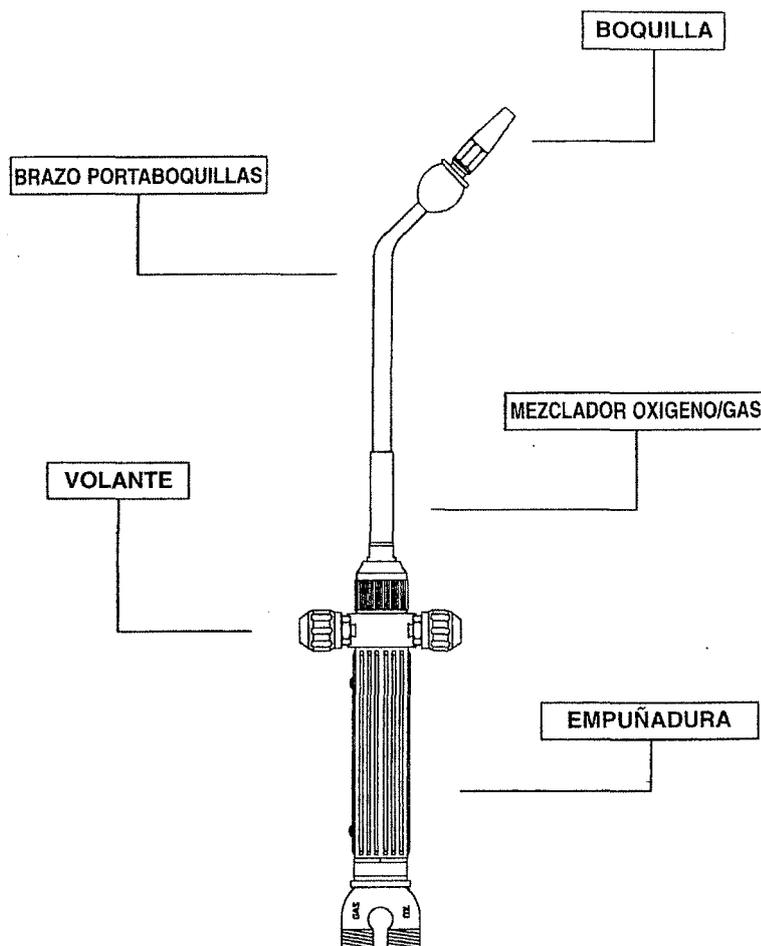
Regulación del soplete

Antes de abrir la válvula de la botella hay que aflojar totalmente el mando de regulación, es decir, cerrar el paso del regulador girándolo en sentido contrario a las agujas del reloj.

Abrir el grifo de la botella lentamente y comprobar que el manómetro marca correctamente.

Girar el mando de regulación, hasta que la presión de salida sea la necesaria (2 bar aprox).

Para su encendido tendremos que abrir primero la llave de gas y una vez obtenida la llama, abrir progresivamente la llave del oxígeno hasta obtener el dardo deseado.



Tipos de llamas:

Neutra: Su aspecto es azul brillante y es la adecuada para realizar este tipo de soldaduras, el oxígeno del aire se emplea para completar la combustión.

Oxidante: Su aspecto es azul mate, debido al exceso de oxígeno, se utiliza para la soldadura de hierro - hierro, el material fundente que se utiliza es la varilla de amarillo ó latón y precisa decapante.

Carburante: El dardo es alargado y de color amarillo al final, debido al exceso de carburante ó a la falta de oxígeno.

Para apagar el soplete, se tendrá que cerrar primero el paso de gas en el soplete y luego el del oxígeno.

En caso de utilizar acetileno como combustible y oxígeno como comburente, la presión de trabajo para el acetileno será de 0,5 bar aproximadamente. Nunca se debe usar acetileno a una presión de trabajo superior a 1,5 bar. Nunca debe usar con acetileno un soplete especialmente preparado para Butano o Propano.

El acetileno es un gas incoloro, tóxico y de olor aromático, ya que envasado se encuentra disuelto en acetona. Cuando se comprime por encima de 2 bar ó se calienta es inestable y explosivo.

Aportación de decapante

El decapante debe ser el adecuado, y tendremos que evitar los que contienen amoniaco, ya que este componente ataca al cobre. Calentaremos un poco la punta de la varilla con la llama del soplete, y la introduciremos en el recipiente del decapante para impregnarla.

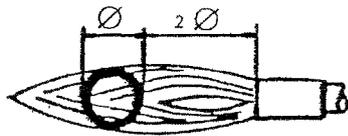
En primer lugar tendremos que calentar suavemente las superficies que tengamos que soldar, y aportar solo la cantidad adecuada de decapante, ya que aportado en exceso hará que pueda entrar en el interior de la instalación, siendo uno de los peores contaminantes de una instalación frigorífica.

Bastan 3 gramos de decapante en una instalación frigorífica que contenga 25 Kg. de refrigerante, para causar problemas de congelación en la expansión debido a su insolubilidad.

Con un exceso de decapante la soldadura quedará defectuosa debido al espacio que ocupará en la unión destinado a la soldadura. Con el tiempo el decapante tendrá tendencia a quebrarse, produciendo fugas en la unión.

Aportación de soldadura

Empezaremos por calentar la unión a realizar de una forma lo más uniforme posible, siempre empezando por la que contenga mayor masa, y evitando que el dardo del soplete toque al decapante para evitar que se queme. Durante dicho calentamiento se observará primero que el decapante empieza a fundir, lo cual se nota porque tiene un aspecto transparente como si fuese agua.



La separación entre el soplete y el tubo deberá ser el doble que el diámetro de éste.

El calentamiento continúa con movimientos de vaivén en el soplete, hasta que la unión coja un color rojo-cereza que toman los tubos calentados.

A partir de este momento y nunca antes, acercaremos la varilla al punto de unión buscando la temperatura de fusión (acercando o separando el dardo del punto donde se quiera realizar la soldadura), hasta que la varilla funda sin hervir. Llegado a este punto solo tendremos que mantener dicha temperatura en la unión desplazando la varilla hasta conseguir una soldadura correcta.

Cuando la unión esté llena, se observará la formación de un cordón continuo de soldadura alrededor del punto de unión, momento en el que finaliza la aportación de material.

Las tuberías de gran diámetro deberán soldarse por sectores, dividiendo la aportación de calor y de material fundente en pequeñas zonas.

En el caso de soldaduras horizontales es preferible iniciar la aportación de material por la parte inferior de la unión, siguiendo luego por los laterales y finalmente en la parte superior.

Enfriamiento

Durante el breve tiempo que dura la solidificación de la soldadura no deben moverse los tubos unidos.

La unión se deja enfriar al aire lentamente, ya que un enfriamiento demasiado rápido puede producir grietas en los tubos de cobre e incluso en la misma soldadura.

Eliminación de residuos

Los residuos de decapante ó desoxidante, deben ser eliminados cuando la tubería este fría a través de un trapo mojado con agua ó bien con un cepillo metálico, ó con jabones especiales fabricados para la limpieza de soldaduras.

6 LINEAS FRIGORIFICAS

TENDIDO DE TUBERÍAS

6.1. PRINCIPIOS BÁSICOS

El tendido de tuberías es uno de los requisitos más importantes para el éxito de la instalación, y hay ciertos principios básicos sobre el proyecto de instalación de líneas de refrigeración que deben siempre tenerse en cuenta.

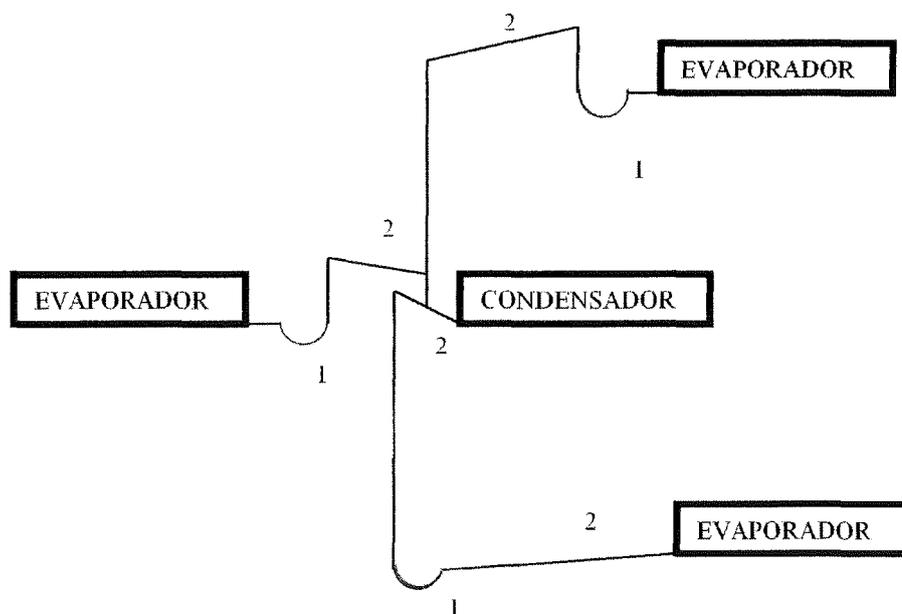
1º Las líneas deben ser lo más cortas y directas posible, esto no solo reducirá el coste, sino que producirá un funcionamiento mejor de todo el sistema al existir caídas de presión inferiores.

2º Usar el mínimo numero de accesorios posible, ya que se reduce la posibilidad de fugas.

3º Siempre que sea posible se evitará exponer las tuberías a temperaturas extremas ya sean altas o bajas, ya que la transferencia de calor no deseada, bien sea al circuito ó desde él, producirá normalmente problemas de funcionamiento.

4º El trazado de las líneas deberá realizarse por donde no interfieran en el uso normal del edificio y cuidando que no puedan sufrir daños.

5º Las tuberías deben alinearse con una ligera pendiente en el sentido de circulación del fluido hacia la unidad condensadora, de forma que se favorezca el retorno de aceite al compresor, y estar bien sujetas a la pared por medio de grapas en forma de collarín distanciadas entre sí alrededor de 1 metro.



- 1 - Sifón para la recuperación de aceite.
- 2 - Pendiente.

6. Líneas frigoríficas. Tendido de tuberías

6° Cuando las tuberías atraviesen muros, paredes o suelos, deben asimismo protegerse dentro de tubos forrados que deben exceder de 10 a 15 cm. el espesor de dichos muros.

7° Las tuberías que lo requieran deberán aislarse con material flexible para evitar ruidos y trepidaciones, así como cualquier absorción de calor del medio ambiente.

8° El aceite en las tuberías de gas bien sea la de descarga o aspiración, debe ser arrastrado por velocidad.

En tramo ascendente, la velocidad mínima necesaria es de 5,08 metros / segundo.

En tramo horizontal, la velocidad mínima necesaria es de 2,54 metros / segundo.

9° Las tuberías de gas en la aspiración, deben tener en su recorrido (a ser posible), una pérdida de carga máxima de 3 psig (1 °C), y 6 psig. en la tubería de descarga.

10° La tubería de líquido debe tener en su recorrido (a ser posible), una pérdida de carga máxima de 3 psig .

11° La tubería de aspiración debe ir aislada exteriormente. La de descarga solo se aislará en caso de ser “bomba de calor”.

12° El tubo de líquido no debe aislarse.

13° En las tuberías de gas (aspiración o descarga) que sean ascendentes deberán colocarse sifones distanciados de 3 a 5 metros, a fin de que el aceite ascendente no pierda su energía potencial en cada parada.

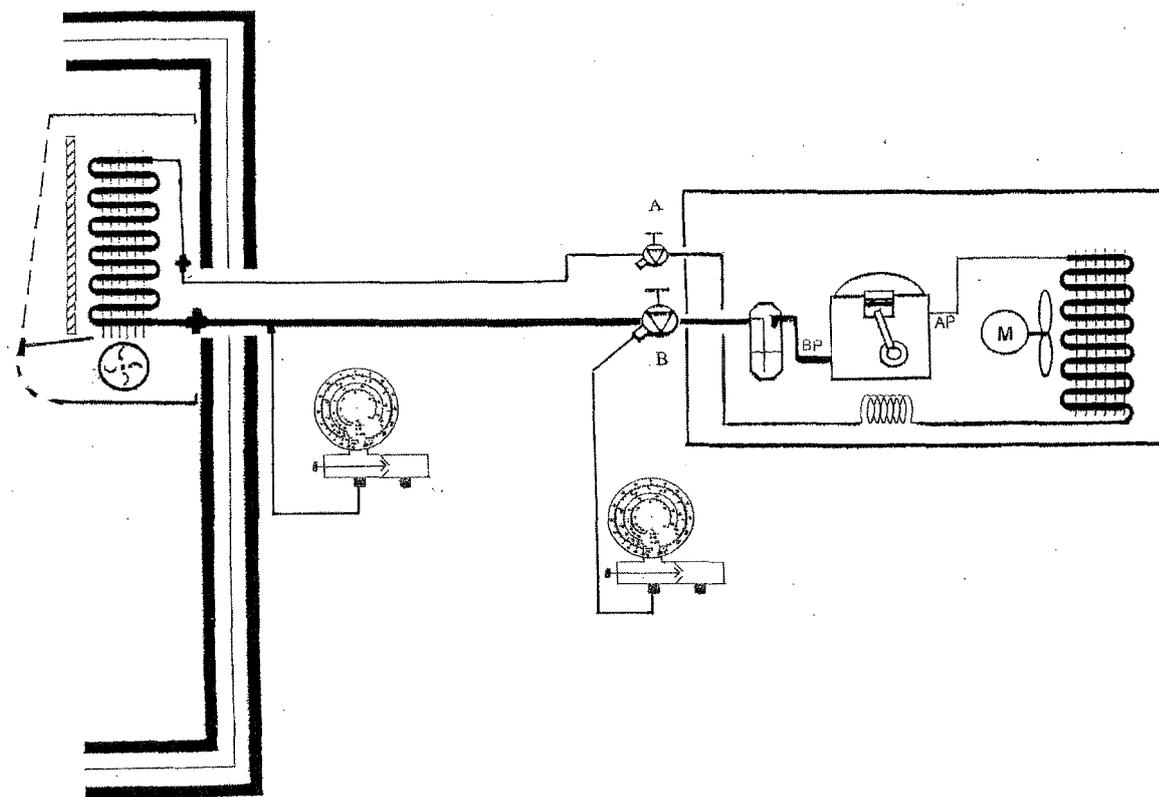
Conociendo la longitud, número de curvas y sifones de la instalación, se debe elegir el diámetro de líneas más conveniente. Para determinar esta sección hay dos factores que influyen que son **la caída de presión y la velocidad del gas.**

6.2. CAÍDA o PÉRDIDA DE PRESIÓN

La pérdida de presión se produce como consecuencia del rozamiento del gas con las paredes del tubo por el cual circula, y esta bajada de presión provoca en la masa de refrigerante aspirada por el compresor, un aumento de volumen y en consecuencia una disminución de la densidad del refrigerante, y como el compresor bombea un volumen constante, la cantidad bombeada (peso de refrigerante) disminuirá con cualquier caída de presión que se provoque en la línea de aspiración, dando todo ello como resultado final, una reducción de la capacidad del sistema.

Debemos recordar que la pérdida de presión aumenta conforme aumenta la longitud de la línea, y es mayor cuanto más pequeño sea su diámetro. Así pues cuando se tengan que montar equipos donde las líneas han sido instaladas anteriormente con diámetros de tubo que no son los adecuados, podremos conocer las consecuencias.

Para conseguir un rendimiento aceptable se debe seleccionar una tubería que para la longitud deseada, origine una caída de presión inferior a 3 psi.



En la práctica para comprobar la pérdida de presión en una tubería solo tendremos que instalar un manómetro en cada extremo de su recorrido, y restar las dos lecturas de presión, pero en la mayoría de instalaciones no es normal encontrar una de toma de presión a la salida del evaporador, por lo que tendremos que instalar una válvula de intervención rápida si el diámetro del tubo nos lo permite, o de lo contrario tendremos que recoger refrigerante, e instalar una "T" con salida para la conexión del manómetro.

6.3. VELOCIDAD DEL GAS Y RETORNO DE ACEITE AL COMPRESOR

Debido que el compresor debe de ser lubricado, el refrigerante entra en contacto con el aceite de lubricación por las paredes de los cilindros, arrastrando una cierta cantidad en cada carrera de compresión del pistón, (aproximadamente entre el 1 % y el 4 % en peso), por lo que el circuito deberá estar diseñado para garantizar un correcto movimiento del aceite como para que retorne al compresor, asegurando así, su adecuada lubricación.

Como sabemos el gas refrigerante experimenta cambios de estado a lo largo de su recorrido.

Cuando el refrigerante está en estado líquido se mezcla fácilmente con el aceite, arrastrándolo en su movimiento sin presentar problemas, sin embargo en fase de vapor en las condiciones normales de trabajo de una climatizadora y líneas de aspiración, el aceite tiende a separarse del gas.

Si al separarse no es arrastrado por la corriente gaseosa, el aceite no retorna al compresor, y éste se iría quedando poco a poco sin lubricación, así podemos decir que el grado de miscibilidad depende de la presión, temperatura y de la fase en que se encuentre el gas refrigerante (líquido o vapor).

Por eso es importante asegurar que en la línea de aspiración:

— El aceite sea arrastrado por el refrigerante, para lo cual se necesitará una velocidad mínima de aproximadamente 6 metros / segundo en los tramos ascendentes, pero sin que origine una caída de presión mayor de 3 psig.

— En los tramos descendentes u horizontales con pequeña inclinación no es tan importante la velocidad, ya que la gravedad mantiene la circulación del aceite.

— Si las líneas horizontales no tienen pendiente, deberán obtenerse velocidades mínimas de 3 metros/segundo.

— En cualquier caso, la velocidad del gas refrigerante es aconsejable que no pase de 15 metros / segundo, ya que a velocidades más altas se podrían producir ruidos molestos.

— Para facilitar este retorno de aceite, los tramos horizontales deben tener una pendiente del 2%, con caída hacia el compresor.

— Además en el caso de línea de aspiración sea vertical ascendente, debe realizarse un sifón en la base del tramo vertical y sifones intermedios cada 5 metros aproximadamente, que tiene como finalidad retener el aceite cerca del compresor en los momentos de reposo, esto asegura que la mezcla refrigerante / líquido, no se asentará en el interior de la batería ya que reduciría la potencia que es capaz de suministrar.

— Una vez que el sifón está prácticamente lleno, la velocidad del refrigerante empuja el aceite subiéndolo hasta el siguiente sifón, donde se repite el proceso, de la misma forma los sifones también empujan cualquier cantidad de líquido que haya podido quedarse mezclado con el aceite.

Cuando las tuberías de succión verticales deben ser necesariamente muy largas y existe el riesgo de que el aceite no retorne adecuadamente hacia el compresor, se acostumbra a utilizar la instalación del tubo de aspiración con doble subida, que consiste en instalar dos tubos para el tramo vertical, cada uno de ellos dimensionado para la mitad de la potencia frigorífica instalada.

Debido a que tienen un diámetro más pequeño proporcionan un mejor retorno del aceite y en consecuencia mayor seguridad al sistema.

Cuando las tuberías verticales de subida (succión y descarga) están sujetas a una variación de carga y en consecuencia de volumen de gas vehiculado, deben utilizarse tramos de doble subida, que consisten tal como se ha dicho antes, en tramos donde se han instalado dos tubos en lugar de uno, siendo uno de ellos más pequeño que el otro, de esta forma se asegura que existirá suficiente velocidad en el gas refrigerante para arrastrar cualquier cantidad de aceite presente.

Esta variación de la carga se debe normalmente a la presencia de compresores con posibilidad de trabajar a potencias parciales. El tubo de diámetro menor del conjunto de doble subida se dimensiona de forma que asegure el retorno del aceite cuando el sistema trabaja a su mínima capacidad.

El segundo tubo se dimensiona de forma que su sección complementa a la del tubo de menor diámetro proporcionando entre los dos las pérdidas de presión correctas cuando el sistema trabaja a plena carga.

Entre ambos tubos verticales es aconsejable instalar un sifón, de forma que se llene de aceite a cargas bajas, haciendo que el refrigerante y el aceite retornen solamente por el tubo de menor diámetro.

A pesar de todo ello, si la longitud de la línea es grande, puede ser necesario regular la carga de aceite del compresor.

En el caso de que el fabricante del equipo **asegure**, que la instalación puede funcionar correctamente hasta determinadas longitudes de tubería, y que acepta diferentes desniveles entre unidades sin tener que efectuar ningún sifón, es porque el equipo monta un separador de aceite en la descarga del compresor, en tal caso es conveniente para no perder la garantía, seguir sus instrucciones.

La tubería de aspiración debe aislarse siempre ya que tiende a estar a una temperatura inferior a la del ambiente que la rodea, por lo que puede sudar "condensación de humedad". Además si el trazado es muy largo y pasa por zonas "calientes", como salas de calderas, la transmisión de calor puede falsear la potencia que se espera que proporcione el equipo.

Es muy importante que el aislamiento sea continuo y sellado adecuadamente en todas las juntas, de otro modo puede producirse condensaciones en ellas y dañar las zonas cercanas.

En la línea de descarga del compresor deberemos conocer que:

El tratamiento de la línea de descarga a de ser similar al de la línea de aspiración, ya que por ambas circula refrigerante en estado gaseoso.

Para su diseño y elección hay que considerar igualmente la pérdida de presión del gas refrigerante y el retorno del aceite al compresor, aunque en las líneas de descarga no es tan crítica la caída de presión como en las de aspiración, por lo que podrían aceptarse hasta 6 psi.

Sin embargo desde el punto de vista del rendimiento frigorífico de la instalación, es deseable la mínima pérdida posible, por lo que se limita también en este caso a 3 psi.

La velocidad de circulación mínima para que el aceite retorne al compresor, es la misma que en la línea de aspiración ó sea 6 m/s. en tramos ascendentes y 3 m/s. en tramos horizontales y descendentes.

6. Líneas frigoríficas. Tendido de tuberías

Si la línea de descarga a la salida del compresor sube verticalmente, debe hacerse un sifón o bucle en la tubería para asegurar que nada de líquido o aceite retornará hacia las válvulas de descarga del compresor, especialmente durante los periodos de paro del mismo. Una solución alternativa, que a veces se utiliza, es la instalación de una válvula de retención en la línea de descarga. Igualmente, si la línea es ascendente es necesario un sifón en la base y sifones intermedios cada 5 metros aproximadamente.

Al ser la velocidad de descarga aproximadamente la mitad que la de aspiración, serán necesarios en general, para unas condiciones dadas, diámetros de líneas menores en descarga que en aspiración.

Normalmente la línea de descarga no debe aislarse ya que no es perjudicial que se disipe el calor desde su superficie. No obstante, si discurre por el interior o adyacente al espacio acondicionado, o está instalada dentro de un conducto (conductos de servicio de los edificios,) sí que debería aislarse.

También, si se procede a recuperar el calor de los gases calientes, la línea de descarga debe aislarse para que ceda el máximo de energía al sistema de recuperación. Una última razón para aislar la línea de descarga es la seguridad, ya que la línea de descarga trabaja a temperaturas situadas entre los 60 °C y 80 °C., que pueden provocar quemaduras severas si se tocan.

En la línea de líquido debemos conocer que:

En primer lugar debemos recordar que se llama línea de líquido a la comprendida entre el final del condensador y la entrada de la expansión, donde el refrigerante se encuentra en estado líquido a alta presión, y que en equipos de aire acondicionado “split” de pequeña potencia que expansionan con tubo capilar, esta línea se encuentra normalmente en el interior de la unidad exterior. La salida de refrigerante de la unidad exterior en estos aparatos, se encuentra el refrigerante en estado “líquido” pero a baja presión, o sea, igual que en la entrada de cualquier evaporador.

Referente a la línea de líquido diremos que presenta menos problemas de funcionamiento que las de aspiración ó descarga, ya que el aceite siempre circula por ella mezclado con el refrigerante independientemente de la velocidad, aunque es muy importante asegurarse de que la batería se monta perfectamente nivelada y no queda inclinada hacia arriba o abajo, ya que en los condensadores refrigerados por aire puede quedar una pequeña cantidad de líquido estancado en su interior, en tal caso quedaría reducido el número de elementos necesarios para proporcionar la capacidad necesaria. También es necesario asegurar que el líquido pueda drenar libremente del condensador.

En esta línea no es importante la velocidad, pero hay que tener en cuenta otros factores como es el subenfriamiento del líquido y el peso de la columna de refrigerante.

Normalmente la línea de líquido no se aísla, ya que es recomendable que pierda calor durante su recorrido, ya que así se aumenta el rendimiento del ciclo frigorífico. Si ésta línea debe pasar por un área que está a una temperatura elevada, será necesario aislarla para evitar la autoevaporación de parte del líquido, conociéndose este efecto como “flash – gas”.

En aquellos lugares donde las líneas de líquido y aspiración vayan juntas una al lado de la otra, es recomendable que ambas estén unidas mecánicamente y aisladas como un solo tubo durante un tramo de una longitud determinada.

Subenfriamiento del líquido:

Para el correcto funcionamiento de la válvula de expansión ó el tubo capilar, el líquido refrigerante que llega a ellos no debe contener burbujas de gas, pero debido a la caída de presión que se produce en la línea de líquido, éste llega al sistema de expansión con una presión inferior a la existente a la salida del condensador, lo que puede llevar consigo la formación de gas.

Para evitarlo es conveniente que el líquido en cualquier instalación sufra un subenfriamiento de entre 5 y 10° C., aunque normalmente las instalaciones de aire acondicionado se logra un rendimiento máximo (entre otros factores), cuando se consigue un subenfriamiento del líquido a la entrada de la expansión de entre 10 y 13 °C.

La pérdida de presión tiene lugar por el rozamiento del líquido en las paredes interiores de la línea, pero también se produce y en mayor proporción, debido a la diferencia de nivel entre los extremos de la línea cuando ésta es ascendente, en tal caso es conveniente subenfriar 1° C cada 3,5 mts. de subida, aparte del subenfriamiento normal que deberemos tener a la salida del condensador.

Este subenfriamiento puede conseguirse en los equipos de “solo frío” embridando las líneas de líquido y aspiración. La máxima longitud embridada se debe limitar a 15 metros, debido al aumento de temperatura que sufre el recalentamiento de los vapores en la línea de aspiración, que pueden perjudicar al rendimiento del equipo.

En los equipos de “bomba de calor” no es factible dicha solución, debiéndose recurrir a otros métodos como pueden ser, introducir más carga de refrigerante en la unidad ó enfriar la línea de líquido.

Peso de la columna de líquido.

Cuando la línea de líquido es descendente el subenfriamiento está asegurado, ya que en este caso en vez de pérdida de presión, el peso de la columna de refrigerante hace que ésta sea mayor que a la salida del condensador.

Aquí el problema que se presenta es evitar una excesiva sobrepresión en la entrada del sistema de expansión.

Para ello si la altura de la línea de líquido es superior a 10 metros, hay que colocar en la parte inferior un equalizador de presión, que contrarreste el peso de la columna.

En los equipos de “solo frío” basta con una simple válvula manual, pero en los equipos de “bomba de calor” es necesario además disponer de una válvula antirretorno, para el funcionamiento en sentido inverso.

Para la elección del diámetro de la línea de líquido, una vez conocida su longitud equivalente, bastará con elegir el diámetro adecuado en función de dicha longitud, de forma que la pérdida de presión no sea superior a 10 psi.

6.4. EJEMPLO PARA EL CÁLCULO DE VELOCIDADES DEL FLUIDO REFRIGERANTE

Para conocer la velocidad del refrigerante en el interior de una tubería en cualquier punto de una instalación, tendremos que conocer los siguientes datos :

1º Diámetro interior del tubo

Si lo desconocemos tendremos que consultar cualquier catálogo de refrigeración donde encontraremos normalmente el diámetro exterior y el grueso de pared, a continuación se efectuará la operación.

Supongamos que el tubo a examinar es de 1", y va montado en el circuito de aspiración de un aparato de aire acondicionado, que monta como fluido refrigerante el R-22.

Según la información que facilita el fabricante, las características del tubo de 1" son:

- Diámetro exterior: 25,40 m / m
- Grueso de pared : 1 m / m

Por lo que el diámetro interior será de 23,40 m/m y un radio de 11,70 m/m.

2º Sección del tubo

Para hallar la sección de este tubo aplicaremos la fórmula πr^2

$$3,1416 \times 11,70^2 = 430,05 \text{ m/m}^2 \text{ ó } 4,30 \text{ cm}^2.$$

3º Potencia frigorífica de la instalación :

Pondremos como ejemplo que su potencia es de 15.000 fg / h

4º Volumen específico que ocupa el refrigerante en el punto a inspeccionar

Este dato lo descubriremos representando el ciclo frigorífico en el diagrama entálpico, o bien consultando la tabla de características del gas en cuestión, para unas condiciones dadas.

En nuestro ejemplo será de 0,050 m³ / Kg.

5º Producción frigorífica por Kg. de refrigerante.

Una vez representado el ciclo frigorífico en el diagrama entálpico solo se tendrá que restar $h_2 - h_1$

Dando un valor en nuestro caso de 39,5 Kcal / Kg.

6º Caudal másico de la instalación.

Si conocemos que hay que evacuar del recinto refrigerado 15.000 Kcal / hora. y 1 Kg. de refrigerante absorbe 39,5 Kcal / kilo, solo nos bastará dividir para conocer que el caudal másico deberá ser de 379,74 Kg./ hora.

7° Caudal volumétrico de la instalación

Si un Kilo de refrigerante evaporado ocupa $0,050 \text{ m}^3 / \text{Kg.}$ y circulan $379,74 \text{ Kg./hora}$, tendremos que realizar una multiplicación para obtener un caudal volumétrico de $18,98 \text{ m}^3 / \text{hora}$.

8° Velocidad del refrigerante

Para saber la velocidad del refrigerante en la tubería de 1", tendemos que dividir el caudal volumétrico entre la sección del tubo.

La unidad de medida en que nos viene expresado el caudal volumétrico es en m^3 / hora , por lo que tendremos que transportar los m^3 / hora , a $\text{cm}^3 / \text{hora}$, y de esta forma poder realizar la operación con la sección del tubo, ya que esta nos viene expresada en cm^2 .

Tendremos que recordar que si se quiere pasar cualquier unidad de volumen a una inferior, se multiplicará por 1000, tantas veces como unidades se quiera pasar.

En nuestro caso como queremos pasar $18,98 \text{ m}^3$ a cm^3 , multiplicaremos dos veces por mil, dando un resultado de $18.980.000 \text{ cm}^3$.

Para hallar la velocidad tendremos que dividir los $18.980.000 \text{ cm}^3 / \text{hora}$, entre la sección del tubo que es de $4,30 \text{ cm}^2$, y nos dará un resultado de $4.413.953 \text{ cm} / \text{hora}$ ó 44.139 m/h .

Para transformar el resultado en metros / segundo tendremos que dividir $44.139 \text{ m} / \text{h}$, entre $3.600 \text{ segundos} / \text{hora}$, obteniendo un resultado de **12,26 metros / segundo**.

De la misma forma se podrá calcular la velocidad del refrigerante en cualquier punto de una instalación frigorífica, conociendo de antemano el volumen específico del refrigerante en dicho punto, el diámetro interior y sección de la tubería y los diferentes datos obtenidos en el diagrama entálpico del refrigerante.

6.5. CONFIGURACIONES POSIBLES ENTRE LA UNIDAD INTERIOR Y EXTERIOR EN AIRE ACONDICIONADO

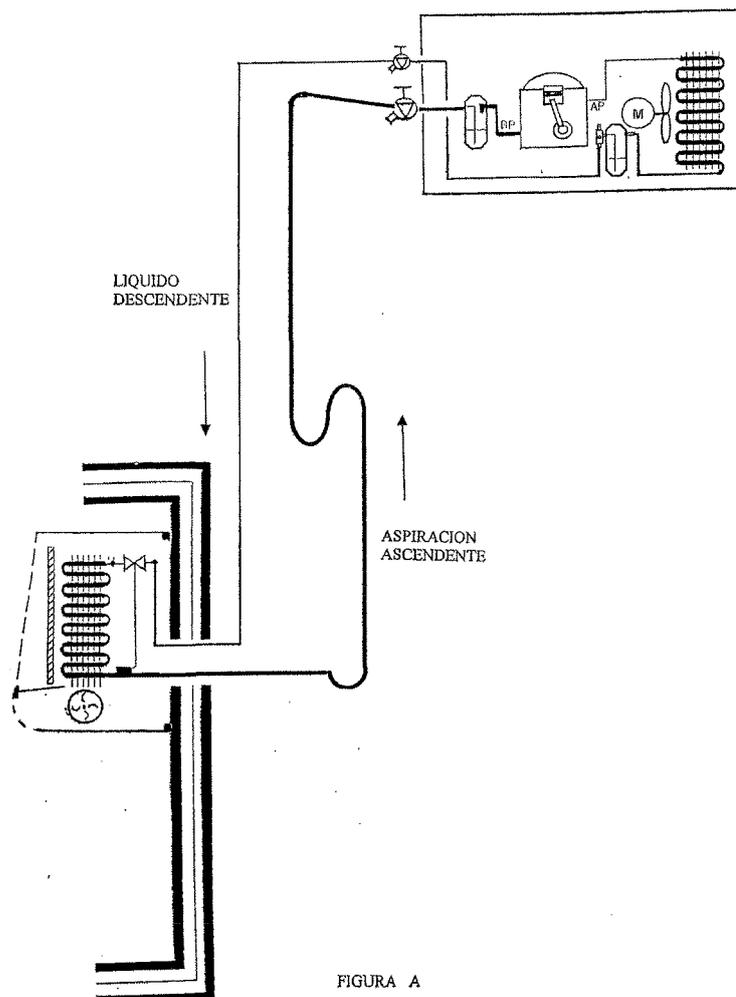
Dependiendo del tipo de equipo “solo frío” ó “bomba de calor”, debido a las especiales características de funcionamiento reversible de estos últimos y de la disposición relativa de las unidades interior y exterior, existen distintas configuraciones posibles en función de la posición de los equipos que presentaran características particulares.

- Unidad exterior por encima de la unidad interior.
- Unidad exterior por debajo de la unidad interior.
- Ambas unidades a la misma altura.

Equipos sólo frío.

En estos equipos la unidad interior funciona siempre como evaporadora y la unidad exterior como condensadora.

En la mayoría de las ocasiones, la unidad condensadora lleva incorporado el compresor, por lo que hace que la línea de gas sea de aspiración, estando la línea de descarga dentro de la unidad.



De los tres casos posibles, la situación más desfavorable es la representada en la figura A , donde la línea de aspiración es ascendente y por tanto la velocidad del gas debe ser mayorde 6 metros / segundo, necesitando además los correspondientes sifones.

En la línea de líquido deberán adoptarse las medidas oportunas para compensar el peso de la columna, si es necesario.

En el caso de la figura B, la aspiración no presenta problemas al ser descendente, y en la línea de líquido habrá que vigilar el subenfriamiento.

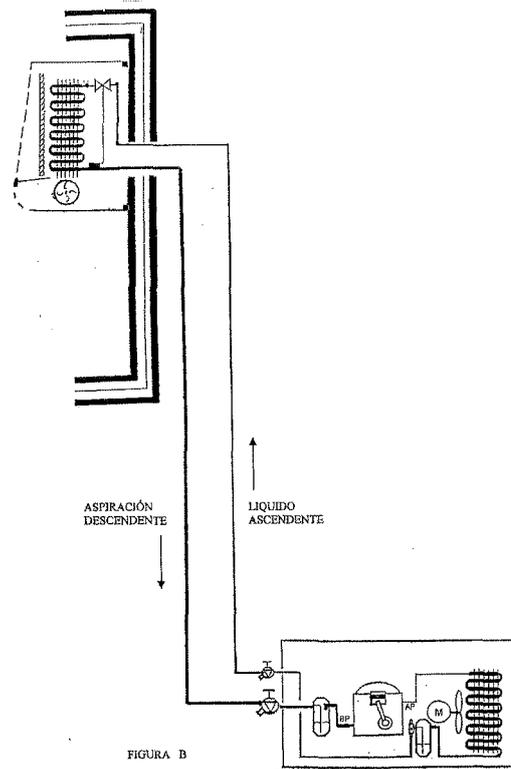


FIGURA B

La situación en la figura C no tiene ninguno de los problemas anteriores, por ser ambas líneas horizontales.

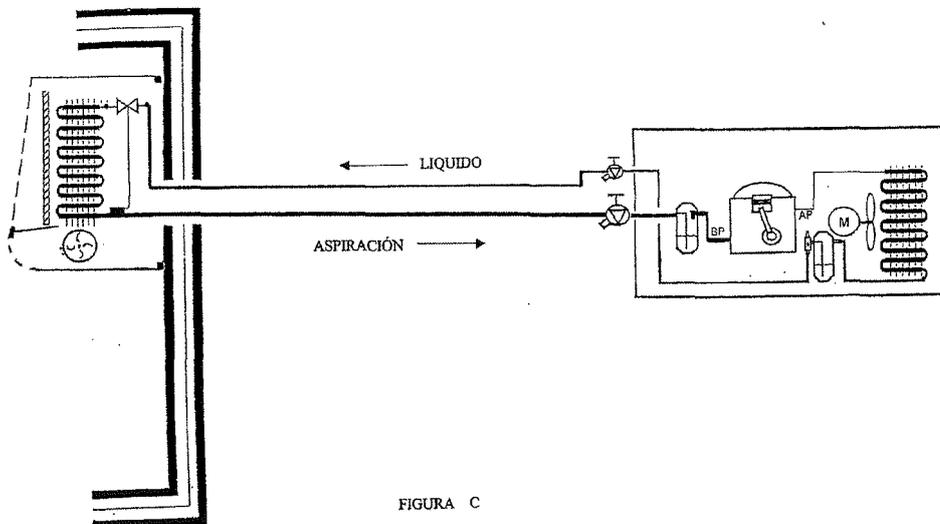


FIGURA C

Equipos bomba de calor.

En estos equipos, tanto la unidad interior como la unidad exterior funcionan unas veces como evaporadora y otras como condensadora, dependiendo del ciclo de funcionamiento.

Debido a esta circunstancia, la línea de gas es al mismo tiempo de aspiración en un ciclo de funcionamiento y de descarga en el otro ciclo, así como la línea de líquido es ascendente en un ciclo y descendente en el otro.

Existen igualmente tres configuraciones posibles, representadas en las figuras D, E y F.

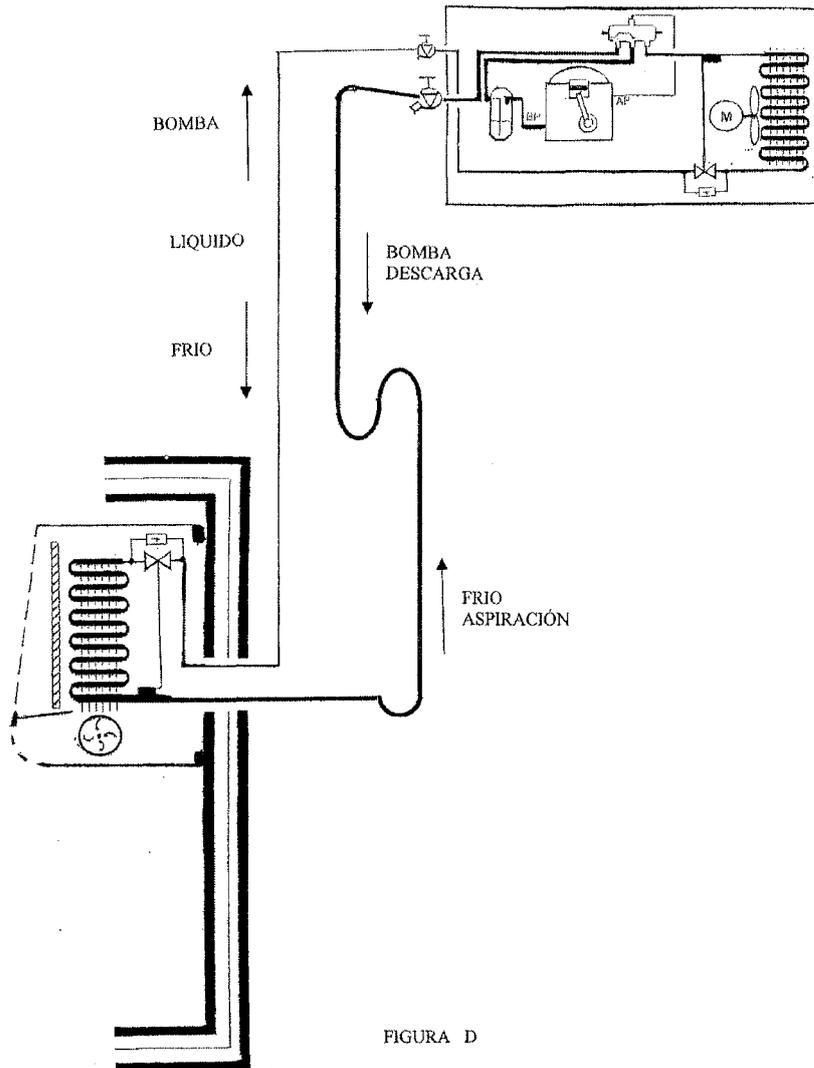


FIGURA D

En el primer caso (figura D) en que la unidad exterior está por encima de la interior, la línea de aspiración es ascendente y la línea de descarga es descendente, por tanto, para su elección hay que considerar la aspiración que requerirá una velocidad del gas mayor de 6 m/s. y necesitará los sifones de retención de aceite. La línea de descarga no supondrá ningún problema.

Por el contrario, en el caso que la unidad exterior esté por debajo de la interior (figura E), es la línea de descarga la ascendente y será ésta la que haya que dimensionar consiguiendo una velocidad mayor de 6 m/s., y con los diferentes sifones. La línea de aspiración no tendrá problemas al ser descendente.

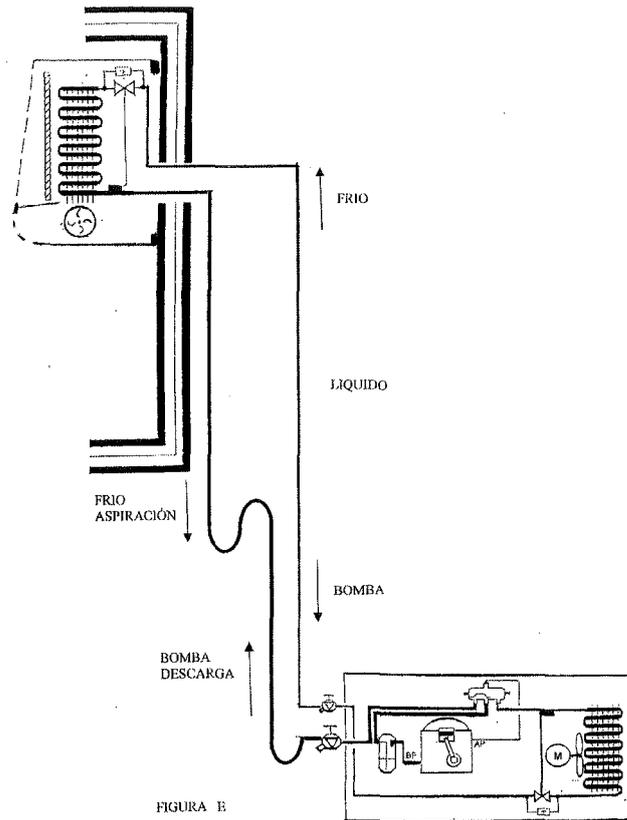


FIGURA E

La situación es más desfavorable en el segundo caso, ya que la velocidad del gas en la descarga es aproximadamente la mitad que en la aspiración, por lo que resulta más difícil conseguir los 6 m/s requeridos para el arrastre del aceite.

Para la línea de líquido en ambos casos al ser unas veces descendente y otras ascendente, habrá que tener en cuenta los problemas que puedan presentarse tanto por subenfriamiento como por peso de la columna.

El último caso (figura F) con las unidades al mismo nivel, no es necesario considerarlo ya que no aparece ninguno de los problemas descritos. Las líneas se dimensionan solo teniendo en cuenta la pérdida de presión.

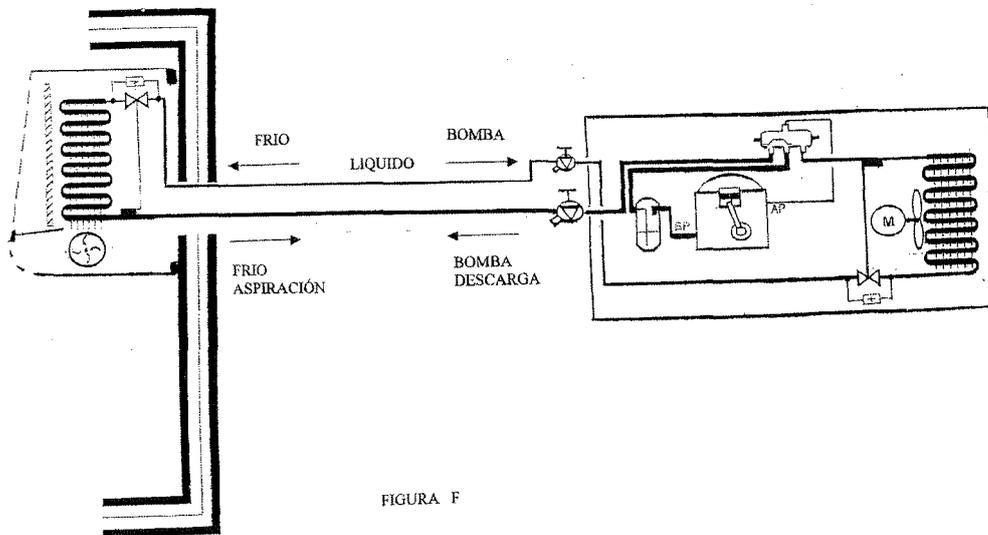


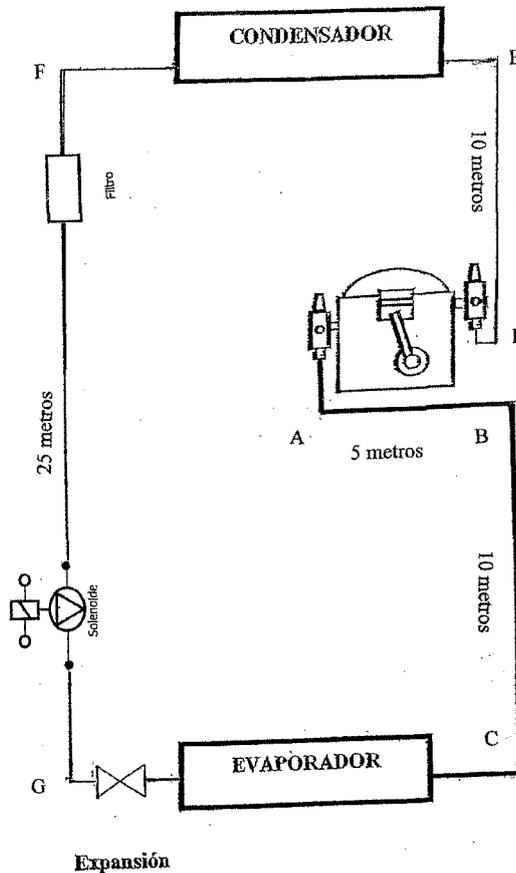
FIGURA F

6.6. EJEMPLO PARA LA ELECCIÓN DE TUBERÍAS A TRAVÉS DE GRÁFICOS

Para la elección de tuberías en una instalación frigorífica existen gráficos o tablas que nos indicarán si el tubo está trabajando en la zona media ó en el límite admisible, como para que pueda circular la cantidad de refrigerante requerida en la instalación sin sufrir notables cambios en cuanto a pérdidas de presión, velocidades, etc.

EJEMPLO :

Refrigerante : R-22
Potencia : 17.5 Kw /h (15.000 Fg/h)
Tramo A-B = 5 metros
Tramo B-C = 10 metros
Tramo D-E = 10 metros
Tramo F-G = 25 metros



Línea de aspiración:

Longitud tuberías = 5 metros + 10 metros = 15 metros reales
Normalmente a este valor se le añade un 10 % de seguridad = 1,5 metros
Longitud total = 17 metros (redondeando)

Pasando este valor en la tabla se puede comprobar que sale un diámetro de tubería que está entre 7 / 8" y 1", pero el punto de convergencia está más cercano a 1" por lo que seleccionamos este diámetro.

Para este diámetro de 1", que hemos tomado como diámetro equivalente de 17 metros, la pérdida de carga de la válvula de aspiración del compresor (válvula en ángulo) es según la tabla de entre 5 y 8 metros, por lo que tomaremos un valor a la alza de 7 metros.

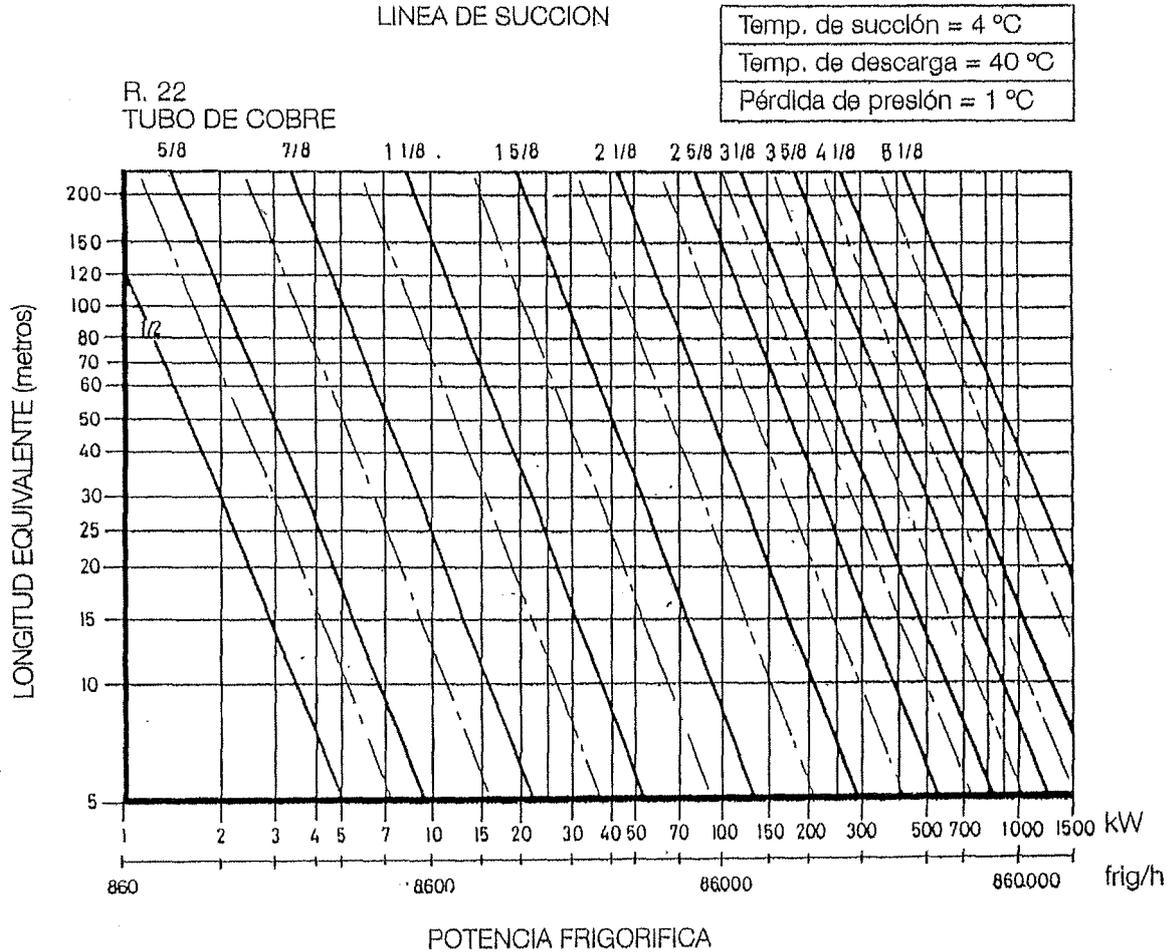


TABLA DE RESISTENCIA DE LOS ACCESORIOS

| Diámetro de tubo | | 5/8 | 7/8 | 1 1/8 | 1 3/8 | 1 5/8 | 2 1/8 | 3 1/8 |
|-------------------|------------------------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tipo de accesorio | Curva (metros equivalentes) | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 2,5 |
| | Codo radio corto (" ") | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,5 |
| | Válvula en ángulo (" ") | 4,0 | 5,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 17,0 | 25,0 |
| | Válvula de compuerta (" ") | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 5,0 | 6,0 | 8,5 | 12,0 |

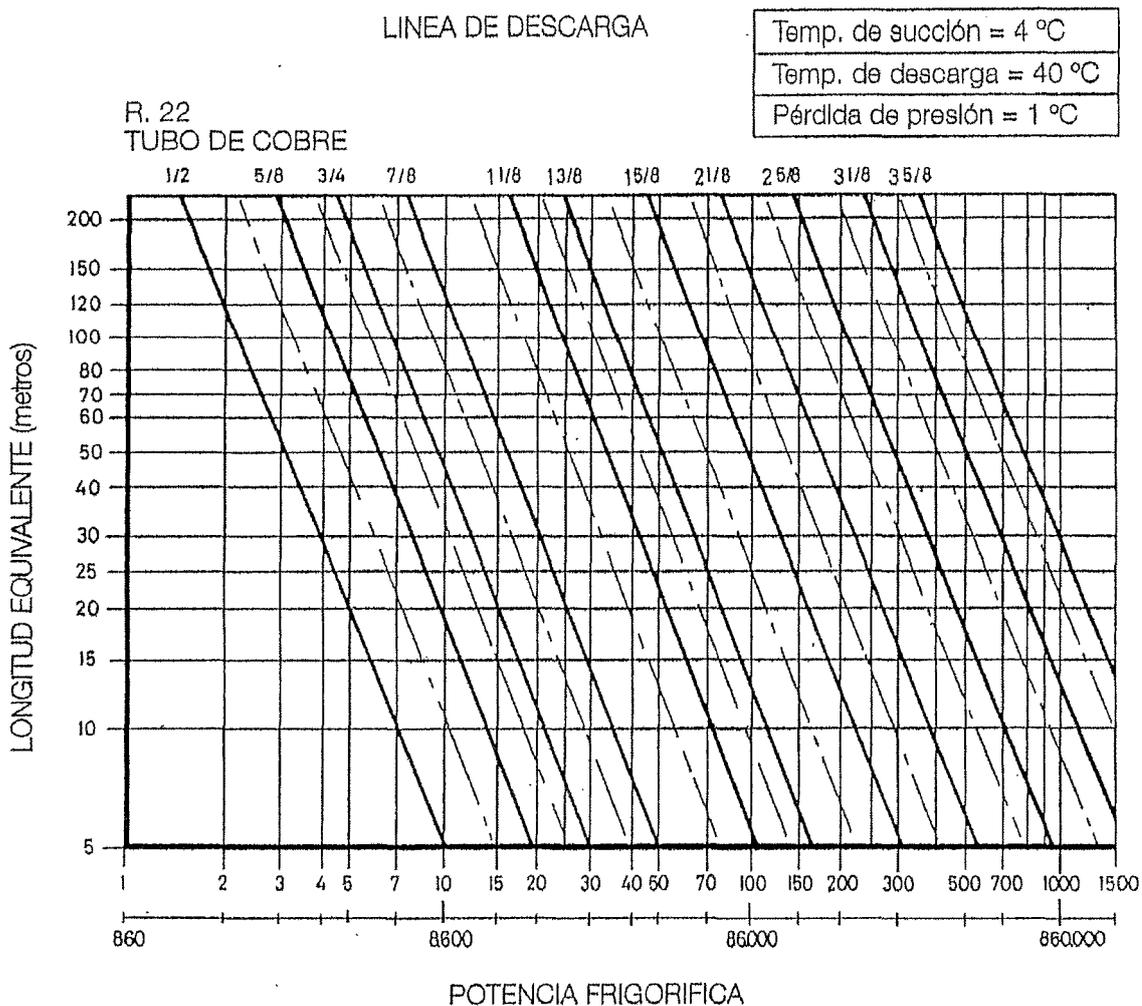
A Los 17 metros le añadimos los 7 metros de pérdida de carga equivalentes, dando un total de 24 metros.

Volvemos de nuevo al gráfico de la línea de succión y comprobamos que ahora estamos con un diámetro ligeramente inferior a 1", lo que significa que la elección de este diámetro es correcta.

Línea de descarga:

En la línea de descarga tenemos 10 metros de tubería, a los que sumaremos un 10 % de seguridad, dando un total de 11 metros.

En la tabla se puede comprobar que sale un diámetro superior a 5/8" e inferior a 3/4", y seleccionamos el diámetro de 3/4".



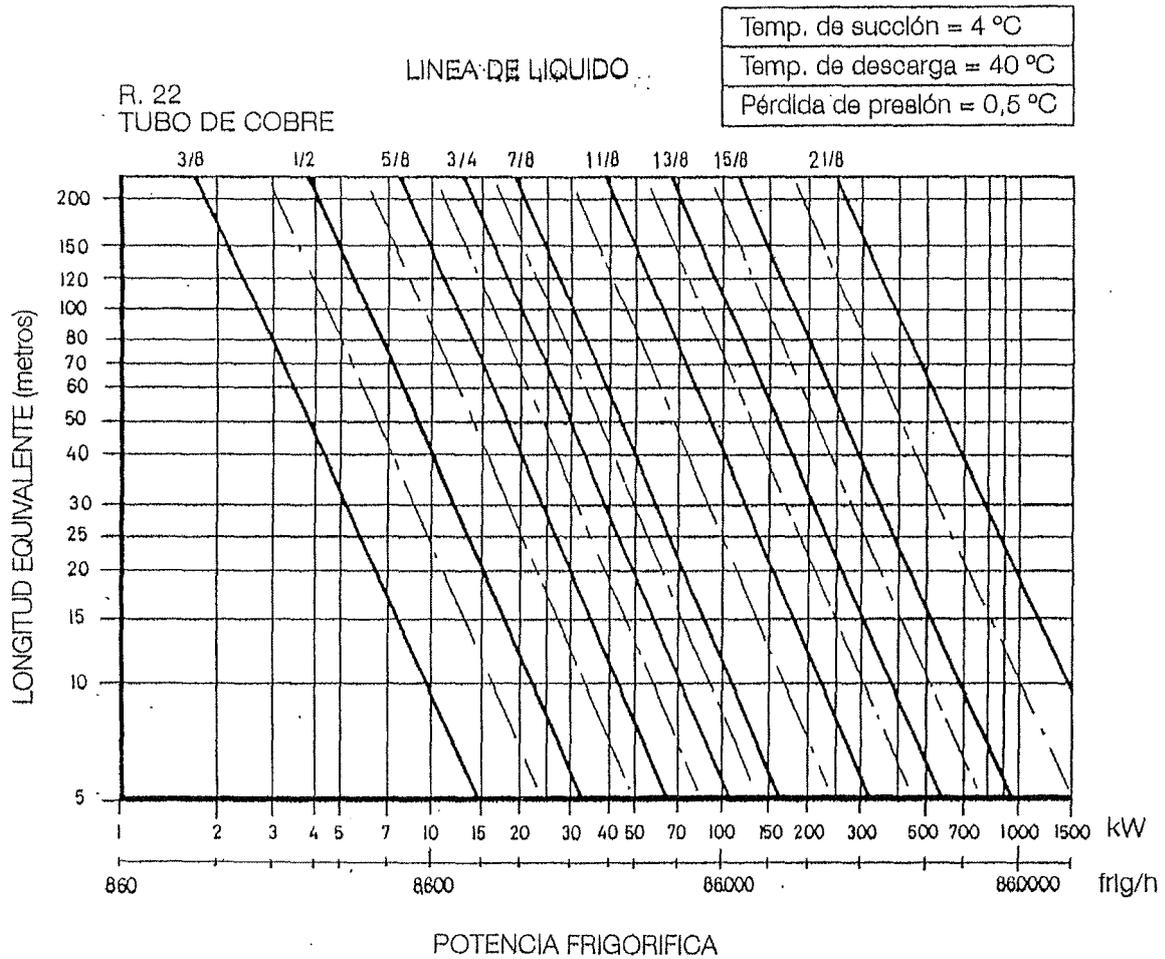
Para este diámetro de 3/4", que hemos tomado como diámetro equivalente de 11 metros, la pérdida de carga de la válvula de descarga del compresor esta entre 4 y 5 metros, por lo que tomaremos un valor a la alza de 5 metros, que le sumaremos a los 11 metros de longitud de tuberías dando un total de 17 metros.

Volvemos al gráfico y comprobamos que la tubería de 3/4" queda al límite admitido, por lo que la elección de este diámetro es correcta.

Línea de líquido:

La línea de líquido tiene una longitud de 25 metros en total, que añadiendo un 10 % de seguridad da un total de 27,5 metros (tomaremos para los cálculos 30 metros).

El diámetro de tubería por la longitud equivalente resulta según el gráfico, entre 1 / 2" y 5/8", por lo que tomaremos un diámetro de 5/8".



La válvula solenoide, el filtro deshidratador y el visor proporcionan una pérdida de presión respectivamente de 5 + 0,4 + 0,6 = 6 metros, dando un total equivalente de 36 metros.

Según el gráfico de la línea de líquido estamos con un diámetro ligeramente inferior a 5/8", por lo que consideramos que la elección de esta línea también es correcta.

Por lo tanto las líneas calculadas serán :

- . Línea de aspiración de 1"
- . Línea de descarga de 3 / 4 "
- . Línea de líquido de 5 / 8 "

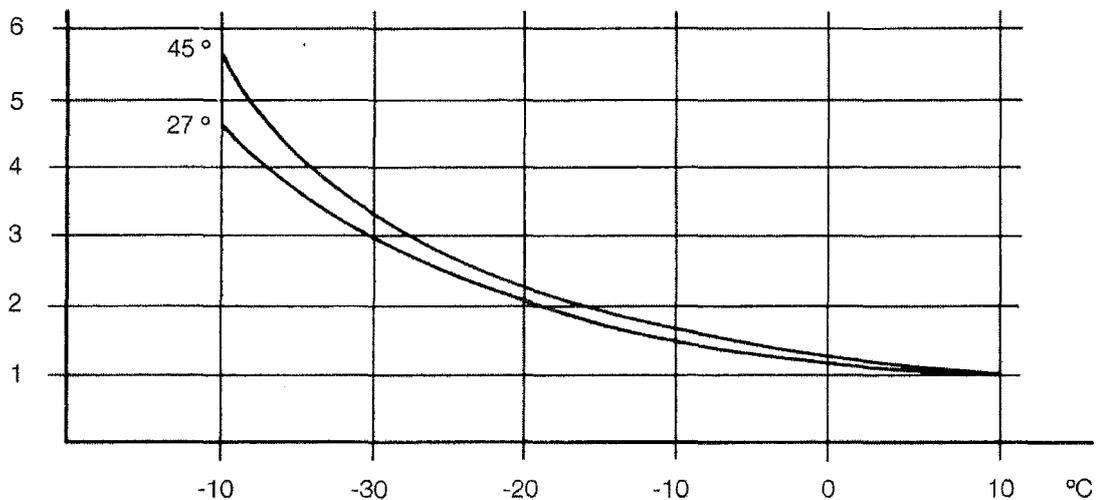
Factores de corrección aplicables a las gráficas:

Las gráficas utilizadas están confeccionadas con unas condiciones de trabajo específicas, que en nuestro caso corresponden a una temperatura de evaporación de +4 °C. y una temperatura de condensación de + 40 °C., siempre que las condiciones de trabajo varíen, es necesario utilizar un factor de corrección que deberá aplicarse tanto en el cálculo de las líneas de aspiración como en las de descarga.

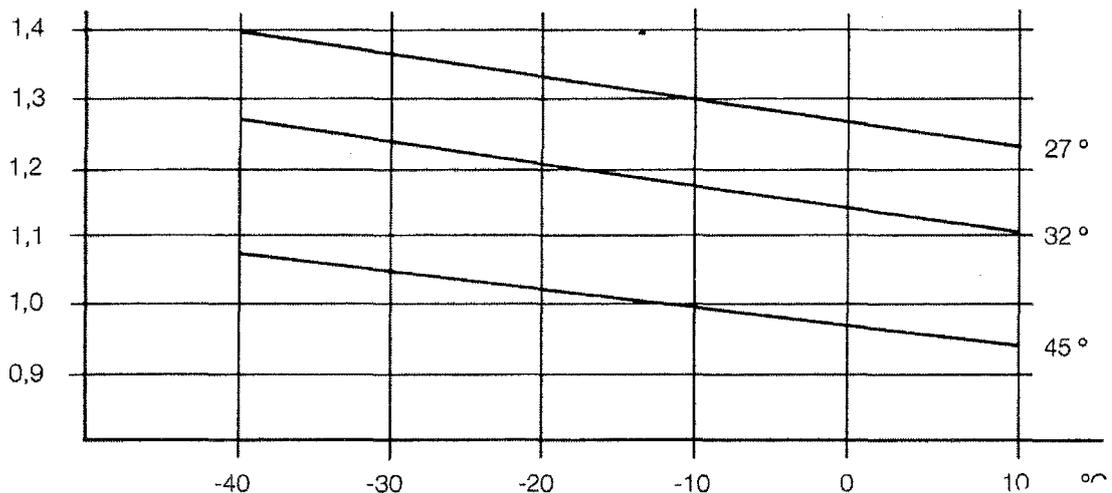
El eje vertical de la izquierda del gráfico, indica el factor de corrección.

El eje horizontal indica la temperatura de evaporación. Las curvas son diferentes para las temperaturas de condensación a las que se trabaje.

Líneas de succión



Líneas de descarga



Para utilizar estas gráficas, primero seleccionar los factores de corrección, y después multiplicar la potencia frigorífica por este factor de corrección. La nueva potencia hallada es la que se utiliza para entrar en la gráfica.

6.7. UNIONES FLEFIBLES ELIMINADORAS DE VIBRACIONES

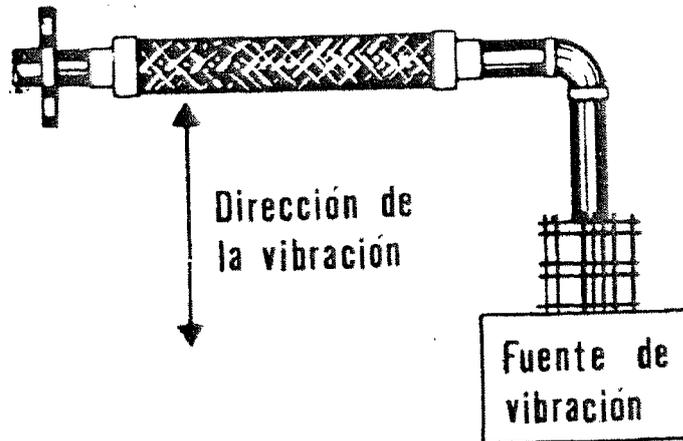
Son de construcción metálica (bronce y cobre) con un diseño que permite la libre oscilación de los compresores en las paradas y arranques, evitándose la rotura de los tubos y los molestos ruidos.

Las vibraciones pueden ser provocadas por una o más de las siguientes razones :

- . Vibración causada directamente por el compresor
- . Resonancia en las tuberías.

Es muy importante recordar que hay que asegurar un lado del tubo firmemente en un lado del manguito, ya que es bastante habitual observar manguitos antivibratorios montados sin la existencia de bridas de sujeción, con lo que el manguito no tiene utilidad práctica.

Es asimismo muy importante que el manguito antivibratorio esté colocado en posición correcta, o sea, que la dirección de la absorción de la vibración esté de acuerdo con la vibración que se está produciendo.



El segundo problema es muchas veces más difícil de solucionar. La primera comprobación es asegurar que la vibración no se transmite desde el condensador, ventilador, etc. Si este no es el caso, el problema puede ser de resonancia del gas dentro de las tuberías. Esto ocurre a veces en las líneas de descarga y una solución es instalar un silenciador de descarga.

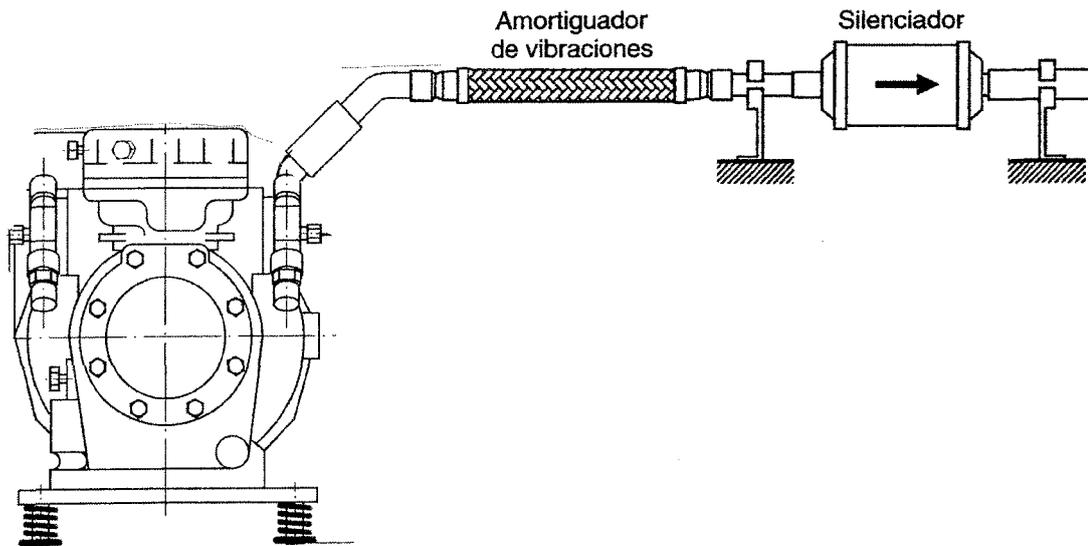
Los antivibradores pueden ir instalados tanto en la tubería de descarga como en la de aspiración, aunque en esta última se recomienda aislarla para evitar la condensación ó congelación en su superficie.

Se aconseja instalar el eliminador de vibraciones, en la parte recta de la tubería y a ser posible en sentido horizontal.

6.8. SILENCIADORES DE DESCARGA

Principalmente son utilizados con los compresores alternativos, su misión es amortiguar las pulsaciones de la descarga que pueden originar ruidos y vibraciones en la tubería, ya que actúan de forma similar a como lo hacen los silenciadores de los automóviles.

Deben colocarse lo más cerca posible de la descarga del compresor, aunque su instalación más frecuente es entre el compresor y el condensador, y su mayor eficiencia está relacionada con la distancia óptima entre los dos componentes



Se recomienda colocar el silenciador en posición horizontal para facilitar así la circulación del aceite con el refrigerante, y siempre respetando la circulación del refrigerante en el caso de ir marcado.

Con la combinación del eliminador de vibraciones y el silenciador de descarga es cuando se consiguen los mejores resultados.

También existen en el mercado silenciadores de descarga que son ajustables.

7

COMPONENTES, MISION, TIPOS Y CARACTERISTICAS

COMPRESORES

7.1. MISIÓN EN EL CIRCUITO

Su misión es aspirar los vapores a baja presión procedentes del evaporador, a la misma velocidad que se van produciendo y comprimirlos, disminuyendo así su volumen y aumentando en consecuencia la presión y temperatura del gas.

Variación de la capacidad del compresor con la temperatura de aspiración.

El factor más importante que regula la capacidad de un compresor, es la temperatura de vaporización del líquido en el evaporador.

Las grandes variaciones de capacidad de un mismo compresor, debidas a los cambios de temperatura de aspiración, son principalmente resultado de la diferencia de volúmenes específicos que se tienen en el vapor de aspiración a la entrada del compresor.

A mayor temperatura de vaporización del líquido en el evaporador, mayor será la presión vaporizante y menor el volumen específico en la aspiración.

Por la diferencia existente en el volumen específico en la aspiración, cada volumen de vapor comprimido por el compresor, presenta una masa mayor de refrigerante cuando la temperatura de aspiración es mayor, que cuando la temperatura de aspiración es menor, o sea, por cada carrera de compresión del pistón, la masa de refrigerante comprimida aumentará a medida que aumenta la temperatura de aspiración.

La variación real en la capacidad del compresor debido a cambios de temperatura en la aspiración es mayor que la indicada por los cálculos teóricos, y esto es debido a que la relación de compresión cambia al cambiar la temperatura de aspiración.

Cuando aumenta la temperatura de vaporización permaneciendo constante la temperatura de condensación, la relación de compresión disminuye y se mejora el rendimiento volumétrico. por tanto con una aspiración a temperatura elevada, además de comprimir una gran masa de refrigerante por unidad de volumen, ese volumen de vapor comprimido por el compresor, se aumenta debido a que se mejora el rendimiento volumétrico.

Como se ha visto anteriormente se llama relación de compresión a la relación entre la presión absoluta de la descarga, y la presión absoluta de la admisión.

Para un compresor con un espacio muerto determinado, el rendimiento volumétrico varía inversamente con la relación de compresión.

Según la temperatura de evaporación a la que tiene que trabajar la instalación, requiere que el compresor sea de:

| | |
|--------------------------|--------------------------------|
| ALTA TEMPERATURA | desde + 10 °C a - 10 °C |
| MEDIA TEMPERATURA | “ 0 °C a - 20 °C |
| BAJA TEMPERATURA | “ - 10 °C a - 30 °C |

aunque algunos fabricantes toman la temperatura de - 15 °C. como frontera, entre los compresores de **alta o baja temperatura de evaporación**.

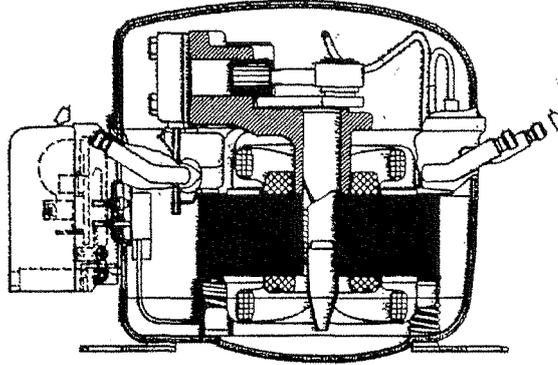
Puede resultar peligroso emplear un compresor de alta temperatura con una temperatura de evaporación baja, ya que el funcionamiento en estas condiciones correrá el riesgo del insuficiente enfriamiento del motor eléctrico por los vapores fríos aspirados, dando como resultado el anormal y peligroso calentamiento del motor a pesar de la débil intensidad absorbida, intensidad que será excesivamente baja para que accione el protector térmico.

A la inversa, el empleo de un compresor de baja temperatura en alta temperatura de evaporación motivará a causa de ser insuficiente el motor, una sobrecarga del mismo con el resultado inmediato de un calentamiento anormal que provocará la acción intempestiva del protector térmico.

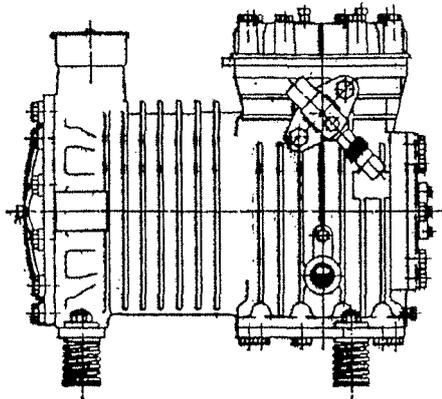
7.2. TIPOS DE COMPRESORES

En las instalaciones frigoríficas encontraremos normalmente tres tipos de compresores

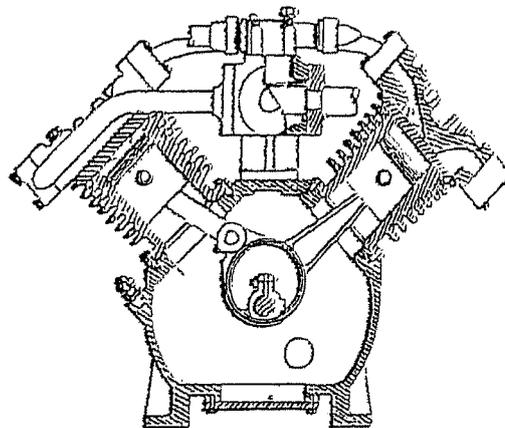
HERMETICOS.- Si todo el conjunto motor - compresor va dentro de una carcasa soldada sin accesibilidad, normalmente están instalados en equipos de pequeñas potencias, siendo de menor coste y ocupan menor espacio.



SEMIHERMETICOS.- Si el eje del motor es prolongación del cigüeñal del compresor y están en una misma carcasa accesible desde el exterior. Se utilizan en potencias medias y eliminan los problemas de alineamiento entre el motor y el compresor.

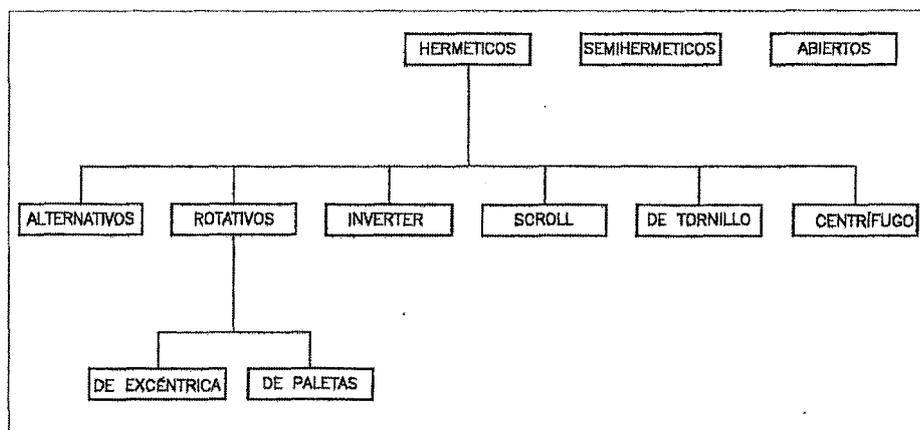


ABIERTOS.- Si el cigüeñal es accionado por un motor exterior al compresor. Se utilizan para medias y grandes potencias y son los más versátiles y accesibles.



7. Componentes, misión, tipos y características. Compresores

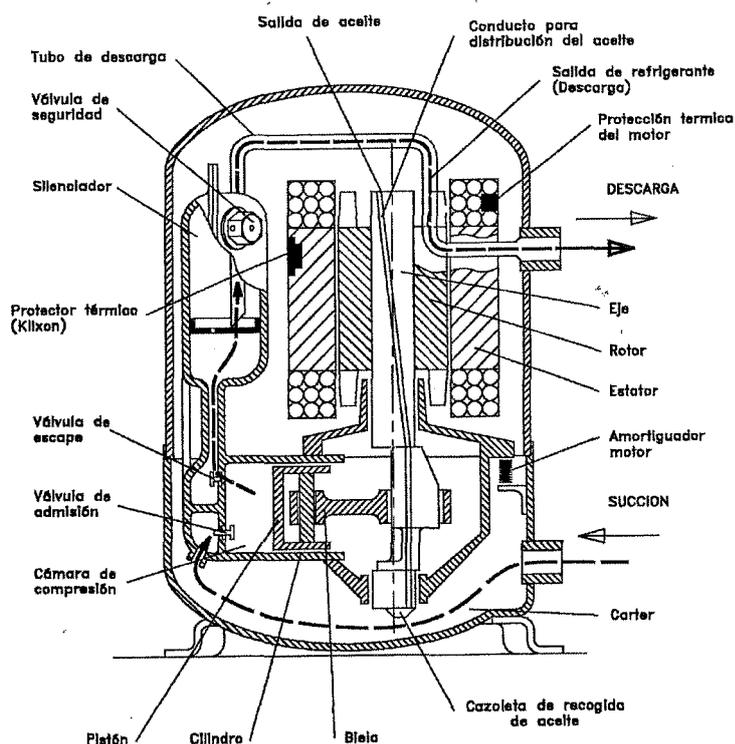
Los compresores herméticos pueden ser ALTERNATIVOS o de pistón, ROTATIVOS que a su vez pueden ser de paletas o de excéntrica, INVERTER, SCROLL, DE TORNILLO Y CENTRIFUGOS.



7.3. COMPRESOR ALTERNATIVO

El mecanismo de compresión consta fundamentalmente de un cilindro (parte fija) y un émbolo o pistón (parte móvil) que se desliza interiormente por el primero, es movido por un motor a través de una biela, que produce sobre el émbolo un movimiento alternativo. El émbolo absorbe, comprime, y expulsa el gas a través de las válvulas de admisión y escape.

Los segmentos colocados en el émbolo aseguran la estanqueidad entre éste y el cilindro, separando la alta presión reinante en el interior del cilindro, de la parte de baja presión reinante en el cárter.



En los compresores pequeños en lugar de segmentos se utilizan pistones con ranuras, que aseguran la estanqueidad por las importantes pérdidas de carga que sufre el gas al atravesarlas. A esta estanqueidad también colabora la película creada por el aceite de lubricación.

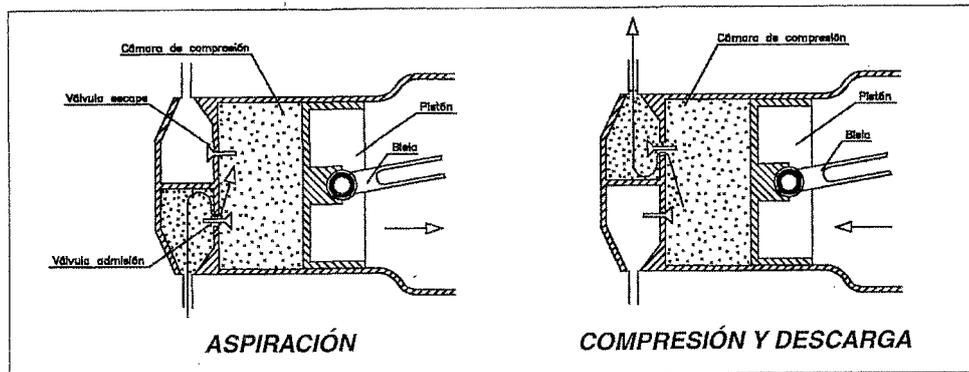
El émbolo o pistón es el elemento compresor, que reduce el volumen de gas contenido en el cilindro. El movimiento descrito por el pistón es por tanto alternativo, nombre que reciben este tipo de compresores.

El motor que acciona la biela es un motor eléctrico de inducción, monofásico o trifásico, con el rotor en jaula de ardilla, y amortiguado su movimiento a través de muelles. La carcasa inferior es a su vez el cárter del motor, conteniendo el aceite necesario para su lubricación. Todo el conjunto queda encerrado en una carcasa metálica formada por dos piezas de acero embutido y soldado por la zona de cierre, por lo que se denominan compresores de tipo hermético.

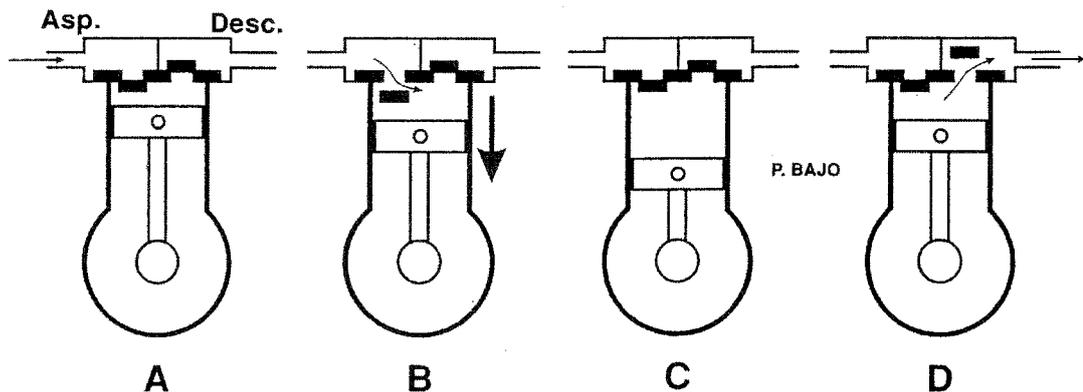
Cuando el eje del motor gira, una cazoleta situada en la parte inferior del mismo, recoge el aceite durante el giro, y por efecto de la fuerza centrífuga, lo hace subir hacia arriba a través de un canal existente en el interior de dicho eje; este aceite sale por la parte superior del eje, rociando las diferentes partes del compresor.

El refrigerante, entra en el compresor a través de la tubería de aspiración, a una temperatura más o menos fresca ya que los gases provienen del evaporador, y recorre las diferentes partes del compresor, hasta que entra en la cámara de compresión a través de la válvula de admisión, por lo que hace el efecto de refrigerar el compresor.

De no ser así, en la parte más caliente del compresor (parte superior) se alcanzarían temperaturas muy elevadas. Por este motivo se construyen este tipo de compresores de tal manera que prácticamente todas las partes del compresor están comunicadas con la aspiración.



Fases de funcionamiento:



Una vez comprimido el refrigerante, sale de la cámara de compresión a través de la válvula de escape, a otra cámara que hace efecto de silenciador de descarga, para insonorizar el compresor y evitar al mismo tiempo las vibraciones que pudieran ocasionar en la descarga del refrigerante. Con esta misma cámara silenciadora, se coloca una válvula de seguridad, ya que la presión en el interior de esta cámara, es la presión de alta del circuito.

No conviene inclinar o tumbar la unidad condensadora, donde va alojado el compresor, ya que el aceite podría escaparse a través de la tubería de aspiración, lo que provocaría el agarrotamiento del mecanismo de transmisión del motor, con su posterior quemado de las bobinas, o la pérdida de rendimiento de la máquina, al ser una mezcla de aceite y refrigerante lo que circula por el circuito frigorífico de la misma. En este caso conviene dejar la unidad en su posición normal (12 horas aproximadamente) para que por gravedad el aceite retorne al cárter del compresor.

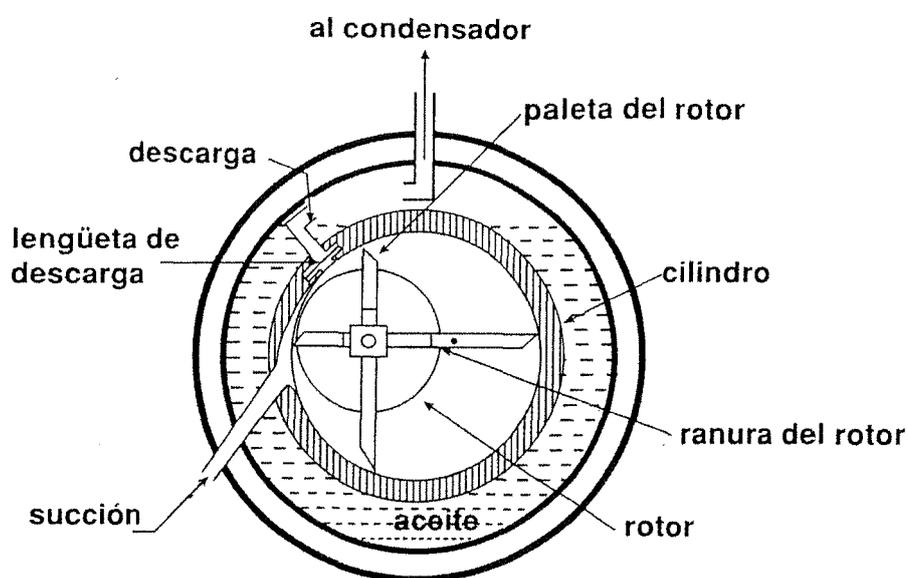
Los parámetros que caracterizan a un compresor alternativo son, el nº de cilindros, diámetro y carrera de los mismos, velocidad de rotación, relación de compresión y rendimiento volumétrico.

7.4. COMPRESOR ROTATIVO

Los compresores rotativos pueden ser de paletas o de excéntrica, también llamados de rodillo. En los compresores de paletas y de rodillo, la compresión se produce por la reducción del volumen resultante entre la carcasa y el elemento rotativo, cuyo eje no coincide con el eje de la carcasa (ejes excéntricos). En estos compresores rotativos no son necesarias válvulas de admisión, ya que como el gas entra de forma continua en el compresor, la pulsación de gas es mínima.

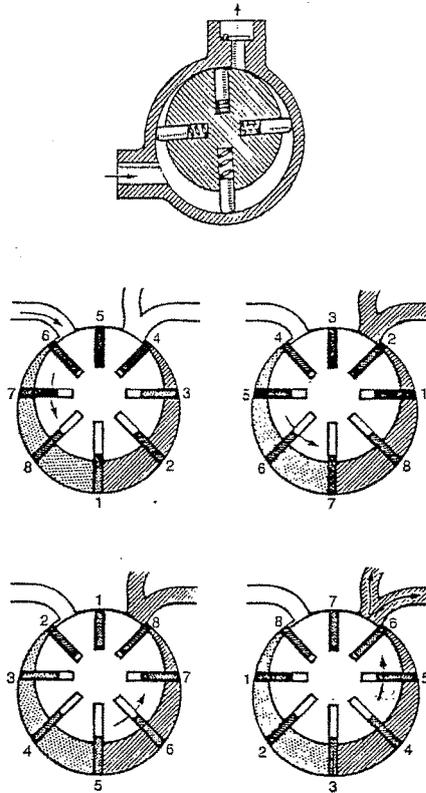
El compresor de paletas monta unas hojas rotatorias que se instalan a distancias iguales alrededor de la periferia de un rotor ranurado.

Compresor rotativo de paletas



La flecha del rotor está montada excéntricamente en un cilindro de acero, de manera que el rotor toca casi la pared del cilindro en un lado, estando ambos separados en este punto solamente por una película de aceite. En el punto opuesto a este, el claro entre el rotor y la pared del cilindro es máximo.

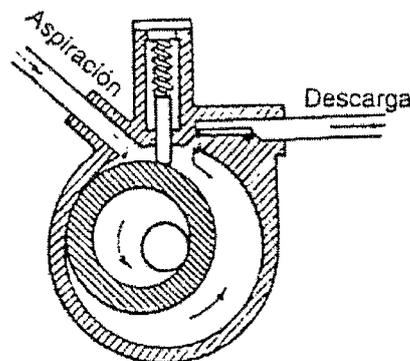
Las paletas se mueven hacia dentro y hacia fuera, en forma radial en las ranuras del rotor al seguir el contorno de la pared del cilindro, debido a la fuerza centrífuga desarrollada por el rotor al girar.



El vapor de succión arrastrado al cilindro a través de las lumbreras de succión en la pared del mismo, queda atrapado entre dos paletas adyacentes. El vapor es comprimido al girar las paletas del punto de máximo claro del rotor, al punto de mínimo claro, y una vez comprimido es descargado por las lumbreras correspondientes.

El compresor de rodillo emplea como su nombre indica un rodillo cilíndrico de acero, que gira sobre una flecha excéntrica montada concéntricamente en un rodillo.

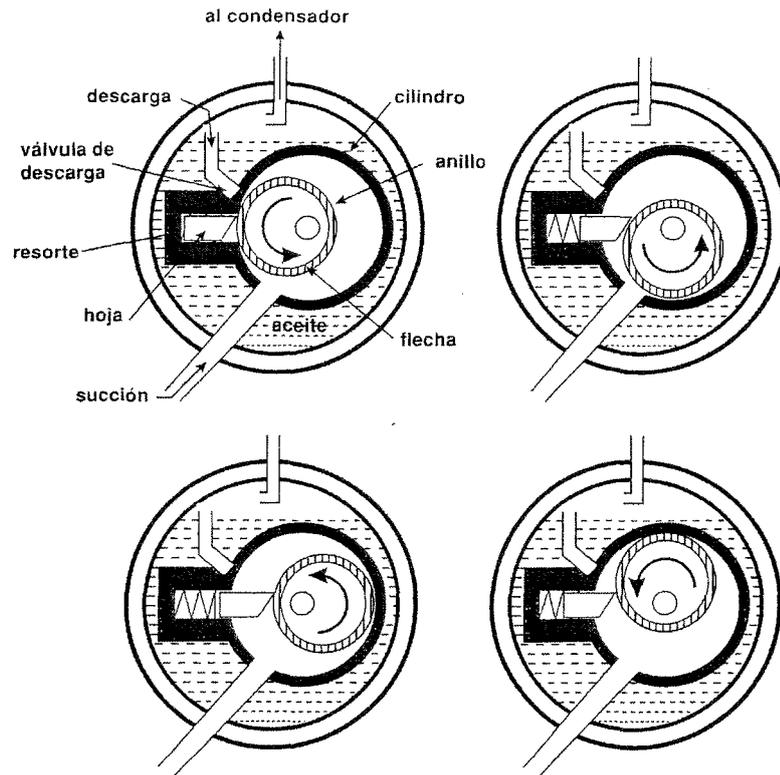
Compresor rotativo de rodillo



Debido a la excentricidad de la flecha, el anillo cilíndrico es excéntrico con el cilindro y toca la pared de éste en el punto de claro mínimo. Al girar la flecha, el rodillo se desliza alrededor de la pared del cilindro, en contacto con la pared y en el mismo sentido de la rotación de la flecha.

Una hoja empujada por un resorte, montada en una ranura de la pared del cilindro, hace contacto fuertemente con el rodillo en todo momento. La hoja se mueve hacia dentro y hacia fuera de la ranura del cilindro, siguiendo el rodillo conforme gira éste alrededor de la pared del cilindro.

La forma de comprimir el vapor de refrigerante, sigue los pasos que se muestran en las siguientes figuras.



7.5. COMPRESOR INVERTER

Se trata de un compresor rotativo de C.A. que mediante un sistema electrónico, regula las revoluciones del motor a través de la frecuencia y hace que se adapten a las diferentes necesidades de la instalación, modulando el flujo de refrigerante en cada momento.

Cuando el local a enfriar está con la máxima carga de calor, el compresor estará rindiendo al 100 % de sus posibilidades, dando por ejemplo 6000 Fg/h; cuando el local está más frío el compresor rendirá mucho menos, dando únicamente por ejemplo 3000Fg/h, esto quiere decir que es un compresor de rendimiento variable, adaptándose a las necesidades ambientales.

La diferencia del sistema de control, para el resto de equipos que utilizan exclusivamente el termostato como dispositivo de control de temperatura, produciéndose lo que se llama sistema (todo o nada), es decir, que el equipo está funcionando al 100 % de sus posibilidades o está parado, no existiendo en este caso una opción intermedia. Con el sistema Inverter se consiguen unas temperaturas más homogéneas, y sin variaciones de temperatura apreciables en comparación con el resto de los equipos.

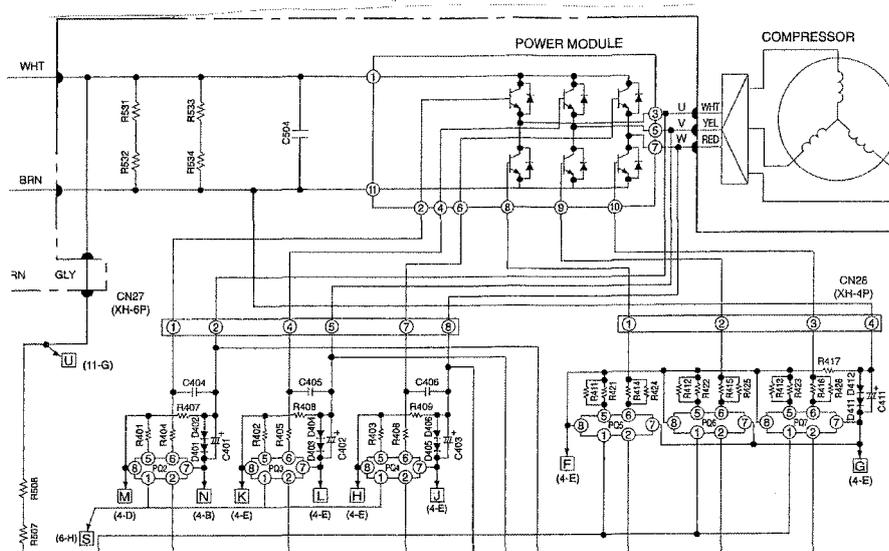
El principio de funcionamiento se basa en que para regular la capacidad de la instalación, se necesita un control de frecuencia con el fin de poder variar la velocidad de rotación del compresor.

La alimentación eléctrica proveniente de la red con la que se alimenta el aparato, se convierte en fuente de energía de corriente continua. La fuente de energía de corriente continua se reconvierte en fuente de energía de corriente alterna trifásica con frecuencia variable.

Cuando la frecuencia aumenta, la velocidad de rotación del compresor aumenta, lo que a su vez produce un aumento de circulación de refrigerante, consiguiendo un mayor intercambio de calor.

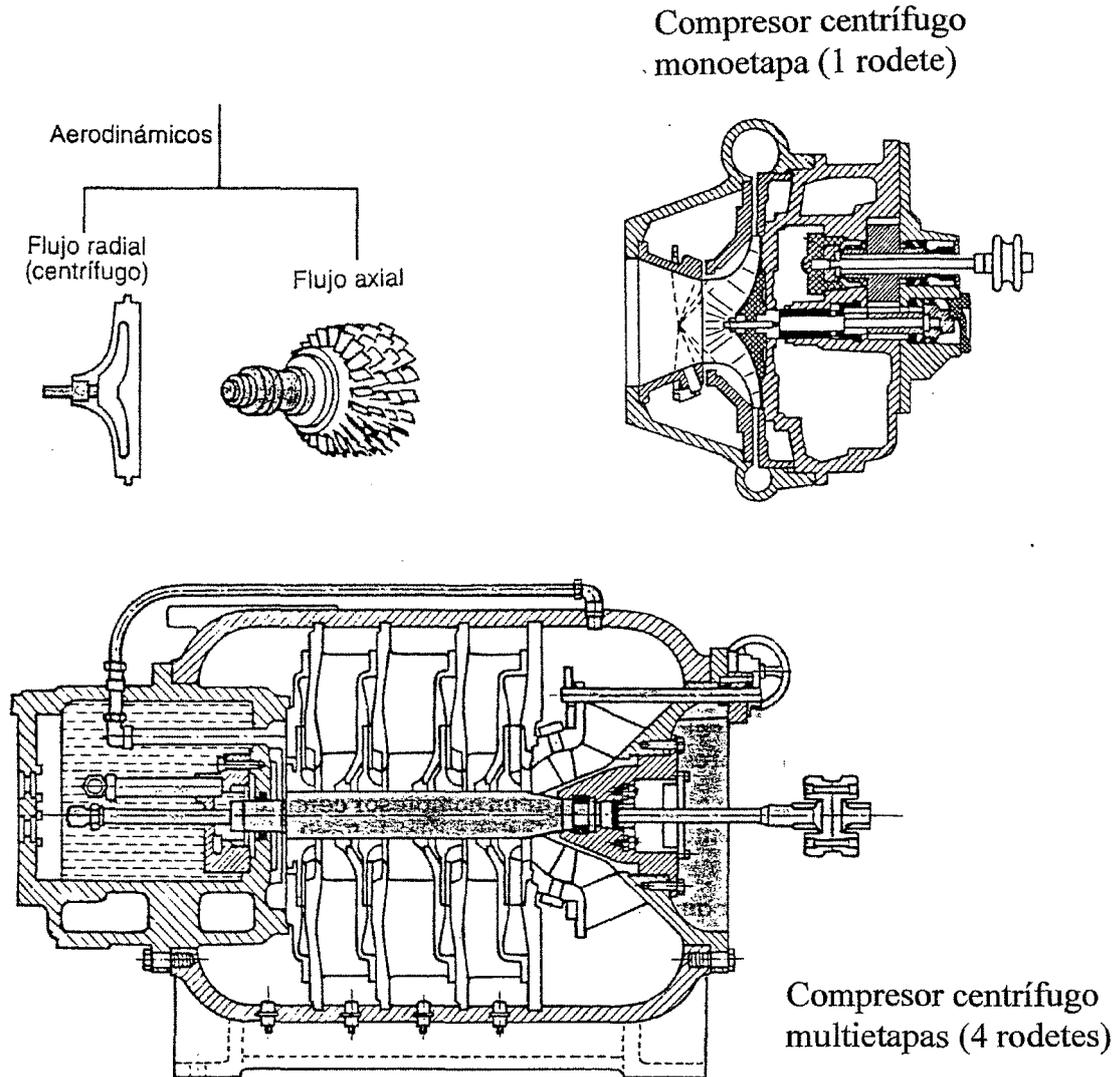
Cuando la frecuencia disminuye, la velocidad de rotación del compresor disminuye, lo que a su vez produce una reducción de la circulación de refrigerante, consiguiéndose un menor intercambio de calor.

Debido a que el funcionamiento de estos sistemas varía con respecto a los empleados en los aparatos convencionales y su participación en el mercado es cada vez mayor, se está confeccionando un tomo que tratará exclusivamente sobre el funcionamiento y detección de averías en este tipo de instalaciones.



7.6. COMPRESOR CENTRÍFUGO

Las máquinas centrífugas, se crearon para obtener grandes capacidades de enfriamiento, y constan de un compresor centrífugo, que da nombre al conjunto, propulsado por un motor eléctrico, (aún cuando puede utilizarse también una turbina de vapor u otro tipo de motor de gas) un condensador y un evaporador.



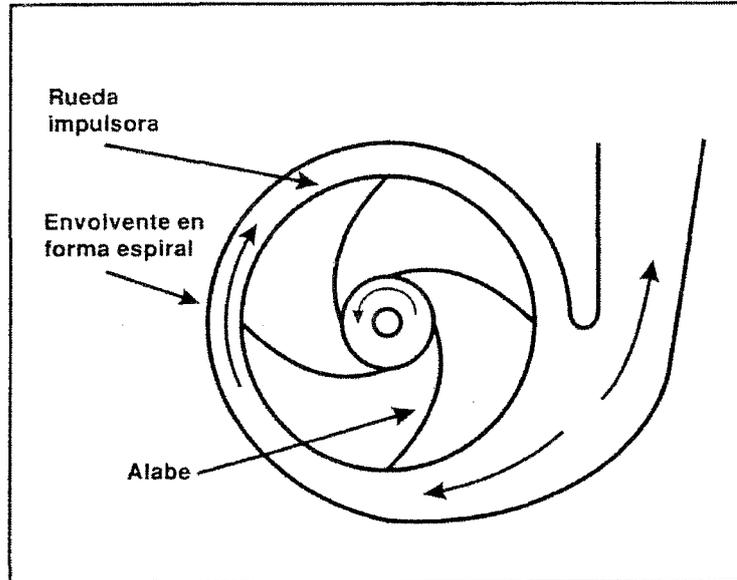
El compresor centrífugo consiste esencialmente, en una o varias ruedas impulsoras, montadas sobre una flecha (eje) de acero y encerradas en una cubierta de hierro fundido.

El número de impulsores (turbinas) que puede montar depende principalmente de la magnitud de la presión que queremos desarrollar durante el proceso de compresión.

7. Componentes, misión, tipos y características. Compresores

Los compresores de un solo impulsor se llaman de “una sola etapa”, los de dos impulsores “de dos etapas” etc.

Las ruedas impulsoras rotativas son esencialmente las únicas partes móviles del compresor centrífugo y por tanto son la fuente de toda la energía impartida al vapor durante el proceso de compresión.



La acción del impulsor es tal, que tanto la columna estática como la velocidad del vapor, aumentan por la energía que se imparte al mismo.

La fuerza centrífuga aplicada al vapor confinado entre los álabes del impulsor y que gira con los mismos, causa la autocompresión del vapor en forma similar a la que se presenta con la fuerza de gravedad, que hace que las capas superiores de una columna de gas compriman a las inferiores.

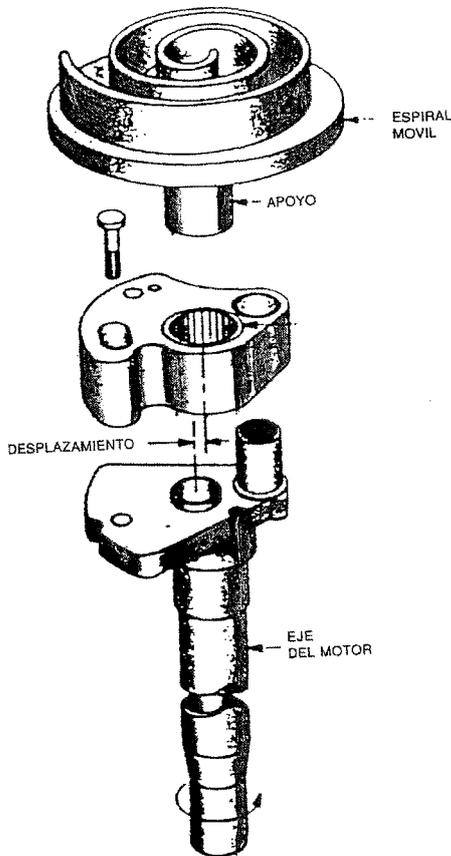
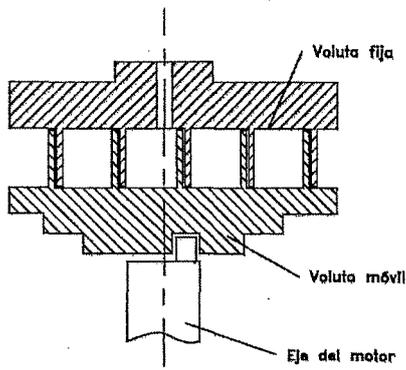
Los compresores centrífugos son turbo máquinas o máquinas generadoras de flujo continuo, que transmiten la energía mecánica del motor al que van acoplados, al refrigerante que circula a su través. Las velocidades rotatorias comunes varían entre 3.000 y 8.000 r.p.m., usándose en algunos casos velocidades más altas.

7.7. COMPRESOR SCROLL

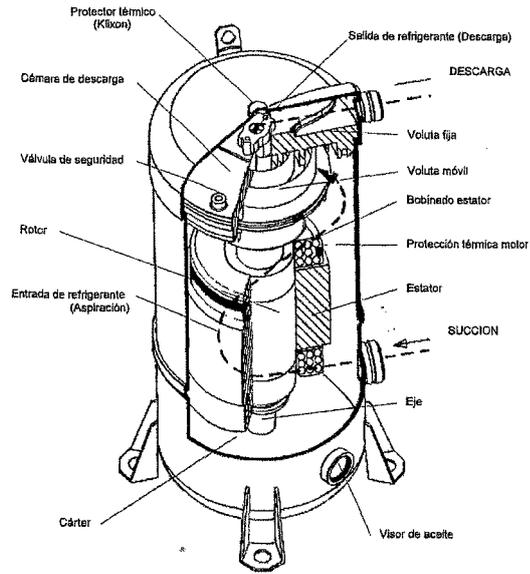
El compresor tipo Scroll también llamado de espiral, se asemeja al rotativo pero con grandes diferencias en cuanto a su mecanismo. El motor es del mismo tipo de los anteriores, sin embargo el mecanismo de compresión es totalmente distinto.

Consiste en dos piezas metálicas en forma de espiral llamadas volutas. La superior es fija, y la inferior esta accionada por el eje del motor, pero no describe un movimiento rotativo, sino que se trata de un movimiento giratorio de traslación.

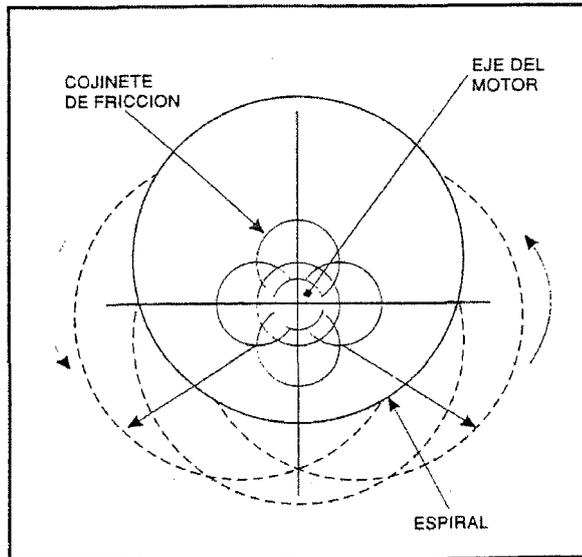
SECCIÓN DE LA CÁMARA DE COMPRESIÓN



COMPRESOR SCROLL

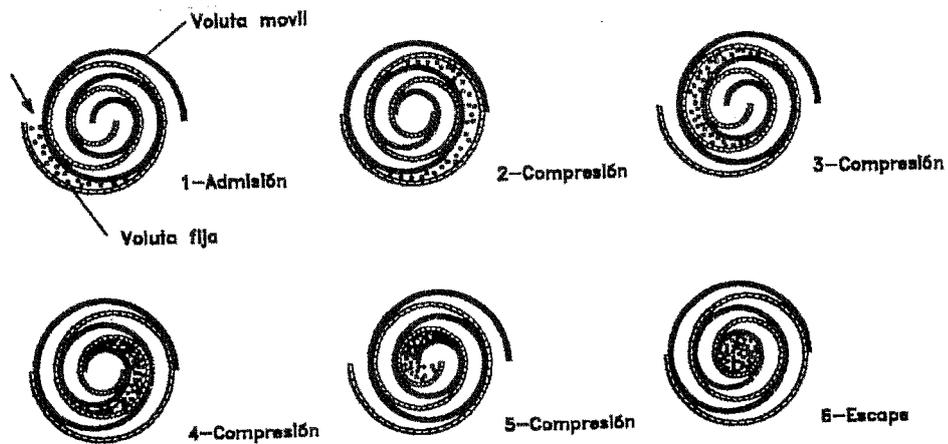


El centro del cojinete de la espiral y el centro del eje del cigüeñal del conjunto motriz están desalineados, lo que produce una excentricidad o movimiento orbital de la espiral móvil.



Entre ambas piezas forman la cámara de compresión. El refrigerante entra en la cámara formada por las dos volutas, y es comprimido sucesivamente hasta que es expulsado.

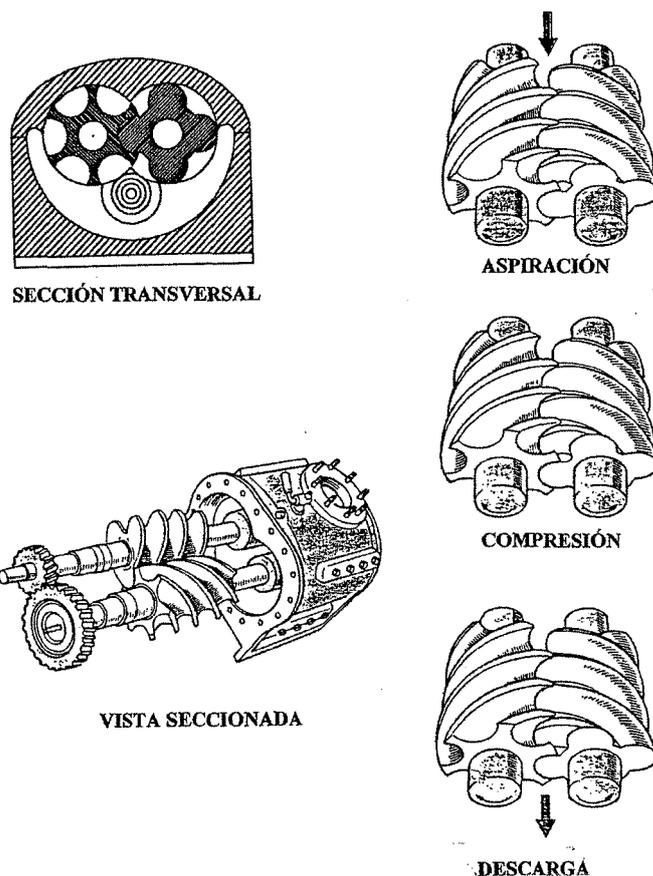
FASES DEL CICLO



7.8. COMPRESOR DE TORNILLO

El mecanismo de compresión lo componen dos rotores ó husillos, que giran el uno contra el otro, a través de dos ejes paralelos. Los rotores pueden ser endurecidos y no endurecidos.

Si el compresor está equipado con rotores endurecidos, el motor se puede conectar tanto al rotor macho como al hembra y el extremo del eje no utilizado se ciega con una tapa. En los rotores de diseño no endurecido, los motores solamente pueden acoplarse al rotor macho.



Sobre el eje al cual se conecta el motor, va normalmente instalado un prensa del tipo de aro deslizante el cual sella el volumen interior del compresor de la atmósfera.

Estos compresores acostumbran a montar una válvula de retención, que evita el giro inverso de los rotores cuando se corta la alimentación eléctrica del motor. Dicha válvula de retención está controlada por la presión de aspiración interna del compresor, y de este modo durante el funcionamiento se mantiene abierta sin causar una innecesaria caída de presión en la aspiración del gas.

La capacidad del compresor puede regularse de manera continua desde aproximadamente el 10% hasta el 100% por medio de un sistema de corredera situado debajo de los rotores. Un pistón desplaza el sistema de corredera, estando influenciado por la presión del gas en el lado de descarga del compresor y por la presión del aceite de lubricación controlada por válvulas solenoide.

Hay compresores de tornillo que tienen además otro sistema de control, por medio del cual se puede controlar el sistema de relación de volumen. Ello significa que el compresor siempre funciona al máximo de su eficiencia, aún cuando la planta frigorífica esté sometida a variaciones en la presión de funcionamiento.

Estos controles son particularmente efectivos con el compresor trabajando al 100% y actúa como un tope mecánico de la corredera de capacidad antes mencionada. De este modo la corredera de capacidad adapta el tamaño de la puerta de descarga del gas, manteniendo en el compresor la misma relación de compresión que existe en la planta frigorífica entre el lado de descarga y el de aspiración.

La relación de volumen se puede regular de dos maneras:

Regulación manual de la posición de la corredera: Esta se efectúa girando el vástago bajo el eje del rotor, y para ello es aconsejable seguir las instrucciones del fabricante.

Regulación automática: El tope de la corredera se desplaza o queda activada, por medio de la presión de aceite y las dos válvulas solenoides controladas por un transmisor de posición entre ambas piezas.

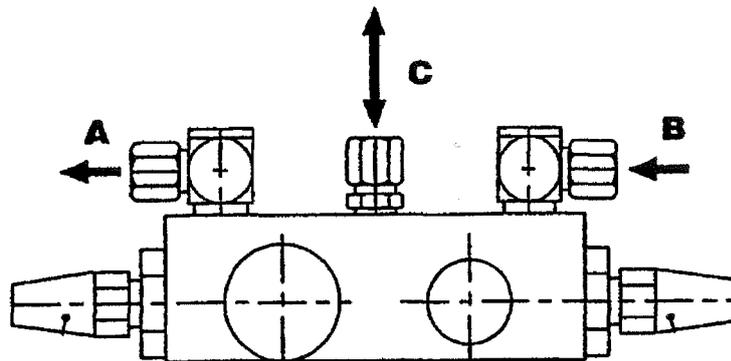
El compresor no puede contener los dos sistemas simultáneamente.

En cuanto a la regulación automática diremos que el transmisor ó transductor de posición se utiliza para controlar a distancia (control remoto) la capacidad del compresor, por ejemplo, integrando interruptores electrónicos de límite dentro del control de max. y min., puede señalizarse la capacidad del compresor.

El sistema de regulación tiene como finalidad regular **la relación de volumen interior del compresor**, de manera que su relación de compresión sea igual a la relación de compresión entre la presión de condensación y la presión de evaporación de la planta frigorífica.

El sistema funciona interceptando la corredera de tope, y por medio de la corredera de regulación modificar el tamaño de la puerta de descarga del compresor. Esta modificación del tamaño de la puerta de descarga, aumenta o disminuye la cámara de compresión y consecuentemente la relación de compresión.

El sistema regulador de capacidad regula la capacidad del compresor mediante el suministro o el vaciado del aceite del cilindro de capacidad. El sistema está conectado a la presión de aceite en el ramal (B), y el aceite fluye hacia atrás el cilindro a través del ramal (A). El ramal (C) está conectado al cilindro de capacidad.



El propósito de estas válvulas es el de proporcionar un movimiento regular al pistón de capacidad, adaptándolo a las condiciones de funcionamiento. Cuando los vástagos se giran en el sentido de las agujas del reloj, el flujo de aceite se reduce.

Las dos válvulas solenoide son una NC (normally closed) y otra NO (normally open), lo cual significa que para tener el paso abierto la bobina no necesita recibir energía.

Para describir básicamente su funcionamiento diremos que a capacidad constante ambas solenoides están cerradas, ya que una recibe tensión y la otra no. Cuando la capacidad está subiendo, la solenoide normalmente cerrada recibe tensión, con lo que las dos solenoides quedan entonces con tensión. Una solenoide abre el paso del aceite al cilindro de capacidad, y la otra solenoide se mantiene cerrada.

Cuando la capacidad está bajando, la tensión de ambas solenoides queda cortada. Con ella una solenoide cierra y corta el paso de aceite al cilindro de regulación, y la otra solenoide abre y permite que el aceite salga del interior del cilindro, debido a la fuerza del resorte.

Cuando el compresor se detiene, se corta la tensión en ambas solenoides. El pistón de capacidad se desplaza hasta la posición del 0%, y el compresor queda descargado para el próximo arranque.

Para reducir el nivel sonoro de los motores eléctricos, estos a menudo están equipados con palas de ventilador de forma especial, que obligan a que el motor gire en un determinado sentido, por consiguiente es esencial que el sentido de giro recomendado para el motor, sea el mismo que el del compresor.

7. Componentes, misión, tipos y características. Compresores

El sentido de giro del compresor difiere según la transmisión se efectúe en el rodillo macho ó hembra, y normalmente está indicado por medio de una flecha moldeada en el interior de la tapa de aspiración del compresor.

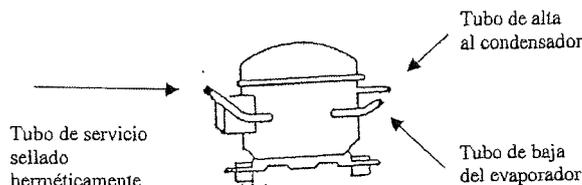
El aceite de refrigeración es una parte vital en este tipo de compresores, ya que no solamente efectúa su lubricación, sino que también evita la entrada de partículas abrasivas en los cojinetes de los rotores, por lo que es muy importante realizar periódicamente análisis del aceite y para ello es conveniente tomar una muestra en una botella limpia, aproximarla a una fuente de luz, y valorar la calidad de esta muestra, comparándola con otra muestra de aceite nuevo y limpio de la misma marca y grado.

Bajo un análisis visual el aceite tiene que ser claro y brillante, no contener partículas visibles, y notar su viscosidad, suavidad y engrase al frotar una gota entre los dedos. Si al realizar el análisis visual surgen dudas, se puede optar por el cambio total del aceite y del filtro ó filtros de aceite, o bien enviar la muestra tomada a un laboratorio.

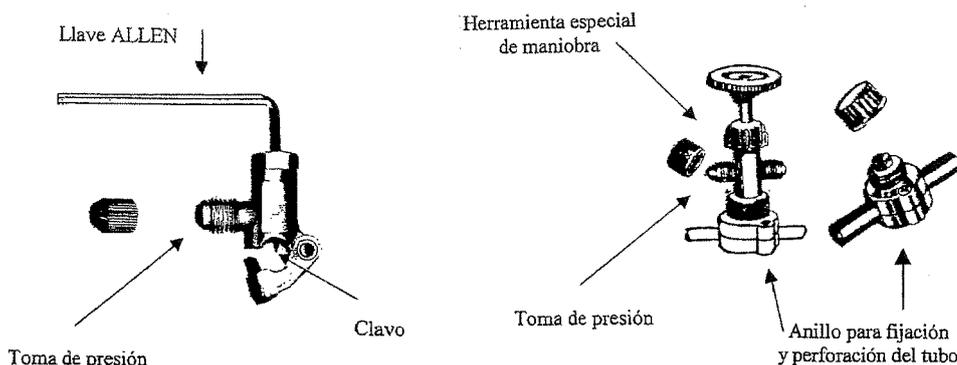
7.9. VÁLVULAS Y LLAVES DE SERVICIO

Válvulas de intervención rápida

Los compresores de pequeña potencia salen de fábrica con el tubo de servicio sellado herméticamente, en el caso de querer tener acceso a la instalación tendremos que instalar una válvula de intervención rápida que se ajuste a la medida del tubo de servicio, en el mercado encontraremos diferentes válvulas de intervención rápida que se acoplan a través de diferentes calzas a tubos de 3/16", 1 / 4 " , 5/16" y 3/8", o bien exclusivas para un solo diámetro de tubo.

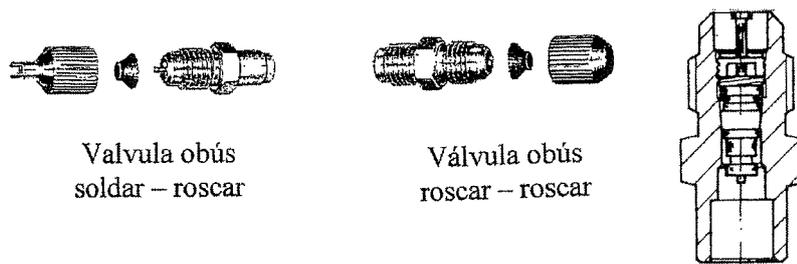


La válvula consta de dos partes que abrazan al tubo y se fijan a través de 1 ó 3 tornillos según el tipo de válvula, hasta que esta no tenga movimiento giratorio. Seguidamente instalaremos la manguera del manómetro de baja a la boca de toma de presión de la válvula y pincharemos el tubo con el clavo central que tiene acceso al exterior, a través de una llave "allen". Para leer la presión existente en la zona, solo bastará aflojar el clavo central y realizar la lectura de presión.



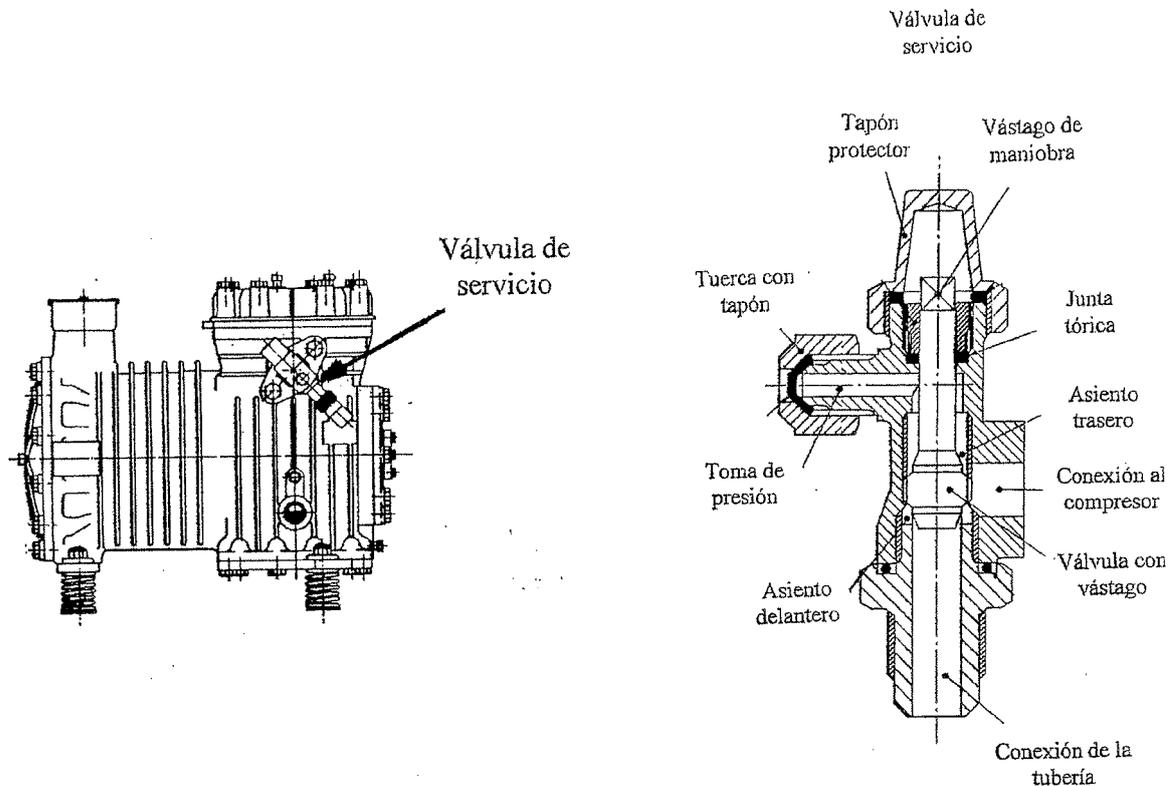
En caso de querer recargar de refrigerante una instalación, sólo bastará abrir la llave del puente de manómetros, introducir el refrigerante y comprobar que el funcionamiento de la instalación es el correcto. Una vez finalizada la intervención se tendrá que entrar el clavo al máximo para evitar posibles fugas de refrigerante, y seguidamente retirar la manguera de carga dejando la válvula instalada con un tapón equipado con junta tórica.

Realmente el cometido prioritario de esta válvula es el de poder dar un diagnóstico de la avería a través de las presiones detectadas en los circuitos de alta y baja presión, de seguir la reparación instalaríamos válvulas de servicio fijas del tipo **obús**, bien para ir soldadas ó roscadas a través de una tuerca de unión .



Válvulas de aspiración y de descarga

Los compresores herméticos, semiherméticos, y abiertos de mediana y gran potencia acostumbran a llevar instaladas válvulas de servicio tanto en la aspiración como en la descarga, tal como se muestra en la figura.



Estas válvulas constan de un cuerpo de latón estampado y un vástago o eje de forma especial de latón o acero, susceptible de deslizarse dentro del cuerpo de la válvula mediante un paso de rosca; este vástago termina en una cabeza prismática cuadrada, a la que se aplica una llave de maniobra para hacerlo girar. En el otro extremo hay una expansión en forma de dos troncos de cono unidos por sus bases mayores. Las superficies laterales de estos dos troncos de cono, se adaptan perfectamente a dos asientos cónicos, permitiendo, por la maniobra del vástago, dirigir el paso de refrigerante.

Una tuerca de presión tiene la misión de apretar la estopada del vástago en el lado del prisma de maniobra para asegurar la hermeticidad del conjunto.

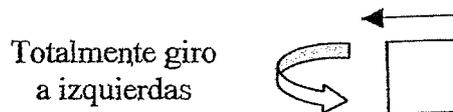
Ciertas válvulas de servicio están provistas de 2 orificios para la toma de presión, en el segundo orificio podría ir instalado algún componente que dependiera de esta presión como elemento de control, por ejemplo, un presostato de baja presión.

Posición del vástago de maniobra

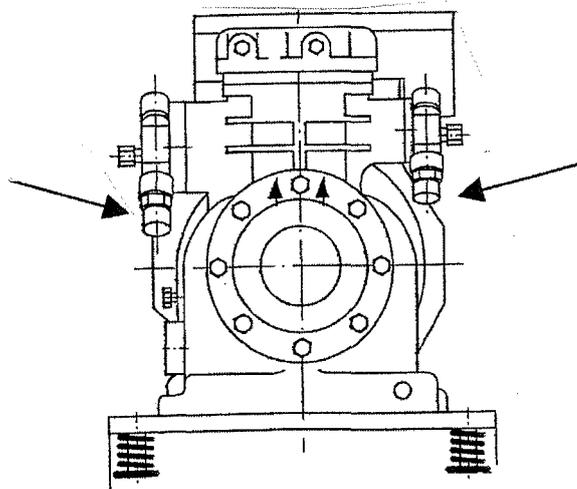
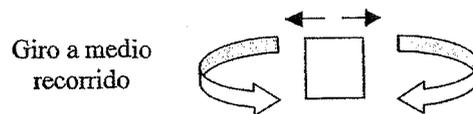
Vástago totalmente a derechas según el sentido de giro de las agujas del reloj, se establece comunicación entre el cuerpo del compresor y el orificio para la toma de presión.



Vástago totalmente a izquierdas, en sentido contrario a las agujas del reloj, se establece la comunicación entre el orificio de enlace con el compresor y el orificio de enlace con la tubería.



Posición intermedia, se establece comunicación entre el cuerpo del compresor, el orificio de enlace con la tubería y el orificio para la toma de presión.

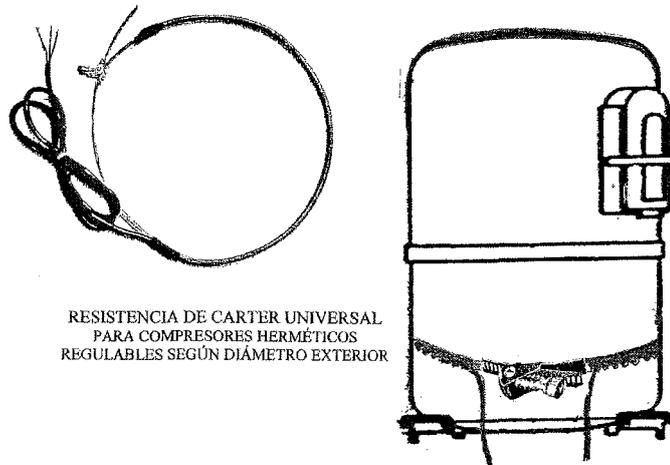


7.10. RESISTENCIA DE CÁRTER

Esta resistencia se utiliza en aquellos casos en que la unidad exterior va a estar expuesta a temperaturas muy bajas, y se utiliza por un doble motivo:

Si la temperatura del ambiente exterior es muy baja, el aceite del cárter del compresor está muy viscoso ya que la viscosidad varía con la temperatura, y al arrancar el compresor no se repartiría muy bien por todas sus zonas internas quedando algunas partes de su mecanismo con lubricación deficiente, que a la larga acortan considerablemente la vida del compresor.

El gas refrigerante contenido en el interior del compresor en reposo, al estar expuesto a una temperatura muy baja, se condensará y pasará a estado líquido, pudiendo ser aspirado por el compresor en el momento del arranque, produciéndose el llamado “golpe de líquido”.



Para solucionar este problema se coloca alrededor del cárter del compresor una resistencia eléctrica que aún siendo de muy bajo consumo (su valor puede oscilar entre 80 y 300 W, en función de la potencia del compresor), es suficiente para mantener la viscosidad del aceite en un grado aceptable antes del arranque del compresor, y evitar la existencia de refrigerante líquido en el interior del mismo. Debido al bajo valor de la resistencia, se suele instalar conectada permanentemente a la red.

8

COMPONENTES, MISION, TIPOS Y CARACTERISTICAS

CONDENSADORES FRIGORIFICOS

8.1. MISION DEL CONDENSADOR

El condensador se tiene que entender como un intercambiador de calor, entre el que transporta el refrigerante y otro fluido más frío al que se lo cederá, utilizándose normalmente para ello aire o agua.

Anteriormente hemos comprimido a los vapores de refrigerante para que aumentaran su temperatura con respecto a la del medio empleado para condensar, ya que estos van a ser quienes le van a descargar de la energía que transporta.

Como ya es sabido el cambio de estado de gas a líquido se producirá solo cuando los gases de refrigerante se encuentren en unas determinadas condiciones de temperatura y presión. A la salida del condensador tendremos líquido a alta presión, más o menos subenfriado.

Estas consideraciones nos permiten precisar las funciones internas del condensador, que son tres:

1º Enfriar los vapores comprimidos de la temperatura de descarga a la temperatura de condensación.

2º Condensar los vapores enfriados a la temperatura de condensación.

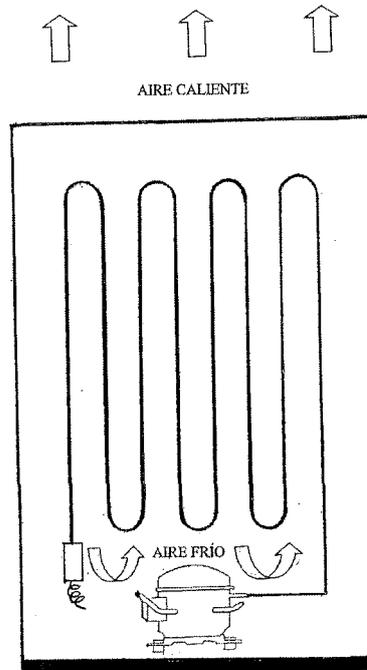
3º Subenfriar el líquido condensado desde la temperatura de condensación a la temperatura ambiente.

Tipos de condensadores:

| | | | |
|---------------|-------------------|------------------------|--|
| | | de aire | Circulación de aire natural "estáticos" |
| | | | Circulación por aire forzado |
| | de calor sensible | | |
| | | de agua | De doble tubo a contracorriente |
| | | | Multitubulares "verticales u horizontales" |
| | | | De inmersión |
| Condensadores | | | |
| | | atmosféricos | De lluvia |
| | | | De lluvia a contracorriente |
| | de calor latente | | |
| | | de evaporación forzada | Condensadores evaporativos |

8.2. CIRCULACIÓN DE AIRE NATURAL. “CONDENSADORES ESTÁTICOS”

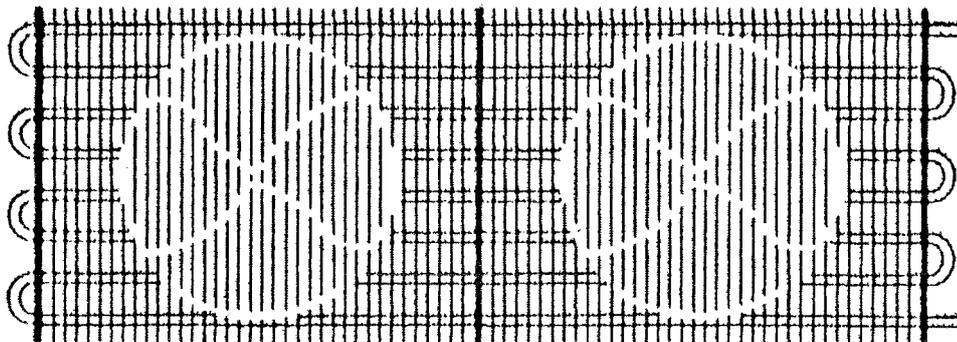
Los condensadores estáticos, los encontraremos normalmente montados en refrigeradores domésticos, la corriente de aire por convección que se forma a su alrededor, hace que el aire transporte el calor hacia la parte superior del recinto donde se encuentre el aparato y que el aire frío con mayor densidad, entre por la parte inferior del serpentín condensador debido a su mayor peso.



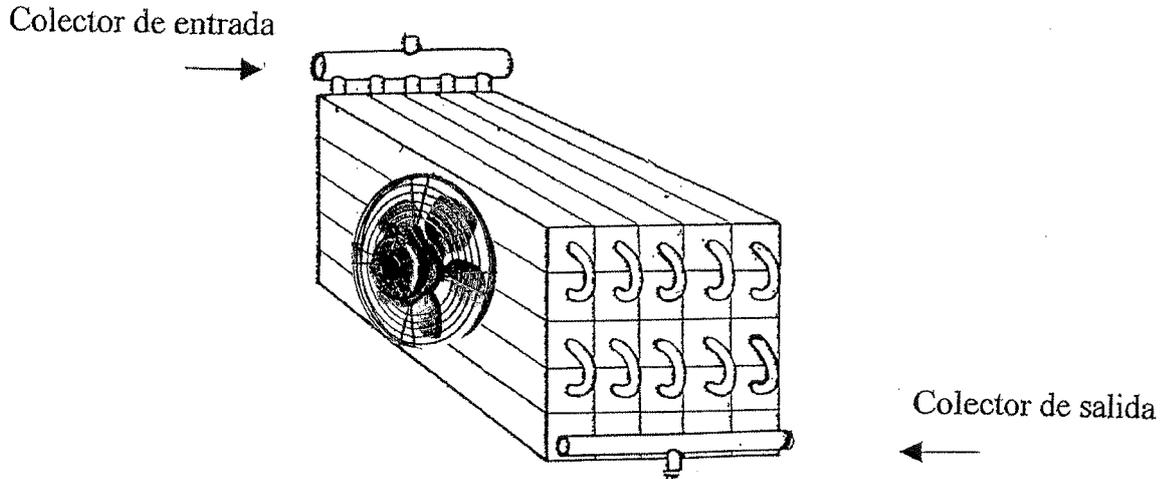
8.3. CONDENSADORES REFRIGERADOS POR AIRE FORZADO.

La batería condensadora refrigerada por aire, está formada por múltiples tubos de cobre dispuestos paralelamente entre sí, y unidos unos con otros por medio de curvas y codos a través de los cuales circula el fluido refrigerante, estos tubos montan en su superficie exterior unas aletas de aluminio cuyo objeto es aumentar la superficie de transmisión del tubo de cobre.

Se aumenta considerablemente el rendimiento instalando uno o varios ventiladores helicoidales o centrífugos, pues de esta forma se consigue un mayor enfriamiento del refrigerante a través del tiro de aire forzado.



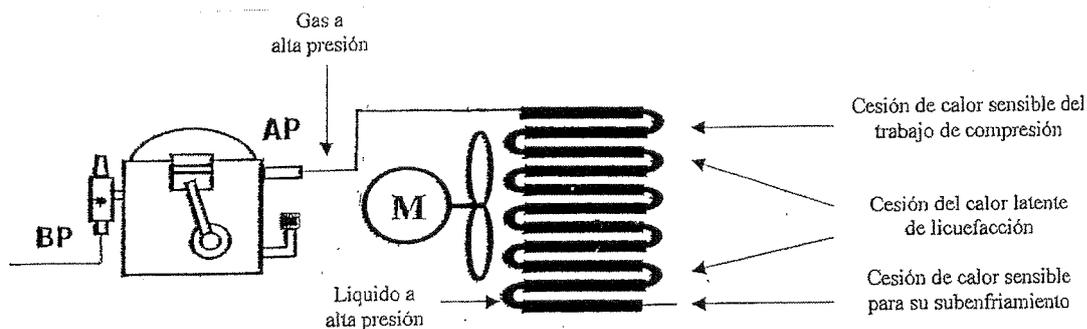
En caso de que la batería condensadora sea muy grande o su recorrido muy largo, la pérdida de carga en dicha batería será muy alta, ocasionando una considerable pérdida de rendimiento en el equipo, en tal caso se divide ésta en varios circuitos en paralelo alimentados a través de un colector común para todos en la entrada del condensador, y otro colector común para todos en su salida.



Las temperaturas que deberíamos encontrar al tacto el serpentín condensador de una instalación funcionando correctamente serian:

a) Al primer codo que viene de la descarga del compresor, muy caliente, ya que en este tramo se desprende el calor del trabajo de compresión. La transmisión de calor en esta fase es muy rápida, y ocupa el primer cuarto del mismo.

b) Los codos siguientes a temperatura caliente y más o menos constante, ya que será la superficie destinada a la condensación de los vapores, o sea, a la cesión del calor latente de condensación a una temperatura constante, que corresponderá a la presión de condensación existente.



La cesión de calor en esta zona es más lenta, y se efectúa en las 3 / 4 partes restantes del condensador.

c) El último codo templado al tacto, ya que el refrigerante debe estar convertido totalmente en líquido, y al haber efectuado ya el cambio de estado su temperatura querrá igualarse a la temperatura ambiente.

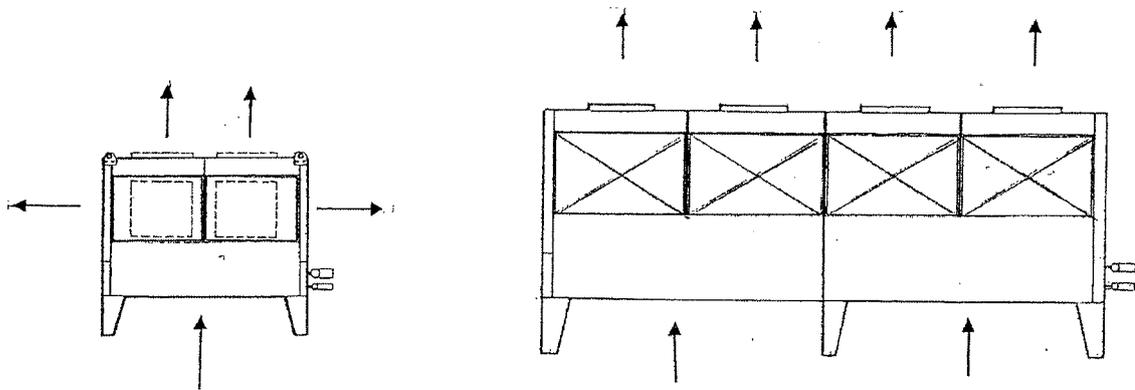
O sea a la salida del condensador tendremos, líquido a alta presión ya que no ha encontrado ninguna restricción en su camino y su temperatura deberá ser algo superior a la del ambiente, y el líquido así obtenido, tenderá a ser enfriado en el calderín y línea de líquido, hasta la temperatura ambiente en su camino hacia la expansión.

La limpieza en los condensadores de aire es muy importante, ya que la suciedad y el polvo actúan como aislantes, y por ello se reduce su capacidad de un 40 a un 60 %, aumentando la presión de alta de 30 a 50 psi. por encima de la presión normal, y en consecuencia tenderá a subir la presión en el circuito de baja presión, aumentando con ello la temperatura de evaporación haciendo que ésta sea más positiva, todo ello unido a la mala calidad del líquido existente en la entrada de la expansión, hará que tengamos una deficiente producción frigorífica.

8.4. CONDENSADORES DE AIRE A DISTANCIA.

Los condensadores de aire a distancia en vez de ir montados en la misma bancada con el compresor, se montan a distancia buscando emplazamientos donde exista una buena circulación de aire, pudiendo ser verticales u horizontales.

Normalmente montan uno o varios ventiladores, y acostumbran a incorporar algún control de condensación de forma que, por medio de termostatos que actúan sobre la temperatura ambiente, ó bien con presostatos gobernados por la presión que detectan en el circuito, cortan el funcionamiento de los ventiladores ajustando así el caudal de aire según las condiciones ambientales, de esta forma se puede disponer de una presión de alta bastante constante durante todas las estaciones del año.

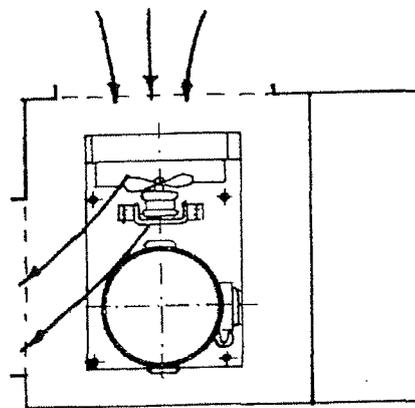
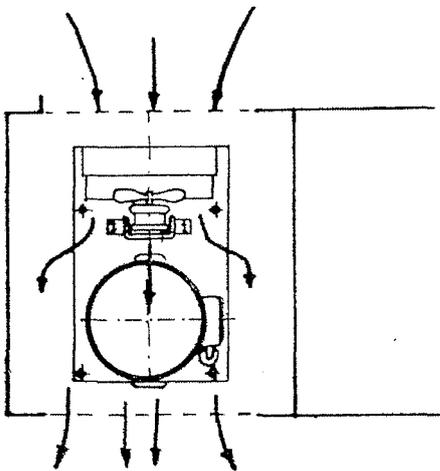


8.5. MONTAJE DE LAS UNIDADES CONDENSADORAS

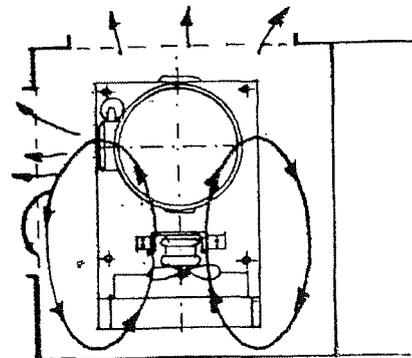
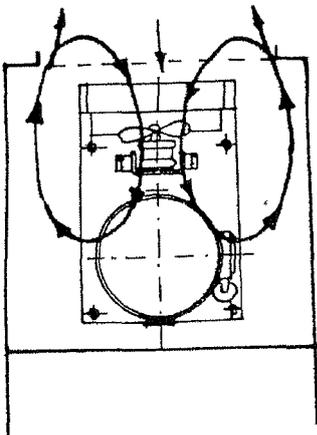
En las instalaciones frigoríficas montadas en el sector comercial e industrial, donde el compresor y condensador van montados en una misma bancada formando la unidad condensadora, es de gran importancia el emplazamiento del compresor con el objeto de facilitar una abundante circulación de aire.

La unidad debe estar ventilada a fin de lograr que el aire frío exterior reemplace al aire caliente que despiden el condensador, de no ser así aumentaría la temperatura del aire ambiente, ocasionando altas presiones y con ello un aumento de las temperaturas de condensación, además de provocar una reducción de la capacidad frigorífica de la unidad.

MONTAJES RECOMENDABLES



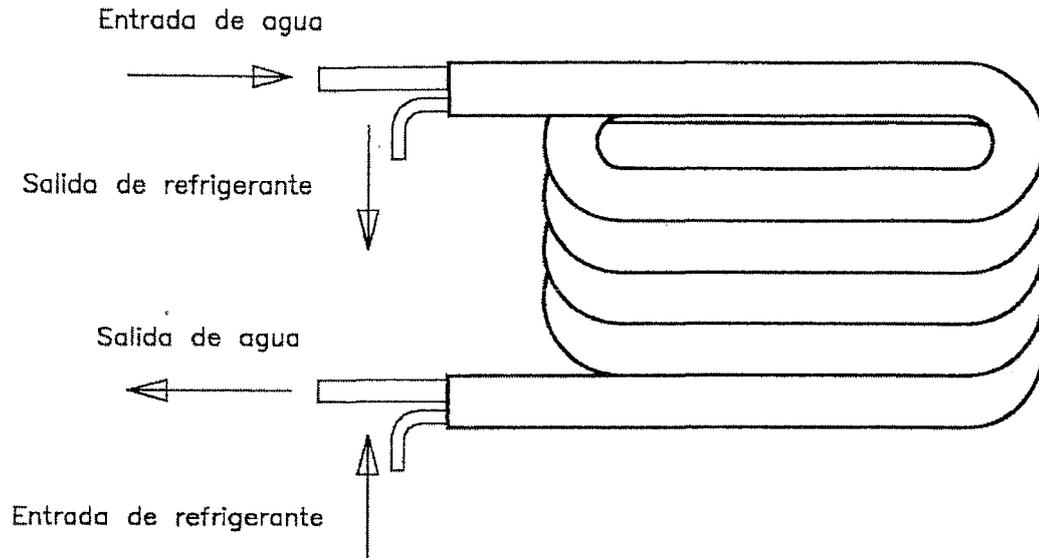
MONTAJES NO RECOMENDABLES



8.6. CONDENSADORES REFRIGERADOS POR AGUA, DE DOBLE TUBO A CONTRACORRIENTE

Si utilizamos el agua como medio de refrigeración necesitamos tomarla de alguna red y expulsarla en otro punto, o bien colocar una torre de enfriamiento.

Físicamente este tipo de condensador, es de construcción diferente a la anterior, y en realidad se trata de colocar de forma concéntrica dos tubos, o sea, un tubo dentro del cual se encuentra otro tubo de cobre de diámetro más reducido por el cual circula el refrigerante.



El agua circula entre los dos tubos a contracorriente, o sea, en sentido contrario al refrigerante, y a la longitud de los tubos del condensador se les da forma circular o elíptica, no habiendo unanimidad de criterios en cuanto a que tubo le corresponde la circulación de agua y a quien la circulación del refrigerante, ya que depende del fabricante.

Teniendo en cuenta la naturaleza de los dos fluidos, los coeficientes globales de transmisión térmica son mucho más elevados que en los condensadores de aire, por lo que son de tamaño más reducido y no necesitan motor, aunque necesitan de una torre de refrigeración que conlleva un mantenimiento.

Se encuentran en el mercado con diámetros de 8 - 10 - 12 -14 m/m ó 3/8" - 1 / 2" y 5/8".

Estos condensadores necesitan un recipiente de líquido en su salida, de lo contrario el fluido en estado líquido llenaría las últimas espiras del condensador, disminuyendo por lo tanto, la superficie libre destinada a la condensación del fluido.

8.7. CONDENSADORES MULTITUBULARES

Son la superación lógica de los condensadores de doble tubo a contracorriente. Con objeto de evitar la colocación en paralelo de numerosos elementos de condensadores de doble tubo, con el natural inconveniente de tener que multiplicar las uniones, se agrupan en paralelo en el interior de una virola de gran diámetro, todos los tubos destinados a la circulación del agua.

La condensación del fluido se efectúa en el exterior de dichos tubos de agua, sirviendo la parte inferior de la virola como recipiente del líquido condensado, pudiendo ser verticales u horizontales.

Debe asegurarse que la temperatura donde se halle ubicado no sea inferior a 0 °C, ya que de ser así se congelaría el agua. La circulación de agua debe ser de 1 a 2 metros / segundo, combinándose perfectamente con una torre de enfriamiento, pues el agua solo se calienta de 3 a 5 °C.

8.8. CONDENSADORES DE INMERSIÓN

Son el tipo más antiguo de condensador de agua, de todos modos, se emplean todavía en algunas máquinas comerciales bajo una forma que permite combinar la función de condensador y de recipiente de líquido.

El condensador se compone de una botella de chapa de acero doblada y soldada, o bien de un tubo de acero estirado sin soldadura y cerrada en sus extremos por dos tapas embutidas y soldadas.

El fluido se condensa en el exterior del serpentín de circulación de agua, formado este por un tubo enrollado en forma de espiral de eje vertical u horizontal, o también en forma de horquillas, y el fluido condensado se recoge en el fondo del recipiente.

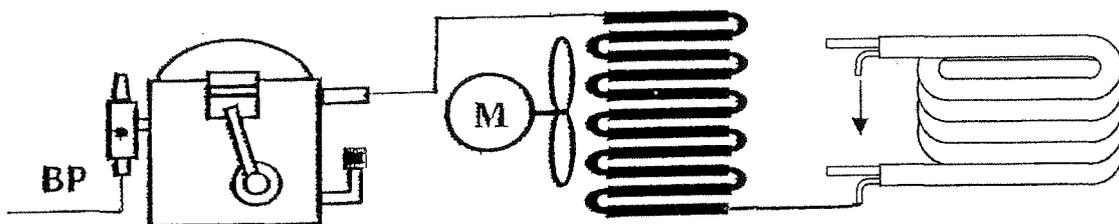
Se admite como normal un calentamiento del agua de entre 8 y 10 °C. Este límite se obtiene regulando la válvula automática de agua, y su caudal es función de la presión del vapor descargado, o sea, de la temperatura de condensación.

Se acostumbraban a utilizar como máximo, en potencias que iban de las 1000 a las 3000 Fg./ h.

8.9. CONDENSACIÓN MIXTA.

La condensación mixta se obtiene empleando un condensador de aire y otro de agua conectados en serie. La descarga del compresor debe dirigirse primero al condensador de aire, y a su salida instalar el condensador de agua.

Su empleo queda justificado solo cuando la temperatura ambiente prevista en verano, no asegura una buena condensación.

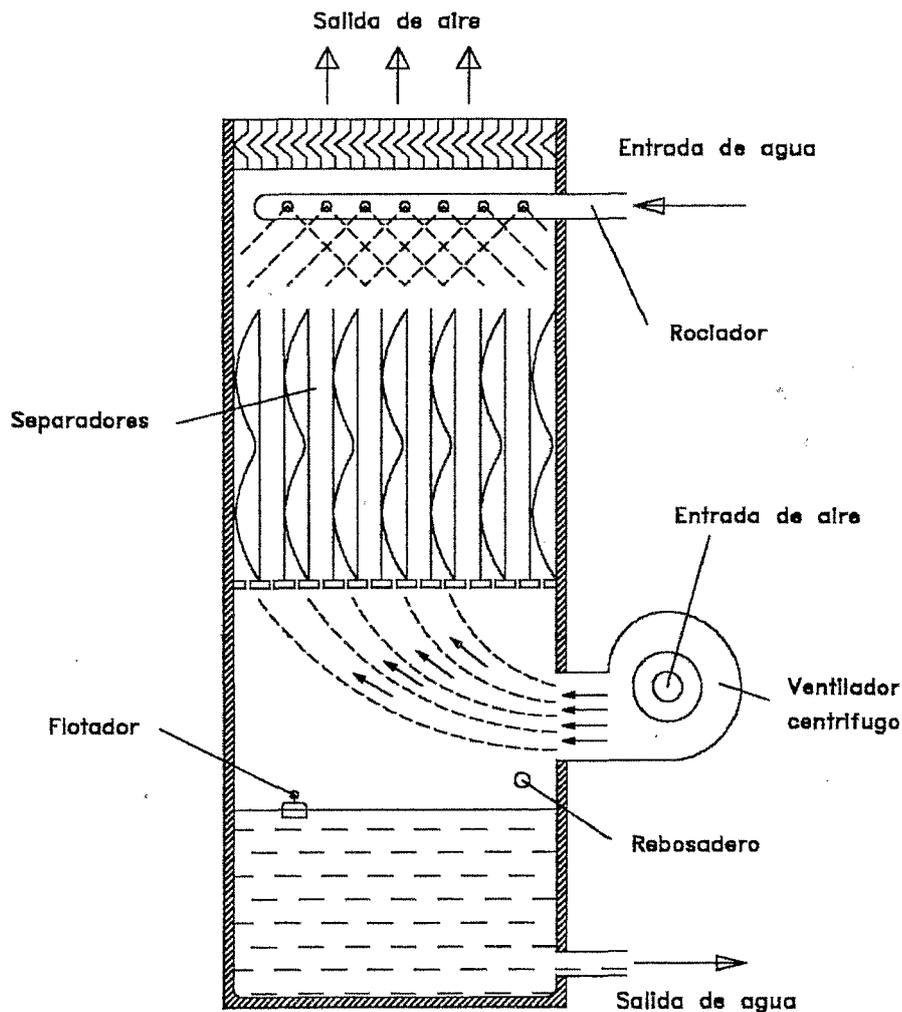


8.10. TORRES DE REFRIGERACIÓN O ENFRIAMIENTO.

Cuando se trata de un equipo con condensador enfriado por agua, es difícil la utilización de agua perdida sin recuperación ya que lo prohíben expresamente las normativas vigentes, por lo que se utilizan las torres de enfriamiento, que consisten en una instalación que toma el agua de la salida del condensador y la lleva a la torre, donde se enfría, e impulsándola a través de una bomba la introduce de nuevo en el condensador, formando así un circuito semiabierto con poca pérdida de agua.

La torre propiamente dicha consiste en una cámara abierta por la parte superior, con una entrada y una salida para el agua. El agua entra a la torre por un tubo situado en la parte superior donde salen unas boquillas pulverizadoras, que proyectan el agua en forma de ducha a unas láminas paralelas onduladas llamados separadores. El agua por gravedad va cayendo por estas láminas, pero es atravesada de abajo hacia arriba por la corriente de aire creada por el ventilador, con lo cual se enfría.

El motivo de este enfriamiento es un sencillo intercambio térmico. El aire que sale por la parte superior tiene un alto porcentaje de humedad, y el calor latente que ha necesitado para humidificarse es igual al calor sensible que ha desprendido el agua que cae por la parte inferior, por donde es recogida.



Estas torres suelen estar dotadas de rebosadero para limitar el máximo contenido en agua, y de un flotador que puede accionar una bomba para rellenar el depósito en el caso de que el agua descienda de un nivel preestablecido.

Se puede distinguir entre torres abiertas y cerradas. Las abiertas son las que forman un circuito abierto, teniendo abierta la parte superior y el agua entra en contacto directo con el aire.

En las torres cerradas el circuito es cerrado, no hay contacto directo entre el agua y el aire, sino que el agua circula a través de una batería de tubos aleteados por cuyo exterior circula el aire con el que intercambia calor sin llegar a contactar directamente, y al no haber aporte de calor latente el intercambio de calor es menor, pero no necesitan aporte de agua.

Existen torres con varios tramos, o sea, un primer tramo de batería cerrado y un segundo tramo abierto con rociadores. Entran en funcionamiento en función de las condiciones exteriores a través de sondas que indican las condiciones de trabajo al control, que a su vez actúa sobre válvulas y ventiladores.

Las torres cerradas tienen un mantenimiento más sencillo y evitan el problema de la legionela.

8.11. CONDENSADORES ATMOSFÉRICOS

En todos los condensadores vistos anteriormente, el flujo calórico procedente del fluido en condensación, se evacua por medio de condensación (aire o agua) únicamente por la elevación de temperatura de dicho medio (absorción de calor sensible), lo que obliga a adoptar caudales importantes de los mismos teniendo en cuenta que, para determinada temperatura de condensación, hace falta una diferencia mínima entre aquella y la temperatura del aire o del agua que sale del condensador.

El desembolso necesario para asegurar un caudal de aire es relativamente modesto en relación con el caudal, pero no es lo mismo en un caudal de agua para mantener las condiciones de funcionamiento normal en una misma máquina, si el condensador de agua se alimenta con "agua perdida".

A fin de reducir este consumo al mínimo compatible con un funcionamiento satisfactorio de la máquina, se busca la forma de no utilizar solamente el calor sensible del agua, sino también su calor latente de evaporación, bajo soluciones que permitan ofrecer al agua una gran superficie de contacto con el aire ambiente, de forma que parte del agua en circulación se evapore.

Bajo estas condiciones, la temperatura de la lluvia de agua puede mantenerse constante, y la circulación del aire sobre el haz del condensador puede ser natural, producto de los agentes atmosféricos, o bien forzada por medio de uno o varios ventiladores.

8.12. CONDENSADORES DE EVAPORACIÓN FORZADA

Los condensadores evaporativos son más recientes que los condensadores de lluvia y permiten reducir enormemente, en las mismas condiciones de consumo de agua y de circulación forzada de aire sobre el haz de condensación, el volumen del aparato.

Su envoltura metálica necesaria para la buena circulación de aire impide las salpicaduras exteriores del agua, haciendo posible que estos condensadores puedan instalarse en la sala de máquinas, quedando así libres de la acción de las heladas durante el invierno. La evacuación del aire caliente saturado se efectúa en el exterior del edificio por medio de un conducto metálico.

Su concepción es semejante a la de los condensadores de lluvia, existiendo solamente un dispositivo de pulverización que sustituye a los tubos rociadores, con un ventilador en la parte superior para la extracción del aire, y un separador de gotas necesario para evitar la posible erosión en las paletas de la turbina del ventilador.

De acuerdo con la naturaleza del fluido, los tubos del haz de condensación pueden ser de acero en el caso del amoníaco o de cobre.

Los pulverizadores se construyen de metal inoxidable o en material plástico y son de fácil limpieza. La cantidad de los mismos ha de ser suficiente para que toda la superficie del elemento quede bien cubierta por el agua pulverizada.

9

COMPONENTES. MISION, TIPOS Y CARACTERISTICAS

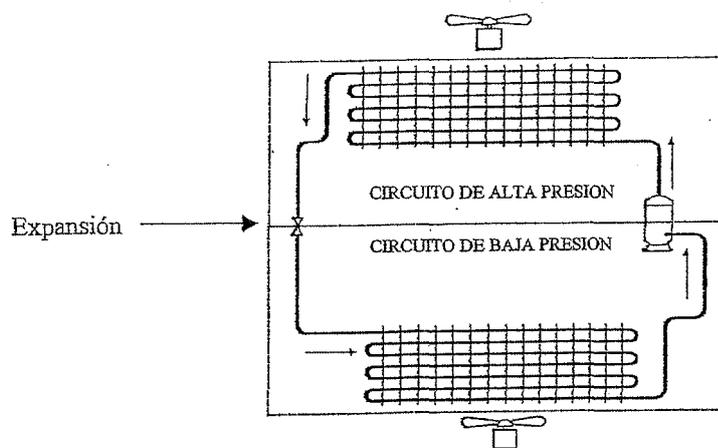
ELEMENTOS DE EXPANSIÓN

9.1. MISION EN EL CIRCUITO

Su misión es reducir la presión y temperatura del refrigerante líquido que sale del condensador, hasta las condiciones de baja presión y temperatura requeridas a la entrada del evaporador.

Basta recordar que cada líquido tiene su punto de ebullición a una determinada temperatura, según sea la presión que gravita sobre él, y que una vez alcanzado este punto de ebullición, el líquido evapora siempre que exista una fuente de calor.

Para realizar esta disminución de presión y temperatura se hace pasar el refrigerante líquido a través de una restricción en la cual se reducirá su presión, debido a la pérdida de carga producida en este elemento, y el fenómeno de expansión propiamente dicho se produce, por el aumento de volumen brusco que experimenta el líquido a la salida de la restricción mencionada.



En este repentino aumento de volumen que sufre el refrigerante líquido, ocasiona que parte de él se evapore para enfriarse a sí mismo, y esto sucederá hasta que el propio líquido alcance la temperatura de evaporación correspondiente, llegado este momento y dado que la superficie de intercambio térmico con el medio que rodea al elemento expansor es pequeñísima, se considera que no hay intercambio térmico con el exterior, es decir que la entalpía ó contenido de calor total del líquido a la entrada, es la misma que la de la mezcla líquido - gas a la salida del elemento de expansión, por tal motivo a este proceso se le denomina isoentálpico (a entalpía constante) ó bien adiabático.

Como lo que realmente “produce frío” es la evaporación del líquido, para mejorar el rendimiento del ciclo, hay que procurar que la cantidad de gas producida por el enfriamiento del propio líquido en su paso de la temperatura de condensación a la temperatura de evaporación sea la mínima posible, y de esta forma poder aumentar la cantidad de líquido disponible a la entrada del evaporador.

Una vez que el resto de fluido refrigerante se encuentra a la temperatura de evaporación, el calor (energía) existente en el aire del recinto o medio a refrigerar, es obligado a pasar a través del serpentín evaporador.

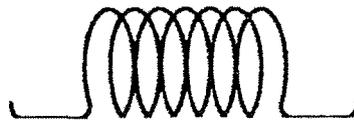
Dicha energía será absorbida por cada una de las moléculas del fluido refrigerante que pasa del estado líquido al estado gaseoso en el interior de las tuberías del propio evaporador. Esta energía el refrigerante la invertirá en realizar un trabajo interno consistente en la separación de sus moléculas, o sea, en romper los enlaces intermoleculares que las mantienen unidas, teniendo que vencer para ello sus fuerzas de atracción mutua, y dado que para efectuar un trabajo hace falta el aporte de energía, de esta forma se consigue transportar el calor del recinto refrigerado a otro recinto o medio.

9.2. EXPANSION CON RESTRISTOR DE ÁREA FIJA O CON TUBO CAPILAR

El dispositivo de expansión con restrictor de área fija consiste básicamente en un orificio calibrado a través del cual fluye líquido refrigerante.

Igual que el tubo capilar se utilizan en máquinas de pequeña potencia frigorífica, como los refrigeradores domésticos, aires acondicionados y pequeñas instalaciones de hostelería como botelleros, vitrinas expositoras, etc., en donde la utilización de la válvula de expansión, sería más difícil de justificar en cuanto al precio se refiere.

TUBO CAPILAR



El tubo capilar es el dispositivo de expansión mas sencillo que existe, ya que se trata de un tubo muy fino de cobre, de diámetro interior variable entre 0,7 y 3 m/m, y de longitud también variable, en función de la relación de presión que se quiera obtener entre los circuitos de alta y baja de la instalación.

El motivo que con este tubo tan fino se produzca una expansión, o sea, una fuerte disminución de presión, es debido a la gran pérdida de carga que produce el refrigerante al pasar por este gran estrangulamiento, ya que la pérdida de carga es inversamente proporcional a la sección de paso del fluido.

Su longitud puede variar entre 0,6 y 3 metros, y al ser muy largo, se instala siempre enrollado en un bucle de 50 a 200 m/m de diámetro, de manera que si se enrolla con otro diámetro, puede dar origen a una ligera variación en la pérdida de carga.

Su principal inconveniente, son las variaciones que sufre el recalentamiento del refrigerante en el evaporador según la estación del año en que nos encontremos, ya que una baja temperatura exterior provocará que el recalentamiento en el evaporador sea alto, debido a que la presión de alta es menor y la presión de inyección en el evaporador es también inferior, no llegando a la completa alimentación del evaporador.

En el caso de tener una alta temperatura exterior, esta hará aumentar la temperatura de condensación y en consecuencia aumentará la presión de inyección de líquido al evaporador con la consiguiente reducción del recalentamiento de los vapores a la salida del mismo, por tales motivos este tipo de instalaciones están diseñadas para trabajar satisfactoriamente en un solo conjunto de condiciones de funcionamiento.

9.3. SELECCIÓN DE LOS TUBOS CAPILARES

Selección de tubos capilares para compresores de alta temperatura R- 134-a

| T ^a evap | - 10 °C | | | | - 5 °C | | | | 0 °C | | | | + 5 °C | | | |
|------------------------|---------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|
| | 25 °C | | 32 °C | | 25 °C | | 32 °C | | 25 °C | | 32 °C | | 25 °C | | 32 °C | |
| T ^a amb. | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D |
| C.V. | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D |
| 1/6 | 2,1 | 0,8 | 2,8 | 0,8 | 1,55 | 0,8 | 1,95 | 0,8 | 1,1 | 0,8 | 1,45 | 0,8 | | | 1 | 0,8 |
| 1/5 | 1,1 | 0,8 | 1,6 | 0,8 | 1,55 | 1 | 0,95 | 0,8 | 1,1 | 1 | 1,4 | 1 | | | 1,05 | 1 |
| 1/4 | 1 | 1 | 1,3 | 1 | 2,7 | 1,2 | 0,9 | 1 | 1,95 | 1,2 | 2,45 | 1,2 | 1,55 | 1,2 | 1,85 | 1,2 |
| 3/8 | 1,9 | 1,2 | 2,55 | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 1,75 | 1,2 | 1 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | | | 0,9 | 1,2 |
| 1/2 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 1,2 | 2,85 | 1,5 | 1,1 | 1,2 | 2 | 1,5 | 2,6 | 1,5 | 1,45 | 1,5 | 1,85 | 1,5 |
| 3/4 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,5 | 1,05 | 1,5 | 1,3 | 1,5 | | | 0,95 | 1,5 | | | | |
| 1 | 1,05 | 1,5 | 1,35 | 1,5 | | | 0,9 | 1,5 | | | | | | | | |
| 1 1/2 | 2,7 | 2 | 3,4 | 2 | 1,85 | 2 | 2,4 | 2 | 1,3 | 2 | 1,65 | 2 | | | 1,15 | 2 |
| 2 | 1,25 | 2,2 | 1,6 | 2,2 | | | 1,1 | 2,2 | | | | | | | | |

L = metros

D = m/m diámetro interior

Selección de tubos capilares para compresores de alta y media temperatura R- 22

| T ^a evap | - 20 °C | | | | - 10 °C | | | | 0 °C | | | | + 5 °C | | | |
|------------------------|---------|-----|-------|-----|---------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|
| | 25 °C | | 32 °C | | 25 °C | | 32 °C | | 25 °C | | 32 °C | | 25 °C | | 32 °C | |
| T ^a amb. | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D |
| C.V. | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D |
| 1/4 | 1,85 | 0,8 | 2,5 | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 1,25 | 0,8 | 1,65 | 1 | 2,25 | 1 | 1,25 | 1 | 1,7 | 1 |
| 3/8 | | | 1,2 | 0,8 | 1,2 | 1 | 1,7 | 1 | 1,6 | 1,2 | 2,2 | 1,2 | 1,15 | 1,2 | 1,6 | 1,2 |
| 1/2 | 1,95 | 1 | | | 2,5 | 1,2 | 1,25 | 1 | 1,2 | 1,2 | 1,7 | 1,2 | | | 1,2 | 1,2 |
| 5/8 | 2,6 | 1,2 | | | 1,2 | 1,2 | 1,55 | 1,2 | 2 | 1,5 | 2,7 | 1,5 | 1,45 | 1,5 | 1,95 | 1,5 |
| 3/4 | 1,65 | 1,2 | | | 2,95 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 2 | 1,5 | 1,05 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 1 | 1,4 | 1,2 | 1,8 | 1,2 | 2,2 | 1,5 | 1 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | | | 1,2 | 1,5 |
| | | (2) | | (2) | | | | (2) | | | | | | | | |

L = metros

D = m/m diámetro interior

(2) = 2 capilares

Selección de tubos capilares para compresores de baja temperatura R- 404-a

| T ^a evap | - 40 °C | | | | - 35 °C | | | | - 30 °C | | | | - 25 °C | | | |
|------------------------|---------|-----|-------|-----|---------|-----|-------|-----|---------|-----|-------|-----|---------|-----|-------|-----|
| | 25 °C | | 32 °C | | 25 °C | | 32 °C | | 25 °C | | 32 °C | | 25 °C | | 32 °C | |
| T ^a amb. | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D | L | D |
| 3/8 | 1,4 | 0,8 | 2,25 | 0,8 | 2,2 | 1 | 3,2 | 1 | 1,6 | 1 | 2,1 | 1 | 1,2 | 1 | 1,55 | 1 |
| 1/2 | 2,5 | 1 | | | 1,75 | 1 | 2,35 | 1 | 1,25 | 1 | 1,65 | 1 | 0,9 | 1 | 1,25 | 1 |
| 5/8 | 2,05 | 1 | | | 1,4 | 1 | 1,9 | 1 | 0,95 | 1 | 1,3 | 1 | 1,8 | 1,2 | 2,8 | 1,2 |
| 3/4 | | | | | 1,85 | 1,2 | | | 1,1 | 1,2 | 1,65 | 1,2 | | | 0,95 | 1,2 |
| 1 1/4 | 2,1 | 1,2 | | | 1,25 | 1,2 | 1,95 | 1,2 | 2,8 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1,35 | 1,5 | 2,3 | 1,5 |
| 1 3/4 | 1,2 | 1,2 | 2 | 1,2 | 1,8 | 1,5 | 1 | 1,2 | 0,95 | 1,5 | 1,55 | 1,5 | | | | |

L = metros

D = m/m diámetro interior

MUEBLES FRIGORÍFICOS DE R - 12, CARACTERÍSTICAS DE TUBOS CAPILARES

BOTELLEROS, VITRINAS Y ARMARIOS DE CONSERVACIÓN R - 12

| | |
|--------------------|-------------------------------------|
| Compresor 1 / 6 HP | 2,5 mts. diámetro interior 0,8 m/m |
| Compresor 1 / 5 HP | 2,5 mts. diámetro interior 1 m/m |
| Compresor 1 / 4 HP | 2,5 mts. diámetro interior 1,25 m/m |
| Compresor 1 / 3 HP | 2,5 mts. diámetro interior 1,25 m/m |
| Compresor 1 / 2 HP | 1,5 mts. diámetro interior 1,25 m/m |
| Compresor 3 / 8 HP | 1,5 mts. diámetro interior 1,25 m/m |

CONSERVACIÓN DE CONGELADOS R - 12

| | |
|--------------------|------------------------------------|
| Compresor 1 / 5 HP | 2,5 mts. diámetro interior 0,8 m/m |
| Compresor 1 / 4 HP | 3,5 mts. diámetro interior 1 m/m |
| Compresor 1 / 3 HP | 2,0 mts. diámetro interior 1 m/m |
| Compresor 1 / 2 HP | 1,7 mts. diámetro interior 1 m/m |

CONGELACIÓN R - 12

| | |
|--------------------|------------------------------------|
| Compresor 1 / 4 HP | 3,7 mts. diámetro interior 0,8 m/m |
| Compresor 1 / 3 HP | 2,5 mts. diámetro interior 0,8 m/m |
| Compresor 1 / 2 HP | 1,5 mts. diámetro interior 0,8 m/m |

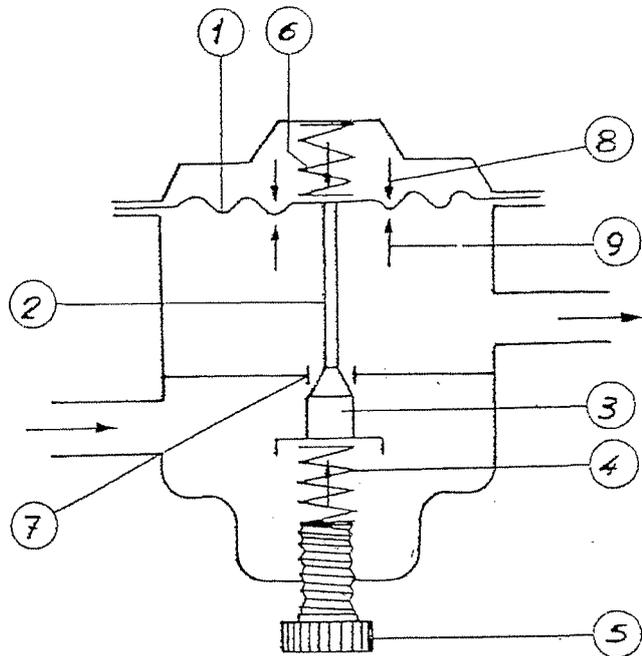
9.4. VALVULAS DE EXPANSION AUTOMATICAS O PRESOSTATICAS

Esta válvula de sistema regulable, actúa por la presión existente en el lado de baja del sistema.

Los diversos modelos que nos encontraremos en este tipo de válvulas difieren principalmente en que mientras unos trabajan por medio de una membrana o diafragma de metal, otras utilizan un fuelle metálico para obtener el necesario movimiento de flexión.

En la figura se ilustra el mecanismo interior de una válvula de expansión automática tipo de membrana. Dicha membrana (1), insertada en la parte superior de la válvula, está sujeta a la presión atmosférica (8) y a la presión del resorte de contrapresión (6), que son prácticamente constantes. En la parte inferior de la válvula se ejerce la presión existente en el evaporador (9) y la del resorte de regulación (4), cuya tensión puede variarse por el accionamiento del tornillo (5).

1. MEMBRANA
2. VÁSTAGO
3. PUNZÓN
4. RESORTE DE REGULACIÓN
5. TORNILLO DE REGULACIÓN
6. RESORTE DE CONTRAPRESIÓN
7. ASIENTO DEL PUNZÓN
8. PRESIÓN ATMOSFÉRICA
9. PRESIÓN DEL EVAPORADOR



Bajo un ajuste predeterminado del resorte de regulación (4), la membrana (1) se comba ligeramente hacia abajo, cuando baja la presión en el evaporador, manteniéndose las presiones (6) y (8) en la parte superior de la membrana, el vástago (2) desplaza el punzón (3) de su asiento (7), y el refrigerante penetra entonces en el evaporador hasta que aumenta la presión del mismo, volviendo así la membrana a su posición anterior.

Cuanto más reducida sea la tensión del resorte de regulación (4), más elevada será la presión en el evaporador y viceversa, por lo que a cada posición del resorte de regulación, corresponde por consiguiente una presión determinada en el evaporador, la cual permanece automáticamente constante, sin que la válvula reaccione a la temperatura existente en la cámara o armario frigorífico.

Durante el funcionamiento del equipo, como sea que la válvula de expansión automática mantiene un perfecto equilibrio, permitiendo la entrada de refrigerante cuando desciende la presión e impidiéndolo cuando ésta sobrepasa el límite fijado, se obtendrá, por consiguiente una presión constante de aspiración.

Por ejemplo, si en una instalación de R- 134-a, se regula la válvula de expansión automática para que la presión en el lado de baja se mantenga en 12 P.S.I., ésta presión no variará, cualquiera que sea el tiempo que funcione la máquina y la temperatura que se obtenga.

Un control de presión como por ejemplo la instalación de un presostato de baja, sería en consecuencia inútil en este caso para la parada y puesta en marcha del equipo, dado que todo el mecanismo actúa bajo la acción de la presión de baja, independiente de la temperatura del evaporador. Si se usara dicho control de presión, su regulación de paro resultaría tan delicada que sería imposible obtener un resultado práctico, debido a ello se acostumbra a instalar un termostato para que desconecte al compresor a la temperatura prefijada de antemano.

Durante el periodo de parada, cuando el compresor no funciona, el refrigerante que se halla en el evaporador en el momento de desconectarse el circuito se expande, aumentando la presión en el evaporador y en el lado de baja, en proporción con el aumento de temperatura, dando lugar a que mientras dura la parada, la válvula permanezca fuertemente cerrada.

Cuando la temperatura en el evaporador ha aumentado lo suficiente, da lugar a la conexión del termostato y a la puesta en marcha del equipo, ésta presión es absorbida por el compresor hasta llegar al límite a que se halla regulada la válvula de expansión, en cuyo punto se abre de nuevo, para dar lugar a su ciclo de funcionamiento regular.

Regulación

Por lo que respecta a la regulación de un sistema empleando válvula de expansión automática y termostato, debe tenerse en cuenta que si el termostato se gradúa a una temperatura demasiado baja, la válvula de expansión mantendrá entonces una presión de aspiración elevada, en relación con dicha temperatura, y ello dará lugar a tener un exceso de refrigerante líquido dentro del evaporador, retornando por la línea de succión con la consiguiente formación de escarcha y con el consiguiente peligro de llegar refrigerante en estado líquido al compresor.

Por otro lado, si la válvula de expansión se regula por debajo de la presión crítica, es decir, se cierra demasiado, solo una pequeña parte del evaporador se mantendrá en activo, lo que motivará un excesivo trabajo del compresor.

Bajo una regulación ideal el termostato debe mantener la temperatura deseada cerrando y abriendo eléctricamente el circuito frigorífico, y para que esto suceda regularemos la válvula de expansión de forma que tengamos la mayor presión de baja posible, sin que se congele nada más que unos centímetros la línea de aspiración a la salida del evaporador, antes de que se efectúe el paro por termostato.

Las válvulas de expansión automática se emplean generalmente en pequeñas instalaciones, tales como botelleros, conservadoras de helados, enfriadores de líquidos, armarios comerciales, etc., y debido a su accionamiento de acuerdo con la presión de aspiración, se montan en instalaciones de un solo evaporador.

9.5. VÁLVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA

Este tipo de válvula de expansión se distingue de las automáticas en que trabaja por temperatura en lugar de hacerlo por presión, y su construcción difiere casi exclusivamente en que se ha suprimido en ellas el tornillo y resorte regulador de las válvulas automáticas, colocando en su lugar un elemento termostático, que irá conectado por medio de un tubo capilar flexible a un bulbo, que se instala haciendo contacto con el tubo de salida del último tramo del evaporador.

La carga termostática es la sustancia existente dentro del bulbo sensor que responde a la temperatura existente en el tubo de salida del evaporador, para crear una presión de mando en el interior de la válvula.

El elemento termostático puede estar cargado con :

- Carga líquida.
- Carga gaseosa.
- Carga líquida cruzada.
- Carga gaseosa cruzada.
- Carga de absorción.

La **carga líquida** convencional consiste en que el bulbo está cargado con el mismo refrigerante que monta la instalación, mientras que la **carga líquida cruzada** está compuesta por una mezcla de refrigerantes que tienen la característica de que la relación presión – temperatura de dicha mezcla, cruzará en algún punto la curva de saturación del refrigerante que monta el sistema.

Tanto la carga líquida como la líquida cruzada tienen suficiente líquido en todo el conjunto termostático, como para que trabajando a cualquier temperatura, siempre exista algo de líquido tanto en el bulbo, como en el tubo capilar, como en la cámara del diafragma.

Esta característica previene que ante una temperatura del bulbo superior a la del cuerpo de la válvula, o algún punto del elemento termostático, parte de la carga se aleje del bulbo sensor y en consecuencia se provocaría la ausencia de control de alimentación de refrigerante al evaporador

La **carga gaseosa** consiste en que el elemento termostático está cargado con el mismo refrigerante que monta el sistema y la **carga gaseosa cruzada** consta de una mezcla de refrigerantes.

La diferencia con respecto a las cargas de líquido es que en las gaseosas y gaseosas cruzadas parte de esta carga gaseosa se condensará formando una pequeña cantidad de líquido cuando la válvula trabaje dentro de su rango normal de temperaturas.

Esta característica le da a la válvula una presión máxima de operación (MOP) correspondiente a la temperatura de bulbo, en donde la parte líquida de la carga se convierte en gas.

Por encima de esta temperatura de bulbo, un incremento de la temperatura no incrementará significativamente la presión de la carga termostática, limitando así la presión máxima del evaporador al nivel al cual el sistema puede trabajar.

La **carga de absorción** consiste en un gas no-condensable y un material absorbente localizado en el bulbo sensor. A medida que la temperatura del bulbo aumenta, el gas es expulsado fuera del material absorbente incrementando la presión del bulbo, a la inversa, a medida que la temperatura del bulbo disminuye, el gas es absorbido y por tanto la presión del bulbo disminuye. De igual manera que las cargas líquida y líquida cruzada la carga de absorción no migrará del bulbo sensor.

Principio de funcionamiento

Para la explicación del funcionamiento de la válvula de expansión termostática, diremos en general que los cambios de temperatura detectados por el bulbo termostático al final del evaporador, afectaran a la presión que ejerce el refrigerante que contiene en su interior, aumentando cuando suba la temperatura detectada y disminuyendo cuando ésta baje.

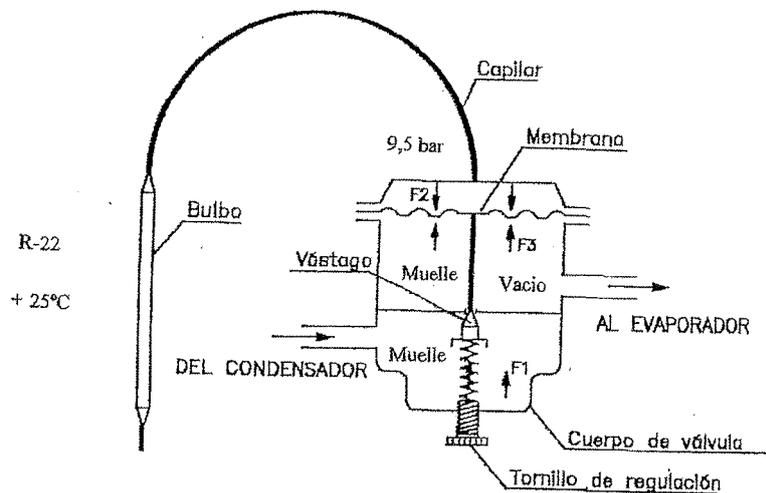
Esta presión actúa sobre una membrana, haciendo que la válvula abra el paso de refrigerante cuando aumenta la temperatura detectada por el bulbo, y que cierre el paso cuando desciende ésta.

El funcionamiento del mecanismo es como sigue:

Supongamos que estamos ante una instalación a la que vamos a realizar la carga total de refrigerante, en este caso R-22, y que la temperatura ambiente está en +25 °C., tanto en el exterior como en el interior de la cámara.

El refrigerante que contiene el bulbo (R-22) a una temperatura de +25 °C., ejerce una presión (F-2) en la parte superior de la membrana interior de la válvula de 9.5 bar manométricos, y en la parte inferior de la membrana empujan hacia arriba (F-3), la presión existente en el evaporador, en este caso la presión de vacío más la presión que ejerza el muelle regulador, que normalmente no supera los 1,2 bar.

Por lo que en éste momento gana la presión (F-2), haciendo que el refrigerante pueda circular a través del paso interior de la válvula hacia el evaporador.

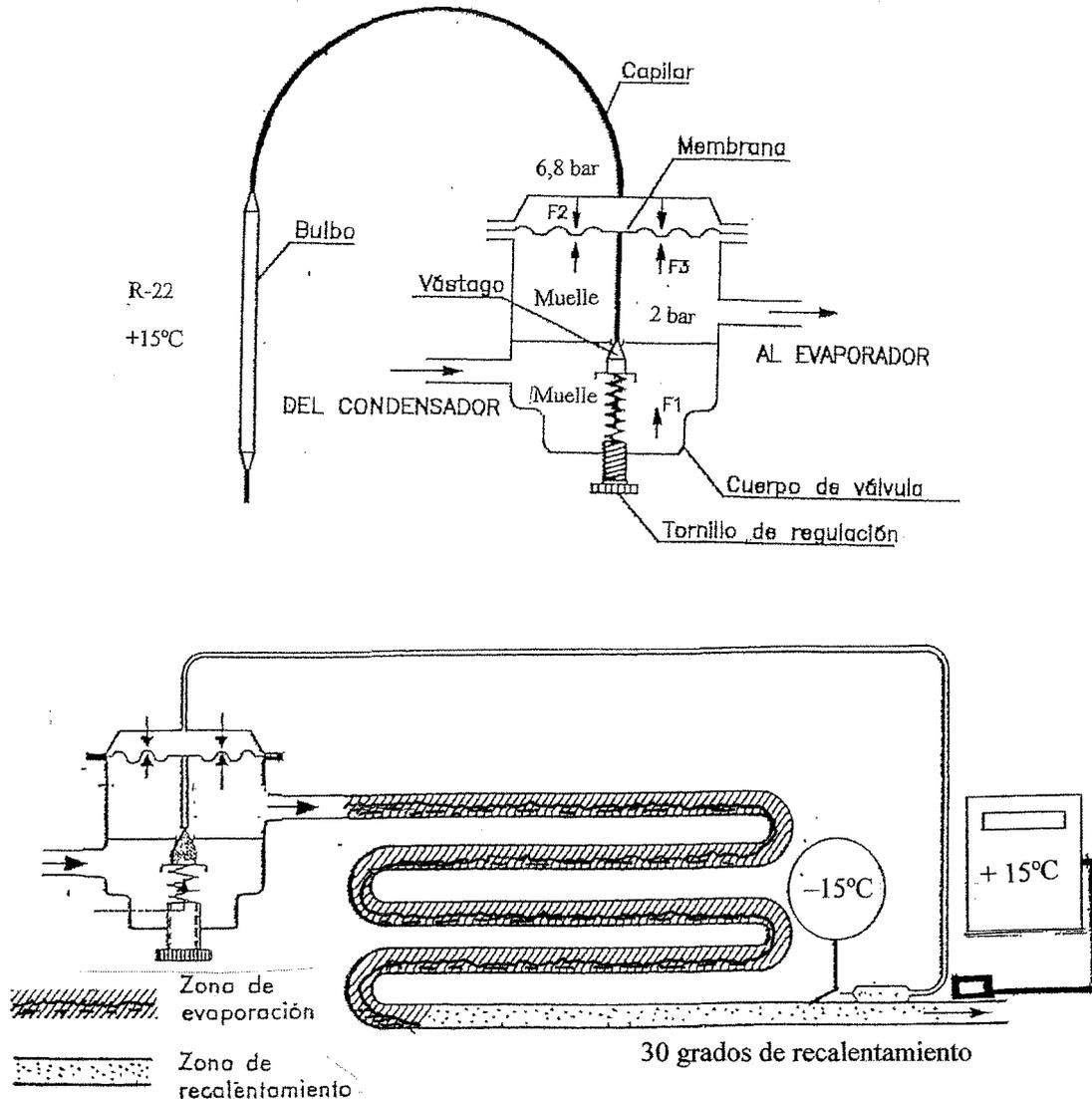


Después de entrar en el evaporador dicho refrigerante líquido, se expansionará aumentando la presión en la zona de baja del sistema, supongamos que una vez entrado el refrigerante detectamos una presión de baja de 2 bar manométricos correspondiéndole al R-22 una temperatura de evaporación de -15°C .

Tendremos que situarnos en la parte inferior de la membrana y comprobaremos que (F-3) ya no es presión de vacío mas muelle, sino la presión ejercida hacia arriba es de 2 bar + muelle.

Al evaporar el refrigerante en el serpentín, la temperatura detectada por el bulbo al final de éste ya no será de $+25^{\circ}\text{C}$, pongamos como ejemplo que detecte $+15^{\circ}\text{C}$., al haber cambiado la temperatura, también a variado la presión (F-2) en la parte superior de la membrana, ya que el R-22 a una temperatura de $+15^{\circ}\text{C}$ ejerce una presión de 6,8 bar, haciendo que la válvula se mantenga abierta por ser esta presión superior a la ejercida en la parte inferior de la membrana.

Si controlamos el recalentamiento del refrigerante a la salida del evaporador, veremos que de la temperatura de evaporación -15°C a la temperatura detectada en el último tubo del evaporador $+15^{\circ}\text{C}$, existen 30 grados de recalentamiento en los vapores que abandonan el evaporador, por tal motivo seguiremos entrando refrigerante a la instalación ya que el recalentamiento previsto deberá estar entre 3 y 7°C .

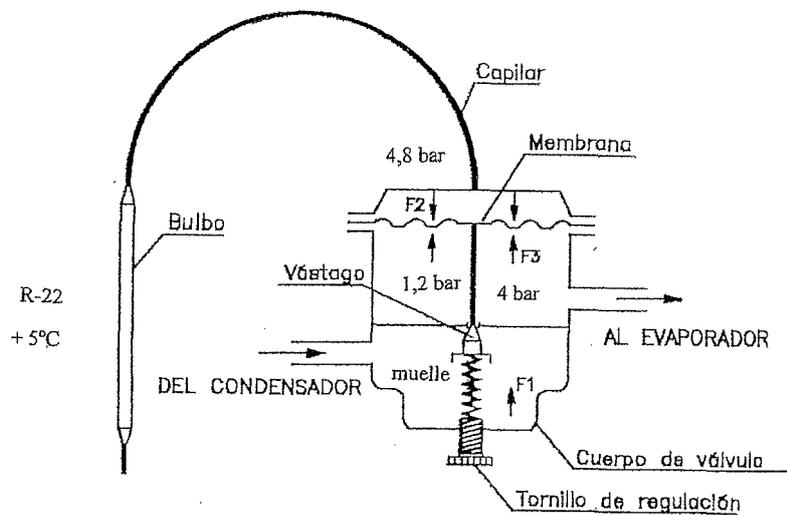


Entramos más refrigerante a la instalación, y vemos que la presión de baja es de 4 barg, que al R-22 le corresponde una temperatura de evaporación de 0 °C, que conjuntamente con la presión del muelle actúan ambas como F-3, en la parte inferior de la membrana de la válvula de expansión.

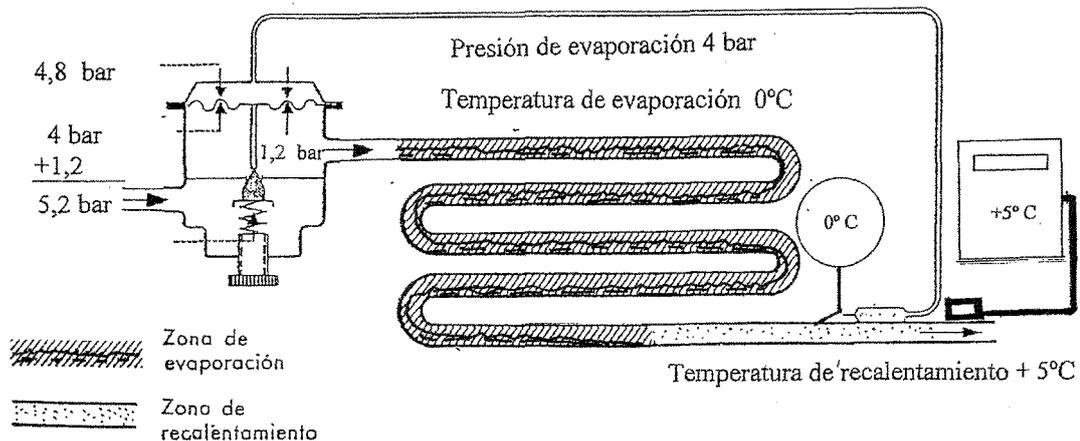
Al haberle añadido refrigerante a la instalación, la temperatura al final del evaporador donde va instalado el bulbo termostático de la válvula habrá descendido, supongamos que a +5 °C.

A esta temperatura el R-22 del bulbo ejerce una presión F-2 en la parte superior de la membrana de 4,8 barg, y la contrapresión en la parte inferior de la membrana es de 4 barg + la presión del muelle, que como hemos dicho anteriormente permite una regulación aproximada de 1,2 bar.

En el momento que la presión en la parte inferior de la membrana supere a la ejercida en la parte superior, la válvula cerrará el paso de refrigerante hacia el evaporador.



A partir de que el bulbo termostático detecte un incremento o descenso de la temperatura en el punto donde está instalado, la válvula abrirá o cerrará el paso de refrigerante líquido hacia el evaporador hasta mantener un recalentamiento a ser posible de 5 °C, aprovechándose de esta forma al máximo su superficie con refrigerante líquido cambiando de estado, pero con la particularidad de que no le va a llegar refrigerante líquido al compresor ya que éste ya sale del evaporador con 5 °C de recalentamiento con respecto a su temperatura de evaporación.



En el momento en que el termostato de la instalación encuentra su temperatura de corte, detiene el funcionamiento de la instalación, subiendo la temperatura en el interior de la cámara y por supuesto también en el alojamiento del bulbo termostático, dando lugar a un aumento de presión F-2 en la parte superior de la membrana, por lo que la válvula intentará abrir, lo que no conseguirá, debido a la contrapresión F-3 al haber aumentado también la presión en la zona de baja. De esta manera la válvula continúa cerrada fuertemente durante el ciclo de parada.

Al entrar de nuevo en funcionamiento y debido a la aspiración del compresor, va reduciéndose la presión de baja F-3 hasta llegar al punto en que cede la membrana a la presión del elemento térmico y abre de nuevo el paso de refrigerante en estado líquido al evaporador.

Las válvulas con igualador de presión interno deben limitar su uso a sistemas con evaporadores de circuito único y que tengan una caída de presión menor que la equivalente a un cambio de temperatura de 1°C ó 0,2 bar.

9.6. MEDICIÓN DEL RECALENTAMIENTO Y DEL SUBENFRIAMIENTO.

Para comprobar el aprovechamiento de un evaporador y evitar la llegada de fluido en estado líquido a la aspiración del compresor, deberemos asegurarnos que el fluido en estado líquido que hay en su interior, ya haya efectuado totalmente el cambiado de estado a vapor en su salida, por lo que el **recalentamiento** se mide en el lugar donde esta situado el bulbo en la tubería de aspiración, y es la diferencia entre la temperatura existente en el bulbo, leída con un termómetro debidamente aislado de cualquier temperatura que no sea la del propio tubo, y la temperatura de evaporación leída en el manómetro de baja presión, y se emplea como señal reguladora de inyección de líquido a través de la válvula de expansión. No hay que olvidar que estos vapores recalentados que abandonan el evaporador se seguirán recalentando hasta llegar a la cámara de aspiración del compresor y que también serán objetivo de control.

El **subenfriamiento** se define como la diferencia entre la temperatura del liquido en un punto cualquiera de su línea, o sea, desde el final del condensador hasta la entrada de la válvula de expansión y la temperatura de condensación leída en el manómetro de alta, siendo menor esta diferencia de temperatura en le salida del condensador y mayor en la entrada de la expansión.

Como ya sabemos el subenfriamiento del refrigerante es necesario para evitar burbujas de vapor en el líquido delante de la válvula, ya que las burbujas de vapor merman la capacidad de la válvula y por consiguiente reducen el suministro de refrigerante en estado líquido al evaporador.

Disponer de un subenfriamiento de entre 4 y 8 grados en la entrada de la válvula es normalmente suficiente, ya que si no se dispone de líquido subenfriado en este punto, difícilmente se logrará ajustar el recalentamiento del evaporador, al no estar alimentado con una buena calidad de líquido.

9.7. REGULACIÓN DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN

Una de las ventajas principales que tiene la válvula de expansión, es la de poder controlar con gran facilidad el recalentamiento del refrigerante, con la seguridad de que no variará sea cual sea su régimen de funcionamiento.

Recordemos que el recalentamiento en el evaporador es :

Recalentamiento = Temperatura a la salida del evaporador – Temperatura de evaporación.

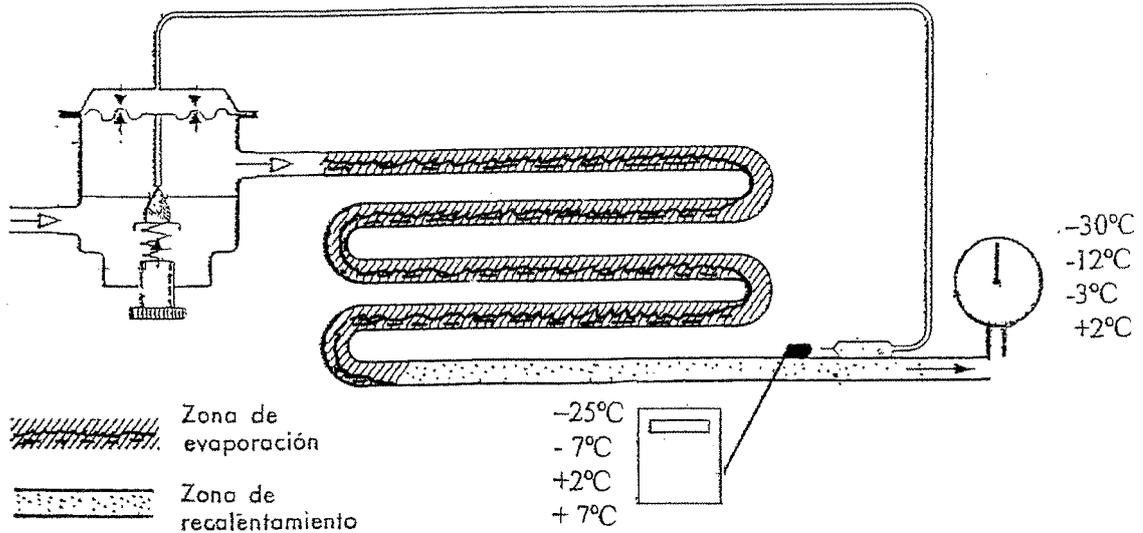
Si el recalentamiento es cero, podemos asegurar que el refrigerante sale del evaporador a la misma temperatura que la de evaporación, esto quiere decir que no ha terminado de cambiar de estado, ya que el cambio de estado se realiza a temperatura constante y por lo tanto nos asegura que sale en estado de mezcla de vapor y líquido, por lo que tal como hemos visto anteriormente, correremos el riesgo de que algo de líquido pueda ser aspirado por el compresor.

Esta diferencia de temperatura tampoco debe ser excesiva, puesto que en tal caso tendríamos mucha superficie de evaporador sin aprovechar con líquido realizando el cambio de estado y un recalentamiento del vapor en la aspiración del compresor muy alto. Un valor estimado como correcto oscila entre los tres y siete grados centígrados de diferencia de temperatura.

Ejemplos de ajuste con una válvula regulada a 5 °C de recalentamiento.

| | | |
|--|------------|--------|
| Si la Temp. de evap en el manómetro de baja es de -30 °C./ | Termómetro | -25 °C |
| “ “ “ -12 °C / | “ | - 7 °C |
| “ “ “ -3 °C / | “ | +2 °C |
| “ “ “ +2 °C / | “ | +7°C |

Dado que en el mercado existen gran variedad de válvulas de expansión termostáticas, y que según el fabricante, la regulación del recalentamiento puede variar entre ellas, daremos un método de actuación para conocer el sistema de regulación de cualquier válvula de expansión.



Empezaremos por instalar, el manómetro en la toma de baja presión y leeremos la temperatura de evaporación correspondiente a la presión detectada y fluido refrigerante que monte el sistema.

A continuación instalaremos el termómetro debidamente aislado de toda temperatura externa que no sea la del propio tubo, que normalmente será en el mismo alojamiento del bulbo termostático de la propia válvula y calcularemos el recalentamiento existente en el evaporador, restando para ello las dos temperaturas (manómetro y termómetro).

Seguidamente solo bastará actuar sobre el tornillo regulador, y para ello giraremos a medias vueltas en el sentido de las agujas del reloj o al contrario, y dejaremos pasar unos minutos entre cada ajuste para que la instalación reaccione, para a continuación poder determinar que si el recalentamiento de los vapores aumenta, es señal evidente de que estamos cerrando el paso de la válvula, y si el recalentamiento disminuye la válvula está abriendo el paso de refrigerante al evaporador.

Esta reacción también irá acompañada de que si al actuar sobre el tornillo de regulación, la presión de baja aumenta, será también señal de que estamos abriendo el paso de la válvula, y si disminuye la presión es que estamos cerrando el paso de fluido refrigerante.

Con esta sencilla comprobación, podremos determinar el grado de aprovechamiento del serpentín del evaporador, y además podemos asegurar que no llegará refrigerante en estado líquido a la aspiración del compresor.

Método para el ajuste del recalentamiento

Una vez instalado el manómetro en la toma de baja presión y el termómetro en el alojamiento del bulbo de la válvula de expansión, tendremos que tener en cuenta ante todo que el recinto refrigerado deberá encontrarse lo más cerca posible a la temperatura deseada en su interior, ya que de lo contrario el ajuste del recalentamiento sería erróneo, debido a que el calor existente en el recinto a refrigerar sería superior al normal, haciendo en consecuencia evaporar al refrigerante más rápidamente en su paso por el evaporador.

En primer lugar deberemos observar si existe cierta inestabilidad en el recalentamiento, o sea, la temperatura detectada por el termómetro, deberá desplazarse hacia más positivo que la lectura inicial, señal evidente que la válvula está cerrando el paso de refrigerante, y a partir de cierto valor empezar a descender la temperatura del termómetro, señal de que la válvula está abriendo el paso de refrigerante, todo ello con unas variaciones de varios grados según sea el punto de ajuste en que se encuentre regulada la válvula.

Para poder decir que una válvula está bien ajustada se tendrá que lograr como máximo una variación de aproximadamente 1 °C entre la apertura y el cierre de la misma, ya que el evaporador debe ser capaz de evaporar exactamente el volumen de líquido que se le suministre.

Si el funcionamiento del evaporador no se puede hacer inestable, es señal evidente que el orificio empleado en la válvula es pequeño con relación a la potencia frigorífica de la instalación.

Normalmente para realizar el ajuste será conveniente en principio cerrar un poco la válvula, aumentando así el recalentamiento, y observando que el funcionamiento de la válvula es estable pero con un recalentamiento alto, o sea, que estamos desaprovechando superficie del evaporador bañada con líquido refrigerante efectuando el cambio de estado, y a continuación abriremos de nuevo un poco la válvula hasta que el sistema se vuelva otra vez inestable.

Llegado este momento solo bastará cerrar un poco la válvula hasta lograr un funcionamiento correcto, ya que en el caso de que siguiera la inestabilidad, sería señal evidente que el orificio montado sería demasiado grande para la potencia frigorífica de la instalación, o sea, en cada abertura de la válvula la cantidad de líquido inyectada sería superior a la normal, y en consecuencia el bulbo tardaría más de lo normal en detectar la temperatura de cierre de paso de refrigerante al evaporador, pudiendo llegar según el diseño de la instalación, golpes de líquido a la aspiración del compresor.

Es importante reseñar que se necesitaran aproximadamente unos treinta minutos para estabilizar el funcionamiento de la instalación después de efectuado el ajuste.

9.8. COLOCACIÓN DEL BULBO

La colocación del bulbo es de extrema importancia, y en algunos casos determina el éxito ó fracaso del funcionamiento del sistema, es recomendable para su instalación que se sujete a la tubería de aspiración por medio de dos abrazaderas en el punto donde se quiera detener la evaporación de refrigerante en estado líquido, por lo que deberá montarse siempre inmediatamente después del evaporador, incluso cuando este último está montado antes de un intercambiador.

Si el bulbo está situado después de un intercambiador, la válvula de expansión recibirá impulsos de control falsos, debidos al hecho de que el líquido caliente situado en el intercambiador térmico, calienta los vapores de aspiración fríos, y de esta manera se perturban los impulsos de control, y por consiguiente, el grado de abertura de la válvula de expansión termostática.

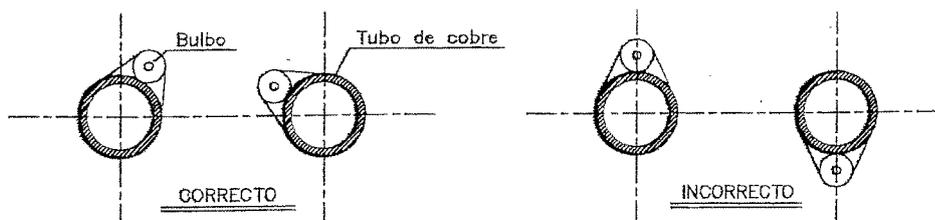
El bulbo como ya sabemos, solo debe medir la temperatura del vapor de aspiración recalentado, y por consiguiente, debe situarse de manera que no esté sometido a la acción de fuentes de calor extrañas como, por ejemplo, del aire de retorno al evaporador, o del calor procedente del motor de un ventilador, o de una tubería de líquido.

Además en el supuesto de que el tubo de salida del evaporador tenga que salir inmediatamente al exterior de la cámara debido por ejemplo a exigencias del montaje, es conveniente dejar por lo menos un metro de tubería de aspiración en el interior de la cámara, detrás del bulbo (llamándose este circuito como ya sabemos tubo secador), con el fin de que la temperatura exterior no influya en su funcionamiento, y por supuesto nunca se colocará cercano a una pared ó próximo a tuberías o partes sólidas de hierro o metálicas, ya que las fluctuaciones de temperatura serían de este modo retardadas, y también se deberá procurar que el tubo capilar de la válvula no tropiece nunca con el serpentín evaporador, o con la línea de aspiración, para estos casos se utiliza pasta especial de contacto para bulbos termostáticos.

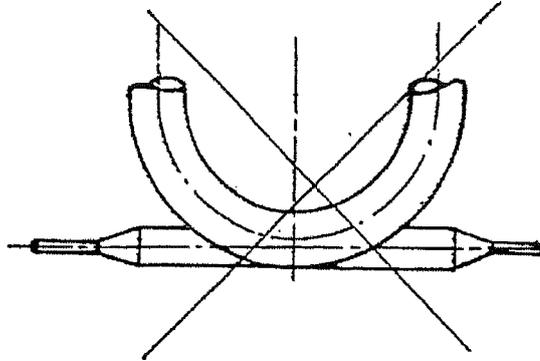
Es conveniente montar el bulbo encima de una parte del tubo de aspiración que esté limpia para poder realizar un buen contacto térmico, y preferentemente en posición horizontal, aunque nunca se deberá montar en el colector del evaporador, o en una tubería vertical después de una trampa de aceite (sifón), o evitando que pueda percibir los impulsos falsos procedentes de un evaporador situado a un nivel más alto, y lo instalaremos en una posición de entre las doce horas y las cuatro conforme están situados los números en la esfera de un reloj, ya que si lo colocamos a las seis (parte inferior del tubo) detectaría el aceite existente en el circuito, y si lo colocamos a las doce (parte superior de la tubería) detectaría solo gas.

Su instalación más aconsejable es :

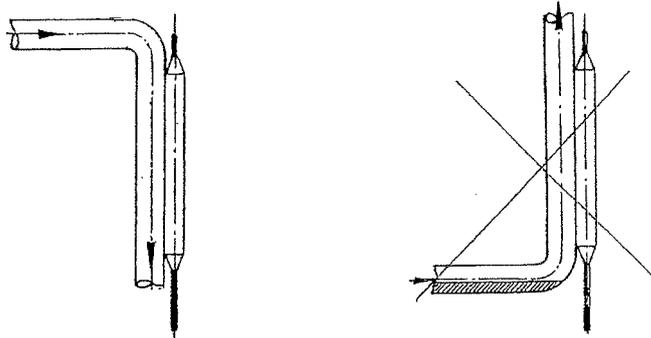
Para tubos de aspiración de $3/8''$ a $5/8''$ a las 1 horas
Para tubos de aspiración de $3/4''$ y $7/8''$ a las 2 horas
Para tubos de aspiración de $1''$ y $1\ 1/8''$ a las 3 horas
Para tubos con diámetros superiores a las 4 horas



No debe montarse encima de un codo o de un tubo curvado, porque solo efectúa contacto en algunos puntos, con la consiguiente defectuosa transmisión térmica, retardando la respuesta de la válvula y cuando no se disponga de un tramo de tubo horizontal, siendo por lo tanto inevitable montar el tubo en posición vertical, siempre será preferible que el gas aspirado circule por el tubo en dirección de arriba hacia abajo y no de abajo hacia arriba.



En el tubo ascendente anterior a este tramo, se depositan aceite y refrigerante que son arrastrados hacia arriba en golpes periódicos siempre que el codo se haya llenado hasta cierto punto, dando así lugar a una influencia intermitente sobre el bulbo que ocasiona fuertes oscilaciones en la regulación, como también puede dar lugar a dificultades de regulación el montaje horizontal delante del tramo ascendente del tubo de aspiración, debido igualmente a la acumulación del aceite que siempre arrastra el refrigerante.



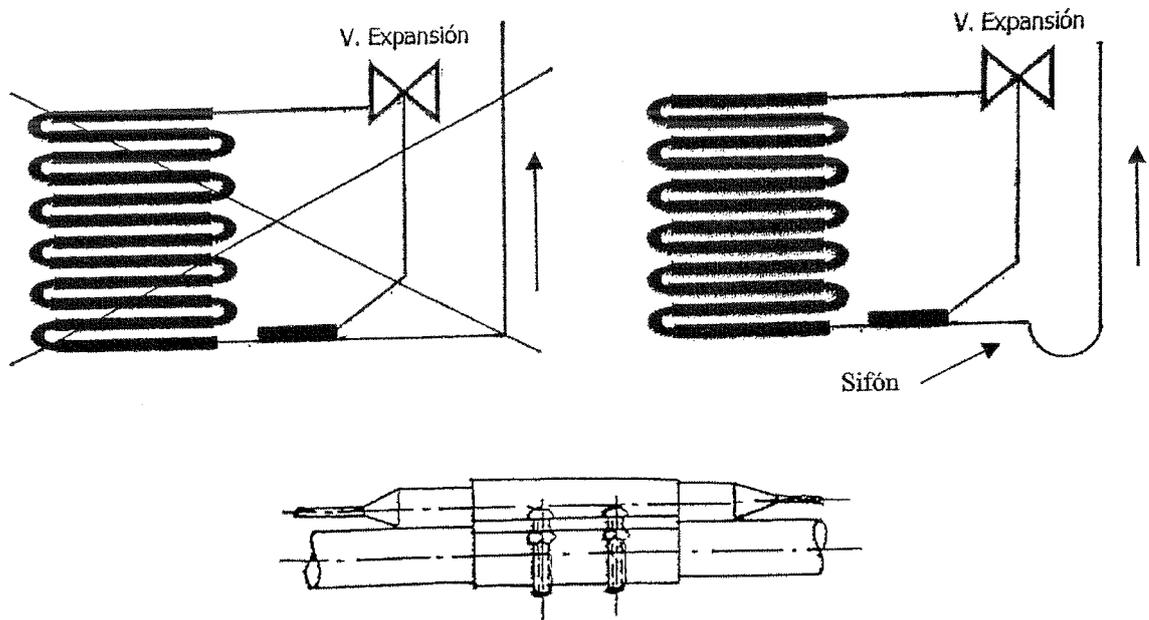
Esta forma de montaje puede dificultar el funcionamiento de la válvula especialmente cuando se pone la instalación en marcha después de un periodo de parada, por el motivo que el refrigerante sin evaporar que contiene el evaporador se recoge durante la parada en el tramo bajo del serpentín, en el punto donde se encuentra el bulbo, y en el momento de ponerse en marcha la instalación, este refrigerante entra seguidamente en evaporación, sufriendo el bulbo una bajada de temperatura muy fuerte.

Tan sólo después de la completa evaporación del refrigerante que contiene el tubo de aspiración y después del calentamiento consiguiente, el bulbo será capaz de abrir la válvula, siendo la consecuencia una fuerte depresión que puede llegar cerca del vacío.

Bajo un control presostático esto puede dar lugar a repetidos ciclos de parada y puesta en marcha, ya que por causa de la fuerte aspiración se vuelve a producir en el transcurso de segundos después de la conexión, la presión de desconexión del presostato.

El trabajo normal no empezará mientras no se haya evaporado completamente el contenido de refrigerante en el tubo de aspiración, por tal motivo resulta pues indispensable dar al tubo delante del tramo vertical una forma de sifón, para que el aceite y refrigerante que contenga sea arrastrado inmediatamente y el bulbo no sufra influencias falsas.

Es conveniente insistir en que la fijación del bulbo debe realizarse empleando la abrazadera metálica que se entrega normalmente con la válvula, y no se recomienda emplear materiales que hagan mal contacto con el tubo de aspiración.

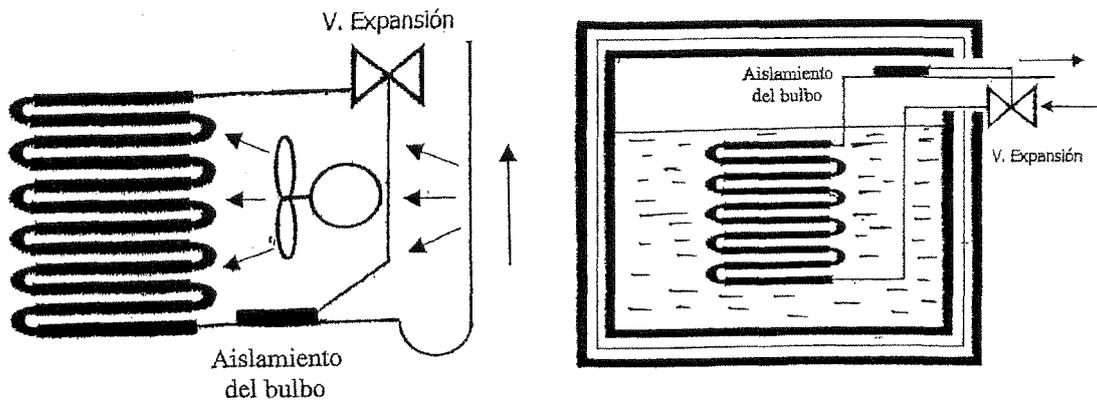


El elemento termostático deberá instalarse en una situación lo más alta posible dentro de la cámara, o sea, en el lugar donde el aire sea menos frío, ya que es de mayor importancia para el funcionamiento correcto de la válvula, que el elemento termostático esté siempre situado en un ambiente unos grados mas caliente que el bulbo, aunque a menudo es conveniente colocar un trozo de tubo desde la salida de la válvula a la entrada del evaporador, a fin de que la válvula se encuentre en lugar más elevado y menos frío que el bulbo, procurando que este último no quede afectado por las corrientes de aire caliente dentro de la cámara.

9.9. AISLAMIENTO DEL BULBO

El aislamiento del bulbo es conveniente, y aun necesario, en los siguientes casos:

- 1º Cuando por necesidades de la instalación, se monta fuera de la cámara o tanque.
- 2º En los evaporadores de aire forzado, cuando el bulbo esta expuesto a la corriente de aire entrante.
- 3º En un tanque cuando el bulbo se monta en el último tubo del serpentín, ya que en el periodo de parada al calentarse daría lugar a una nueva abertura de la válvula, o a una nueva inyección de refrigerante en el evaporador.



Una de las mejores maneras de aislar el bulbo de la válvula de expansión termostática, es la de envolver el bulbo y la tubería de aspiración con cinta de aislamiento adhesiva ó con aislamiento especial para tubería, que posteriormente sujetaremos con abrazaderas.

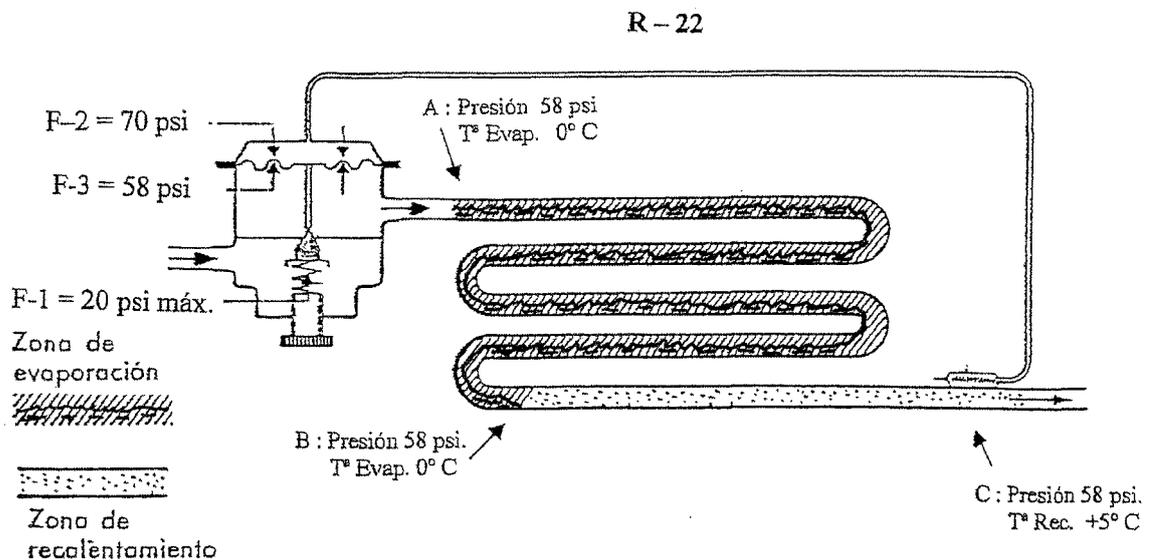
9.10. INFLUENCIA DE LA PÉRDIDA DE PRESIÓN EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA

En la práctica la presión no se mantiene constante a lo largo de la baterías condensadora y evaporadora, sino que va disminuyendo a lo largo de la misma debido a la pérdida de carga originada por los rozamientos creados al circular el refrigerante a ciertas velocidades por el interior de los tubos.

Por tanto si pudiésemos colocar un manómetro en la entrada de las baterías y otro en la salida, existiría una caída de presión debido a la pérdida de carga en dichas tuberías.

En la figura vemos un evaporador que tiene una bajada de presión tan insignificante que podemos dejar de tenerla en cuenta.

En él la presión en la entrada (A), como la de la ultima gota de refrigerante en estado liquido que entra en evaporación (B), así como la zona donde va montado el bulbo termostático de la válvula (C) son iguales.



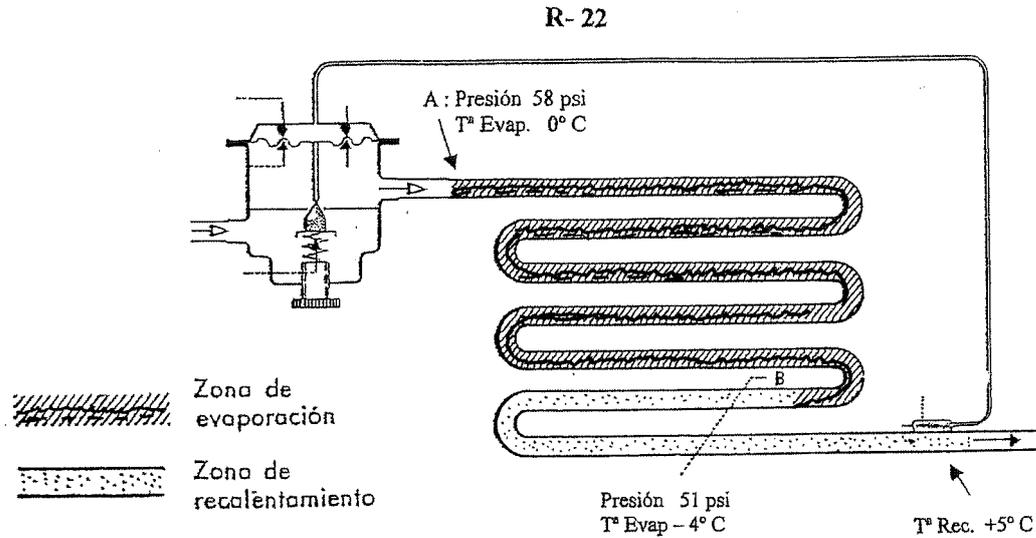
El recalentamiento de los vapores se produce desde el punto (B) al punto (C). Con una temperatura de evaporación de 0 °C, en la zona de medición del recalentamiento encontramos una temperatura de +5 °C, quedando la presión entre los puntos (B) y (C) invariable.

La presión ejercida por el refrigerante del bulbo a +5 °C es de 70 psi. Como ya sabemos para conservar el equilibrio de la válvula, la presión que ejerza el refrigerante del bulbo en la parte superior de la membrana debe ser igual a la de las fuerzas que ejercen presión en la parte inferior de la membrana, o sea, la presión de aspiración al principio del evaporador (58 psi) más la presión del muelle según el ajuste (se dispone aprox. de 20 psi).

Ajustándose la válvula a 5 °C de recalentamiento, el muelle de la válvula deberá ejercer una presión de 12 psi., siendo entonces la relación de presiones:

$$70 \text{ PSI} = 58 \text{ PSI} + 12 \text{ PSI}$$

En la figura se ha montado la misma válvula, ajustada para un recalentamiento de 5°C , a un evaporador que entre los puntos (A) y (B) tiene una pérdida de presión de 7 psi.

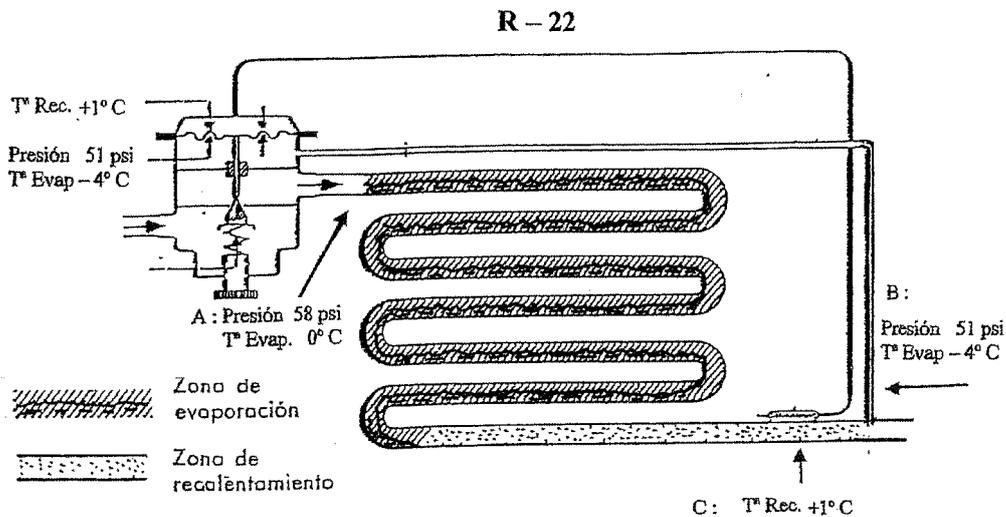


La presión a la entrada del evaporador es también de 58 psig., como también utilizamos R-22 como refrigerante la temperatura de evaporación será de 0°C , para el ajuste del recalentamiento de 5°C . el bulbo debe llegar también a una temperatura de $+5^{\circ}\text{C}$, pero como el evaporador tiene una pérdida de presión de 7 psi., la presión de aspiración a la salida del evaporador es de:

$58\text{psi} - 7\text{psi} = 51\text{psi}$., correspondiéndole a esta presión una temperatura de evaporación de -4°C .

Realizando el ajuste del recalentamiento igual que en el caso anterior, en el evaporador resultará un recalentamiento efectivo de (-4°C a $+5^{\circ}\text{C}$) nueve grados, o sea, que la zona de recalentamiento del evaporador se alarga, y por consiguiente el aprovechamiento del evaporador es menos favorable.

En la figura se representa otra vez el mismo evaporador con una pérdida de presión de 7 psi. pero esta vez con una válvula de expansión con compensación exterior de la presión. En ella ya no influirá la presión existente en la entrada del evaporador (A) que asta ahora actuaba sobre la parte inferior de la membrana con 58 psi, sino la presión de aspiración (B) con la pérdida ocasionada o sea 51 psig. con su temperatura de -4°C .



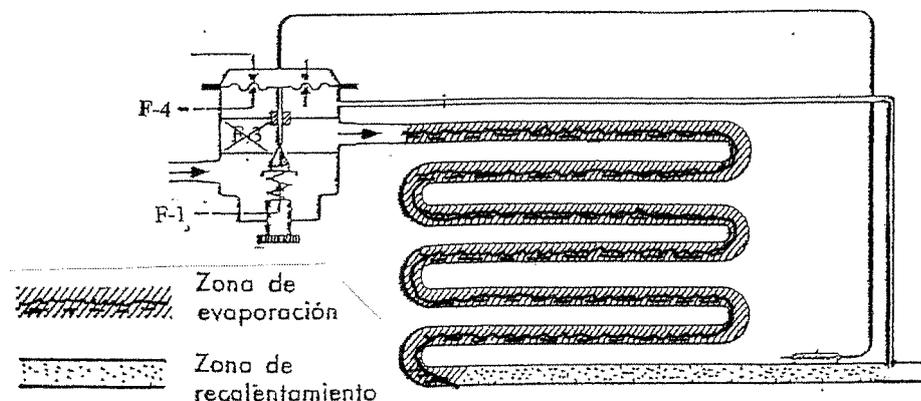
En la zona (C) donde se encuentra instalado el bulbo termostático, y con un ajuste del recalentamiento de 5 °C encontraremos la misma presión que en el punto (B) o sea 51 psig. pero con una temperatura de +1 °C, dando como resultado el mismo aprovechamiento favorable del evaporador y una zona de recalentamiento de una extensión igualmente corta como en el evaporador sin pérdida de presión

Estos ejemplos demuestran la influencia de la pérdida de presión sobre el aprovechamiento del evaporador y al mismo tiempo que la válvula con compensador exterior de presión, compensa también el efecto negativo de la pérdida de presión sobre el funcionamiento de la válvula, desde luego sin poder evitar la misma bajada de presión.

9.11. VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA CON IGUALADOR DE PRESION INTERNO O EXTERNO.

Las válvulas **con igualador de presión interno** deben limitar su uso a sistemas con evaporadores de circuito único y que tengan una caída de presión menor que la equivalente a un cambio de temperatura de 1 °C ó 0,2 bar. La presión de evaporación en la salida de la válvula se transmite al diafragma a través de unos orificios internos o a través de las varillas de empuje.

Las válvulas **con igualador de presión externo**, la parte inferior del diafragma se aísla de la salida de la válvula, usando juntas de estanqueidad en las varillas de empuje y no están afectadas por las caídas de presión a través del evaporador, ni por las caídas de presión causadas por el uso de distribuidores de líquido en evaporadores multicircuitos, por este motivo una válvula de expansión con igualador externo, puede usarse en todas las aplicaciones de refrigeración, ya que su uso no presenta otras desventajas de operación frente a las equilibradas interiormente, que la de tener que conectar una línea de equilibrio.



La conexión de equilibrio debe conectarse a la salida del evaporador después del bulbo termostático y nunca debe taparse, ya que como para el funcionamiento correcto de la válvula de expansión se necesita que éste capte la presión a la salida del evaporador, ya que lo que queremos controlar es el valor del recalentamiento.

En una válvula con compensador queda anulado el efecto de la presión a la entrada del evaporador sobre la membrana (F-3), y es sustituido por el efecto de la presión a la salida del evaporador (F-4), ya que comunicamos ésta con la membrana a través del tubo de compensación para que la válvula de expansión tenga la presión de salida del evaporador, como presión de accionamiento por debajo de la membrana..

$$\text{Equilibrio de fuerzas } F1 (\text{muelle}) + F4 = F2$$

9.12. VÁLVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA CON DISTRIBUIDOR DE REFRIGERANTE.

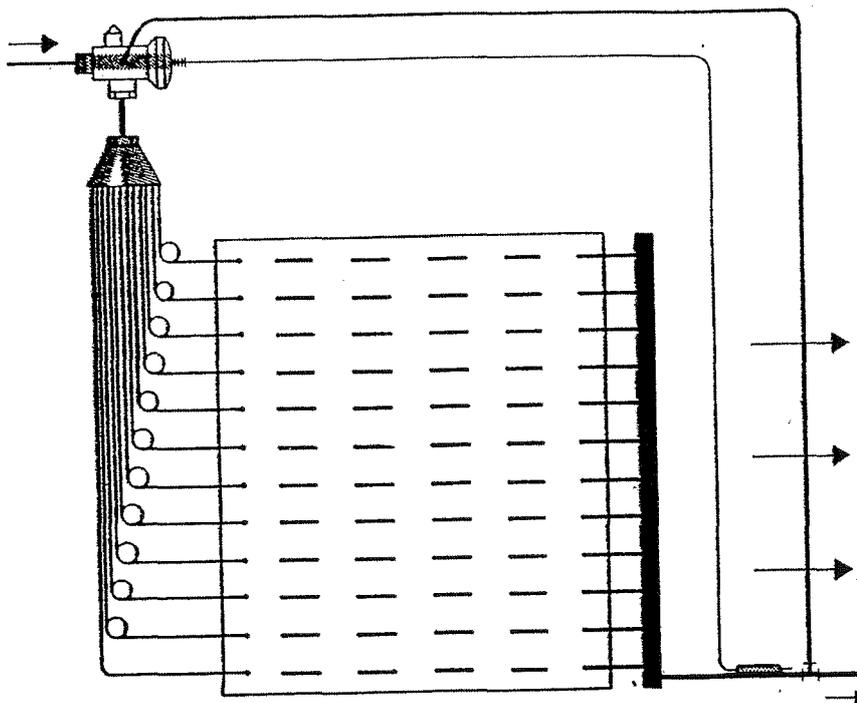
En los evaporadores de gran superficie, y especialmente en aquellos formados por varios circuitos en colectores individuales (usados normalmente en instalaciones de aire forzado), es muy frecuente el hecho de que no se obtenga un total rendimiento por estar mal alimentados de refrigerante los diversos circuitos, debidos a una distribución desigual, dando lugar a la inundación de uno de ellos, llegando incluso hasta el bulbo de la válvula de expansión causando el estrangulamiento de los demás circuitos.

La corrección de esta anomalía se consigue con el empleo de válvulas de expansión termostática con distribuidor de refrigerante, que no es otra cosa que una boquilla colocada a la salida de la válvula, la cual va dispuesta con diversas tomas que se conectan a cada uno de los circuitos del evaporador, que de esta forma se alimentan de manera uniforme, restableciendo el total aprovechamiento de la superficie del evaporador.

Los tubos que van desde las boquillas distribuidoras a cada uno de los circuitos del evaporador, deben coincidir todos en longitud y diámetro, dependiendo el largo de dichos tubos de la distancia máxima entre la boquilla y la sección más distante del evaporador, teniendo que evitar las trampas de líquido en el momento de realizar el montaje de la tubería de distribución.

Para conseguir una distribución satisfactoria del líquido, es necesario que la caída de presión a través de cada uno de los distribuidores de refrigerante y de los serpentines del evaporador, sean del mismo orden de magnitud.

Si se utiliza un distribuidor de líquido es muy importante asegurarse que la circulación del aire se realice en la dirección correcta, ya que la circulación del aire debe repartirse igualmente en toda la sección transversal del evaporador, aunque examinando la escarcha que se forma en el evaporador, puede determinarse cuales son las secciones del evaporador que no reciben una cantidad suficiente de aire.



Estos tubos van soldados a los orificios de la boquilla debiendo tener cuidado al efectuar esta operación, de separar la boquilla de la válvula a fin de que ésta no se vea afectada por el calor de la soldadura.

La boquilla distribuidora puede ir adaptada directamente a la válvula de expansión, o a la tubería después de la válvula, procurando en éste último caso que dicho tubo de conexión sea lo más corto posible y la cabeza del distribuidor debe montarse siempre verticalmente nunca en sentido horizontal.

Las características básicas que definen a los distribuidores de líquido laminares (venturi) son: el número de salidas y diámetro de los tubos capilares, conjuntamente con el diámetro exterior de entrada expresado en milímetros.

9.13. VÁLVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICAS CON RECALENTAMIENTO FIJO

En determinadas instalaciones de tipo reducido (armarios, enfriadores de líquidos, botelleros, automoción, etc..) se instalan válvulas de expansión termostáticas fijas, es decir, que no puede regularse en ellas el recalentamiento.

Su empleo se recomienda únicamente en instalaciones donde la capacidad y características del compresor y evaporador sean bien conocidas, y se haya determinado previamente la citada temperatura de recalentamiento, ya que no puede variarse el ajuste establecido por el fabricante en este caso.

9.14. ELECCION DE LAS VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICAS.

De la correcta elección de la válvula de expansión, depende el éxito o el fracaso de funcionamiento de todo el sistema. La capacidad de una válvula de expansión debe elegirse en función de las posibles variaciones de funcionamiento y de la potencia frigorífica de la instalación.

La elección de la válvula de expansión termostática se realiza conociendo los datos siguientes:

- Tipo de refrigerante. (placa de características del compresor o de la instalación)
- Carga térmica del recinto a refrigerar. (cálculo de carga térmica)
- Capacidad adecuada de la válvula.(según la carga térmica, corresponderá un diámetro adecuado de orificio)
- Temperatura de evaporación. (destino de la instalación según sea : conservación, conservación de congelado, congelación, aire acondicionado, etc.)
- Tipo de carga del elemento termostático. (según tipo y características de funcionamiento de la instalación)
- Igualación de presión interna o externa. (tipo de instalación, pérdidas de carga en el evaporador)
- Instalación correcta del componente.

Cargas del elemento termostático

Las válvulas de expansión pueden disponer de tres tipos de carga.

1º Carga N (carga líquida o líquida cruzada)

2º Carga B (carga gaseosa o gaseosa cruzada) con MOP (Presión Operativa Máxima)

3º Carga de absorción (con carga N ó con carga B y MOP)

Carga N (carga líquida o líquida cruzada)

Las válvulas de expansión con este tipo de carga, se usan en la mayoría de instalaciones de refrigeración, en las que no se exige una limitación de presión, y en las que el bulbo puede llegar a tener una mayor temperatura que el elemento termostático. También se utilizan en instalaciones que trabajan a altas temperaturas de evaporación.

Las características a tener en cuenta en su elección son :

Tipo de refrigerante que monta la instalación.

Modelo (Tipo de conexión) : roscar – roscar / roscar – soldar / soldar – soldar, (empleando un adaptador y orificio especial).

La temperatura de evaporación del sistema se debe encontrar dentro del rango de temperaturas del tipo de válvula. (-40 a + 10 °C), (-60 a - 25 °C), etc.

Gama N sin MOP, ó especiales con carga MOP (Gama B).

La carga universal tiene una carga líquida en el bulbo, y la cantidad de carga es tan grande, que siempre quedará carga en el bulbo a pesar de que el elemento termostático se encuentre más frío o más caliente que el bulbo.

Carga B (carga gaseosa o gaseosa cruzada) con MOP (Presión Operativa Máxima)

Las válvulas con carga MOP se usan normalmente en unidades donde se desea una limitación de la presión de evaporación en el momento de puesta en marcha, como por ejemplo en el sector de transporte y en instalaciones de aire acondicionado.

Las válvulas de expansión con MOP tienen una cantidad de carga líquida muy reducida en el bulbo, esto significa que la válvula tiene que tener una temperatura mayor que el bulbo, ya que en caso contrario, la carga puede emigrar del bulbo hacia la válvula, con el consiguiente cese de funcionamiento de la válvula de expansión.

Dicha carga está en concordancia con la **Máxima Presión de Funcionamiento**, que es la más alta presión de evaporación que se puede permitir en el circuito de baja del sistema, protegiendo así al motor del compresor ante una presión de evaporación excesiva.

Por ejemplo, en el momento de la puesta en marcha inicial de una instalación donde las presiones de alta y baja están igualadas, y la temperatura de la cámara se encuentre igualada con la temperatura ambiente, o bien después de una reparación, o de un desescarche, la alta presión existente en la aspiración del compresor, puede hacer que el motor funcione sobrecargado durante cierto tiempo, para eliminar esta situación es conveniente utilizar una válvula de expansión con MOP.

El valor MOP es la presión de evaporación a la cual la válvula de expansión cerrará la inyección de líquido en el evaporador impidiendo así que aumente la temperatura de evaporación. Después de alcanzar el punto MOP, el aumento de la temperatura del bulbo no conllevará la apertura de la válvula de expansión, pues la temperatura del bulbo deberá ser necesariamente inferior a la de la cabeza de la válvula de expansión, para las cargas MOP, de lo contrario el líquido del bulbo existente en la cabeza termostática falseará la lectura.

Esta válvula de presión limitada empezará a abrirse solo a bajas temperaturas de evaporación (correspondiente a la temperatura MOP), puesto que la carga del elemento termostático está adaptada para producir esta reacción.

Esto significa que el recalentamiento en el evaporador será extremadamente elevado a temperaturas de evaporación superiores a la temperatura MOP, es decir, que la válvula permanecerá cerrada hasta que el compresor haya reducido suficientemente la presión de aspiración, como para garantizar que el motor eléctrico no será sobrecargado.

La carga del elemento termostático se habrá evaporado cuando se llegue al punto MOP, y conforme la presión de baja vaya aumentando, la válvula empezará a cerrarse unos 0,3/ 0,4 bar por debajo de punto MOP, y acabará por cerrar completamente cuando la presión de baja sea igual al punto MOP.

Puntos MOP

| Refrigerante | Gama N (- 40 a +10° C) | Gama B (- 60 a - 25° C) |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Temp. y presión evaporación | Temp. y presión evaporación |
| R - 134 - a | aprox. + 15° C (55 psig) | ----- |
| R - 22 | aprox. + 15° C (100 psig) | aprox. - 20° C (20 psig) |
| R - 404 - A | aprox. + 15° C (120 psig) | aprox. - 20° C (30 psig) |

Si se varía el ajuste del recalentamiento de la válvula de expansión hecho en fábrica, cambiará el punto MOP, por lo que tendremos que recordar que aumentando el ajuste del recalentamiento se reduce el punto MOP y viceversa.

La temperatura máxima de vaporización del MOP debe elegirse en función de la aplicación (por ejemplo de - 15 a - 20° C para los sistemas de baja temperatura y + 15° C para las aplicaciones de bomba de calor).

Carga de absorción (con carga N ó con carga B y MOP)

Las válvulas de expansión con carga de absorción, se usan preferentemente en instalaciones de aire acondicionado o intercambiadores térmicos de placa, donde hay una gran transmisión de calor.

Las características a tener en cuenta en su elección son :

- Tipo de refrigerante que monta la instalación.
- Modelo (Tipo de conexión): roscar - roscar / roscar - soldar / soldar - soldar.
- La temperatura de evaporación del sistema se debe encontrarse dentro del rango de temperaturas del tipo de válvula. (-45 a + 15° C), (-50 a +0° C), (- 45 a + 5° C)etc.
- Gama N sin MOP, ó especiales con carga MOP.(Gama B)

Con este tipo de carga se puede conseguir un menor recalentamiento equivalente de 2 a 4 °C que con otros tipos de carga, ya que el bulbo de la válvula contiene un material de gran porosidad y superficie en relación a su peso (lastre), y tiene un efecto amortiguante sobre la regulación de la válvula de expansión.

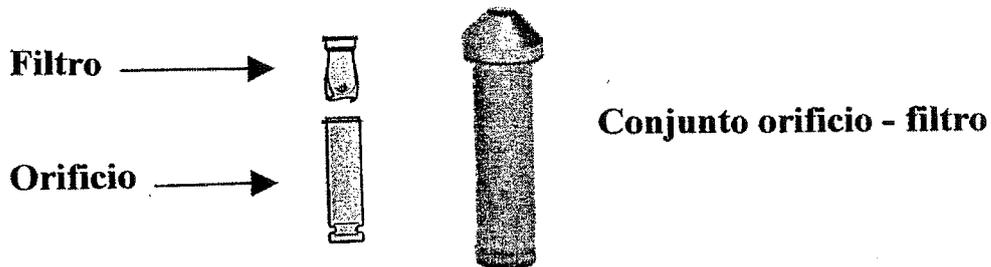
La válvula se abre despacio cuando la temperatura del bulbo aumenta, y cierra rápido cuando la temperatura del bulbo disminuye.

9.15. ORIFICIOS PARA VÁLVULAS DE EXPANSIÓN

Una misma válvula de expansión puede montar diferentes diámetros de orificios, según sea la potencia frigorífica requerida.

La capacidad máxima de rendimiento de un orificio, viene condicionada a:

- 1º Temperatura de condensación del sistema. (Normalmente + 45 °C)
- 2º Temperatura del líquido subenfriado. (Normalmente 4 K)
- 3º Tipo de refrigerante.
- 4º Temperatura de evaporación.
- 5º Potencia frigorífica necesaria.



Los orificios suelen montar un filtro en la entrada para prevenir el paso de cualquier impureza que circule mezclada con el refrigerante, que pudiera perjudicar su normal funcionamiento.

10

COMPONENTES. MISION, TIPOS Y CARACTERISTICAS

EVAPORADORES

10.1. MISION EN EL CIRCUITO

El evaporador es básicamente un intercambiador de calor entre el fluido refrigerante y el medio que le rodea, de donde se pretende extraer calor para mantenerlo a una cierta temperatura.

Como ya es sabido el refrigerante entra en el evaporador en estado líquido a baja presión, y en consecuencia también a baja temperatura. Como el medio que le rodea está a una temperatura superior, existe una cesión de calor que proviene del ambiente, la cual será absorbida por el fluido refrigerante para poder así llevar a cabo su cambio de estado de líquido a vapor.

En una instalación frigorífica, una parte del calor absorbido por el evaporador, es utilizado para bajar la temperatura del aire (calor sensible), otra parte para condensar y transformar en escarcha el vapor de agua del aire (calor latente). Este vapor de agua proviene de la evaporación de los géneros almacenados y de la humedad del aire exterior entrado por infiltración y abertura de puertas.

En verano, en una instalación corriente se puede estimar en un 20 % aproximadamente, la proporción de calor latente, o sea, una instalación de 1000 Fg / hora, utiliza 200 Fg / hora para la condensación del vapor.

Esta condensación absorbe aproximadamente 700 Fg / hora por kilo de vapor condensado y congelado. Por consiguiente, cada hora se condensan y escarchan alrededor de 300 gramos, y en 16 horas de funcionamiento diario 4,800 Kg.

10.2. TIPOS DE EVAPORADORES

Según el cometido que se les asigne, los evaporadores se clasifican en :

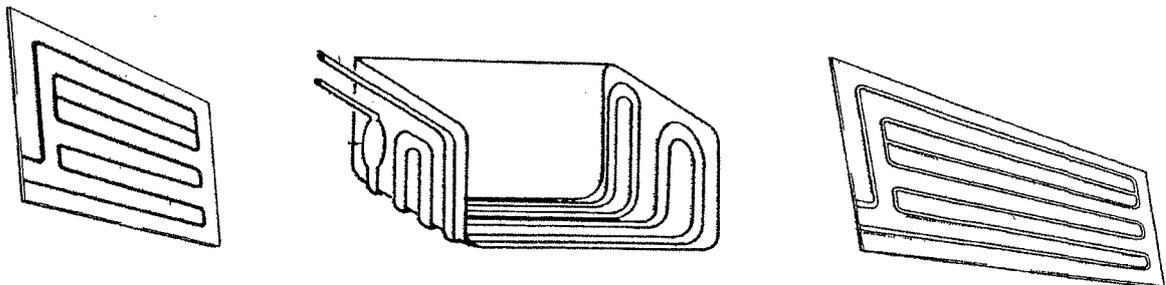
- Evaporadores para enfriamiento de aire.
- Evaporadores para enfriamiento de líquidos
- Evaporadores congeladores

| | | |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | Circulación natural |
| | Enfriamiento de aire | |
| | | Circulación forzada |
| | | |
| | | |
| Evaporadores | | De inmersión |
| | | De doble tubo a contracorriente |
| | | |
| | Enfriamiento de líquidos | De lluvia |
| | | |
| | | Multitubulares |
| | | |
| | | Especiales |

10.3. EVAPORADORES DE PLACAS (Circulación natural)

Este tipo de evaporadores son los utilizados en refrigeración doméstica, arcones congeladores, y algunos armarios de refrigeración comercial.

Se fabrican a partir de dos chapas de aluminio cuya superficie se ha preparado previamente y que en la cual se deposita una pasta antiadhesiva siguiendo el trazado establecido en función de las dimensiones definitivas del circuito frigorífico.



Otra chapa idéntica a la primera cubre dicho trazado, y el conjunto se lamina entonces en caliente y en frío, lo cual motiva la soldadura molecular de las dos chapas, salvo en las zonas separadas por la pasta antiadhesiva. De esta forma se obtiene un panel de metal homogéneo que comporta en su interior un trazado que no ha sido soldado, bajo el dibujo exacto al circuito diseñado.

Después del tratamiento térmico, el circuito se “hincha” bajo presión hidráulica, con el panel montado entre las placas de una prensa a fin de limitar la expansión del metal. Seguidamente se deshidrata convenientemente todo el circuito.

En algunos casos se les da la forma oportuna como para que sirvan de estantería de almacenamiento, tal como ocurre por ejemplo en el alojamiento de los cajones del congelador de los refrigeradores domésticos “combis”, o bien, en los muebles destinados a la conservación ó exposición de helados y demás productos congelados.

Este tipo de evaporadores acostumbran a fabricarse conjuntamente con el tubo de baja presión que es de aluminio, y al final de dicho tubo lleva una unión soldada en frío con un trozo de tubo de cobre para su soldadura al compresor.

Al realizar dicha soldadura es conveniente prestar la máxima atención en no calentar en exceso dicho tubo, o bien bajar la temperatura de la unión con un trapo mojado, pues de lo contrario se corre el riesgo de deteriorar la soldadura en frío de los dos materiales (aluminio – cobre).

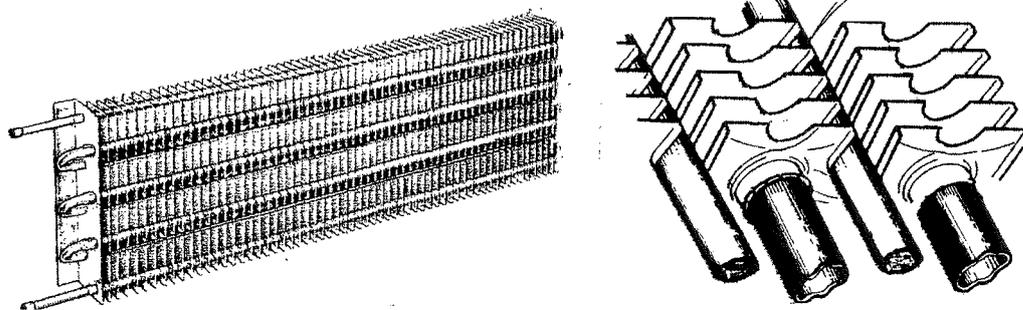
También acostumbran a llevar montado de fábrica el tubo capilar instalado por el interior del tubo de aspiración como circuito intercambiador de calor. En la zona de cobre lleva la salida del tubo capilar al exterior, para su soldadura con la salida del filtro deshidratador.

10.4. EVAPORADORES ESTÁTICOS DE TUBO Y ALETAS (Circulación natural)

Están formados por un serpentín de tubería de cobre al cual se le aplican aletas de aluminio para aumentar así la superficie de transmisión del propio tubo.

Estas aletas deben estar separadas entre sí convenientemente, a fin de que entre ellas se establezca una adecuada circulación de aire evitando la formación de escarcha entre las mismas, ya que de lo contrario ésta actuaría como aislante y se impediría la perfecta absorción de calor.

Normalmente van instalados en el techo de las cámaras o en las paredes interiores de los muebles, y la circulación del aire en este tipo de evaporadores es por gravedad.



Este tipo de evaporadores pueden ser verticales, horizontales o gaveteros para botelleros, estos últimos llevan incorporado el alojamiento para las cubiteras de hielo. En el caso de instalar este tipo de evaporador en el techo de una cámara, normalmente montan una persiana que puede ser de PVC ó metálica para la recogida de condensados, y puede incorporar resistencias para evitar su congelación.

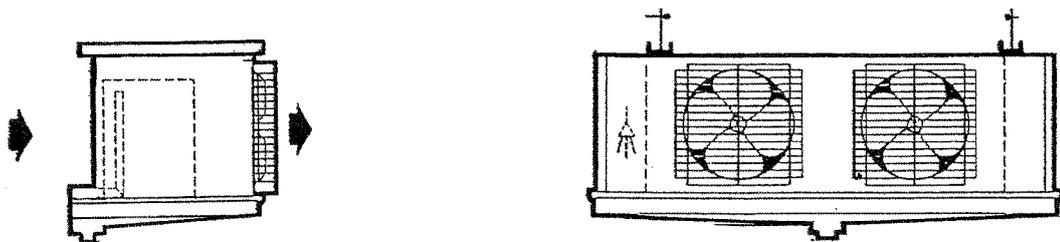
Las características más importantes en cuanto a su elección son:

- Superficie en m^2
- Numero de tubos (por ejemplo 2 tubos x 4 codos, ó 2 x 16, etc.)
- Conexiones de entrada y salida.
- Dimensiones de largo, ancho y alto.
- Puede instalar ó no resistencias blindadas, para el ciclo de desescarche.
- Rendimiento de la instalación en Fg / h ó W / h ó Kw / h .
- Temperatura de evaporación.
- Diferencia de temperatura entre la de evaporación y el interior de la cámara, ya que a más diferencia, el rendimiento del evaporador es mayor y viceversa.

Por ejemplo si en un catálogo encontramos este dato $\Delta T 10\text{ }^\circ\text{C}$, quiere decir que el rendimiento señalado es manteniendo una diferencia de temperatura de $10\text{ }^\circ\text{C}$. En el caso de que la diferencia de temperaturas sea de $13\text{ }^\circ\text{C}$ el rendimiento aumenta, pero este aumento en la diferencia de temperaturas también conlleva a reseca más el ambiente interior de la cámara ó recinto refrigerado.

10.5. EVAPORADORES CON TIRO DE AIRE FORZADO

Están formados por un serpentín de tubo de cobre, con aletas adheridas en igual forma que el caso anterior, y el conjunto va montado dentro de una caja metálica con uno o varios ventiladores directamente dirigidos, que establece de esta forma una circulación de aire forzado, aumentando así considerablemente la absorción de calor y reduciendo en consecuencia, la superficie de evaporador que se necesitaría empleando el tipo de circulación por gravedad.



Con este tipo de evaporador se consiguen temperaturas más uniformes en el interior de la cámara, debido a la rápida circulación del aire.

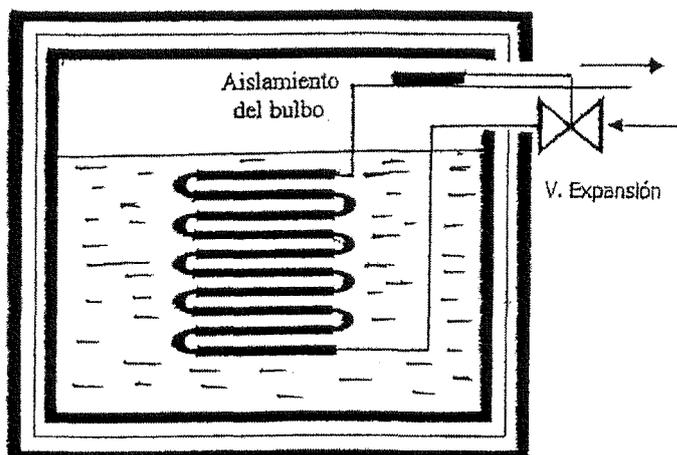
El espacio entre aletas en estos evaporadores es normalmente más reducido que en los de circulación de aire por gravedad, por lo que la formación de una escarcha excesiva podría perjudicar la eficacia del evaporador, pero este problema queda superado por los diferentes sistemas de desescarche que entran en funcionamiento, a fin de mantener libre de hielo la batería y conseguir su máxima eficacia de transmisión.

A este tipo de evaporadores se les conoce como evaporadores ventilados, y pueden ser murales que en tal caso les encontraremos instalados normalmente en una pared del recinto refrigerado, o bien de techo, pudiendo ser ambos de boca simple o doble boca.

10.6. EVAPORADORES PARA EL ENFRIAMIENTO DE LÍQUIDOS

Evaporadores de inmersión

Estos evaporadores están formados por un tubo al cual se le da la forma más conveniente para su colocación en el recipiente que se desea enfriar, tomando el nombre de evaporadores de inmersión.



El material empleado principalmente en este tipo de evaporadores es el tubo de cobre, aunque en instalaciones de gran capacidad también se emplean serpentines de tubo de acero.

Evaporadores de doble tubo a contracorriente

La construcción de estos evaporadores es similar a la de los condensadores a contracorriente.

Su utilización es muy escasa, ya que implica que para la limpieza del circuito de líquido incongelable ó del agua, el aislamiento de cada codo sea desmontable. Su empleo puede ser de interés para ciertos casos particulares.

Evaporadores de lluvia ó de cortina

Este tipo de evaporadores se viene utilizando para el enfriamiento de líquidos alimenticios como leche, cerveza, vino, etc.

Sus condiciones de aplicación hacen que este evaporador se divida en dos partes. En la sección primera del aparato el líquido a enfriar baja de la temperatura de entrada (cercana a 100 °C en el caso del mosto procedente de la cuba, ó de 75 °C en el caso de la leche que sale del pasteurizador), hasta una temperatura cercana a la temperatura del agua de suministro, que circula por el interior de dicha sección de tubos.

En la segunda sección del evaporador, el líquido se enfría hasta la temperatura deseada de conservación, por la circulación de agua helada obtenida en evaporadores acumuladores de frío, ó por expansión directa del fluido frigorígeno.

El agua de enfriamiento circula primero en un haz de tubos separados y el fluido frigorígeno por el segundo haz colocado debajo de aquél. Las dos secciones se hallan en contacto total con dos placas de acero inoxidable sobre las cuales cae por lluvia el líquido que ha de enfriarse, repartiéndose

a todo lo ancho del evaporador por medio de un depósito distribuidor. Después de su enfriamiento, el líquido se recoge en el tanque de recuperación.

Evaporadores multitubulares

Este tipo de evaporadores, se emplean normalmente para el enfriamiento de líquidos por expansión directa del refrigerante. Están formados por un haz de tubos instalados en el interior de un cilindro de chapa de acero y pueden ser de dos tipos:

Que el refrigerante circule por el interior de los tubos y el líquido a enfriar circule por el cilindro, o bien que el líquido a enfriar circule por el interior de los tubos y el refrigerante evapore en el interior del cilindro.

En el primer caso la alimentación de refrigerante a los tubos se realiza a través de una válvula de expansión termostática, y en el segundo caso con el refrigerante expansionando en el cilindro, el líquido a enfriar se mantiene a un nivel por debajo de la parte superior del envolvente a fin de que haya suficiente espacio para la separación entre el refrigerante líquido y vapor, trabajando pues en régimen inundado y regulando la inyección por medio de una válvula de flotador.

Las temperaturas de funcionamiento estimadas como normales son:

- Temperatura de evaporación = + 2 °C
- Temperatura de entrada del agua = + 12 °C
- Temperatura de salida del agua = + 7 °C

También se fabrican evaporadores multitubulares especiales para baja temperatura, donde el líquido deberá estar compuesto de una mezcla de agua + glicol al 35 %, y trabajar con una temperatura de evaporación de - 15 °C

Evaporadores especiales

Uno de estos evaporadores son los utilizados en enología, el cual se destina a enfriar las sidras y los vinos a fines de clarificación.

Este evaporador se compone de una cuba en la que el vino a tratar entra por la parte inferior. Esta cuba está provista de un doble envolvente en cuyo interior se evapora el fluido frigorígeno. En la parte superior de este doble envolvente existe un depósito adicional que forma la cúpula de vapor, para la salida de éste, y también para obtener la separación de las partículas de líquido contenidas en el mismo.

Por medio de un agitador de paletas y de rascadores, se mantiene en movimiento el vino que debe tratarse, a la vez que se separan de la pared de la cuba los cristales de hielo formados, ya que el vino se enfría a una temperatura cercana al punto de congelación.

Placas eutécticas

Cuando la temperatura a que se desea utilizar las frigorías acumuladas es inferior a 0 °C, y cuando los volúmenes a enfriar son relativamente pequeños como en el caso de los contenedores, vehículos de transporte para la distribución de producto fresco y congelado, se utilizan las placas eutécticas.

Estas placas están provistas de dos rácores de conexión que permiten su adaptación sobre el circuito de una máquina frigorífica clásica, y de dos manguitos para el llenado de la placa con la solución eutéctica.

Están formadas por una placa de acero que actúa de recipiente, y unos travesaños interiores que sirven de soporte al evaporador. La solución eutéctica con que se llena el interior de las placas "acumula" cierta cantidad de frigorías al congelarse, que entrega seguidamente al descongelarse. Se trata de una solución obtenida en proporciones precisas de determinadas sales disueltas en agua, que poseen la propiedad de congelarse y descongelarse a temperatura constante, contrariamente a las soluciones corrientes cuya temperatura de congelación baja a medida que se congela el líquido residual, y cuya temperatura de descongelación se eleva a medida que se funde el cuerpo sólido previamente formado.

De acuerdo con la aplicación que se desee la composición de la mezcla varía, así como sus temperaturas de congelación y de fusión. Las temperaturas de congelación pueden variar desde $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Las salmueras más generalmente empleadas para los baños incongelables, est n constituidas a base generalmente de alcohol neutro de 90° , cloruro de calcio o cloruro sódico (sal común) disueltos en agua.

11

COMPOSICION DEL AIRE ATMOSFERICO

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

11.1. QUÉ ES EL DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

OBJETO DE ESTUDIO:

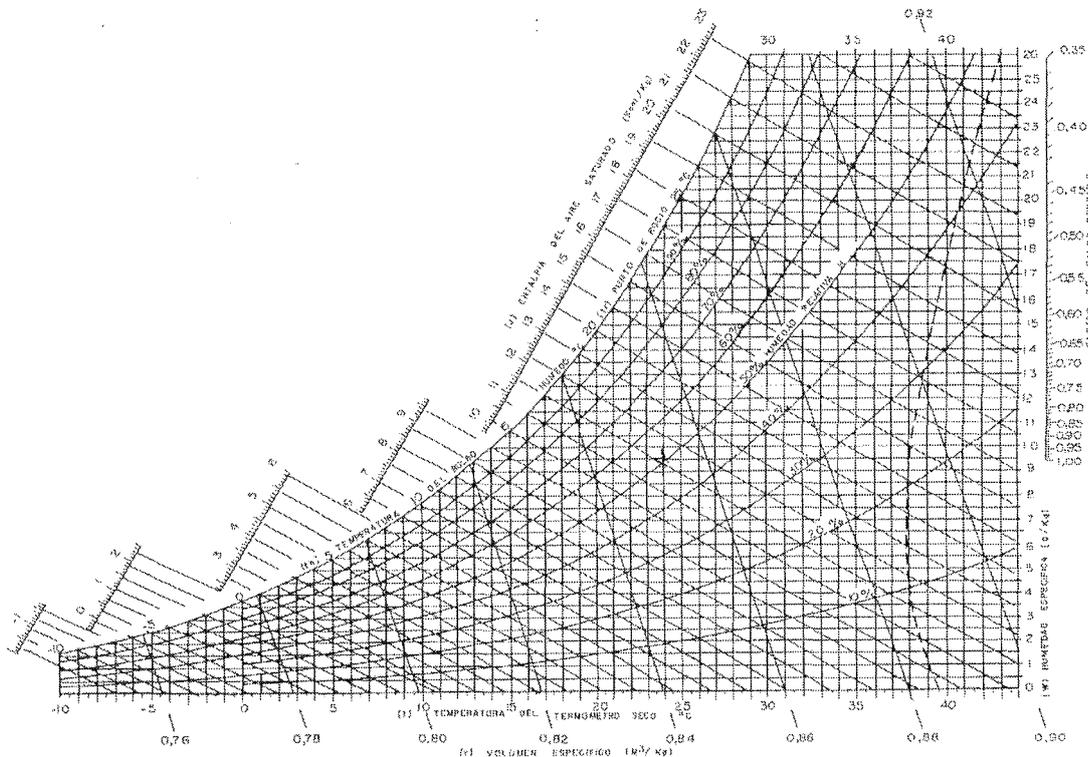
Conocer la composición del aire atmosférico.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Calcular entre otras, las características del aire resultante después de una mezcla, sus transformaciones, prestaciones térmicas de una máquina etc.

Se llama **Psicrometría** a la ciencia que estudia las propiedades del aire, mezcla de aire seco y de vapor de agua, prestando atención especial a todo lo relacionado con las necesidades ambientales, humanas o tecnológicas.

En sí las cartas o diagramas psicrométricos no son más que una representación gráfica de los valores de las propiedades de una mezcla de aire y vapor de agua.



Una de las utilidades del gráfico es que conociendo dos de las propiedades del aire a tratar, podremos determinar de una forma rápida el resto de parámetros utilizados en los cálculos, sin necesidad de recurrir a fórmulas más complejas, existiendo un diagrama para las diferentes temperaturas y presiones en las que tengamos que trabajar.

11.2. TEMPERATURA DE BULBO SECO (B.S.) Y BULBO HUMEDO (B.H.)

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer la composición del aire atmosférico.

CAMPO DE APLICACIÓN:

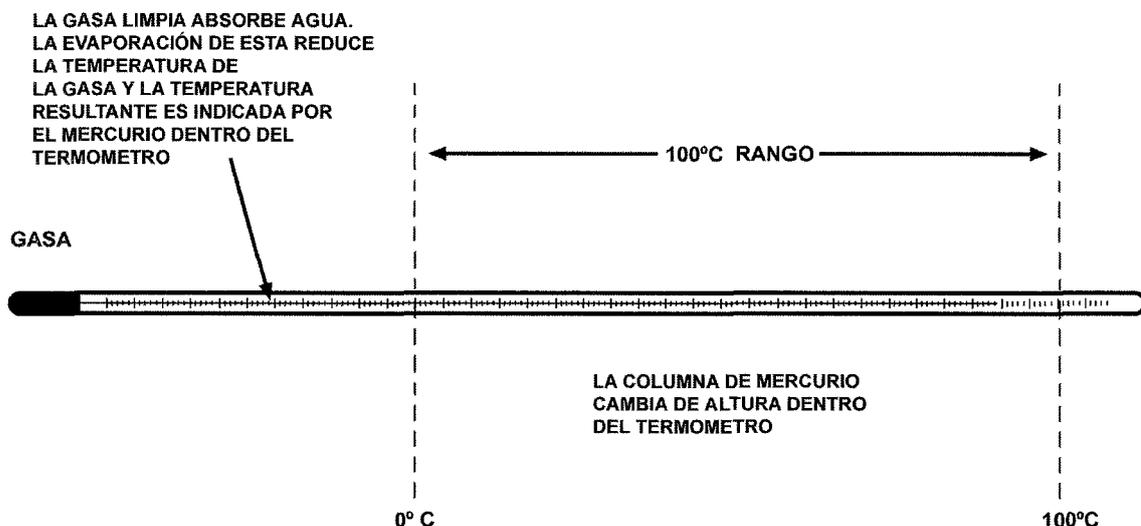
Calcular entre otras, las características del aire resultante después de una mezcla, sus transformaciones, prestaciones térmicas de una máquina etc.

La temperatura de bulbo seco (B.S.) es la que es leída en un termómetro común.

El contenido de humedad del aire se indica por la sensación de sequedad en invierno o de la pegajosidad en verano, algunas veces se puede estar molesto con la humedad sin tener en cuenta la temperatura.

La humedad se refiere al agua evaporada en el aire y que existe como un gas invisible. Para medir esta sensación de humedad y expresarlo en términos específicos se utiliza un termómetro de bulbo húmedo (B.H.).

Realmente no es más que un termómetro ordinario con una gasa o algodón colocado sobre el bulbo, y que mojando la gasa con agua y volteando el termómetro ó sometiéndolo a una corriente de aire, la humedad se evapora.



A medida que se evapora el agua, absorbe calor del fluido del termómetro y al absorber calor baja la temperatura del mismo, pero el agua de la gasa podrá evaporarse con mayor rapidez dependiendo de la humedad relativa que contenga el aire del ambiente.

Si las lecturas de bulbo seco y húmedo son iguales, la humedad relativa sería del 100 % (saturación), y no se podrá evaporar agua, la diferencia entre las lecturas de bulbo seco y bulbo húmedo se le conoce como depresión de bulbo húmedo.

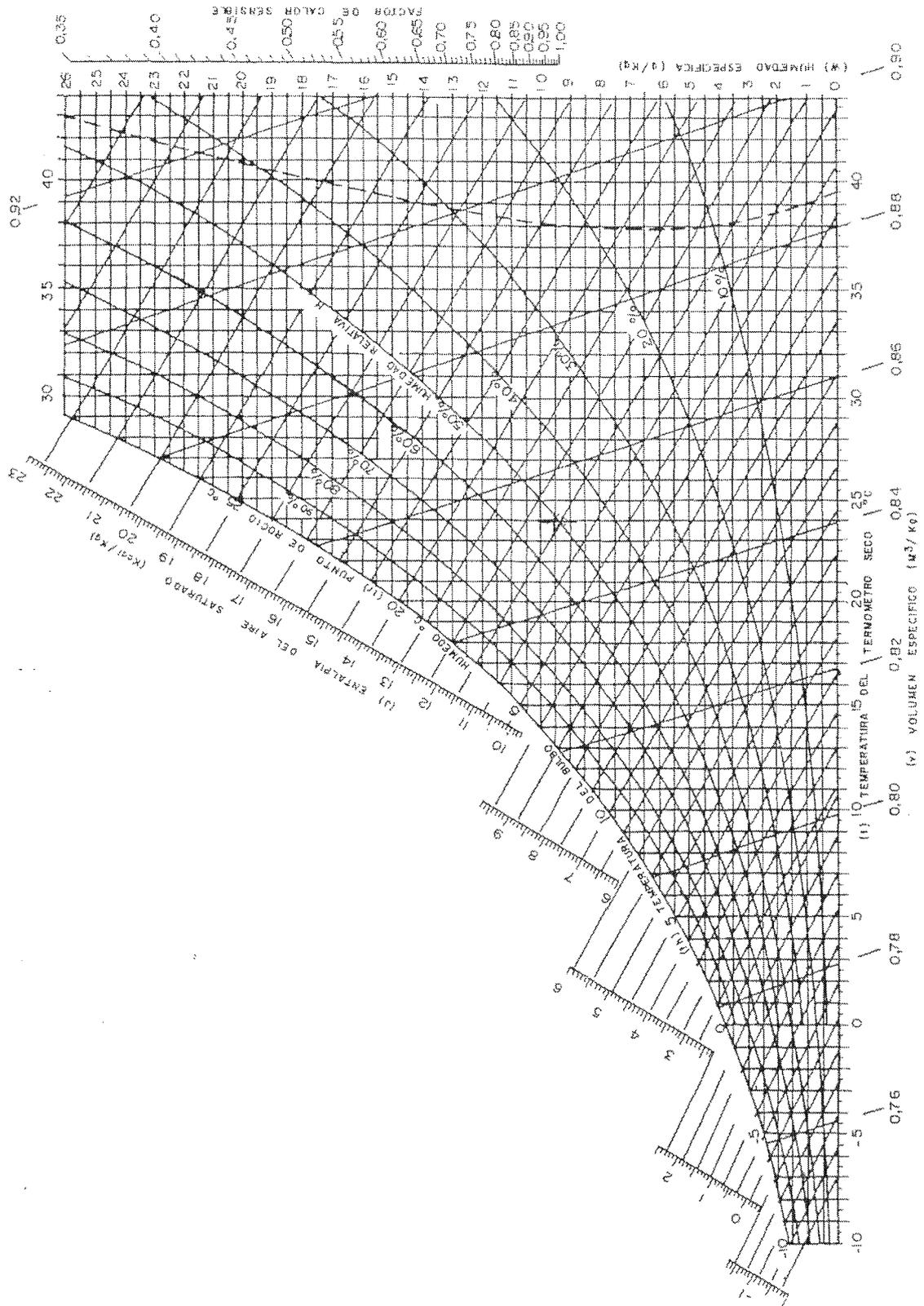
Si la humedad ambiente es baja (poco vapor de agua), se podrá evaporar más agua de la gasa, y como consecuencia bajara más la temperatura de B.H. aumentando la diferencia entre ambas.

También la temperatura del B.H. varía de acuerdo a la temperatura del recinto, por lo tanto es afectada por el calor sensible del aire del recinto como por el calor latente de la humedad del aire. Como consecuencia la temperatura del B.H. es una indicación del calor total (sensible + latente) en el aire y la humedad.

Una humedad relativa apropiada es necesaria en verano de tal forma que el aire sea lo suficientemente seco como para absorber la transpiración del cuerpo, y notar así una agradable sensación de confort.

En invierno el aire no debe ser tan seco, ya que en la piel, nariz y garganta, notaríamos una sensación de sequedad, y por el contrario una humedad muy alta puede causar moho, óxido, etc,etc.

11. Composición del aire atmosférico. Diagrama psicrométrico



11.3. UTILIZACION DEL DIAGRAMA PSICROMETRICO

OBJETO DE ESTUDIO:

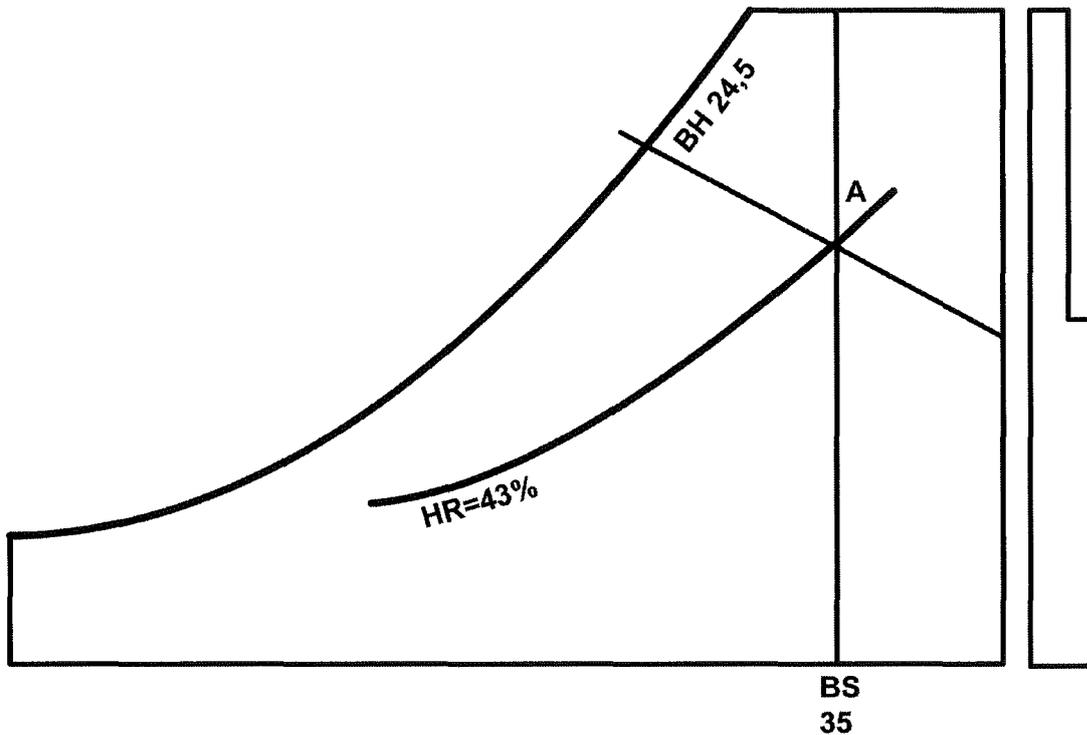
Conocer la composición del aire atmosférico.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Calcular entre otras, las características del aire resultante después de una mezcla, sus transformaciones, prestaciones térmicas de una máquina etc.

Supongamos que una vez realizadas las mediciones anteriores tenemos en el ambiente de un recinto una temperatura de B.H. de 24,5 °C, y una temperatura de B.S. de 35 °C, y queremos saber la humedad relativa del aire.

En primer lugar veremos que en la curva de saturación del diagrama nos pone la temperatura de bulbo húmedo, y la escala de grados empieza a -10 °C y de cinco en cinco va ascendiendo su valor hasta + 25 °C.



Lectura del ábaco psicrométrico

Siguiendo nuestro ejemplo nos situaremos en 24,5 °C, y a continuación nos dirigiremos a la parte inferior del diagrama y leeremos la temperatura del termómetro seco B.S. con la escala de grados de - 10 °C a 40 °C y con la misma separación de cinco en cinco como en el caso anterior.

Ahora se trata de encontrar el punto de intersección de las dos líneas, y a través de las curvas de humedad relativa encontrar la que corresponde a nuestro caso, que esta será del 43 %.

11.4. TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCIO (P.R.)

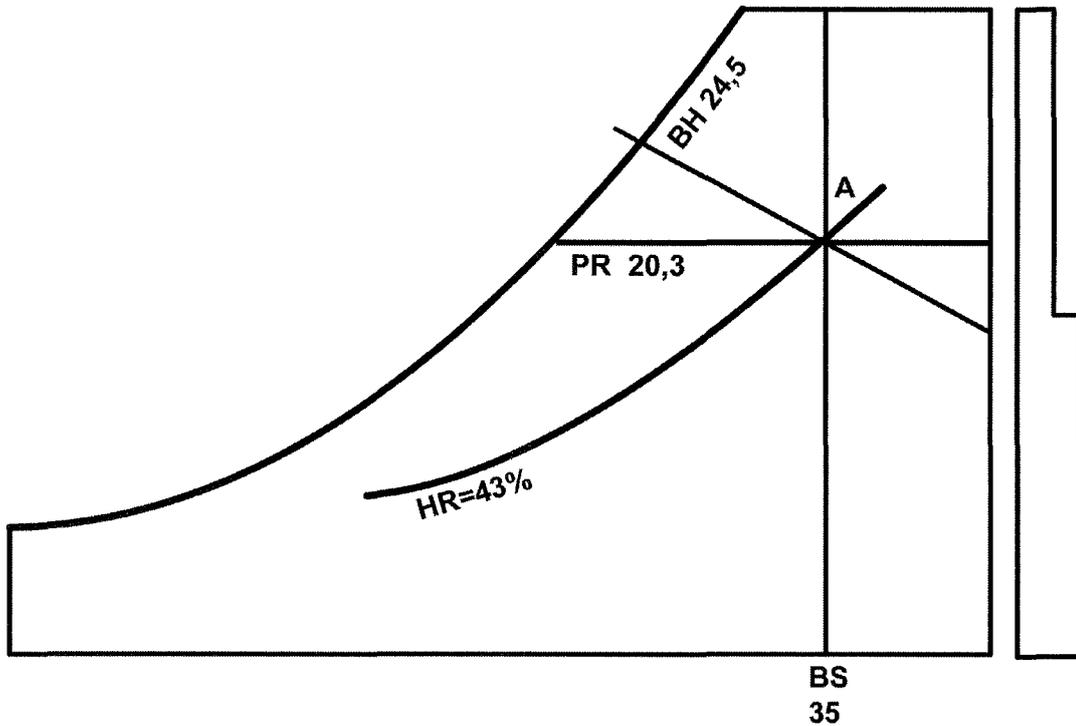
OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer la composición del aire atmosférico.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Calcular entre otras, las características del aire resultante después de una mezcla, sus transformaciones, prestaciones térmicas de una máquina etc.

Es el punto de saturación a la cual tiene lugar la condensación del vapor de agua, como ejemplo tenemos la humedad que se condensa sobre un vaso de agua con hielo. En este caso el vidrio frío reduce la temperatura del aire por debajo de su punto de rocío, y la humedad que contiene el aire se condensa formando gotas sobre la superficie del vidrio.



Lectura del ábaco psicrométrico

Pasando al ejemplo y marcando el punto de intersección de las temperaturas de B.S. y B.H. solo nos bastará seguir la línea horizontal que cruza dicho punto y veremos que en la curva de saturación la temperatura de rocío de este aire es de 20,3 °C.

11.5. HUMEDAD ESPECIFICA (W)

OBJETO DE ESTUDIO:

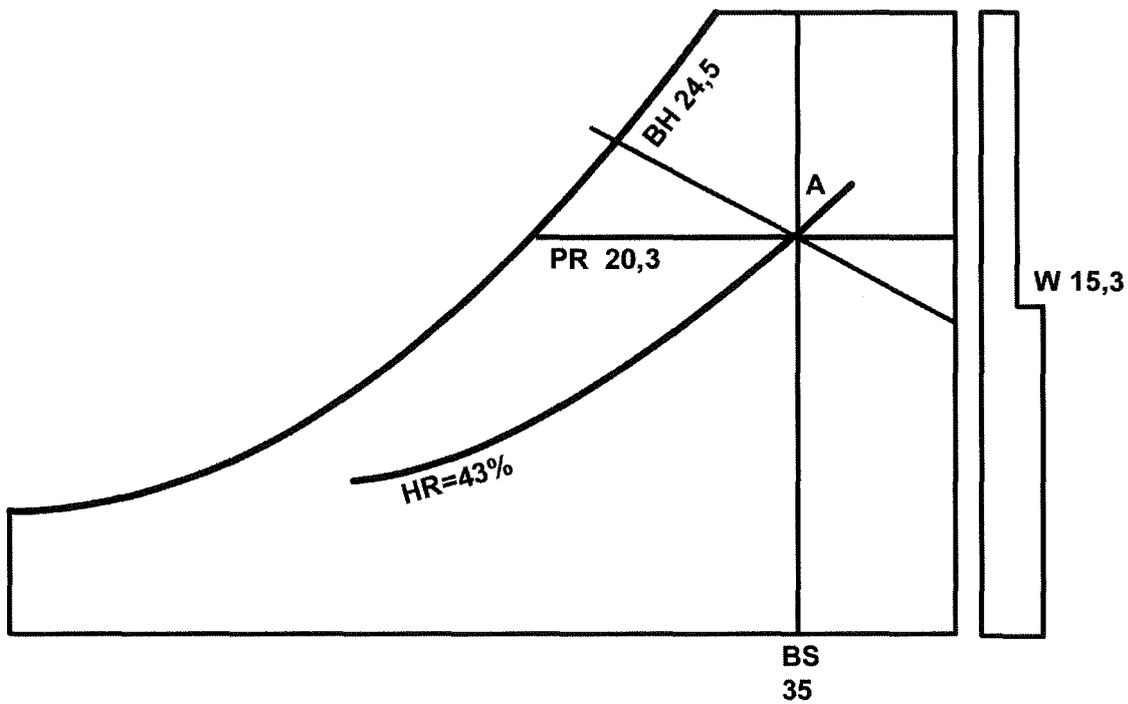
Conocer la composición del aire atmosférico.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Calcular entre otras, las características del aire resultante después de una mezcla, sus transformaciones, prestaciones térmicas de una máquina etc.

Humedad es la condición del aire con respecto a la cantidad de agua que contiene.

La humedad específica es el peso real de vapor de agua en el aire, y se expresa en gramos de vapor por kilo de aire seco.



Lectura del ábaco psicrométrico

Seguiremos la misma línea del punto de rocío hacia la derecha del diagrama y leeremos la humedad específica que en nuestro caso es de 15,3 gr/ kg.

Humedad absoluta (densidad del vapor), es el peso del vapor de agua por unidad de volumen de aire expresada en gramos por metro cúbico de aire.

Humedad relativa es la relación entre la presión real del vapor de agua contenida en el aire húmedo y la presión del vapor saturado a la misma temperatura. Se mide en tanto por ciento.

11.6. VOLUMEN ESPECIFICO (V esp.)

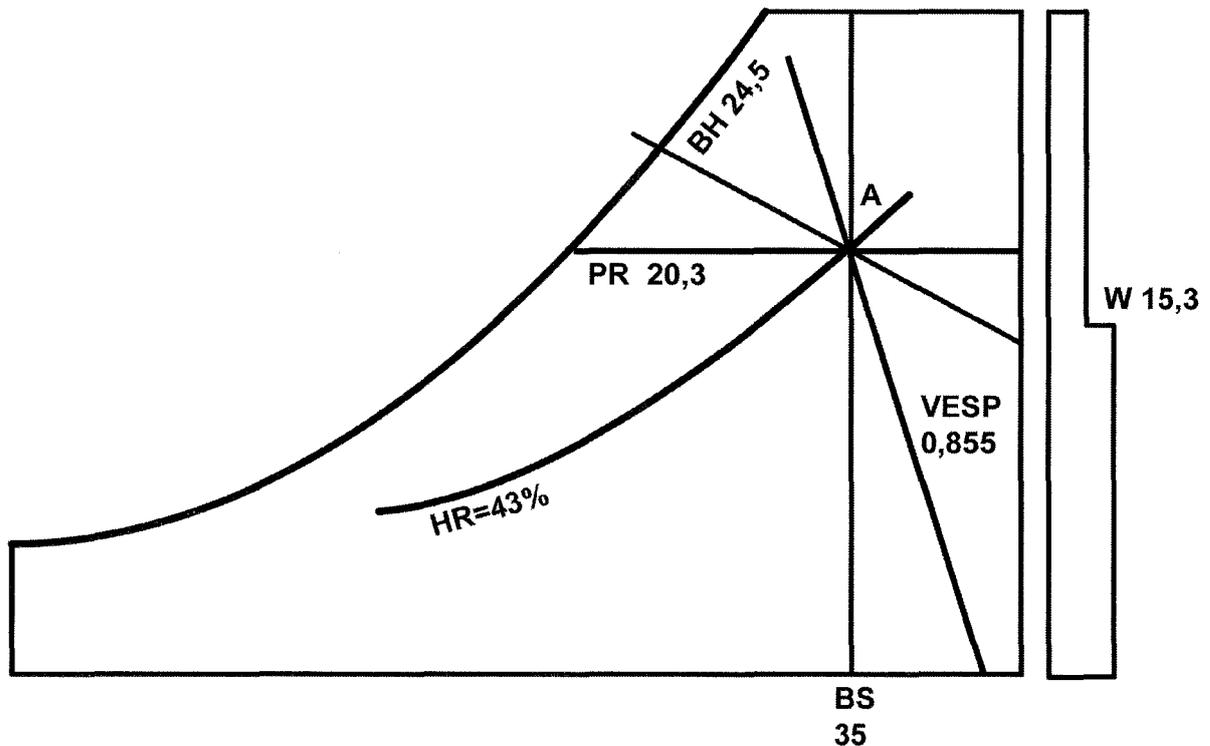
OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer la composición del aire atmosférico.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Calcular entre otras, las características del aire resultante después de una mezcla, sus transformaciones, prestaciones térmicas de una máquina etc.

El volumen específico indica el número de metro cúbico ocupado por kilo de aire seco, o sea es la recíproca de la densidad.



Lectura del ábaco psicrométrico

Las líneas de volumen específico se originan en el eje de bulbo seco y suben hacia arriba con una ligera inclinación hacia la izquierda.

En nuestro ejemplo el volumen específico es de $0,855 \text{ m}^3 / \text{kg}$.

11.7. ENTALPIA (H)

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer la composición del aire atmosférico.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Calcular entre otras, las características del aire resultante después de una mezcla, sus transformaciones, prestaciones térmicas de una máquina etc.

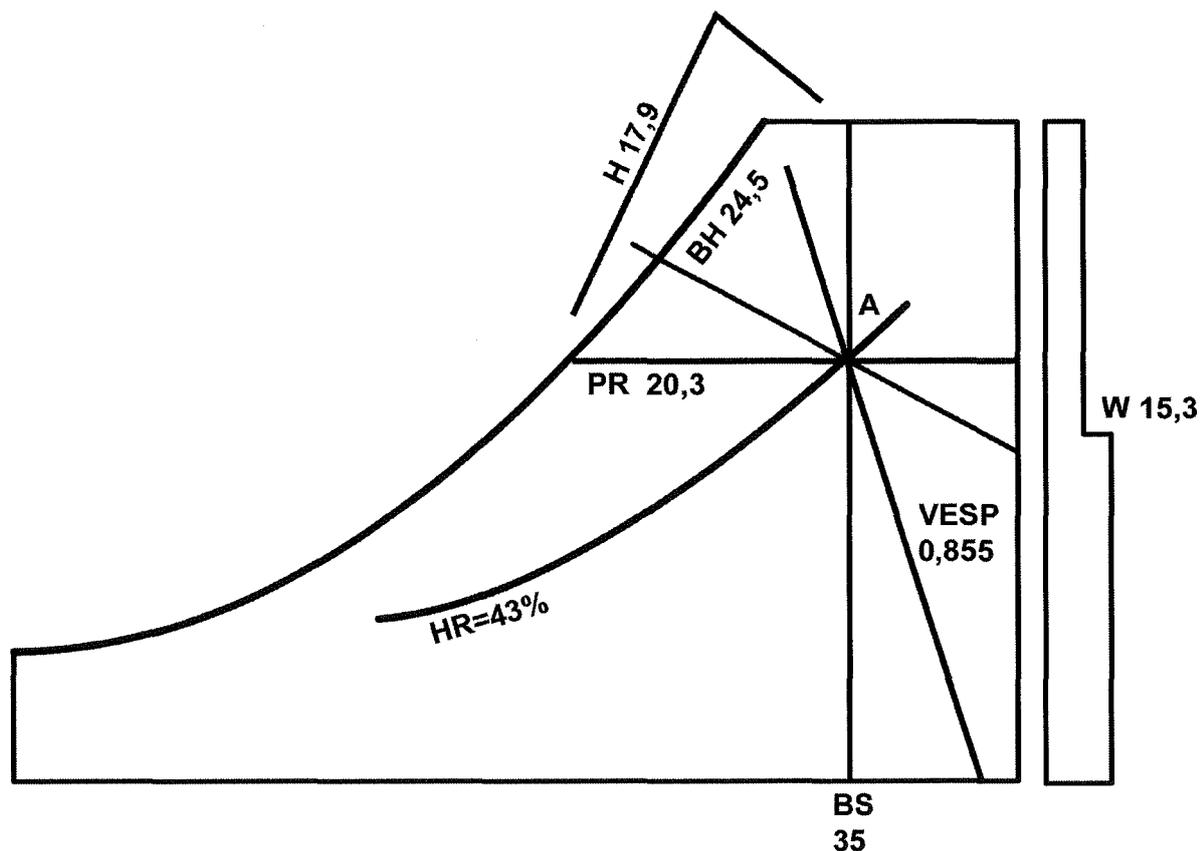
El contenido total de calor de la mezcla de aire y de vapor de agua, se conoce como **Entalpía**.

Realmente es la suma de calor sensible y latente que contiene el aire, y se expresa en kilocalorías por kilogramo de aire seco.

Calor sensible es la cantidad de calor seco del aire y se refleja por la temperatura de bulbo seco.

Calor latente es el calor requerido para evaporar la humedad que contiene una cantidad específica de aire, y esta evaporación ocurre a la temperatura de bulbo húmedo

Por último y siguiendo con nuestro ejemplo veremos que la entalpía es de 17,9 kcal/kg.



Lectura del ábaco psicrométrico

Queda demostrado que si se conocen dos cualesquiera de las siete anteriores propiedades de la mezcla de aire y de vapor de agua, las otras pueden obtenerse a través del diagrama psicrométrico.

11.8. EJEMPLO PRÁCTICO BÁSICO DE UTILIZACIÓN DEL DIAGRAMA

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer la composición del aire atmosférico.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Calcular entre otras, las características del aire resultante después de una mezcla, sus transformaciones, prestaciones térmicas de una máquina etc.

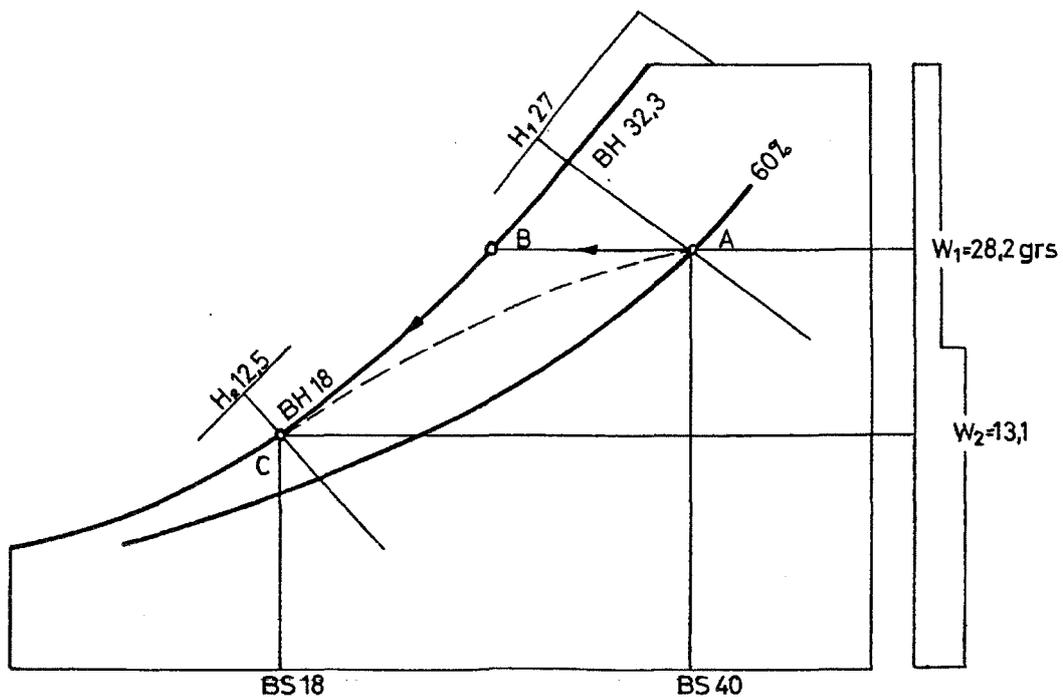
Teóricamente en refrigeración y aire acondicionado se enfría primero la mezcla de aire y vapor de agua, o sea, se elimina calor sensible a lo largo de una línea de humedad absoluta constante hasta alcanzar la línea de saturación.

La posterior eliminación de calor se llevará a cabo en la condensación del vapor de agua, extrayéndose así agua del aire del propio ambiente refrigerado, al mismo tiempo que se sigue reduciendo la temperatura de bulbo seco y el proceso se aleja de la línea de saturación en su segunda fase.

La refrigeración puede obtenerse como ya sabemos, haciendo pasar el aire a través de las aletas de un serpentín que contiene agua fría (como es el caso de los fan-coils), o bien a través de un fluido refrigerante en estado líquido, que se evapora a una temperatura que está muy por debajo de la temperatura de punto de rocío del aire que se quiere acondicionar.

Supongamos como ejemplo que queremos comprobar el funcionamiento de una instalación con un aire que sus características son: temperatura de BS = 40 °C y HR = 60 %, el cual pasa por un serpentín evaporador de expansión directa y sale a 18 °C saturado, y queremos saber las cantidades de calor y de agua extraídas por kilogramo de aire.

La condición inicial esta representada en el punto A del diagrama psicrométrico, donde podemos conocer $W_1 = 28,2 \text{ gr / Kg.}$, $BH = 32,3 \text{ °C}$ y $H_1 = 27 \text{ Kcal / Kg.}$



La primera fase del proceso es de refrigeración sensible y se realiza sobre una línea (AB) de humedad constante.

Aquí comienza la segunda fase y el proceso sigue la línea de saturación hasta la temperatura de 18 °C sobre la línea de saturación (BS = BH = PR), llegando al punto de estado final C.

En la fase BC del proceso se elimina a la vez calor sensible y calor latente. En el punto de estado C se tiene $W_2 = 13,1 \text{ g/Kg}$ y $H_2 = 12,5 \text{ Kcal/Kg.}$, por lo tanto:

- Calor extraído = $27 - 12,5 = 14,5 \text{ Kcal/Kg.}$
- Agua extraída = $28,2 - 13,1 = 15,1 \text{ g/Kg.}$

Debe puntualizarse que el proceso descrito en la trayectoria ABC es puramente teórico y se basa en la hipótesis de que el aire entra en contacto físico real con la superficie metálica fría, pero en el caso del serpentín, la mayor parte del aire lo atraviesa sin contacto real con la superficie fría, ya que parte del aire jamás alcanza la temperatura de rocío, y el verdadero proceso en este caso, está mejor representado por una línea de trazos curvada, como se encuentra la AC.

Al no entrar el serpentín en contacto físico con todo el aire que le atraviesa, la temperatura del aire de salida no es tan baja como la del aparato, por lo tanto tendremos dos puntos de rocío, el punto de rocío del aire y el punto de rocío del aparato, que siempre será más bajo que el punto de rocío del aire.

En los serpentines de cuatro filas provistos de aletas, la superficie fría entra en contacto con el 80% del aire que los atraviesa, en los serpentines de 6 filas el 90 %, por lo que el punto de rocío del aparato puede definirse prácticamente, como la temperatura media de la superficie del serpentín.

TABLAS DE HUMEDADES RELATIVAS EN %

| Temp °C (BS) | Diferencia en °C entre el bulbo seco y húmedo | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 10 | 100 | 87 | 74 | 62 | 50 | 39 | 28 | | | | | | |
| 12 | 100 | 89 | 76 | 65 | 54 | 43 | 33 | 22 | | | | | |
| 14 | 100 | 90 | 78 | 67 | 57 | 47 | 37 | 28 | 18 | 10 | | | |
| 16 | 100 | 89 | 79 | 69 | 59 | 50 | 41 | 32 | 24 | 15 | | | |
| 18 | 100 | 90 | 80 | 71 | 62 | 53 | 44 | 36 | 28 | 20 | 13 | | |
| 20 | 100 | 91 | 81 | 72 | 64 | 55 | 47 | 40 | 32 | 25 | 18 | 11 | |
| 22 | 100 | 91 | 82 | 74 | 66 | 58 | 50 | 43 | 36 | 29 | 22 | 16 | 10 |
| 24 | 100 | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 53 | 46 | 39 | 33 | 26 | 20 | 15 |
| 26 | 100 | 92 | 84 | 76 | 69 | 62 | 55 | 48 | 42 | 36 | 30 | 24 | 19 |
| 28 | 100 | 92 | 85 | 77 | 70 | 63 | 57 | 51 | 44 | 39 | 33 | 27 | 22 |
| 30 | 100 | 92 | 85 | 78 | 71 | 65 | 59 | 53 | 47 | 41 | 36 | 30 | 25 |
| 32 | 100 | 93 | 86 | 79 | 72 | 66 | 60 | 54 | 49 | 43 | 38 | 33 | 28 |
| 34 | 100 | 93 | 86 | 80 | 73 | 67 | 62 | 56 | 51 | 45 | 40 | 36 | 31 |

11.9. EJEMPLO PRACTICO PARA HALLAR LAS PRESTACIONES TERMICAS DE UNA MÁQUINA

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer la composición del aire atmosférico.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Calcular entre otras, las características del aire resultante después de una mezcla, sus transformaciones, prestaciones térmicas de una máquina etc.

El diagrama psicrométrico, nos permitirá entre otras funciones, determinar las prestaciones térmicas de una máquina a través del aire, y por lo tanto poder determinar la potencia útil que suministra.

Tomemos por ejemplo un simple convector eléctrico, y supongamos que en la placa de características indica la tensión 220 volts, 2000 wátios de potencia, etc.etc...

Vamos a determinar la potencia térmica que proporciona el equipo suponiendo que no hemos visto la placa mencionada.

Primero calculamos el caudal de aire, mediante un anemómetro, ya que este dato difícilmente constará en la placa de características técnicas, mediante la expresión :

$$\text{Caudal (C)} = \text{Sección (S)} \times \text{Velocidad (V)} \text{ y hemos obtenido un caudal de } 238,9 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Determinamos las características del aire a la entrada y salida del convector y encontramos:

$$Q = V \times Pe \times Ce \times \text{Dif de temp.}$$

| Condiciones del aire de entrada | Condiciones del aire de salida | Diferencia |
|--|--|--|
| TS = 15 °C | TS = 40 °C | 25 °C |
| HR = 50 % | HR = 12 % | 38 % |
| H (entalpía) = 7,2 Kcal/Kg | H (entalpía) = 13,2 Kcal/Kg | 6 Kcal/Kg |
| Humedad específica 5,5 gr. de vapor por Kg. de aire seco | Humedad específica 5,5 gr. de vapor por Kg. de aire seco | Ninguno puesto que se trata de calor sensible. |

Q = Cantidad de calor a agregar

V = volumen del aire (238,9 m³ / h)

Pe = Peso específico del aire (1,2 kg / m³ a 20 °C)

Ce = Calor específico del aire (0,24 Kcal / kg °C)

$$\text{Dif. de temp TS} = (40 - 15)$$

$$Q = 238,9 \text{ m}^3 / \text{h} \times 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 0,24 \text{ Kcal} / \text{kg} \text{ } ^\circ\text{C} \times (40 - 15) = 1.720 \text{ Kcal} / \text{h} (2 \text{ kw})$$

Esta potencia térmica, corresponde a una carga sensible, ya que la humedad específica no ha cambiado. En este proceso hemos calentado un aire, reduciendo su humedad relativa, pero sin variar la específica.

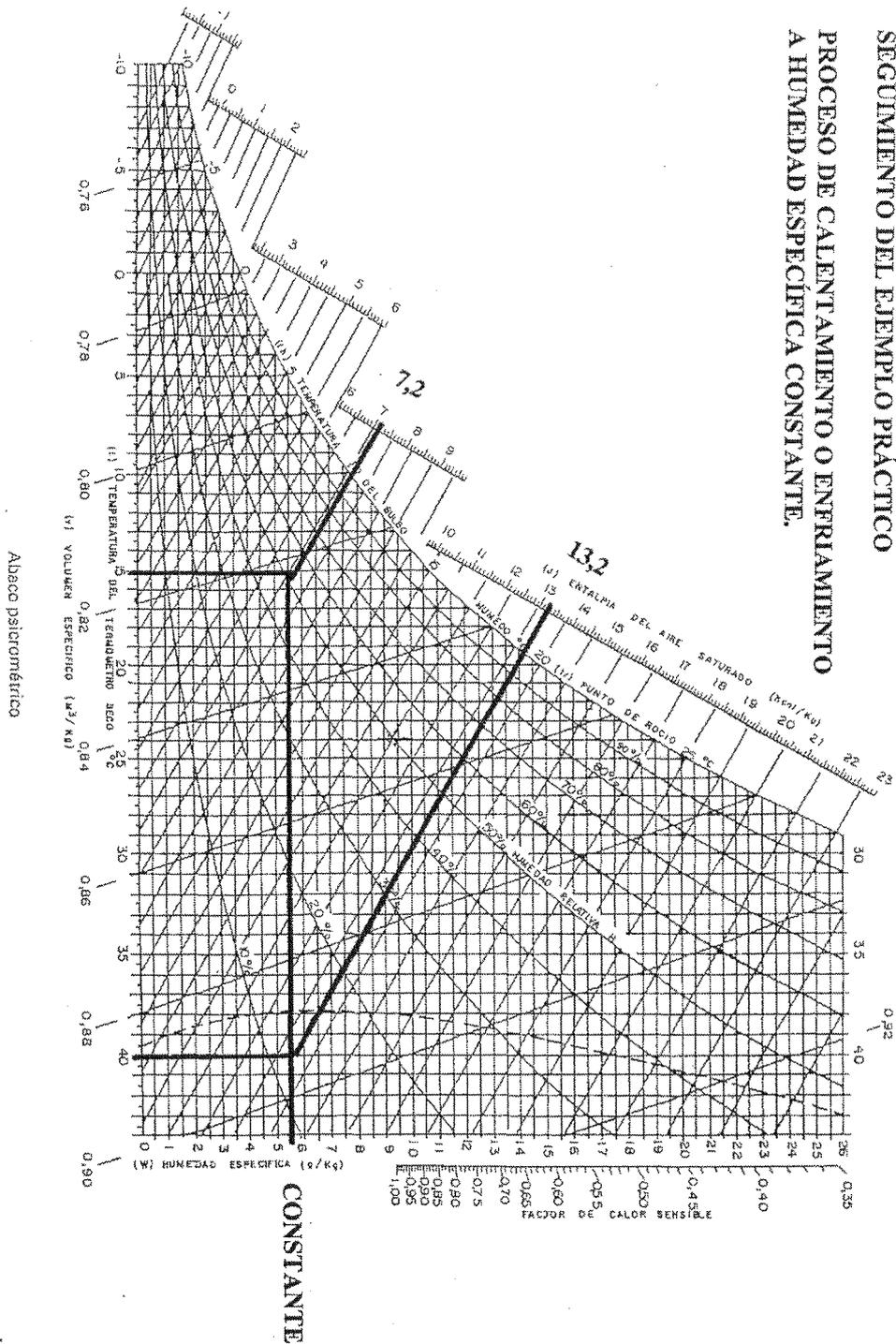
Si lo calculamos por la potencia total, nos deberá dar el mismo resultado, ya que en este proceso térmico no hay condensación.

$$Q_t = \text{masa (m)} \times \text{Diferencia de entalpias (h)}$$

$$m = V \times \rho = 238 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3 = 286,68 \text{ kg} / \text{h de aire}$$

$$Q_t = 286,68 \text{ kg} / \text{h} \times (13,2 - 7,2 \text{ Kcal} / \text{kg}) = 1.720 \text{ Kcal} / \text{h} \quad (2 \text{ Kw})$$

Este ejemplo también es igualmente válido para un enfriamiento del aire a humedad específica constante, es decir, tenemos un aire a 40 °C y lo queremos refrigerar (absorber calor) hasta los 15 °C, en la práctica el enfriamiento se produce con deshumidificación, temas que serán desarrollados en siguientes publicaciones y con mayor detalle.



12

ELEMENTOS AUXILIARES O COMPLEMENTARIOS

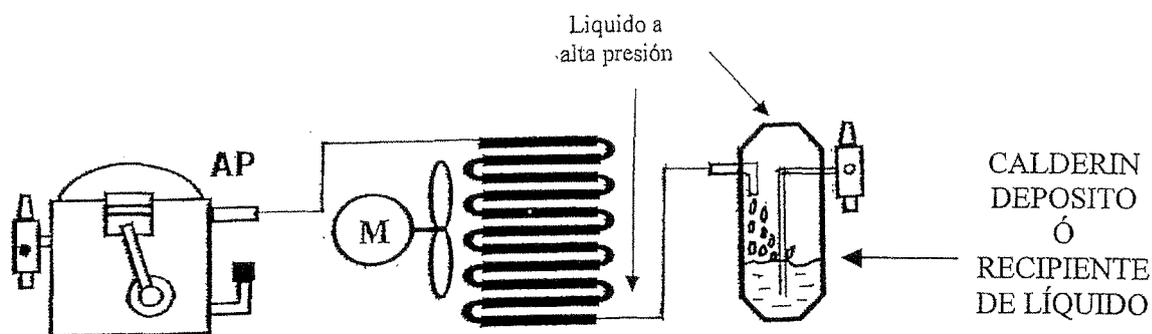
RECIPIENTES, FILTROS Y VISORES

12.1. CALDERÍN O RECIPIENTE DE LÍQUIDO

El calderín, depósito o recipiente de líquido va instalado normalmente a la salida del condensador. Dicho depósito se construye generalmente en chapa de acero pudiéndose ser horizontal, que en tal caso lo encontraremos debajo del condensador, o bien vertical, que le encontraremos montado a un lado de éste.

Como su nombre indica sirve de almacén de refrigerante permitiendo que el líquido procedente del condensador desagüe en él, ya que cuando la válvula de expansión cierra el paso de éste hacia el evaporador por estar totalmente alimentado de fluido, el condensador sigue condensando refrigerante almacenándolo en él, de lo contrario, este líquido iría ocupando parte del condensador reduciendo la zona destinada a la condensación del refrigerante, y en consecuencia elevando la presión de alta en el circuito solo en ciertos momentos.

Una vez almacenado el fluido refrigerante en estado líquido se irá suministrando al evaporador o evaporadores a medida que estos lo requieran, aunque también nos servirá ante largos periodos de parada de la instalación o bien durante una reparación, poder almacenar la carga completa de refrigerante.

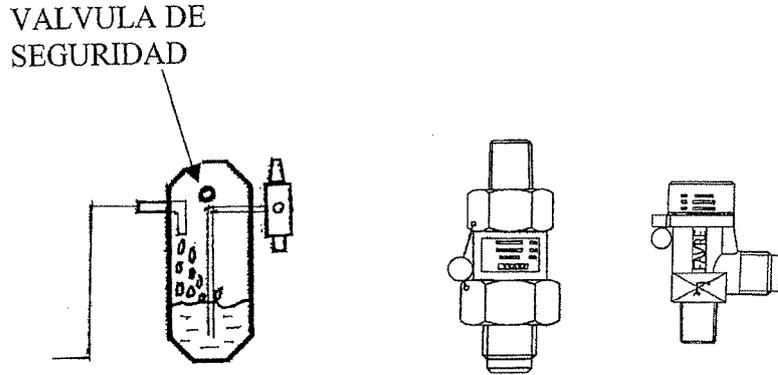


Estos depósitos se emplean en los tipos de compresores que montan condensadores refrigerados por aire o por agua, pero en los condensadores de agua del tipo de inmersión o multitubulares el propio condensador hace a la vez de depósito de líquido.

Con tubo capilar se suprime el depósito ya que el condensador debe estar lo suficientemente dimensionado como para contener la carga total de fluido de la instalación, y evitar sobrepresiones que podrían producirse en caso de obstruirse dicho tubo capilar, bien sea, por acumulación de suciedad o por el contenido de humedad que circula conjuntamente con el refrigerante, ya que cuando atraviese la expansión y siempre que se evapore a una temperatura inferior a los cero grados centígrados, formará tapones parciales o totales de hielo en su interior obstaculizando el paso del refrigerante.

Fusibles y válvulas de seguridad

El dispositivo de seguridad más generalizado en los depósitos de líquido son los fusibles de seguridad, el cual consiste en un tapón de metal cuyo centro está agujereado y relleno de una aleación especial que tiene un punto de fusión muy bajo, aproximadamente 75°C.



Al existir una sobrepresión que excede de la normal trae consigo un aumento de temperatura, la cual expulsa a dicho fusible actuando éste de válvula de escape. Es conveniente no aplicar nunca calor a dicho tapón, y en el caso de tener que reemplazarse siempre habrá que cambiarlo por uno de sus mismas características.

Los compresores de gran capacidad emplean en lugar de fusible una válvula de seguridad, la cual viene tarada a una presión de timbre aproximada de 25 Kg/cm². Después de una esporádica apertura por sobrepresión, la válvula volverá a cerrar al descender ésta evitando así la pérdida total de la carga de refrigerante como en el caso de los fusibles.

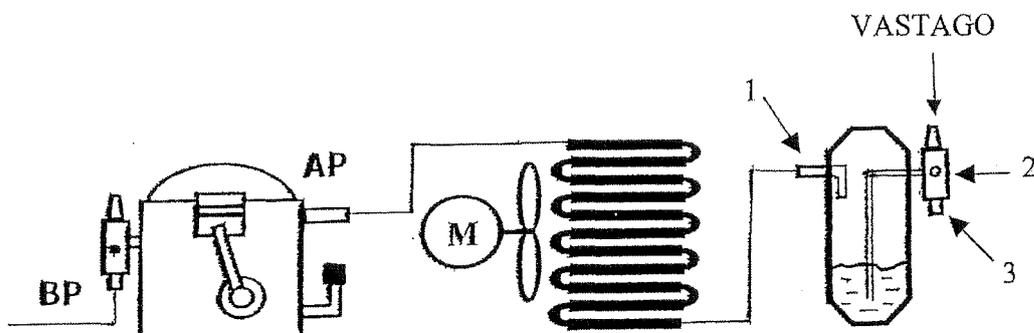
La presión de prueba de estos depósitos es generalmente de 32,5 Kg/cm².

La capacidad aproximada de los calderines verticales según la potencia del motor o bien frigorífica es la siguiente:

| Capacidad dm ³ | Compresor HP | Pot.Frig. Kw | T ^a .evap. | Pot. Frig. Kw | T ^a evap. |
|---------------------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------|----------------------|
| 1,4 | 1/4 - 1/3 | 0,75 | -5 °C | 0,35 | -25 °C |
| 1,8 | 1/2 - 3/4 | 1 | -5 °C | 0,5 | -25 °C |
| 2,8 | 1 - 1 1/2 | 1,5 | -5 °C | 1 | -25 °C |
| 5 | 1 1/2 - 3 | 2,5 | -5 °C | 1,5 | -25 °C |
| 7,2 | 3 - 5 | 4,5 | -5 °C | 2,5 | -25 °C |
| 11 | 5 - 7 1/2 | 6,5 | -5 °C | 4,5 | -25 °C |
| 15 | 7 1/2 - 10 | 11,5 | -5 °C | 6,5 | -25 °C |

Llave de servicio

- 1º Con el vástago totalmente abierto (giro a izquierda) se comunican las bocas 1 y 3
(tal como lo encontraremos en una instalación en funcionamiento)



- 2º Con el vástago totalmente cerrado (giro a derechas) se comunican las bocas 1 y 2
(recogida de refrigerante en el calderín y lectura de presión en boca 2)

- 3º Con el vástago en posición intermedia comunica las bocas 1, 2 y 3
(la máquina sigue funcionando y podemos leer la presión de alta)

En caso de llevar la boca 4 esta corresponde a la toma hembra para tapón fusible o válvula de seguridad normalmente de 1/4" rosca GAS

12.2. RECOGIDA DE REFRIGERANTE EN EL CALDERIN

Para recoger el refrigerante de una instalación entre el condensador y el calderín, tendremos que poner la instalación en marcha y girar el vástago del calderín totalmente a derechas, a partir de este momento el compresor empezará a aspirar todo el refrigerante que se encuentre en el evaporador y en la línea de líquido, comprimiéndolo hacia el condensador.

A través del medio empleado para condensar se descargará de calor al refrigerante, realizando el cambio de estado de gas a líquido en su interior y depositándose por peso en la parte inferior del calderín y del propio condensador.

Con la instalación en marcha se tendrá que controlar la presión de baja, que durante el proceso dejaremos que vaya disminuyendo hasta llegar como máximo a la presión atmosférica, momento en el que pararemos la instalación para evitar que en el momento de abrir el circuito entre aire en la instalación con su correspondiente contenido de humedad.

Es normal que la presión acuse una ligera recuperación, ello es debido a que seguramente aún queda refrigerante bien en el circuito o mezclado con el aceite del compresor el cual entra en evaporación a causa de la baja presión existente, por lo que esta operación tendremos que repetirla las veces que sean necesarias hasta tener la seguridad de haber recogido la mayor parte de refrigerante de la instalación.

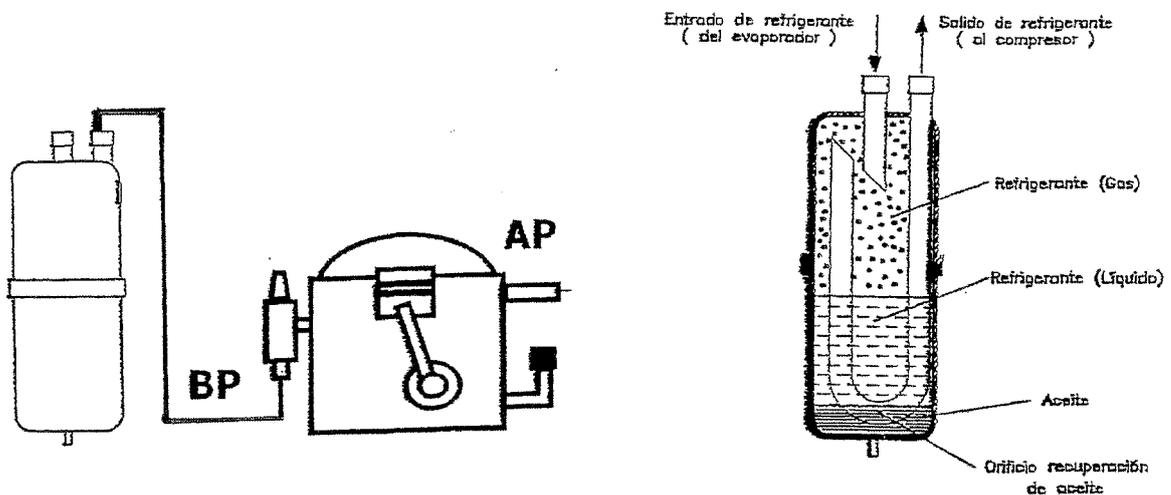
En compresores rotativos una vez llegados a la presión atmosférica tendremos que cerrar la llave de aspiración del compresor antes de parar la instalación de la red eléctrica, debido a que a través del compresor se igualan presiones de alta y baja.

12.3. DEPÓSITO ANTIGOLPE O SEPARADOR DE PARTÍCULAS LÍQUIDAS

Este componente se instala normalmente en la línea de aspiración junto al compresor, y según el tipo de instalación también le podemos encontrar montado después del último codo del serpentín del evaporador, su misión en el circuito es asegurar que si en ciertas condiciones de funcionamiento al evaporador no le da tiempo a evaporar todo el refrigerante que se le inyecta, se deposite este sobrante de líquido en el fondo del depósito.

Por la disposición física del tubo de salida del refrigerante en este depósito, el compresor aspirará únicamente gas, y el líquido se situará en el fondo de la botella por gravedad.

En algunos modelos y con el fin de facilitar la recogida de aceite que circula por el interior del circuito frigorífico mezclado con el refrigerante, (que también por gravedad se situará en el fondo de la botella), se realiza un orificio de diámetro muy reducido y calibrado al tubo de salida de refrigerante equipado con una malla muy fina, con el fin de filtrar las impurezas.

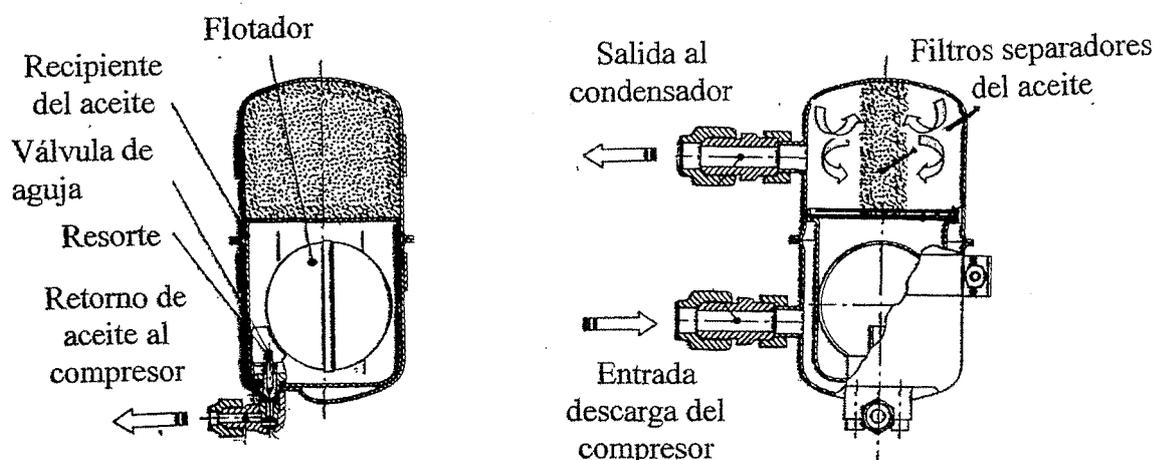


El compresor aspirará el aceite a través de este orificio, conjuntamente con una pequeña cantidad controlada de refrigerante que no afectará al funcionamiento del compresor, sino que colaborará al enfriamiento del motor y asegurará un gradual retorno de refrigerante al circuito y de aceite al cárter del compresor.

12.4. SEPARADORES DE ACEITE

En algunos casos bien al utilizar compresores múltiples, recorridos largos de tuberías, instalaciones de baja temperatura, ó ante emulsiones que se provocan en el arranque de los compresores, o siempre que se prevea que puede haber migración importante de aceite hacia el circuito, la cual indudablemente afectará al buen funcionamiento de la instalación debido a que se disminuye el coeficiente de intercambio de calor en el condensador en primera instancia y en el evaporador después, es conveniente colocar un separador de aceite en la descarga del compresor, para de esta forma separar el aceite del fluido frigorígeno y asegurar así su fácil retorno al cárter del compresor evitando de esta forma problemas en la lubricación del mismo.

La separación del aceite de los vapores de fluido se obtiene promoviendo una fuerte caída en la velocidad de los vapores que provienen de la descarga del compresor, aprovechando para ello los numerosos cambios de dirección que toma el flujo de dichos vapores al ser comprimido.



Esta acción se obtiene por medio de elementos que actúan como deflectores ó filtros de tela metálica dispuestos en el circuito de los vapores.

El aceite así separado se envía al cárter del compresor a través de un tubo de retorno, cuyo orificio está controlado por la aguja de un mecanismo unido a un flotador colocado en el cuerpo del separador.

Con objeto de asegurar al máximo la desgasificación del aceite que retorna al compresor, se calienta el depósito de reserva de aceite efectuando la entrada de los vapores calientes que vienen de la descarga del compresor por la boca situada en la parte inferior del recipiente.

Una vez que el aceite ha adquirido un determinado nivel en el fondo del separador, el flotador levanta la aguja de su asiento y el aceite retorna al cárter del compresor a través de un tubo de diámetro reducido.

Después de haber retornado dicho exceso de aceite, la aguja montada en el flotador vuelve a su asiento obturando de nuevo el paso del mismo.

La dimensión del separador de aceite depende de la potencia frigorífica de la instalación y la naturaleza del fluido frigorígeno empleado.

Hay que tener presente que cuando se instala un separador de aceite se debe introducir la cantidad de aceite necesaria, que asegure mantener el dispositivo del flotador en posición de funcionamiento, y por supuesto debe ser de la misma calidad que la empleada en la lubricación del compresor.

12.5. FILTROS SECADORES O DESHIDRATADORES

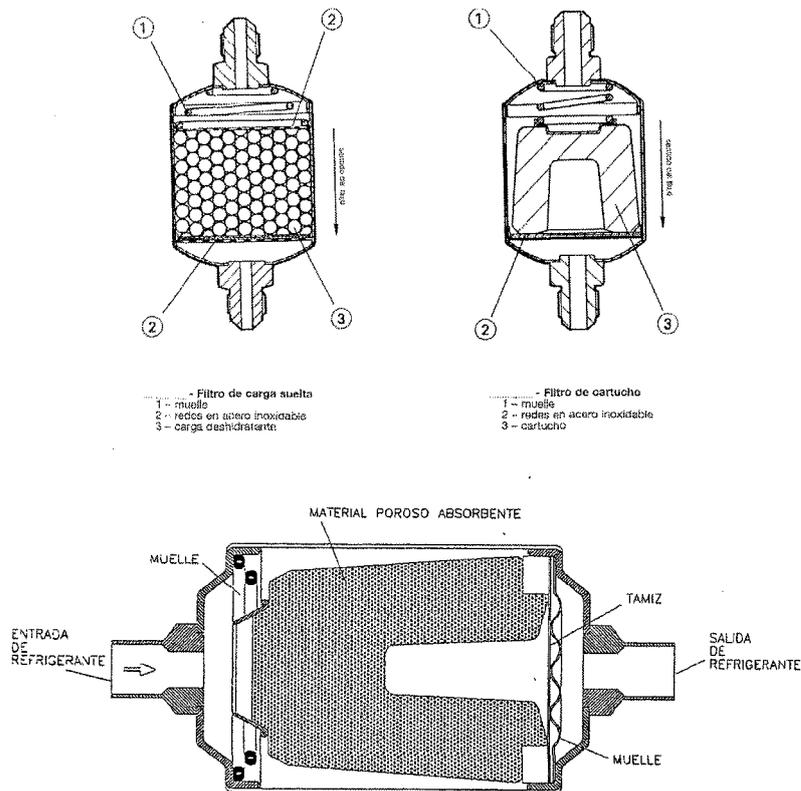
Su misión es respectivamente, impedir el paso a las pequeñas partículas de suciedad que puedan circular con el refrigerante y absorber los restos de humedad que pueda contener aquél.

Las partículas de suciedad son retenidas a través de la malla existente en su salida siguiendo la dirección del líquido.

Particularmente la presencia de humedad es muy perjudicial, debido a que en el caso de enfriarse en la salida de la expansión a una temperatura inferior a los cero grados centígrados, puede formar hielo y obstruir total o parcialmente el paso del refrigerante hacia el evaporador y ser causa de avería en el funcionamiento de la instalación.

Puede ocurrir que no exista bastante cantidad de agua como para que se produzca la obstrucción, pero si la suficiente para reaccionar y formar ácido clorhídrico en una proporción necesaria para atacar las partes móviles del equipo.

El contacto de dicho ácido con el aceite lubricante puede hacer variar su composición dando lugar a la formación de lodos, que inevitablemente circularían conjuntamente con el refrigerante dañando el interior de los componentes del sistema.



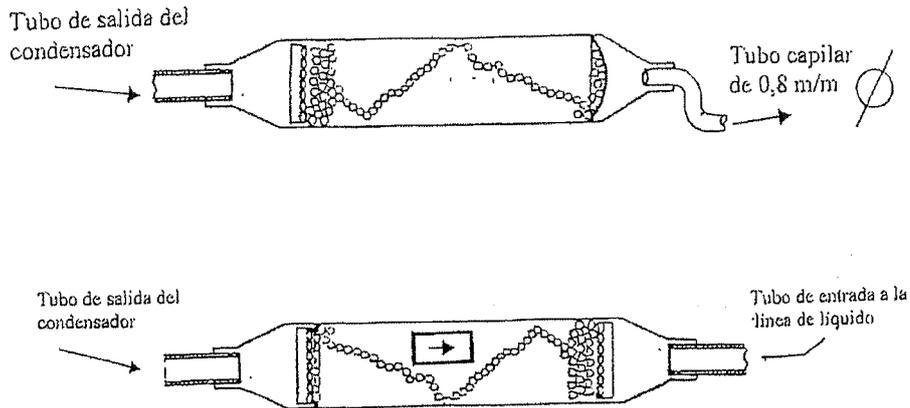
Las sustancias más empleadas como secantes son el gel de sílice, el óxido o trióxido de aluminio, los tamices moleculares, alúmina activada, etc. y en algunos filtros se usa la combinación de dos o tres de las sustancias. En los filtros deshidratadores el vapor de agua se adhiere a la superficie de la sustancia que contienen, manteniéndose ésta en su estado original.

Para recalcar la importancia de los filtros deshidratadores diremos que deben cambiarse después de realizar cualquier operación sobre el circuito frigorífico, siempre que éste haya estado en contacto con la atmósfera.

12.6. INSTALACION DE LOS FILTROS SECADORES

Como norma general en instalaciones que expansionan a través de tubo capilar, se instalan en la línea de líquido, entre la salida del condensador y la entrada del elemento de expansión.

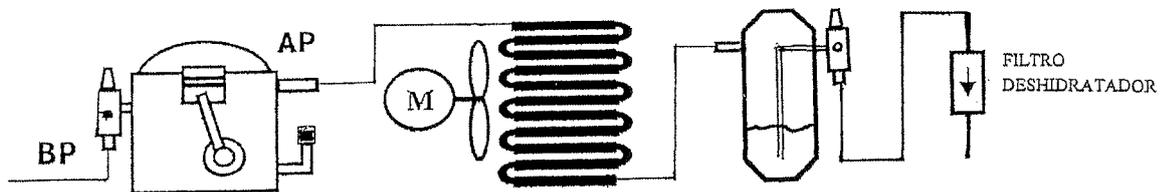
Para refrigeradores domésticos su carga varía entre 8 , 20 , y 40 gramos de capacidad y varían según sea la potencia de la instalación. En este caso las bocas del filtro no dan lugar a equivocación en lo que respecta a su montaje, ya que la boca donde va instalado el tubo capilar corresponde a la entrada de la expansión.



En el caso de que las dos bocas del filtro sean de igual diámetro, la flecha que viene representada en su cuerpo nos indica la dirección que debe llevar el líquido.

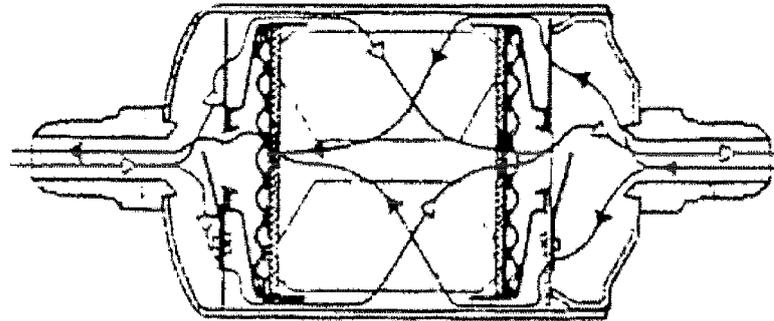
En instalaciones que expansionen con válvula, se montan en la línea de líquido entre el calderin y la válvula de expansión.

La instalación más recomendada es en posición vertical descendente según la dirección del líquido, ya que de esta forma se obliga a que todo el refrigerante pase a través del elemento secador, y se evita la formación de polvo molecular debido al rozamiento entre las bolas el cual podría llegar a taponar la salida, aunque hay filtros que interiormente montan unos muelles compresores para evitar este efecto, pudiéndose montar en cualquier posición pero siempre cuidando que el líquido circule en la dirección de la flecha.



Existen filtros deshidratadores de núcleo sólido compuestos de tamiz molecular y alúmina activada ó bien por silicagel, tamiz molecular y oxido de aluminio activado. La extensa superficie del núcleo incrementada por la trama porosa de su espesor permite recoger gran cantidad de suciedades, lodos y absorción de ácidos, protegiendo así a los compresores herméticos nuevos después de cambiar un compresor quemado. Un doble proceso de activación asegura una alta captación de agua hasta niveles finales muy bajos.

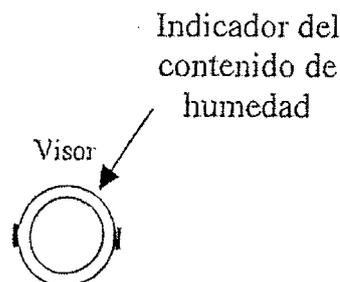
Las bombas de calor montan filtros reversibles diseñados para la circulación del líquido en doble sentido, pudiéndose montar en cualquier posición y reteniendo la suciedad en ambos sentidos.



En instalaciones donde se tengan problemas con la humedad es aconsejable montar un segundo filtro secador en la línea de aspiración, ya que según el elemento secador que contenga cuanto **más frío** esté el filtro mejor absorberá la humedad.

12.7. VISORES DE LÍQUIDO - HUMEDAD Y MONTAJES

Los cuerpos de estos visores son de latón matrizado y el cristal visor va ajustado sobre dicho cuerpo para asegurar una estanqueidad absoluta.



Algunos de estos visores incorporan en su parte superior una pastilla de sal química higroscópica, cuyo color cambia en función de la tasa de humedad del fluido frigorígeno, indicando dicho cambio de color un aumento anormal y peligroso del contenido de humedad que podría entorpecer el buen funcionamiento de la instalación.

Indicador de humedad

Cuando el indicador de humedad esté de color verde nos revela que el refrigerante está exento de humedad, sin embargo, si su color es verde pálido es señal de que hay restos de humedad y tendremos que cambiar el filtro secador.

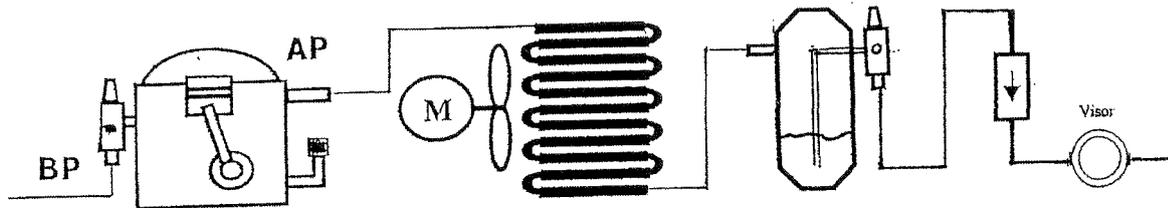
Si su color es amarillo es que es que el refrigerante contiene humedad y tendremos que deshidratar la instalación a través de vacíos y barridos de nitrógeno, para posteriormente cambiar el filtro deshidratador.

Al primer momento de instalado un visor o en la puesta en marcha de una instalación vacía de refrigerante, es normal que el color del indicador de humedad sea amarillo, esto es consecuencia de la humedad existente en el circuito. Una vez realizado el vacío y carga de refrigerante teniendo la instalación en marcha, veremos que su color cambia a verde, debido a la acción del filtro deshidratador.

Montajes

En el mercado encontraremos visores de líquido para ir roscados o soldados a la instalación. En el caso de ir roscados los elegiremos según el diámetro de tubería que tengamos en la línea de líquido, y los instalaremos a través de tuercas abocardando previamente los tubos.

En el caso de ser soldados tendremos que desmontar el cabezal para no dañar las juntas interiores durante la soldadura.

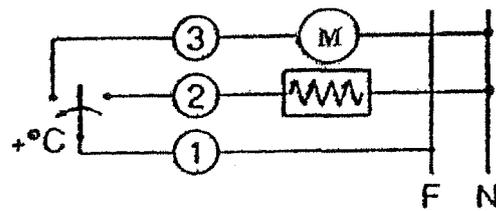
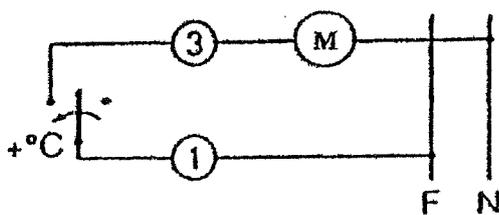


El montaje más normal es después del filtro deshidratador, donde podremos controlar el contenido de humedad y el estado en que se encuentra el refrigerante en la línea de líquido, aunque ante el seguimiento y diagnóstico de averías se pueden montar en cualquier punto de la instalación donde se quiera comprobar el verdadero estado en que se encuentra el fluido refrigerante.

13 ELEMENTOS DE CONTROL

TERMOSTATOS Y PRESOSTATOS

13.1. MISIÓN DE LOS TERMOSTATOS



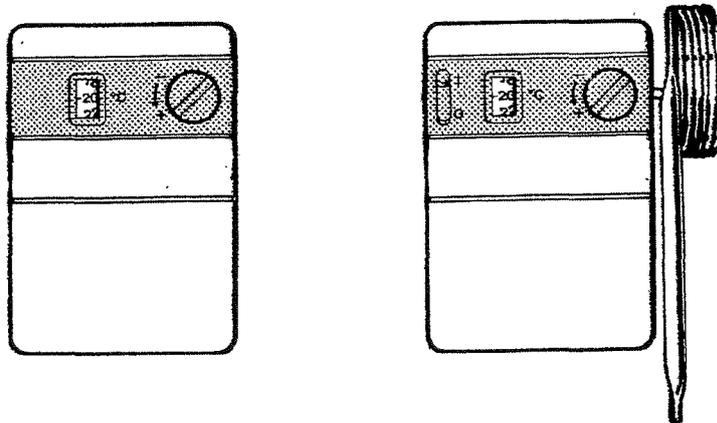
Los termostatos son dispositivos que controlan la temperatura en un determinado punto accionando un control eléctrico (todo o nada), que a veces puede ser conmutado, con el cual se realizará un control sobre un elemento de accionamiento eléctrico.

Existen una gran variedad de tipos de termostatos y son ampliamente utilizados. En el funcionamiento de una máquina frigorífica podemos encontrar termostatos para controlar la temperatura de los fluidos con los que el refrigerante intercambia calor, bien sea en el evaporador o en el condensador, y controlar el funcionamiento de la máquina si la temperatura de estos fluidos sobrepasa o desciende de ciertos valores.

13.2. TERMOSTATO DE AMBIENTE

Su misión es la de controlar la puesta en marcha y paro de algún elemento, para de esta forma, poder mantener las condiciones deseadas de temperatura en el interior del local o recinto que se desea climatizar.

Pueden ser de bimetálico ó bien que monten un elemento sensible que normalmente está constituido por un fuelle y un bulbo, y que en su interior contiene una carga de fluido.



13. Elementos de control. Termostatos y presostatos

El principio de funcionamiento se basa en que cuando la temperatura del bulbo termostático se eleva, la presión existente dentro del elemento termostático hace extender o dilatar el fuelle, y por medio de unos elementos mecánicos de enlace provocará el cierre de los contactos del termostato a una determinada temperatura. Cuando la temperatura baja, de nuevo la reacción del bulbo termostático al contraerse provocará la abertura de los contactos.

Cualquiera que sea el tipo de termostato, el elemento sensible debe emplazarse siempre en la corriente de aire en movimiento (convección), cuidando que no sea influenciado por las corrientes de aire caliente que se originan al abrir la puerta de la cámara.

El bulbo no debe fijarse en ninguna de las paredes de la cámara y se debe evitar su instalación en la caída de aire frío del evaporador.

13.3. TERMOSTATO ANTIHIELO

Este tipo de termostato actúa como elemento de seguridad en los evaporadores enfriadores de líquidos detectando la formación de hielo en la superficie del evaporador, ya que ello podría dañarlo, además de que cuando el evaporador se escarcha disminuye de forma importante su producción de frío puesto que el propio hielo actúa como aislante.

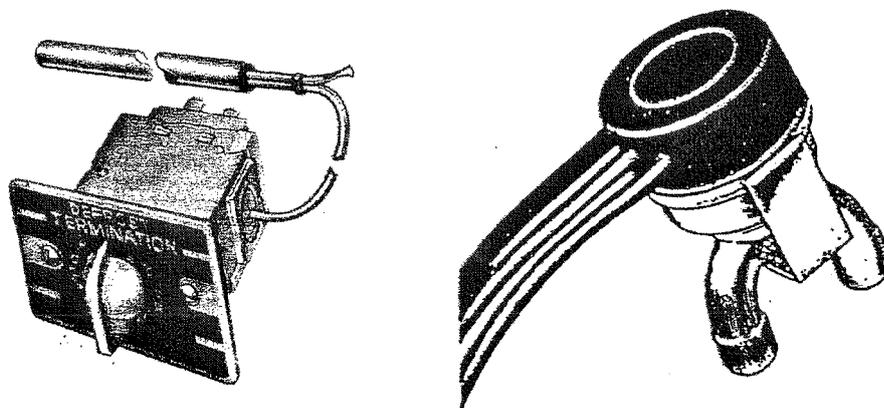
13.4. TERMOSTATO DE DESESCARCHE

El termostato de desescarche controla la formación de hielo sobre la superficie de los evaporadores de aire con expansión directa, por ejemplo en las bombas de calor durante el funcionamiento en invierno, ya que actúa invirtiendo el ciclo de funcionamiento y con ello se consigue el desescarche de la batería exterior, inyectando al serpentín los gases calientes provenientes de la descarga del compresor.

13.5. TERMOSTATOS PARA FINAL DE DESESCARCHE

Este tipo de termostato tiene por misión interrumpir la alimentación eléctrica de las resistencias de desescarche instaladas en el evaporador.

Encontraremos termostatos fijos que normalmente montan un bimetálico en su interior y a través de una grapa especial está en contacto con uno de los tubos del evaporador, una vez finalizado el desescarche y a partir de cierta temperatura positiva, desconecta la alimentación eléctrica a las resistencias.



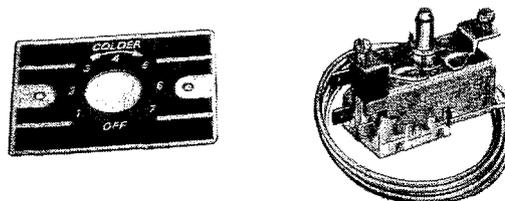
También encontraremos termostatos con bulbo y con temperatura final de desescarche regulable, asegurando de esta forma la eliminación del hielo al poder regular la temperatura final más adecuada según la posición del bulbo.

Algunos de estos termostatos incluyen un retardo para la puesta en marcha de los ventiladores del evaporador, ya que al final del desescarche se pondrá en marcha al compresor durante un tiempo, y a continuación cuando el evaporador ya esté frío, pondrá en marcha los ventiladores evitando de esta forma que el calor provocado por las resistencias durante el desescarche sea transmitido al ambiente de la cámara.

13.6. TERMOSTATOS PARA EVAPORADORES

Este tipo de termostatos son los empleados en refrigeración doméstica y comercial, como botelleros, vitrinas expositoras, fabricantes de hielo, etc, etc...

Son del sistema con bulbo, el cual va fijado en un punto del evaporador que normalmente es en el último tramo, a efecto de poder asegurar una temperatura óptima en el interior del compartimento refrigerado.



En aparatos domésticos de un compartimento, el propio termostato monta en el mando de regulación un botón para efectuar los desescarches, el cual al accionarlo abrirá los contactos que alimentan al motor y no volverá a rearmarse hasta que en el evaporador no se alcance una temperatura aproximada de cinco grados positivos, asegurando de esta forma la no existencia de hielo en la superficie del evaporador.

En los aparatos domésticos de dos compartimentos y un solo motor, los desescarches en el compartimento conservador se realizan a través de una resistencia instalada en la parte trasera de la placa del evaporador, la cual entra en funcionamiento durante las paradas del compresor, quedando instalada eléctricamente en serie con la bobina de trabajo del compresor.

Los desescarches en los compartimentos congeladores siempre tienen que ser manuales, desconectando la instalación de la corriente eléctrica, o bien situando el mando del termostato en la posición de Stop.

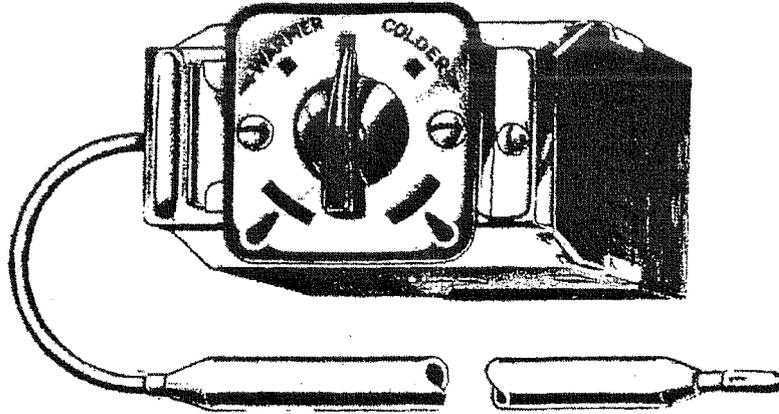
En los refrigeradores domésticos "COMBIS" acostumbran a instalar una lámpara de alarma roja que se enciende cuando aumenta la temperatura en el departamento congelador aproximadamente 6 °C sobre la temperatura correspondiente a la que marca el termostato en su posición para encenderse. Con carga excesiva de comida caliente puede funcionar el aparato todo el día.

La potencia de enfriamiento requerida según norma DIN 8953, se eleva a 7 Kilos en 24 horas cada 100 litros de contenido útil, con una diferencia de temperatura de + 25 °C a - 18 °C.

La misma norma indica que los aparatos tienen que estar concebidos de manera que, de estar instalados en una habitación con mucha humedad, no se debe producir condensación con una temperatura de + 25 °C y una humedad relativa en el ambiente del 75 %.

13.7. TERMOSTATOS DE DOS ESCALONES

Normalmente este tipo de termostato lo encontraremos en instalaciones de aire acondicionado, donde se requiera un control automático tanto en los ciclos de frío ó de calor con una zona muerta intermedia.



Eléctricamente consta de un doble contacto conmutado para poder realizar las funciones, aunque también es aplicable como control de temperatura normal, utilizando para ello uno de los conmutadores para el funcionamiento de la instalación y el otro como seguridad

13.8. REGULACIÓN DEL TERMOSTATO

Según el tipo de termostato, aparte de poder regular la temperatura de corte a través del mando principal, tendremos acceso a la regulación del diferencial que debe existir entre ésta temperatura y la de arranque.

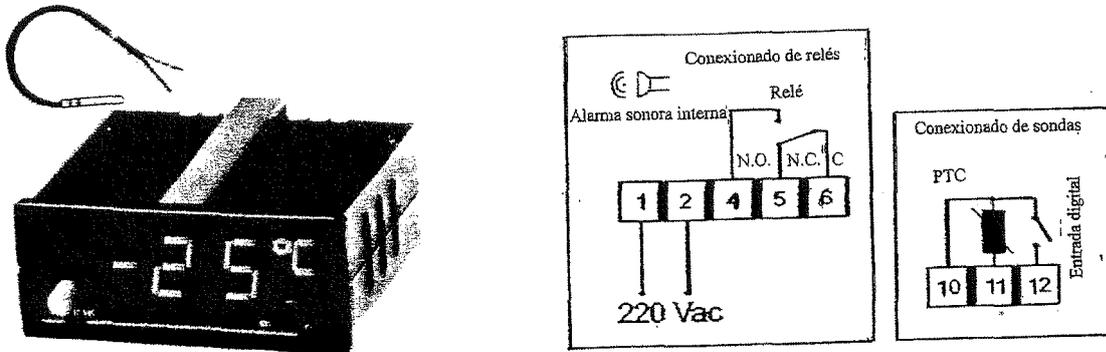
La diferencia normal entre la apertura y cierre del circuito está entre 2 y 8 °C. siempre según las necesidades y características de funcionamiento de la instalación, aunque normalmente con un diferencial de 4 ó 5 °C. ya se le da el tiempo necesario para que se realice la igualación de presiones entre los circuitos de alta y baja, obteniéndose a la vez un control de la temperatura correcto.

En refrigeradores que como sistema de arranque emplean un relé de intensidad sin condensador de arranque y la expansión se efectúe a través de tubo capilar, el termostato tendrá que tener un diferencial lo suficientemente amplio como para dejar que se lleve a cabo la igualación de presiones entre los circuito de alta y baja durante el tiempo de parada, de lo contrario el protector térmico "Klixon" desconectaría la alimentación eléctrica al motor debido al aumento de consumo provocado por que la alta presión existente en el condensador no le permite efectuar el arranque.

Si el sistema de arranque utilizado es una resistencia de coeficiente térmico positivo (P.T.C.) el tiempo de parada no debe ser inferior a 5 minutos, ya que es el tiempo que necesita la resistencia para enfriarse antes de efectuar un nuevo arranque, de lo contrario también actuaría el protector térmico.

13.9. TERMOSTATOS ELECTRONICOS

En los termostatos electrónicos el control de las diferentes temperaturas se realizan por medio de sondas que pueden ser de coeficiente térmico positivo (PTC) ó negativo (NTC), instaladas en unos puntos concretos según su cometido.



Una de las principales características de estas sondas es que varían su resistencia en relación a la temperatura que detectan, mandando dicho valor a un módulo electrónico para que actúe en consecuencia. Normalmente los termostatos electrónicos integran más funciones y tienen más prestaciones que el termostato mecánico.

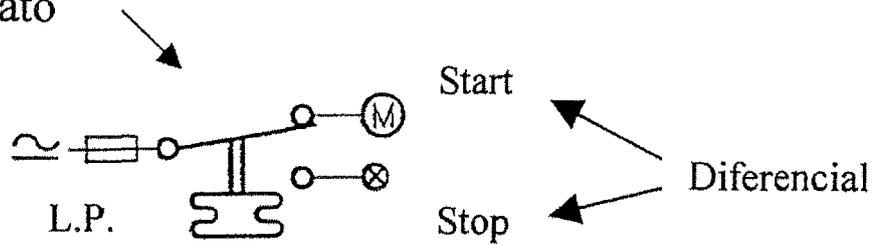
Por ejemplo podemos encontrar termostatos electrónicos que solo tienen una salida para el relé que alimenta al compresor, hasta tener varias salidas de relés para poder controlar aparte del funcionamiento del compresor, el principio y final de los desescarches, el retardo de los ventiladores, señalización de alarma, temperaturas de consigna y ambiente interior, etc.

Los márgenes de regulación de temperaturas son muy amplios, es normal encontrar márgenes que van de -60°C a $+90^{\circ}\text{C}$ con un error máximo de un 1% , además el diferencial permite ser regulado de $0,5$ a 10°C con mucha fiabilidad, factor muy importante para el buen funcionamiento de la instalación.

13.10. PRESOSTATOS DE BAJA PRESIÓN

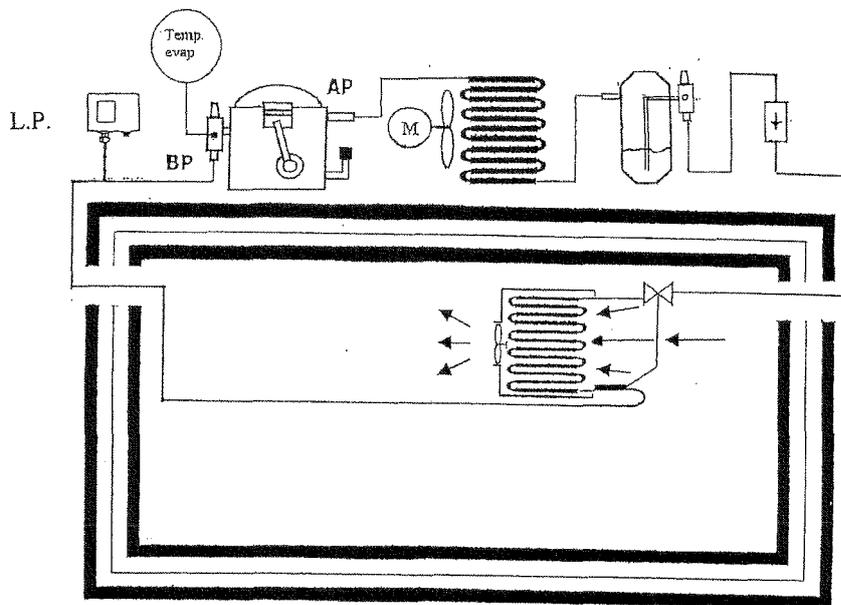
Los presostatos en general son dispositivos que controlan la presión del fluido en el punto donde estén conectados accionando un contacto eléctrico (todo o nada), con el cual se realiza una maniobra determinada según los casos. Los presostatos de baja igual que los presostatos de alta presión los podemos encontrar montados en diferentes instalaciones frigoríficas, y pueden estar equipados con rearme eléctrico manual ó automático.

Contactos eléctricos del presostato

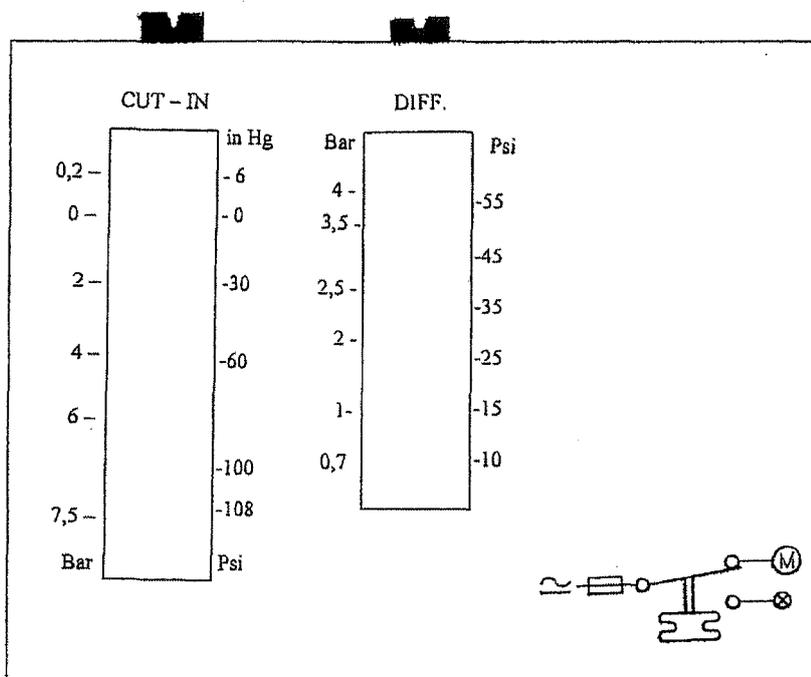


Los más utilizados en baja presión son los de rearme automático, dado que una baja presión de aspiración no representa una situación de tanto peligro para el compresor, como una alta presión en el circuito de alta, en cuanto a lo que concierne a la presión.

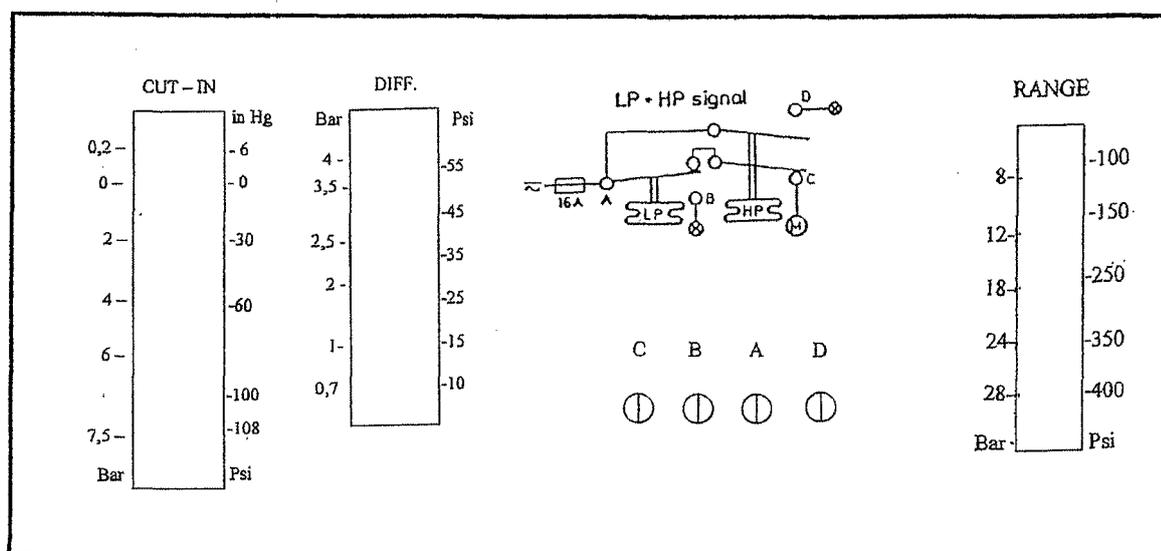
Los presostatos de baja presión pueden usarse como elementos de control o de seguridad. Su función como elemento de seguridad es controlar la presión en la aspiración del compresor, abriendo un contacto eléctrico cuando ésta descienda por debajo del valor de consigna ajustado de antemano, deteniendo el funcionamiento eléctrico del compresor, así por ejemplo, en el caso de que los ventiladores del evaporador de una instalación se detuvieran por entrar en avería, la presión de baja disminuye y se corre el riesgo de que el compresor pueda aspirar refrigerante en estado líquido al no haber encontrado calor suficiente en el serpentín como para efectuar su total evaporación, pudiendo llegar refrigerante en estado líquido a la aspiración y deteriorar las válvulas del compresor al ser éste una bomba de vapor. En este caso el presostato de baja detectaría la bajada de presión en el circuito y de estar debidamente ajustado pararía el funcionamiento del compresor.



Otro de los montajes muy normalizados de un presostato de baja es como elemento de control, entrando en funcionamiento en las recogidas de refrigerante en la zona de alta presión en cada una de las paradas de la instalación por termostato, para este montaje se precisa una electroválvula solenoide en la línea de líquido de la instalación, que en combinación eléctrica con el termostato controle el paso de refrigerante hacia el evaporador, ya que el presostato de baja unido eléctricamente al compresor será el encargado de detener su funcionamiento.



Encontraremos en el mercado presostatos combinados de alta y baja presión, con las mismas prestaciones de funcionamiento que los individuales, pero con los contactos eléctricos interiores conectado en serie.



L-P
Low presión
Baja presión

H-P
High presión
Alta presión

13.11. REGULACION DEL PRESOSTATO DE BAJA PRESION

Para efectuar la regulación del presostato de baja como elemento de protección ante una posible bajada de presión en el circuito sería conveniente conocer:

- 1º Refrigerante que monta la instalación.
- 2º Temperatura de evaporación máxima y mínima prevista en todas las estaciones del año, si la unidad condensadora está instalada en una temperatura ambiente variable.
- 3º Presión de arranque, una vez igualadas presiones de alta y baja durante las paradas de la instalación por termostato.

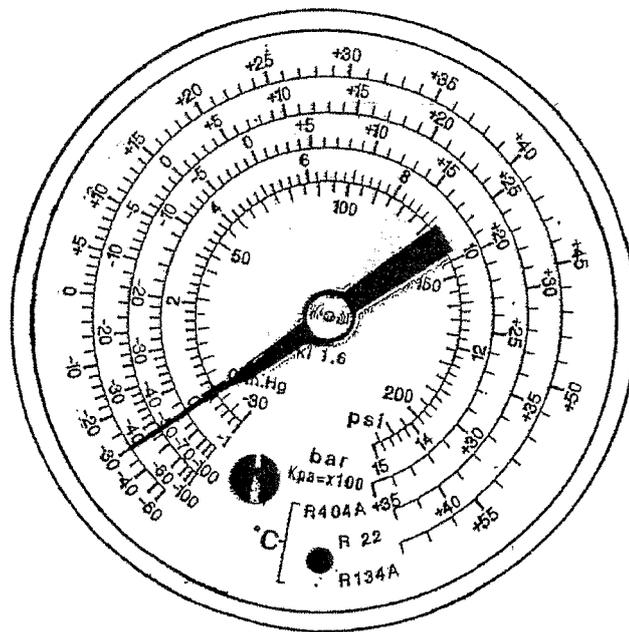
Ejemplo:

Una instalación dedicada a la conservación de alimentos, monta como refrigerante R-134-a.

La temperatura de evaporación prevista es de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La ubicación de la condensadora es en el interior de la nave, y los cambios de temperatura en invierno no influirán excesivamente en la temperatura de evaporación, pero como seguridad podemos estimar que de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ pueda llegar a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ los días más fríos del año.

A esta temperatura trabajando con R-134-a le corresponde una presión de 1 bar.



Al presostato de baja en principio le podremos regular para proteger a la instalación ante una presión de baja que este por debajo de 1 bar, ya que ésta es la presión de trabajo prevista para los días de invierno.

Deberemos recordar que en el momento del arranque de cualquier instalación, la presión de baja desciende a un valor más bajo del que tendrá pasados unos minutos, o sea, cuando el refrigerante llegue a realizar su función en cada zona del circuito.

Este valor también le podemos conocer conectando la instalación y observando el manómetro de baja presión, ya que en cada arranque de la instalación la presión descenderá hasta dicho valor, y el ajuste del presostato lo debemos efectuar por debajo de ésta presión, pues de no tenerla en cuenta la instalación pararía por detectar un descenso de la presión de baja en cada arranque que efectúe la instalación.

Supongamos que en el arranque de la instalación, la presión de baja llega a 0,7 bar ó 10 psi.

A partir de este dato si podemos asegurar que cualquier presión que esté por debajo de éste valor, será provocada por alguna anomalía en el funcionamiento de la instalación.

Tomaremos como presión de corte un valor de 0,5 bar ó 7 psi, y de esta forma daremos un margen de funcionamiento aún estimado como correcto en previsión de un día que se alcance una temperatura ambiente muy baja, ó bien cuando la cámara se encuentre con poca carga térmica.

Para conocer la presión de arranque pondremos la instalación en marcha, y seguidamente observaremos la igualación de presiones que se efectúa en las paradas por termostato a través del manómetro de baja hasta el nuevo arranque, tomando nota de esta presión.

La presión de arranque también la podemos hallar a través de la temperatura de corte del termostato, ya que al ser una instalación dedicada a la conservación de alimentos y suponiendo que corta a 2 °C, solo nos bastará saber el diferencial del termostato para conocer la temperatura de arranque, que por ejemplo la situaremos en 5 °C. ó sea el diferencial del termostato será de 3 °C.

Esta temperatura de 5 °C la tendremos que pasar a la presión correspondiente utilizando R-134-a como refrigerante, siendo ésta la presión de arranque para la regulación del presostato.

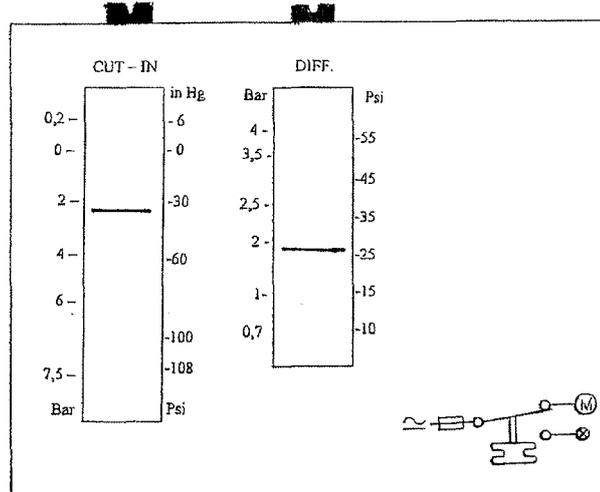
Pero supongamos que observamos el manómetro y la instalación se pone en marcha cuando la presión de baja alcanza un valor de 2,4 bar ó 35 psi, por lo que tomaremos ésta presión para la regulación del arranque en el presostato.

Para la regulación del presostato de baja presión bastará recordar:

| CUT OUT | IS | CUT IN | MINUS | DIFFERENTIAL |
|------------------|-----------|---------------------|--------------|---------------------|
| Presión de corte | es | Presión de arranque | menos | diferencial |
| 0,5 bar | es | 2,4 bar | menos | 1,9 bar |

Por lo que regularemos la escala del CUT IN en 2,4 bar ó 35 psi. y la escala del diferencial en 1,9 bar ó 28 psi por ser la diferencia hasta la presión de corte.

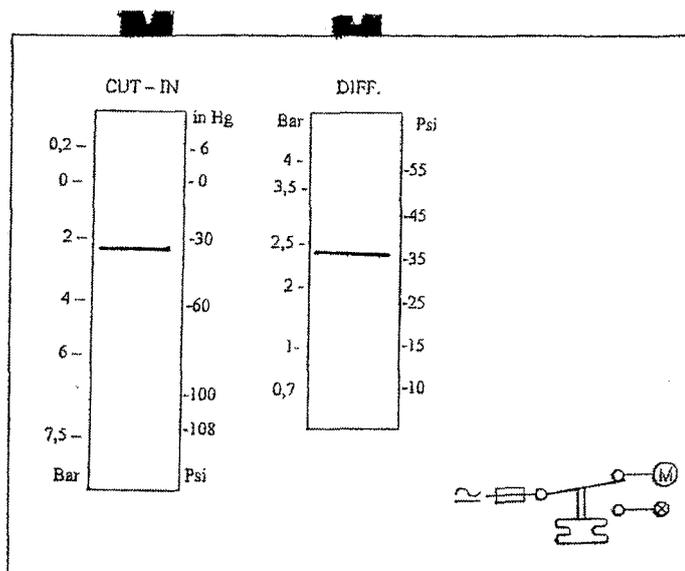
13. Elementos de control. Termostatos y presostatos



Si en esta misma instalación queremos regular el presostato para la recogida de refrigerante en el calderín durante las paradas por termostato, situaremos la presión de arranque igual que en el caso anterior en 2,4 bar ó 35 psi.

Como lo que se pretende con este montaje es que el compresor aspire el refrigerante existente en el evaporador, es conveniente que la presión de baja no descienda por debajo de la presión atmosférica, ya que en el caso de que la instalación tuviera una fuga en la zona de baja, entraría aire durante las paradas, por lo que regularemos el diferencial también a 2,4 bar ó 35 psi y el presostato abrirá sus contactos parando al motor cuando la presión de baja en el manómetro alcance un valor de cero, correspondiente a la presión atmosférica.

| CUT OUT | IS | CUT IN | MINUS | DIFFERENTIAL |
|------------------|----|---------------------|-------|--------------|
| Presión de corte | es | Presión de arranque | menos | diferencial |
| 0 bar | es | 2,4 bar | menos | 2,4 bar |



Si el compresor, el condensador y el recipiente de líquido se encuentran instalados a la intemperie, el presostato ha de ajustarse con un ajuste de conexión inferior a la presión más baja que se producirá durante el funcionamiento en invierno.

13.12. PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN

Cuando el presostato trabaja como elemento de seguridad su misión es desconectar eléctricamente a la instalación ante una presión de descarga excesiva que pudiera poner en peligro la vida del compresor.

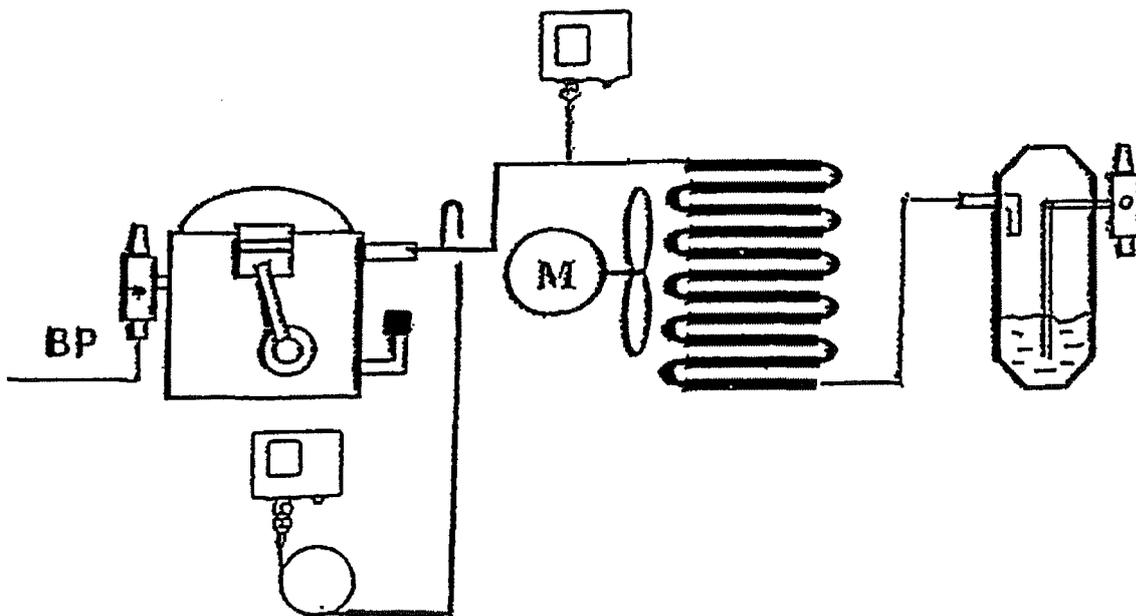
Su rearme eléctrico igual que los presostatos de baja puede ser manual o automático.

Según sea el rearme, volverá a poner en marcha a la instalación cuando la presión haya adquirido un valor predeterminado con anterioridad estimado como normal, o bien tendrá que ser rearmado manualmente por el técnico de servicio al haber quedado sus contactos eléctricos abiertos.

Cuando trabaja como automatismo para el control de la condensación, su misión será poner en marcha y parar el funcionamiento de los ventiladores según sea la presión de alta de la instalación, consiguiendo así una temperatura de condensación lo más uniforme posible durante todo el año. En este tipo de montaje los presostatos serán de rearme automático.

Es indispensable su montaje en condensadores de agua, ya que en caso de insuficiencia o falta total de agua, debido a estar interiormente el condensador sucio o bien los filtros de agua obstruidos, la presión de alta alcanzaría valores excesivos.

Normalmente van instalados en el tubo de descarga entre el compresor y el condensador.



Su instalación más recomendable es a través de un bucle de tubo capilar a fin de evitar al máximo las vibraciones del compresor y a un nivel más alto que este, pues de esta forma se asegura el retorno de aceite a la línea por gravedad y se evita su embolsamiento, ya que podría llegar a falsear la presión detectada.

13.13. REGULACIÓN COMO ELEMENTO DE SEGURIDAD

La regulación del presostato de alta presión varía según el modelo y cometido al que se le destine en la instalación.

Los primeros datos que tenemos que averiguar son:

1° - Debemos conocer el sistema de condensación que utiliza la instalación, y de esta forma determinar la diferencia de temperatura que debe existir entre la temperatura del medio empleado para condensar y la temperatura de condensación.

2° - Debemos conocer o pronosticar la temperatura más alta que puede llegar a alcanzar el medio empleado para condensar, el día más caluroso del año en la zona.

3° - El técnico de servicio deberá determinar que temperatura de condensación empezará a ser peligrosa para el buen funcionamiento de la instalación, en relación a los dos datos anteriores.

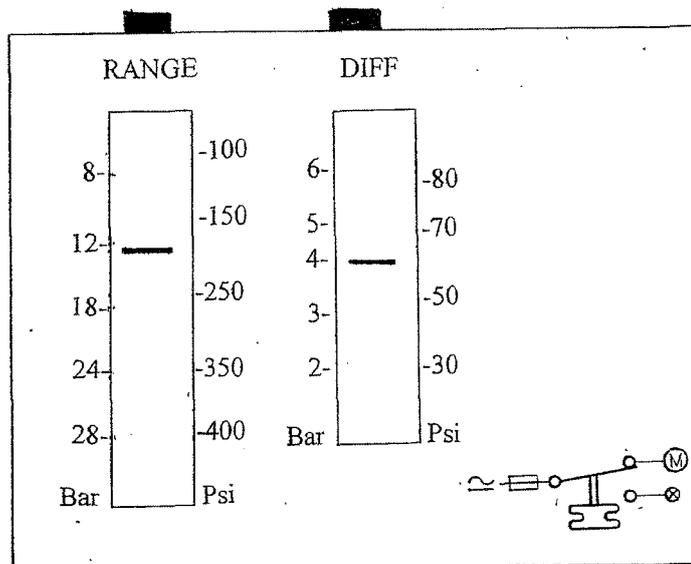
Ejemplos:

Pongamos como ejemplo la regulación de un presostato de alta presión instalado como elemento de seguridad, para una instalación frigorífica destinada a la conservación de alimentos, que trabaja con R - 134 - a como refrigerante, y el tipo de condensación es por aire forzado. La temperatura máxima del aire en verano difícilmente supera en la zona los 35 °C.

En principio tomaremos la temperatura ambiente de 35 °C y le sumaremos una diferencia de temperatura de 15° C, dando como resultado una temperatura máxima de condensación prevista en el día más caluroso del año de 50 °C.

A esta temperatura se le puede dar un porcentaje de un 5 % de aumento de temperatura para cubrir un día con temperatura punta superior a 35 °C. Si la temperatura de condensación supera los 55 °C, será debido a alguna anomalía en el funcionamiento de la instalación

A la temperatura de 55 °C. trabajando con R - 134 - a , le corresponde una presión de 200 psi ó 14 bar manométricos.



En los presostatos de alta presión nos podemos encontrar que tengan solo una escala de regulación, en tal caso corresponderá a la presión de corte (RANGO), donde en nuestro ejemplo situaremos el dial en 200 psi.

Es importante señalar que los presostatos que solo tienen una escala de regulación, la regulación del diferencial para el rearme ó puesta en marcha de la instalación lo tienen fijo en 58 psi o 4 bar, o sea, en caso de desconexión por una subida de presión, la instalación no se volverá a poner en marcha hasta que la presión en el circuito no baje hasta 142 psi ó 10 bar, correspondiente a 42 °C.

En otros modelos de presostatos encontraremos dos escalas, la correspondiente al RANGO y la del DIFERENCIAL, en tal caso la regulación del diferencial será manual.

PRESION DE ARRANQUE = PRESION DE CORTE -DIFERENCIAL.

13.14. PRESOSTATO DE ALTA COMO CONTROL DE CONDENSACIÓN

Es frecuente en invierno al estar la batería condensadora refrigerada por aire más frío, que la temperatura de condensación del refrigerante baje excesivamente, lo cual hará descender la presión en el circuito de alta y esto repercutirá en que también nos baje la presión en el circuito de baja, con lo que el refrigerante aparte de evaporarse a una temperatura más negativa de la prevista, también disminuye su presión de inyección en el evaporador, y todo ello en conjunto da como resultado una falta de rendimiento en la instalación, al no poder alimentar al serpentín evaporador a una presión correcta.

Al no encontrar el termostato la temperatura de corte debido a que el evaporador está insuficientemente alimentado, la instalación realizará unos ciclos muy largos de funcionamiento con la consiguiente acumulación de escarcha en su superficie.

Ante ésta situación es recomendable instalar un control de condensación, con el fin de asegurar una presión de condensación lo más estable posible durante todas las estaciones del año.

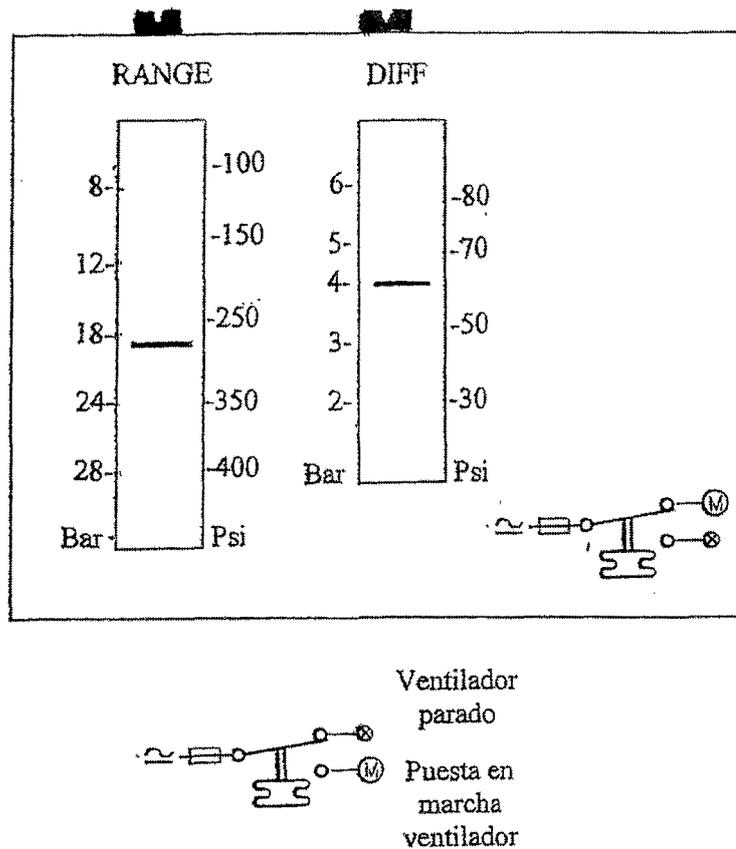
Este montaje se realiza con un presostato de alta presión con rearme automático, instalado en el tubo de descarga entre el compresor y el condensador.

El presostato debe montar la escala de corte (RANGE) y la de diferencial (DIFF) para poder regular los márgenes de presiones donde deban funcionar los ventiladores .

Supongamos que en una instalación que funciona con R-22 queremos que la temperatura de condensación mínima en invierno sea de 40 °C. Si consultamos en la tabla de presiones a esta temperatura le corresponde una presión de 210 psi., y la máxima temperatura de condensación para invierno queremos situarla en 50 °C correspondiéndole una presión de 270 psi., ya que en verano está previsto que trabaje por encima de esta temperatura.

En el presostato regularemos la escala de corte (RANGE) en 270 psi y la escala del diferencial (DIFF) en 60 psi. que es la diferencia entre las dos presiones.

13. Elementos de control. Termostatos y presostatos



En invierno los ventiladores estarán parados hasta que en el circuito de alta no se alcancen los 270 psi, a partir de este punto los ventiladores entraran en funcionamiento bajando la presión al refrigerante hasta que descienda a los 210 psi, donde a partir de esta presión se desconectarán de nuevo los ventiladores haciendo subir de nuevo a la presión y de esta manera podremos mantener la presión en el circuito de alta dentro de unos valores que aseguren un funcionamiento aceptable en invierno.

En caso de disponer de varios ventiladores, los presostatos se regularan a presiones decrecientes eliminando sucesivamente un numero determinado de ventiladores. En verano como el aumento de temperatura en el ambiente hará subir la presión, los ventiladores funcionaran siempre.

También existen en el mercado reguladores electrónicos de velocidad para controlar las revoluciones de los ventiladores de la unidad condensadora, los cuales tienen una toma de presión para instalar en el circuito de alta y unas escalas de regulación para hacerles trabajar dentro de diferentes márgenes de presión, aunque la finalidad del montaje es la misma que se ha expuesto con los presostatos.

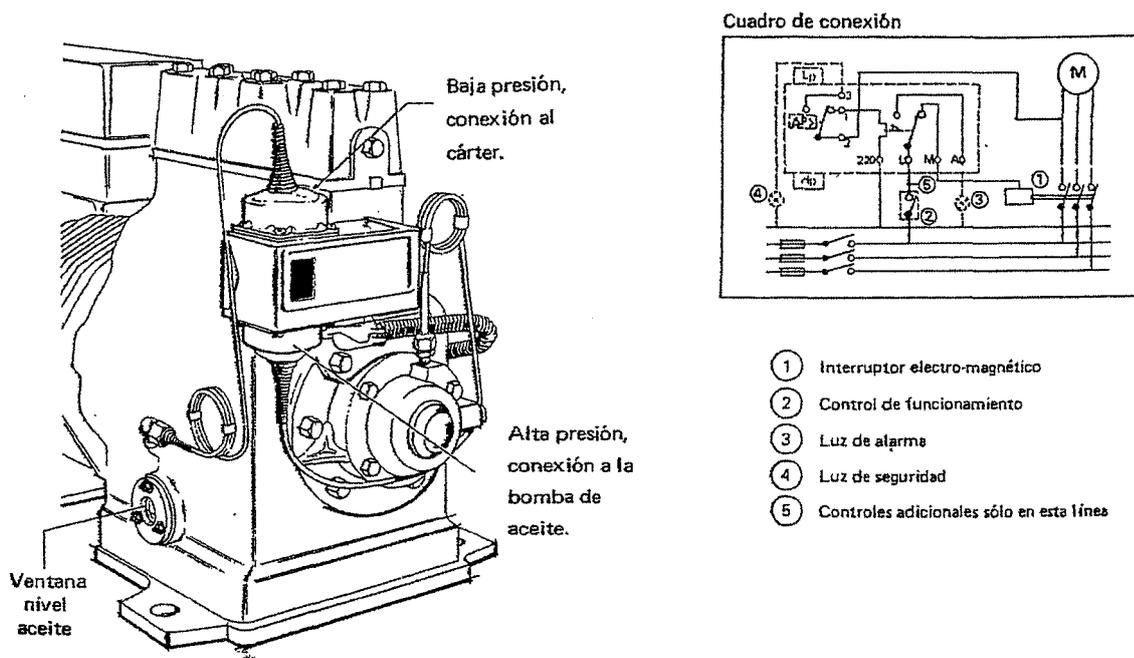
El control de condensación a través de gobernar el funcionamiento de los ventiladores, también puede efectuarse con termostatos instalados en las tomas de aire de la unidad, ya que también disponemos de una escala para fijar la temperatura de corte y la escala del diferencial donde la daremos la temperatura de arranque.

Otro sistema consiste en dividir al serpentín condensador en varios circuitos gobernados independientemente por válvulas solenoides, las cuales recibirán su alimentación eléctrica a través de termostatos ó presostatos, ampliando o reduciendo la superficie del condensador según sea la presión o temperatura detectada por los elementos de control.

13.15. PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE

El objetivo de este componente es parar el funcionamiento del compresor si su lubricación no se efectúa a una presión superior a la mínima requerida por el fabricante.

En sí garantiza que exista una presión efectiva de aceite a la salida de la bomba, es decir, con la diferencia de presión entre la presión de aspiración reinante en el cárter del compresor de donde la bomba aspira el aceite, y la presión de descarga de la bomba (aprox. entre 1 y 1,5 bar).



Del valor de este diferencial depende el caudal de aceite, y por tanto la calidad de lubricación de los elementos móviles del compresor. En caso que la lubricación no fuese la correcta, bien por fallo mecánico o por el contenido de refrigerante líquido en el aceite, el presostato diferencial detiene el compresor.

El funcionamiento de estos presostatos se basa en la acción inversa que efectúan los dos fuelles conectados en la aspiración y la impulsión de la bomba de aceite.

Estos presostatos también pueden incluir un temporizador térmico, que impide su accionamiento hasta que haya transcurrido un determinado tiempo desde la puesta en marcha del compresor (entre 40 y 120 seg. puede ser regulable).

14 VALVULERIA

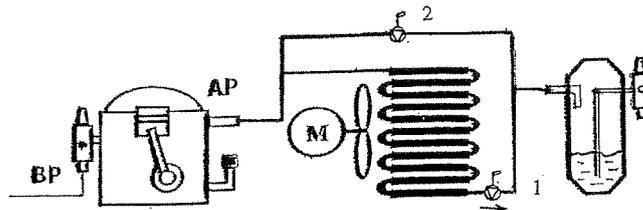
VÁLVULAS REGULADORAS Y SOLENOIDES

14.1. VALVULAS REGULADORAS DE LA PRESIÓN DE CONDENSACION

La regulación de la presión se obtiene por disminución de la superficie efectiva del condensador. Esta reducción de superficie puede obtenerse de diversos modos. Uno de los más utilizados consiste en la retención parcial de fluido frigorígeno en el condensador

En invierno la presión en el calderín de líquido debe mantenerse a un valor que asegure un buen funcionamiento del elemento de expansión, lo que se consigue merced a una toma de presión practicada en la descarga del compresor.

Este sistema requiere la instalación de dos válvulas reguladoras de presión, montadas una de ellas en la tubería de unión entre el final del condensador y la entrada del recipiente de líquido, y la otra efectuando un "by-pass" entre los gases a alta presión del tubo de descarga y la salida de la válvula instalada al final del condensador.



La válvula reguladora de presión instalada entre el final del condensador y el recipiente de líquido debe cerrar ante una bajada de presión en el condensador, y la válvula instalada en la tubería del "by-pass" debe abrir cuando descienda la presión en el recipiente de líquido. Se trata realmente de un sistema regulador de capacidad.

En el periodo estival la temperatura elevada del aire utilizado para la condensación, hará que las presiones de condensación sean superiores al valor al que esté regulada la válvula (1), por lo que ésta se encontrará totalmente abierta y en el condensador no se quedará más líquido retenido que el que previamente haya sido calculado como para lograr un pequeño subenfriamiento en este punto.

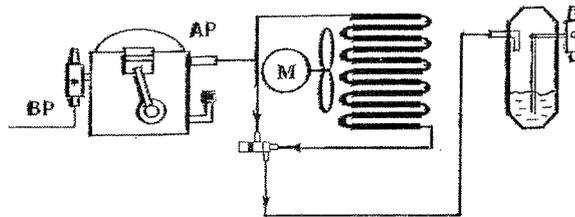
La presión en el recipiente de líquido será aproximadamente igual a la presión de condensación, siendo el valor de esta presión más alta que la presión de ajuste de la válvula (2), por lo que esta válvula se encontrará cerrada obturando el "by-pass" entre los gases a alta presión del tubo de descarga y el recipiente de líquido.

En el periodo invernal la presión de condensación desciende en relación a la temperatura del aire de entrada al condensador, y su valor debe estar por debajo del ajuste de la válvula (1), entonces la válvula se cerrará de forma progresiva reteniendo refrigerante en estado líquido al final del serpentín, reduciendo de esta manera la superficie destinada a la condensación del fluido y aumentando la presión de condensación para mantenerla en un valor aceptable.

14. Valvulería. Válvulas reguladoras y solenoides

Si la presión en el recipiente de líquido desciende de forma anormal se abrirá la válvula (2), y a través del (by-pass) se inyectaran los gases que provienen de la descarga del compresor al líquido contenido en el recipiente, elevando la presión del líquido a un valor que asegure un buen funcionamiento del elemento de expansión.

Normalmente y para que sirva como punto de referencia diremos que la válvula (2), es aconsejable que este regulada como para que abra a una presión de 0,5 a 1 bar inferior a la presión de ajuste de la válvula (1).

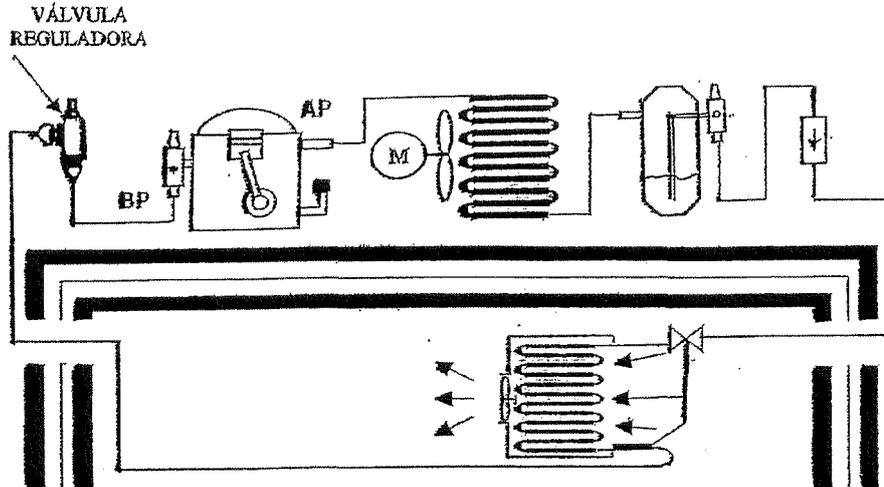


El hecho de almacenar durante el periodo invernal fluido frigorígeno líquido en el condensador, hace necesario prever una carga adicional de refrigerante, que implicará determinar la capacidad del recipiente de líquido ya que en verano va a estar almacenado en él.

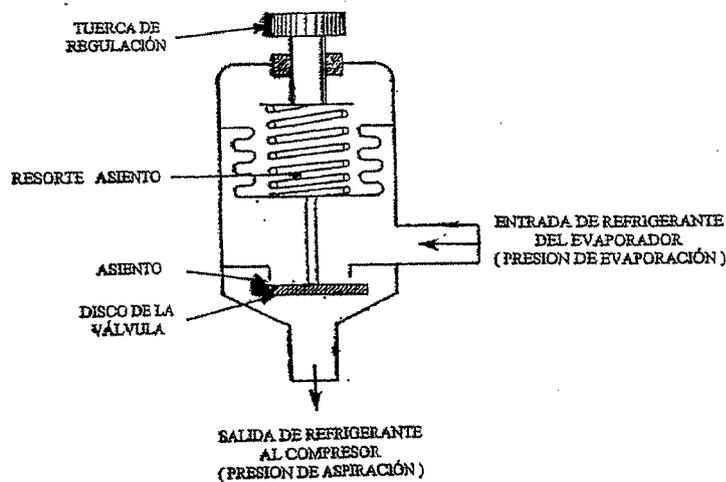
Existen en el mercado válvulas de tres vías que cumplen la misma función que la desarrollada anteriormente con dos válvulas.

14.2. VALVULAS REGULADORAS DE ARRANQUE

El regulador de arranque es una válvula de estrangulación de funcionamiento automático, que se monta en la tubería de aspiración delante del compresor.



En la puesta en marcha de una instalación o en el arranque después de un paro prolongado, la presión en el evaporador y en la tubería de aspiración es mucho más elevada que la presión de aspiración que tendrá durante su funcionamiento, por lo que en este momento la válvula se encuentra cerrada sobre su asiento.



Al ponerse en marcha la instalación el compresor sólo puede aspirar de la tubería de aspiración, bajando rápidamente el valor de la presión de aspiración por debajo del valor de ajuste del resorte y la válvula se abre.

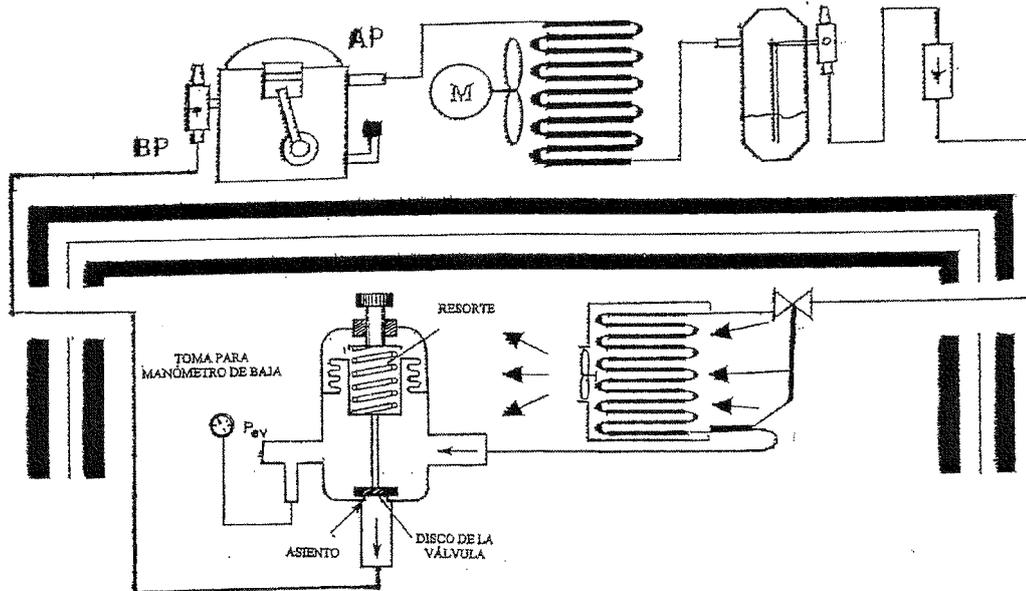
La aspiración de los vapores procedentes del evaporador, hacen subir la presión de aspiración por encima del valor de ajuste del resorte y la válvula se cierra.

Después de varios cierres y aperturas (en el curso de las cuales aumentan los tiempos de apertura de la válvula), la presión de aspiración se estabiliza y como su valor es superior al de ajuste del resorte la válvula queda abierta.

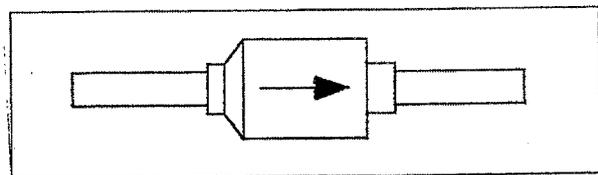
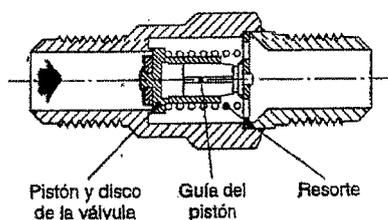
14.3. VALVULAS REGULADORAS DE LA PRESION DE ASPIRACION

Estas válvulas permiten mantener la presión y temperatura de evaporación por encima de la presión que se ha ajustado la regulación de la válvula.

Los reguladores de la presión de aspiración se montan en el tubo de aspiración del evaporador o evaporadores que se deseen gobernar, y siempre deben instalarse de forma que la flecha grabada en su cuerpo quede en dirección al sentido de circulación del fluido refrigerante, y por supuesto al final del evaporador que trabaje con la presión más alta.



También tendremos que montar una válvula de retención en la línea de aspiración detrás del evaporador con la presión de aspiración más baja, o sea, el de temperatura más negativa, a fin y a efecto de que en el momento de las paradas por termostato, no haya entrada de refrigerante a este evaporador por estar a una presión inferior con respecto al que trabaja a temperatura más positiva.



La válvula de retención ó antirretorno, constan de un pequeño disco aplicado sobre su asiento por medio de un resorte y hace que circule por su interior el refrigerante en una dirección única, dada por la orientación de la flecha grabada en su cuerpo.

La válvula reguladora de presión de aspiración puede montarse en cualquier posición dentro o fuera de la cámara frigorífica, pero siempre detrás del bulbo de la válvula de expansión.

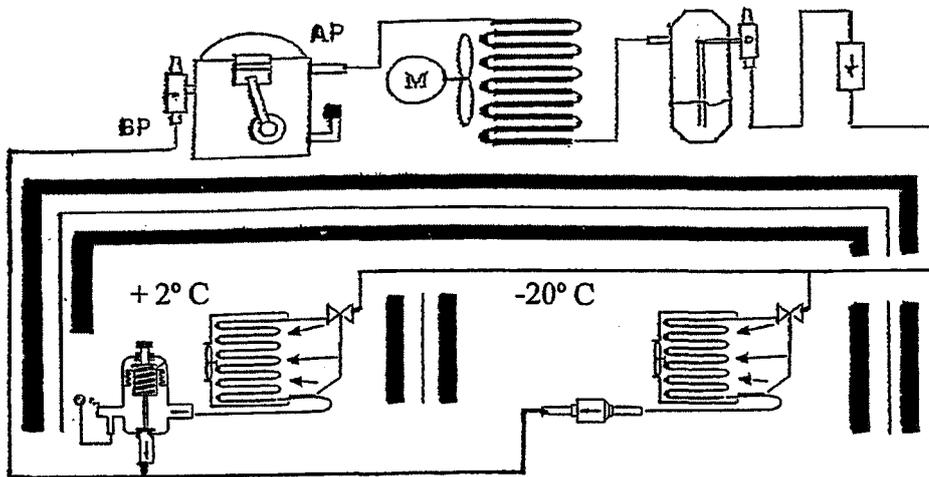
La distancia entre el evaporador y el regulador no influye en su funcionamiento, por lo que se recomienda el montaje fuera de la cámara frigorífica.

Trabajan en sentido opuesto al de las válvulas de expansión automáticas, es decir, que conservan la presión de entrada constante permitiendo la afluencia de gas frigorífico al compresor sólo en tal cantidad que la presión delante del regulador (o sea en el evaporador) quede constante.

Se pueden emplearen instalaciones con un solo evaporador, por ejemplo en refrigeración de líquidos y de esta forma poder evitar la congelación del líquido en cualquier estado de servicio.

En las instalaciones de aire acondicionado los reguladores de presión de aspiración pueden evitar la acumulación de escarcha en el evaporador, debido a tener que trabajar en la zona de baja a una temperatura de evaporación inferior a cero grados.

Aunque normalmente los encontraremos montados en instalaciones con varios recintos refrigerados a diferentes temperaturas, por ejemplo un recinto conservador y un recinto congelador alimentados ambos con un solo compresor.



Los recintos que tengan que mantenerse a temperaturas más elevadas tienen que trabajar a temperaturas de evaporación más elevadas, que los recintos dedicados a la conservación de productos congelados.

Una instalación con estos cometidos es posible si se mantiene una temperatura de evaporación idónea en el evaporador menos frío, con respecto a la que correspondería a la presión de aspiración del compresor para alimentar al evaporador más frío, ya que lo que se pretende es que los productos almacenados en la cámara de conservación conserven una humedad relativa aceptable y no se resequen, debido al aumento de la diferencia de temperaturas existente entre la temperatura de evaporación en el evaporador más frío y la temperatura que se quiere mantener el recinto conservador.

Su funcionamiento se basa en que la presión de evaporación incide en la parte superior del disco obturador y la parte inferior del disco obturador solo está sujeta a la presión de aspiración.

El disco obturador solo se separará de su asiento permitiendo el paso de refrigerante hacia la aspiración del compresor cuando la presión en la parte inferior del disco sea mayor que la existente en la parte superior, interviniendo para su funcionamiento la regulación que se haya efectuado en el resorte. Esta válvula tiene una toma para instalar un manómetro de baja presión para realizar el ajuste.

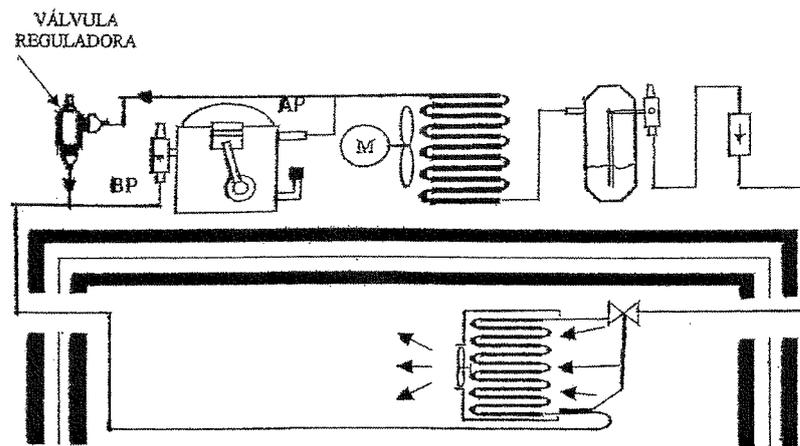
14.4. VALVULAS REGULADORAS DE CAPACIDAD O RENDIMIENTO DEL COMPRESOR

Las válvulas reguladoras de capacidad tienen por misión disminuir la producción frigorífica del compresor efectuando un “by-pass” entre la descarga y la aspiración, limitando así la presión de aspiración del compresor a un valor previamente ajustado.

Las válvulas reguladoras de rendimiento se emplean para la reducción del rendimiento del compresor en instalaciones de uno o varios evaporadores, cuando la cantidad de frío necesaria vaya disminuyendo.

Estas válvulas adaptan la aspiración del compresor automáticamente a la cantidad de frío necesaria, evitando a través del control de la presión de aspiración, que se reduzca excesivamente la presión de aspiración debido a la reducción de la carga térmica, y que el aceite del compresor entre en ebullición produciéndose rebotes de aceite.

Se monta entre el tubo de descarga y el tubo de aspiración lo más cerca posible del compresor, con preferencia si es posible después del separador de aceite, respetando que la circulación del refrigerante sea la indicada según la dirección de la flecha grabada en el cuerpo de la válvula.



Cuando la máquina está en pleno funcionamiento, la presión de aspiración normalmente es superior a la presión de apertura bajo la cual se halla ajustado el regulador.

Al disminuir la carga frigorífica por el paro de algún evaporador, la capacidad de aspiración del compresor llega a ser muy grande y la presión de aspiración baja rápidamente.

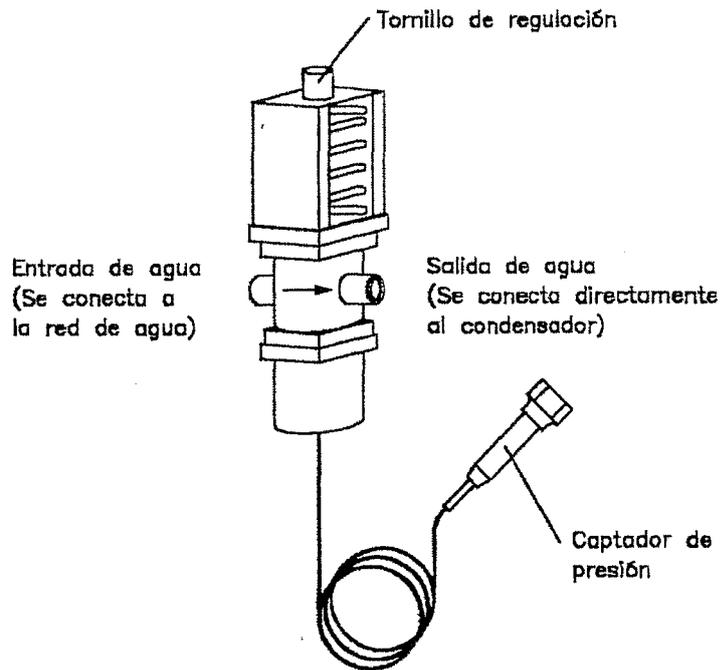
Cuando ésta alcanza el valor de ajuste del regulador, éste se abre y la inyección de vapor a alta presión en la tubería de aspiración provoca de esta forma por “by-pass” la elevación de la presión de aspiración y la consiguiente reducción de la potencia frigorífica del compresor.

El regulador cierra cuando la presión de aspiración se eleva por encima del valor de ajuste del resorte de regulación.

14.5. VALVULA PRESOSTATICA PARA LA CONDENSACIÓN CON AGUA

Estas válvulas son de utilización exclusiva y necesaria en equipos de condensación por agua. Es una válvula de accionamiento mecánico que consta de cuerpo de válvula y un captador de presión unido al cuerpo de la válvula por medio de un tubo capilar. El captador de presión se instala directamente a través de una válvula obús o una " T " de derivación en el tubo de descarga del compresor.

La función de la válvula es la de dejar paso o cortar el agua de refrigeración del condensador según la presión de alta, y de esta forma economizar su gasto.

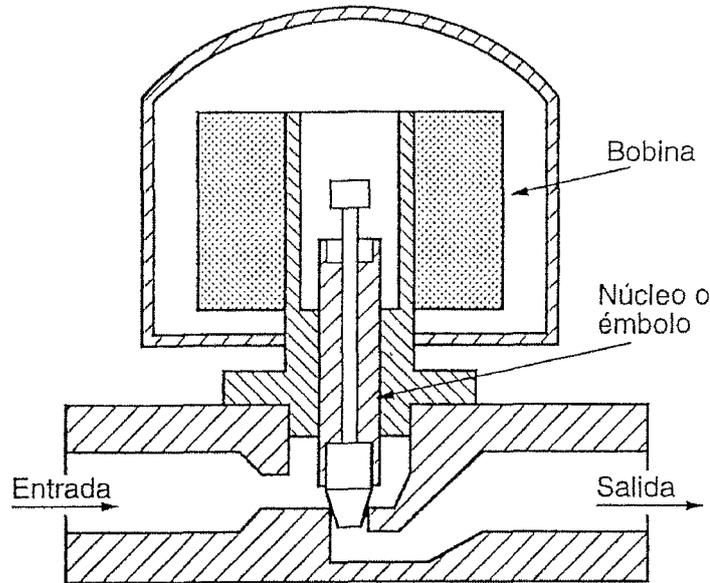


Cuando la presión de alta sube hasta llegar a un determinado valor ajustado por medio del tornillo de regulación, se abre la válvula en función de la presión captada refrigerando el condensador.

Cuando está desconectado el compresor, la presión detectada será inferior a la de regulación, cerrándose automáticamente el paso de agua.

14.6. VALVULAS SOLENOIDE

Este tipo de válvula consta de una bobina electromagnética cuyo núcleo móvil incorpora en un extremo al vástago y punzón que abre o cierra el paso de refrigerante. Al alimentar eléctricamente a la solenoide, ésta atraerá al núcleo con su vástago, separando el punzón de su asiento dando paso así al refrigerante.



Cuando la bobina no está alimentada eléctricamente el núcleo cae y el punzón cierra dicho paso, esto siempre y cuando la válvula solenoide sea del tipo normalmente cerrada (NC), que en realidad son las más empleadas en refrigeración.

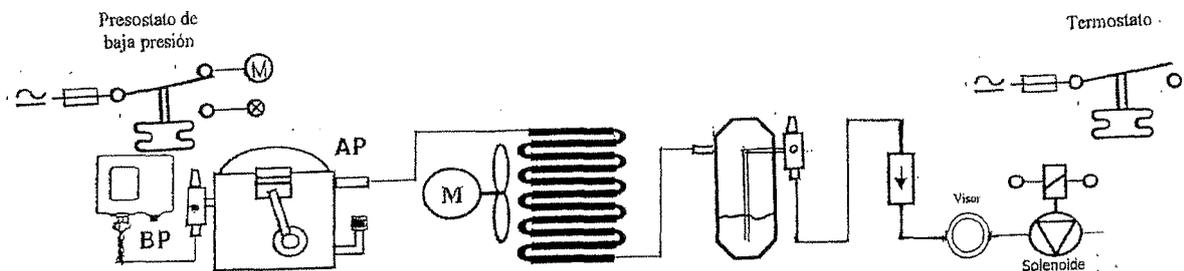
En el caso de que la válvula sea del tipo normalmente abierta (NA), su funcionamiento sería completamente al revés.

Montajes más usuales

Uno de los montajes más normalizados es para el control de instalaciones equipadas con un solo compresor que monta a varios evaporadores instalados en diferentes recintos, y cada uno tiene que mantener una temperatura determinada.

Acostumbran a ir accionadas cada una por un termostato que de acuerdo con la temperatura deseada, conecta o desconecta la bobina magnética de la válvula abriendo o cerrando el paso de refrigerante al evaporador que necesite ser alimentado.

También se emplean para la recogida de refrigerante en la condensadora antes de cada parada que efectúa la instalación por termostato, evitando de esta forma la aspiración de líquido en los arranques del compresor. En tal caso se alimenta la bobina de la válvula a través del termostato instalado en serie con una de las líneas de alimentación a la bobina, formando un circuito eléctrico independiente.



Una vez conseguida la temperatura en el recinto, el termostato abre sus contactos interrumpiendo la alimentación eléctrica de la bobina y la válvula corta el paso de refrigerante hacia el evaporador.

La alimentación eléctrica al compresor se realiza a través de un presostato de baja presión conectado también en serie con unas de las líneas de alimentación, formando otro circuito eléctrico independiente al de la bobina.

Cuando el termostato detecte la temperatura de corte a la que ha sido regulado, abrirá sus contactos eléctricos, dejando sin alimentación a la bobina de la válvula cerrando ésta el paso de refrigerante en la línea de líquido.

El compresor seguirá en marcha aspirando el refrigerante existente en el evaporador, hasta que la presión en la zona de baja llegue al valor al que se ha ajustado el presostato, a partir de este valor abrirá sus contactos parando el funcionamiento del compresor.

Cuando el termostato cierre otra vez contacto pidiendo frío, alimentará eléctricamente a la bobina de la válvula abriendo ésta el paso de refrigerante hacia la zona de baja presión, pero manteniéndose el motor parado, solo cuando el presostato detecte la presión de arranque a la que ha sido ajustado moverá sus contactos para la nueva puesta en marcha del motocompresor.

También se emplean válvulas solenoides de dos vías para el desescarche de evaporadores a través del gas caliente procedente de la descarga del compresor, inyectándolo durante la apertura de la válvula entre la salida de la expansión y la entrada del evaporador. Este montaje lo encontraremos normalmente en máquinas fabricadoras de cubitos de hielo de pequeña potencia y cámaras de refrigeración o congelación.

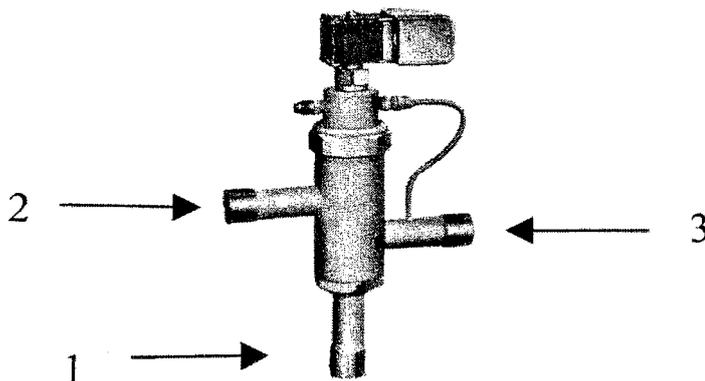
En instalaciones grandes podremos encontrar instaladas válvulas solenoides de tres vías para el desescarche de evaporadores con gas caliente.

14. Valvulería. Válvulas reguladoras y solenoides

El funcionamiento de estas válvulas normalmente se realiza a través de un reloj ó temporizador de desescarce. Su instalación es especialmente indicada en plantas que instalen compresores en paralelo, ó centrales con la aspiración común, donde sea posible el trasiego de gas de compresión de un sistema en marcha, hacia un evaporador que precise desescarce.

Funcionamiento:

- Ciclo normal con la bobina en reposo comunica las bocas 1 - 2
- Con la bobina excitada la boca 2 queda incomunicada dentro de la válvula, y al mismo tiempo el gas que entra a presión a la válvula por la conexión inferior, es enviado por la conexión intermedia hacia el evaporador por la propia línea de aspiración.

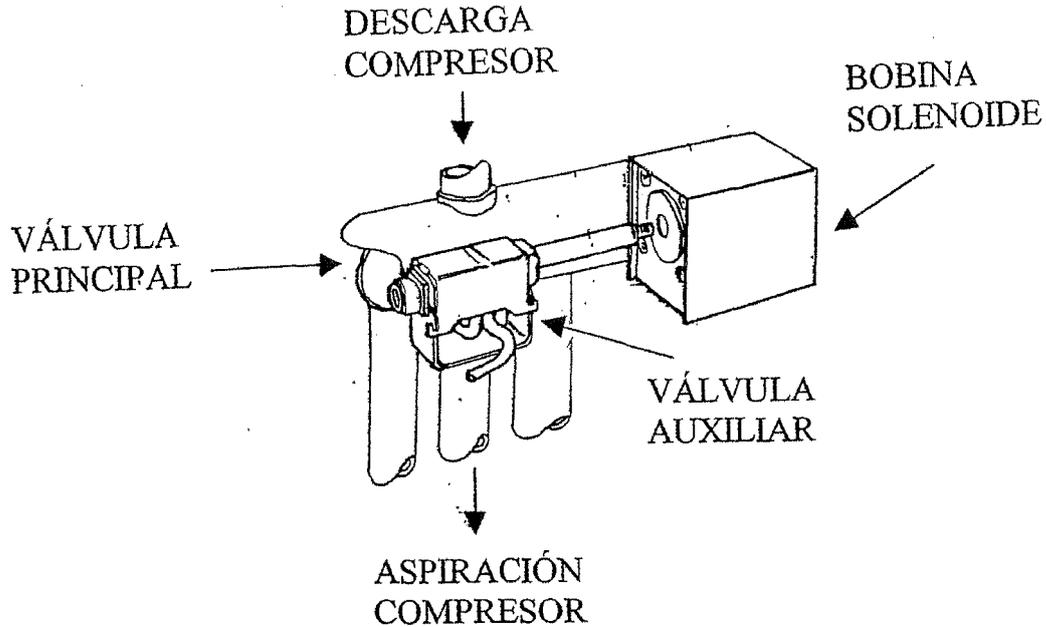


También suelen utilizarse para alternar la descarga de gas caliente a condensar, desde el condensador de uso normal, hacia otro auxiliar o viceversa

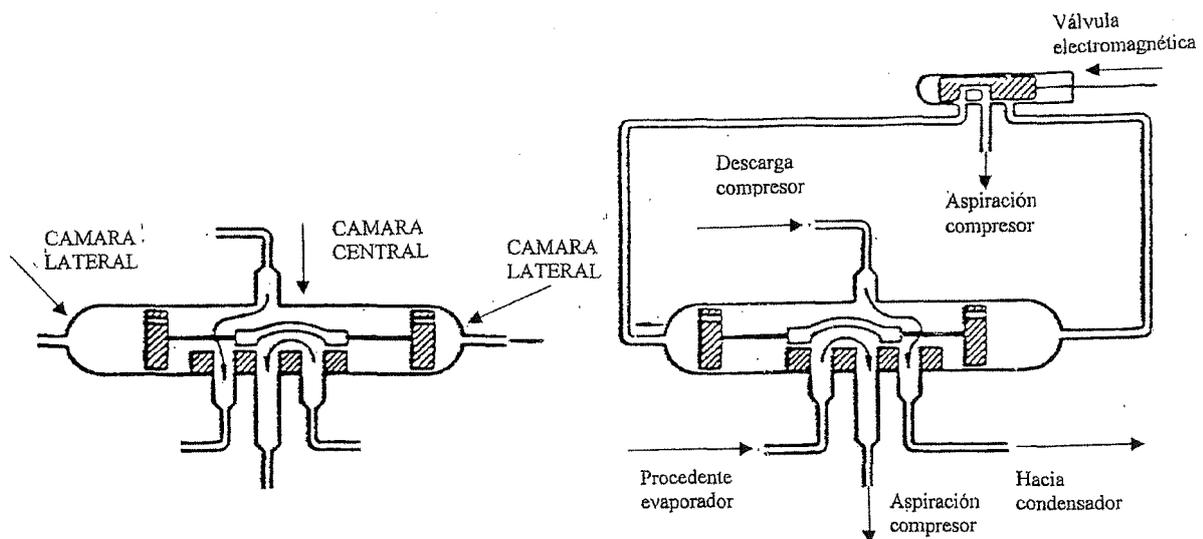
14.7. VALVULAS DE 4 VIAS (Válvula inversora en bombas de calor)

La inversión de ciclo en las bombas de calor se obtiene mediante una válvula de cuatro vías.

Su funcionamiento es controlado por una bobina solenoide que actúa sobre la válvula auxiliar de 3 vías montada en la válvula principal.



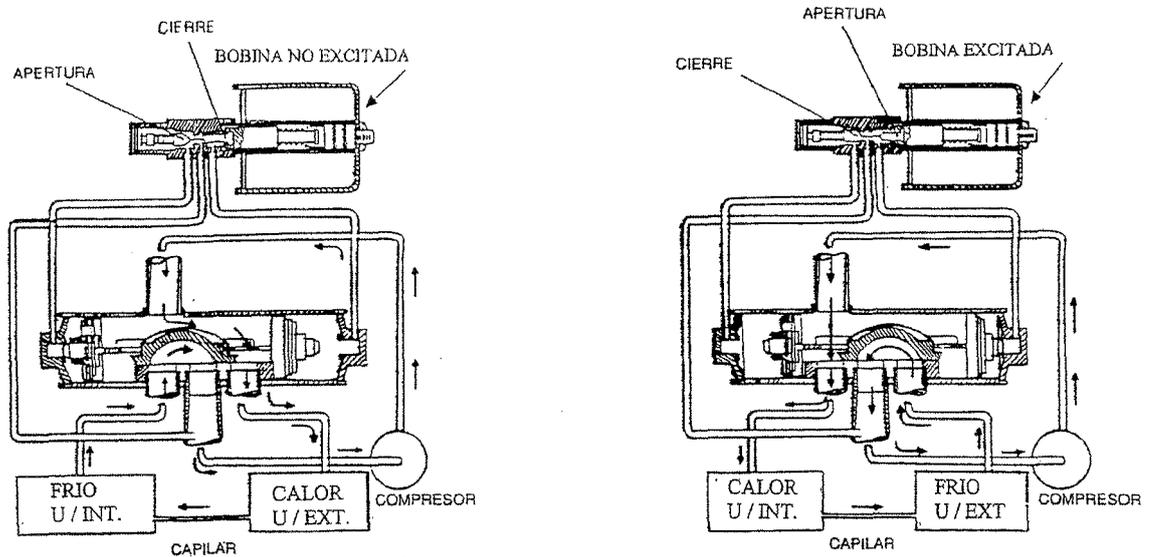
La válvula principal aloja en su interior a una corredera de desplazamiento horizontal que puede adoptar dos posiciones siendo accionada por presión diferencial, y pone en comunicación el conducto de impulsión del compresor (calor) con la unidad exterior en verano ó con la unidad interior en invierno, produciendo frío en la otra unidad.



14. Valvulería. Válvulas reguladoras y solenoides

En la válvula principal hay alojado un doble pistón que delimita tres cámaras. La cámara central siempre está alimentada con gases a alta presión que provienen de la descarga del compresor.

Las cámaras laterales también están alimentadas a alta presión debido a que en los pistones laterales hay un pequeño orificio que les comunica con la cámara central.



A través de la alimentación eléctrica ó no de la solenoide, una u otra de las cámaras laterales de la válvula principal se pone en contacto con la aspiración del compresor.

En este momento el caudal de gas a alta presión que pasa a través del pequeño orificio (que la mantenía a alta presión), es menor que la presión existente en la otra cámara lateral, y entonces el doble pistón se desplaza hacia la cámara de menor presión, modificando la boca de llegada del refrigerante que tiene que alimentar a la boca central de la válvula conectada a la aspiración del compresor.

15 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

PRINCIPIOS DE QUÍMICA APLICADOS A LA REFRIGERACIÓN

15.1 QUÉ ES LA QUÍMICA

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN :

Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

A título comparativo podemos decir que con las letras del alfabeto pueden formarse centenares de miles de palabras. De la misma manera, los millones de compuestos químicos resultan de la combinación de solo 98 materiales básicos llamados "elementos". Un elemento es una sustancia que no puede descomponerse por medios químicos ordinarios, y un átomo es la menor porción posible de un elemento.

La química trata del estudio de la composición, estructura y propiedades de las sustancias materiales y de sus interacciones. Son muchos los conceptos en los que la química está implicada, pero trataremos de forma básica, los implicados especialmente en el campo de la termodinámica.

Uno de estos conceptos es la energía, que se considera en ocasiones como la capacidad para realizar trabajo, y sin embargo es mucho más que eso, es la base fundamental para los cambios dinámicos de nuestro medio ambiente.

Una forma de energía que experimentamos con frecuencia en el medio ambiente es el calor. Como ya sabemos el calor de un cuerpo se debe fundamentalmente al resultado del movimiento de las diminutas partículas constituyentes del cuerpo.

Las reacciones químicas son procesos en los cuales ciertas sustancias se transforman en otras. Las reacciones que liberan energía se llaman reacciones **exotérmicas**, y las que absorben calor **endotérmicas**, y se indican mediante fórmulas.

15.2. SUSTANCIAS HOMOGÉNEAS Y HETEROGÉNEAS

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

Hay sustancias naturales en las que a simple vista (o mejor todavía con la ayuda de una lupa) distinguimos partes diferentes, por ejemplo en la roca llamada "granito" podemos observar unas plaquitas brillantes que corresponden a un mineral llamado "mica", y otras partes diferentes que son el "feldespato" en forma de cristales alargados y el "cuarzo" en masas grises. El "granito" es una sustancia **heterogénea**.

Por el contrario, si observamos de la misma manera un recipiente transparente conteniendo agua filtrada, no podemos distinguir partes diferentes. Si a un litro de agua filtrada le agregamos 10 ó 12 gramos de azúcar y agitamos hasta que éste se haya disuelto, a simple vista (o con la lupa) nos es imposible distinguir partes o porciones distintas, por lo que tanto el agua como el agua azucarada, son sustancias **homogéneas**.

Llegamos a estas conclusiones empleando exclusivamente un criterio óptico. Podríamos confirmarlo, tomando diversas muestras de agua azucarada y comprobando que todas ellas tienen la misma densidad, el mismo punto de congelación, de ebullición etc.

Toda sustancia **heterogénea** es una **mezcla** en la que podremos distinguir diversas partes, que se podrán separar empleando métodos adecuados.

Pero téngase en cuenta que una sustancia homogénea también puede ser una mezcla, es el caso del agua azucarada, de aspecto homogéneo pero en la que podríamos separar el agua del azúcar por evaporación de la primera.

Una **mezcla**, es una sustancia que se puede fraccionar en cuerpos diferentes (utilizando medios puramente físicos), los cuales por simple reunión pueden reconstruir el cuerpo primitivo.

15.3. NOCIÓN DE CUERPO PURO

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN:

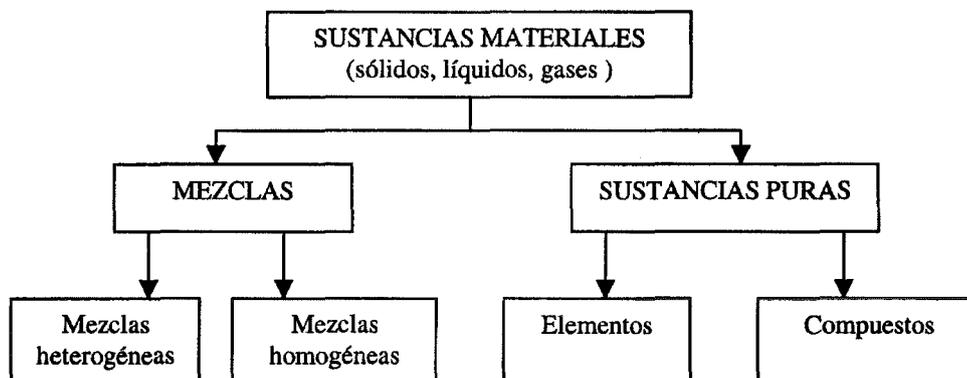
Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

Decimos que un cuerpo es **puro**, cuando sus constantes físicas (como puntos de fusión, de ebullición, densidad, índice de refracción, conductividad eléctrica, etc.) permanecen idénticas cualquiera que sea la cantidad que tomemos para ensayarlos.

A su vez los cuerpos **puros**, se subdividen en **simples y compuestos**.

Los cuerpos **puros simples** o “elementos químicos” son porciones materiales que no tienen más que una clase de materia idéntica para cada uno de ellos, y diferente la de cada uno, de la de los demás.

Las sustancias **puras compuestas** o “combinaciones químicas” las podemos definir como “la unión de dos o más cuerpos simples, dando lugar a otro en el cual, ni se distinguen ni se pueden separar los componentes por medios puramente físicos”.



El oxígeno, el hidrógeno, el oro son cuerpos simples, el agua es un cuerpo compuesto.

Varios filósofos de la antigua Grecia observando algunos fenómenos naturales, y llegaron a la conclusión de que la materia era discontinua, teniendo por tanto un límite de divisibilidad.

Si un "cuerpo simple" por ejemplo la plata, pudiéramos dividirlo indefinidamente en porciones cada vez más pequeñas, llegaríamos a un grado de división tal, que las partículas que obtuviésemos dejarían de tener las propiedades que caracterizan al "cuerpo simple o elemento químico plata".

15.4. ÁTOMO Y MOLÉCULA

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

Habrá que recordar, que la molécula es la partícula estable más pequeña de materia en la cual una sustancia particular puede ser subdividida y conservar la identidad de la sustancia original.

El **átomo** (del griego: indivisible) es la parte más pequeña de materia que puede tomar una reacción química. Muchas moléculas se pueden dividir en partes más pequeñas llamadas átomos. La molécula puede estar formada por uno o varios átomos.

El criterio de átomo, como partícula final e indivisible de la materia, empezó a sufrir modificaciones al principio del siglo XX.

En el centro de un átomo hay un núcleo con cargas eléctricas positivas. A su alrededor giran electrones con cargas eléctricas negativas. El núcleo es mucho más pequeño que el átomo, su diámetro es de unas 20.000 veces menor que el de éste, o sea, que el átomo esta casi vacío.

Pero la fantástica velocidad de los electrones y sus continuos cambios de trayectoria hacen que formen una especie de capa continua alrededor del núcleo. Hay que tener en cuenta que cada segundo un electrón recorre miles de kilómetros y da miles de billones de vueltas.

En un átomo normal, las cargas negativas de los electrones se equilibran con las cargas positivas de otros tantos protones del núcleo. Hay pues, igual cantidad de electrones que de protones. El número de protones del núcleo es el número atómico del elemento.

Las órbitas electrónicas se disponen en series de capas. La interior no puede contener más de dos electrones, la segunda no más de ocho. De las siguientes se desarrollaran más adelante.

El hecho de que una capa esté o no completa es fundamental, porque todos los cambios químicos ordinarios dependen de la disposición y el movimiento de los electrones periféricos.

Es el número de electrones de la órbita exterior, quien decide la naturaleza química del elemento.

El protón tiene carga positiva y masa. El electrón tiene una carga negativa equivalente, pero su masa es despreciable (unas 1.800 veces menor que la del protón). En el núcleo hay otro elemento, el neutrón, sin carga pero con masa igual a la del protón. El neutrón es responsable, de que un elemento con un número atómico doble del otro no tenga siempre un peso doble. La presencia de más o menos neutrones en el núcleo no cambia sin embargo la naturaleza química del elemento.

Así podemos decir que el átomo es como un pequeñísimo mundo solar formado por **núcleo y corteza**.

El **núcleo** está compuesto por:

Protones (partículas de carga positiva y masa que se toma como unidad).

Neutrones (partículas sin carga eléctrica y masa unidad)

Corteza.

En ella existen solo **electrones** (partículas de carga negativa y masa despreciable)

15.5. SUSTANCIAS SIMPLES (Nombre y símbolo)

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

A las sustancias primordiales, constituyentes del mundo material se las llama también “cuerpos simples” o mejor “elementos químicos”.

A pesar de que los objetos que nos rodean y que nosotros contemplamos son de una variedad grandísima, todos ellos están formados por la asociación de estos cuerpos simples cuyo número no es muy grande, pues como se ha expuesto anteriormente solamente son 98 los elementos naturales.

Cada uno de ellos tiene su nombre y para la representación escrita de estos cuerpos simples utilizamos la primera letra de su nombre vulgar, latíno o griego. Cuando varios elementos tienen la misma letra inicial, se coloca a continuación otra letra para diferenciarlos.

Ejemplos: Nitrógeno – N, Oxígeno – O, Sodio – Na (Natrium), Carbono – C, Calcio – Ca.

Los nombres recuerdan, a veces, alguna propiedad del elemento.

Ejemplos: Bromo – Br (bromos – mal olor), Cloro – Cl (cloros – verde amarillento), Hidrógeno – H (hidro – agua, gennao – engendrar).

Otras veces recuerdan la nación donde fueron descubiertos, por ejemplo:

Galio – Ga (Francia), Germanio – Ge (Alemania).

De los 98 elementos naturales conocidos, no todos tienen la misma importancia (desde el punto de vista de sus aplicaciones), ni se encuentran repartidos con igual abundancia en la parte conocida de la corteza terrestre, ocho de ellos constituyen la casi totalidad de ella distribuidos de la siguiente manera:

PRESENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN LA CORTEZA TERRESTRE

| NOMBRE | % | NOMBRE | % |
|----------|-------|----------|------|
| Oxígeno | 48,42 | Calcio | 3,39 |
| Silicio | 25,75 | Sodio | 2,64 |
| Aluminio | 7,51 | Potasio | 2,40 |
| Hierro | 4,70 | Magnesio | 1,94 |

Por lo tanto, entre los elementos restantes se distribuye el dos por ciento de la corteza terrestre.

EJEMPLOS, FÓRMULAS Y/O PRIMEROS CÁLCULOS.

La molécula de butano C_4H_{10} , está compuesta por 4 átomos de carbono y 10 átomos de hidrógeno.

La molécula de hierro Fe , está compuesta por un único átomo.

La molécula de hidrógeno H_2 , está compuesta por dos átomos.

15.6. MASA ATÓMICA (Concepto de peso atómico)**OBJETO DE ESTUDIO :**

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN :

Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

Dada la extraordinaria pequeñez de los átomos, es imposible pesar un átomo aislado. Por esto se elige un número determinado de ellos lo suficientemente grande, para que se pueda pesar cómodamente.

El número de átomos que se toman es el llamado de **Avogadro** y son :

$6,023 \times 10^{23}$ átomos del cuerpo simple oxígeno, que pesan 16 gramos.

El mismo número de átomos del cuerpo simple hidrógeno pesan 1,0081 gramos.

Como unidad de masa atómica se suele tomar la del hidrógeno por ser la más pequeña.

Las masas atómicas más comunes son :

HIDRÓGENO (H) = 1,01

CARBONO (C) = 12,01

OXÍGENO (O) = 16,00

NITRÓGENO (N) = 14,01

La masa molecular de una sustancia, es la suma de las masas atómicas de los átomos que forman la molécula, siendo las masas moleculares más comunes:

| | | | |
|----------------------------|-------------|---------------------------------------|--------------|
| Hidrógeno | H_2 | $1,01 \times 2$ | 2,02 |
| Agua | H_2O | $(1,01 \times 2) + (16,00)$ | 18,02 |
| Nitrógeno | N_2 | $14,01 \times 2$ | 28,02 |
| Oxígeno | O_2 | $16,00 \times 2$ | 32,00 |
| Anhídrido Carbónico | CO_2 | $(12,01 \times 1) + (16,00 \times 2)$ | 44,01 |
| Monóxido de Carbono | CO | $(12,01 \times 1) + (16,00 \times 1)$ | 28,01 |
| Metano | CH_4 | $(12,01 \times 1) + (1,01 \times 4)$ | 16,05 |
| Etano | C_2H_6 | $(12,01 \times 2) + (1,01 \times 6)$ | 30,08 |
| Propano | C_3H_8 | $(12,01 \times 3) + (1,01 \times 8)$ | 44,01 |
| Butano | C_4H_{10} | $(12,01 \times 4) + (1,01 \times 10)$ | 58,14 |
| Carbono | C_2 | $12,01 \times 2$ | 24,02 |
| Aire | ----- | | 29,00 aprox. |

El **mol**, es la cantidad en gramos de un gas igual a su masa molecular. El mol ocupa 0,0224 m³ en condiciones normales (condiciones normales: 0 °C y 1.013,25 mbar) por ejemplo los 32 gramos de oxígeno ocupan 22,4 dm³.

EJEMPLOS, FÓRMULAS Y/O PRIMEROS CÁLCULOS

Tomemos como ejemplo el refrigerante del 3^{er} grupo R - 600, (C₄ H₁₀) gas butano.

| Comp. | Fórmula | Masa | Mol | Mol | Moléculas |
|--------|--------------------------------|-----------|-------------|----------------------|------------------------|
| | | molecular | (masa gr.) | (volumen lit). | (en un MOL) |
| Butano | C ₄ H ₁₀ | 58,14 | 58,14 | 22,4 dm ³ | 6,023x10 ²³ |

Por lo tanto la masa volumétrica será:

$$d = \frac{M}{V} = \frac{58,14 \text{ gr.}}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{0,05814 \text{ Kg.}}{0,0224 \text{ m}^3} = 2,595 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

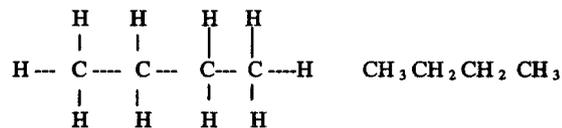
Siendo el volumen másico:

$$V = \frac{1}{d} = \frac{1}{2,595 \text{ Kg} / \text{m}^3} = 0,3853 \text{ m}^3 / \text{Kg}$$

la densidad respecto al aire será :

$$d = \frac{\text{butano}}{\text{aire}} = \frac{2,595 \text{ Kg} / \text{m}^3}{1,293 \text{ Kg} / \text{m}^3} = 2,009$$

El butano, gas refrigerante del tercer grupo, pertenece a los de baja seguridad, también se puede representar la fórmula (C₄ H₁₀) de la siguiente forma:



15.7. LA VALENCIA COMO CAPACIDAD DE COMBINACIÓN

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

Los átomos de los cuerpos simples, se usan entre sí para dar lugar a cuerpos compuestos ó “combinaciones químicas”. Pero estos átomos no se unen entre sí de una manera arbitraria, sino que entre ellos se establecen relaciones de “combinación” sencillas.

Hay un cuerpo simple (el hidrógeno) que es el que nos sirve como término de comparación.

Si un átomo de un cuerpo simple se combina con un solo átomo de hidrógeno, decimos que el cuerpo es “monovalente”

Ejemplo:

Cl H (gas clorhídrico). Por cada átomo de H entra otro de Cl, por lo que el cloro es “monovalente”.

Si por cada átomo del cuerpo entran dos de H aquél es “bivalente”.

Ejemplo :

H 2 O (agua). El oxígeno es “bivalente”

De esta misma forma podemos seguir clasificándolos en trivalentes (por ej. Nitrógeno), tetravalentes (Carbono), etc.

15.8. REACCIONES QUÍMICAS

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

Una reacción química consiste en la rotura de las moléculas de los cuerpos reaccionantes, para dar lugar con los átomos liberados, a otra distinta agrupación que formará las moléculas de los nuevos cuerpos producidos.

Bajo la denominación común de **Halógenos**, se conocen los metaloides fluor, cloro, bromo y yodo, que presentan propiedades semejantes, constituyendo una familia de cuerpos simples claramente definida.

Debido a la gran actividad que tienen para reaccionar, no se presentan libres en la Naturaleza, sino solamente en forma de combinaciones. Todos ellos son monovalentes con relación al hidrógeno, con el cual se combinan para dar los hidrácidos respectivos.

15.9. DENOMINACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

De acuerdo con lo que establece el artículo 11 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, los refrigerantes se denominarán o expresarán por su fórmula o denominación química, o si procede, por su denominación simbólica numérica, no siendo suficiente, en ningún caso, su nombre comercial.

Nomenclatura simbólica numérica

A efectos de lo dispuesto en el apartado anterior, se establece la siguiente nomenclatura simbólica numérica :

Los refrigerantes podrán expresarse en lugar de hacerlo por su fórmula o por su denominación química, mediante la denominación simbólica numérica adoptada internacionalmente y que se detalla seguidamente.

La denominación simbólica numérica de un refrigerante se establecerá a partir de su fórmula química, consistiendo en una expresión numérica en la que :

— La primera cifra de la derecha, en los compuestos que carezcan de bromo, indicará el número de átomos de fluor de su molécula.

— A la izquierda de la anterior se indicará con otra cifra el número de átomos de hidrógeno de su molécula más uno.

— A la izquierda de la anterior se indicará con otra cifra el número de átomos de carbono de su molécula menos uno. Si resulta cero no se indicará.

— El resto de los enlaces se completará con átomos de cloro.

— Si la molécula contiene átomos de bromo se procederá de la manera indicada hasta aquí, añadiendo luego a la derecha una B mayúscula, seguida del número de dichos átomos.

— En los compuestos isómeros, el más simétrico (en pesos atómicos) se indicará sin letra alguna a continuación de los números. Al aumentar la asimetría se colocarán las letras a, b, c, etc.

— Los compuestos no saturados seguirán las letras anteriores, anteponiendo el número 1 como cuarta cifra, contada desde la derecha.

— Los azeótropos o mezclas determinadas de refrigerantes se expresaran mediante las denominaciones de sus componentes, intercalando entre paréntesis, el porcentaje en peso correspondiente a cada uno. Los azeótropos también pueden designarse por un número de la serie 500 completamente arbitrario.

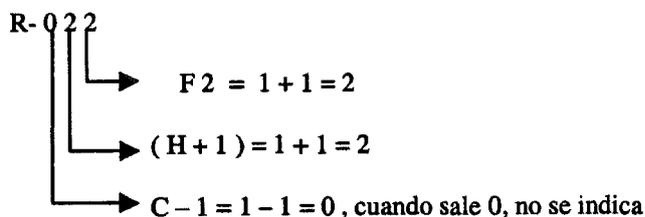
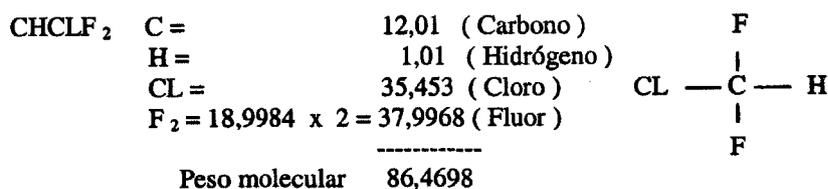
— Los números de identificación de los refrigerantes de los compuestos inorgánicos se obtienen añadiendo a 700 los pesos moleculares de los compuestos.

— Cuando dos o más refrigerantes inorgánicos tienen los mismos pesos moleculares se utilizan las letras A, B, C, etc. , para distinguirlos entre ellos.

EJEMPLOS Y PRIMEROS CÁLCULOS

De lo comentado tomemos como ejemplo el R - 22.

- . R - 22 . Nombre químico MONOCLORODIFLUORMETANO
- . Pertenece al grupo HCFC (HIDROCLOROFLUOROCARBONO)
- . Fórmula química CHCLF₂
- . Peso molecular 86,47



Por lo que queda R - 22, como se le conoce.

15.10. GRUPOS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN EL GRADO DE SEGURIDAD

OBJETO DE ESTUDIO:

Conocer las diferentes composiciones y principales características de los fluidos refrigerantes.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Determinar la posible miscibilidad entre diferentes refrigerantes, y los aceites lubricantes.

A efectos de lo dispuesto en el artículo 2 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, los refrigerantes se clasifican en tres grupos, que se detallan en la tabla I.

TABLA I
CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

| N° identificación del refrigerante | Nombre químico | Fórmula química | Peso molecular en gramos | Punto de ebullición en °C a 1,013 bar |
|--|-------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------------|
| Grupo primero: Refrigerantes de alta seguridad | | | | |
| R-11 | Triclorofluorometano | CCl_2F | 137,4 | 23,8 |
| R-12 | Diclorodifluorometano | CCl_2F_2 | 120,9 | - 29,8 |
| R-13 | Clorotrifluorometano | CClF_3 | 104,5 | - 81,5 |
| R-13B1 | Bromotrifluorometano | CBrF_3 | 148,9 | - 58 |
| R-14 | Tetrafluoruro de carbono | CF_4 | 88 | - 128 |
| R-21 | Diclorofluorometano | CHCl_2F | 102,9 | 8,92 |
| R-22 | Clorodifluorometano | CHClF_2 | 86,5 | - 40,8 |
| R-113 | 1,1,2-Triclorotrifluoretano | $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$ | 187,4 | 47,7 |
| R-114 | 1,2-Diclorotetrafluoretano | $\text{CClF}_2\text{CClF}_2$ | 170,9 | 3,5 |
| R-115 | Cloropentafluoretano | CClF_2CF_2 | 154,5 | - 38,7 |
| R-C318 | Octofluorciclobutano | C_4F_8 | 200 | - 5,9 |
| R-500 | R-12(73,8%) + R-152-a (26,2%) | $\text{CCl}_2\text{F}_2 / \text{CH}_3\text{CHF}_2$ | 99,29 | - 28 |
| R-502 | R-22 (48,8%) + R-115 (51,2%) | $\text{CHClF}_2 / \text{CClF}_2\text{CF}_3$ | 112 | - 45,6 |
| R-744 | Anhídrido carbónico | CO_2 | 44 | -78,5 |
| Grupo segundo: Refrigerantes de media seguridad | | | | |
| R-30 | Cloruro de metileno | CH_2Cl_2 | 84,9 | 40,1 |
| R-40 | Cloruro de metilo | CH_2Cl | 50,5 | -24 |
| R-160 | Cloruro de etilo | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ | 64,5 | 12,5 |
| R-611 | Formiato de metilo | HCOOCH_2 | 60 | 31,2 |
| R-717 | Amoníaco | NH_3 | 17 | -33 |
| R-764 | Anhídrido sulfuroso | SO_2 | 64 | - 10 |
| R-1130 | 1,2-Dicloroetileno | $\text{CHCl} = \text{CHCl}$ | 96,9 | 48,5 |
| Grupo tercero: Refrigerantes de baja seguridad | | | | |
| R-170 | Etano | CH_3CH_3 | 30 | - 88,6 |
| R-290 | Propano | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ | 44 | - 42,8 |
| R-600 | Butano | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ | 58,1 | 0,5 |
| R-600-a | Isobutano | $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$ | 58,1 | - 10,2 |
| R-1150 | Etileno | $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ | 28 | -103,7 |

16 FLUIDOS REFRIGERANTES

GASES REFRIGERANTES MÁS COMUNES Y TIPOS DE ENVASES

16.1. PROPIEDADES GENERALES DE LOS REFRIGERANTES

Para obtener una refrigeración óptima, todo refrigerante debe reunir en el mayor grado posible las siguientes cualidades:

1° **Calor latente de evaporación.**- El numero de calorías a absorber en su ebullición ha de ser muy elevado, a fin de emplear la menor cantidad posible de refrigerante en el proceso de evaporación, para obtener una temperatura determinada y permitir el diseño de aparatos con dimensiones más reducidas.

2° **Punto de ebullición.**- Deberá ser siempre inferior a la temperatura que se quiera mantener en el recinto refrigerado.

3° **Temperatura y presiones de condensación.**- Deberán de ser bajas para condensar con facilidad a las presiones de trabajo normales y a las temperaturas usuales del medio que se utilice (bien sea aire o agua).

4° **Volumen específico del refrigerante evaporado.**- Es el espacio que ocupa el refrigerante en estado de vapor, el cual a de procurarse sea lo mas reducido posible.

5° **Temperatura y presión crítica.**- Todos los refrigerantes tienen un punto en que no condensan por grande que sea la presión que se les aplique, a esta temperatura se llama punto crítico, y la presión correspondiente a dicha temperatura se llama presión crítica, por consiguiente resulta necesario que dicho punto crítico sea bien alto.

6° **Efecto sobre el aceite lubricante.**- Todos los compresores requieren lubricación, por lo que la naturaleza del refrigerante no ha de afectar a la del aceite empleado.

7° **Propiedad de inflamación o explosión.**- Es muy conveniente que no sean inflamables ni explosivos.

8° **Acción sobre los metales.**- No deben atacar a los metales empleados en la instalación.

9° **Propiedades tóxicas.**- No deben ser en modo alguno tóxicos, y por consiguiente no han de resultar nocivos para el cuerpo humano.

10° **Facilidad de localización en las fugas.**- Es muy interesante que por su composición resulten de fácil localización en las fugas que se produzcan en el sistema.

11° **No contribuir al deterioro de la capa de ozono y no influenciar en el calentamiento global de la Tierra**

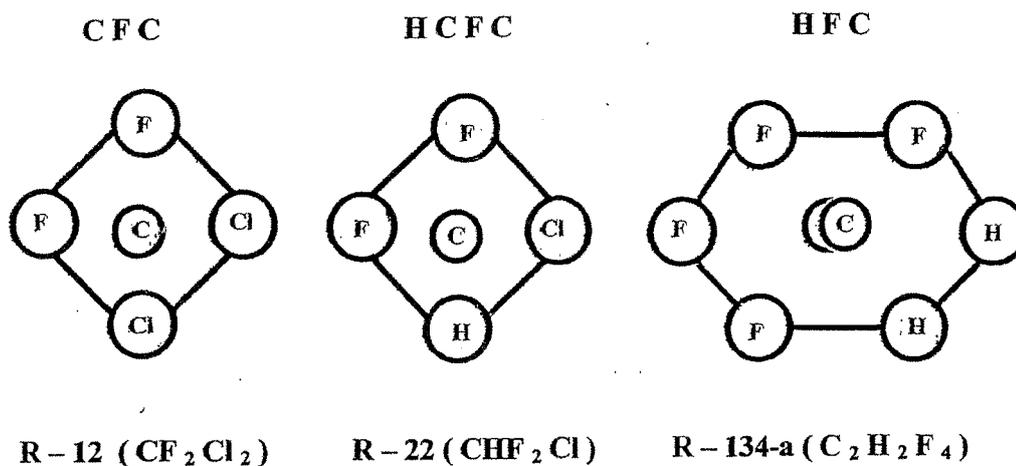
16.2. CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

Los refrigerantes orgánicos se clasifican según su composición en:

CFC's: Contienen Cloro, Fluor y Carbono (R-11 , R-12, etc.)

HCFC's: Contienen Hidrógeno, Cloro, Fluor, y Carbono (R-22, R-123, R-124, etc.)

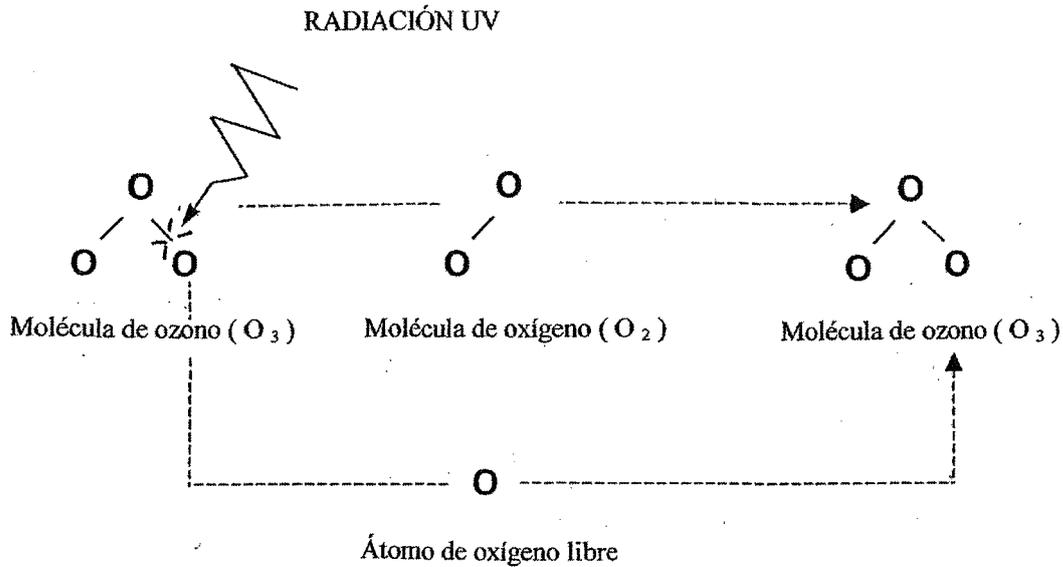
HFC's: Contienen Hidrógeno, Fluor y Carbono (R-134-a, R-125, R-23, R-32, R-152-a, R-143-a , etc.)



16.3. PROCESO DE DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO

La capa de ozono se encuentra en la estratosfera a una altura entre 15 y 35 Km. de la superficie terrestre. La importancia de la capa de Ozono es que filtra cierta cantidad de la radiación ultravioleta que de otra forma alcanzaría la superficie terrestre.

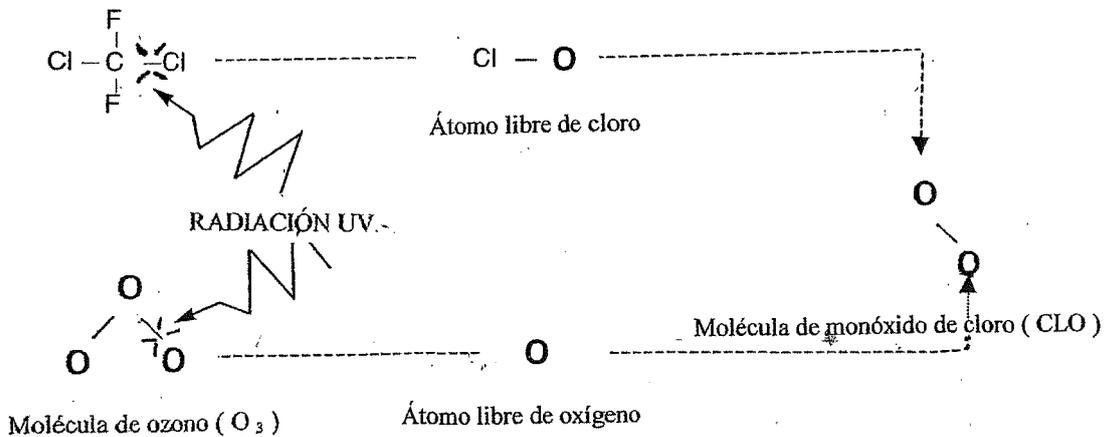
Esta radiación ultravioleta proporciona energía suficiente para romper la molécula de Ozono, formada por tres átomos de Oxígeno (O_3). De esta forma se genera un átomo de oxígeno libre (O) y una molécula de oxígeno (O_2).



Este proceso no reviste ninguna gravedad puesto que el oxígeno libre al perder el exceso de energía, se vuelve a unir con otra molécula de (O_2) y se vuelve a generar ozono (O_3)

Los CFC's son estables en la atmósfera baja (troposfera), pero en la estratosfera donde está la capa de ozono se rompen las moléculas por acción de la luz solar.

Como se puede observar en la figura, la radiación ultravioleta, aparte de romper la molécula de ozono, también rompe la molécula de R-12 (CF_2Cl_2) y produce un átomo libre de Cloro y deja (CF_2Cl)



El átomo libre de Cloro es el que reacciona con el átomo libre de Oxígeno formando Monóxido de Cloro (ClO), y ya no permite que el O_2 vuelva a encontrar átomos libres de Oxígeno para volver a generar Ozono.

La falta de ozono elimina la capacidad de absorción de radiación ultravioleta, y se va destruyendo el filtro que nos protege de dicha radiación.

La capacidad destructiva del ozono se mide según el ODP (Ozone Depletion Potencial), en relación con el R-12 que se toma como referencia, con valor 1.

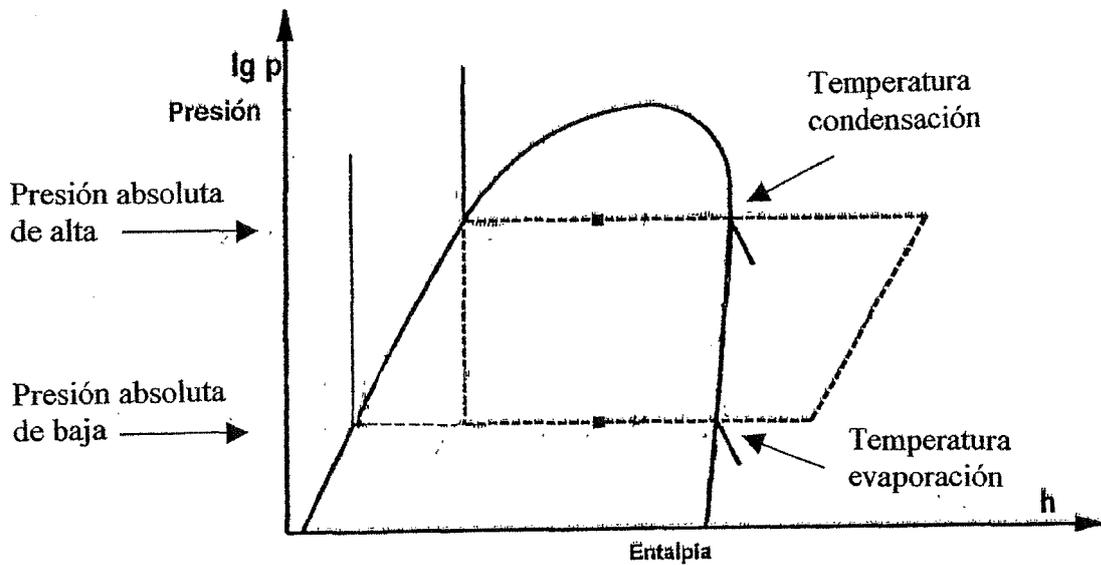
Con los HCFC's (como el R-22) el proceso es menor, puesto que al sustituir átomos de Cloro por Hidrógeno, habrá menos Cloro libre para asociarse con Oxígeno libre, facilitando la regeneración del ozono. El R-22 tiene ODP de 0,055 ; es decir, 18 veces menor que el R-12. En todo caso están en proceso de sustitución, por muchos problemas que plantea dicha sustitución.

Los HCF's son compuestos simples que no contienen cloro, por tanto no hay peligro para el ozono puesto que no contienen cloro, pero en principio son gases con efecto invernadero.

16.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES PUROS Y MEZCLAS

No hay ningún refrigerante ideal que cumpla con las normativas aplicables y no tenga ciertos inconvenientes (rendimiento, inflamabilidad, toxicidad etc .), por lo que hay que recurrir a mezclas para su utilización.

Refrigerantes puros: Tienen una diferencia de temperatura durante los cambios de estado de gas a líquido en el condensador, y de líquido a gas en el evaporador de 0 °C , o sea, que mientras se realiza la condensación o la evaporación del fluido, la temperatura a la cual se realiza es la misma tanto al principio como al final de la transformación, como sucede con los refrigerantes CFC-12, HCFC-22, HFC-134 -a.



Tipos de mezclas:

Mezcla azeotrópica: Los cambios de estado se realizan a temperatura constante sin cambiar la composición. Es decir, se comportan como sustancias puras (R- 502, R- 134-a.R-11 etc.).

Mezcla cuasi ó semi – azeotrópica: Se comportan de forma parecida a las azeotrópicas, es decir, la diferencia entre la temperatura de burbuja a la entrada del evaporador y la de rocío a la salida del evaporador, así como la diferencia entre la temperatura de rocío a la entrada del condensador, y la de burbuja al final del condensador es pequeña pero no llega a ser nula, (aproximadamente 2 °C).

Esa pequeña diferencia es la que se conoce como **deslizamiento de temperaturas o GLIDE**.

Mezcla zeotrópica: Es cuando durante la evaporación o la condensación del fluido, existe un deslizamiento de temperaturas entre el inicio y el final del proceso superior a 3 °C

Los semi-azeótropos y los zeótropos , ya que experimentan una variación de temperatura a partir del inicio de la vaporización o condensación del fluido refrigerante a presión constante hasta el final del cambio de fase, esta variación influirá entre otras en el ajuste del recalentamiento en las válvulas de expansión.

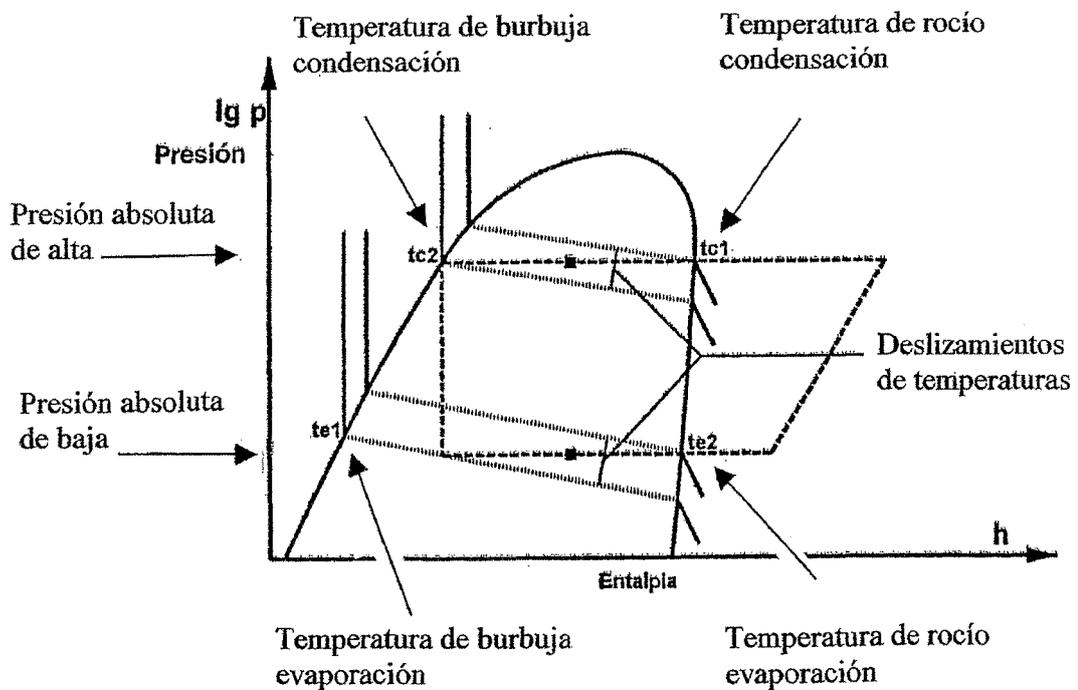
16.5. TEMPERATURA DE BURBUJA Y ROCIO EN REFRIGERANTES MEZCLA

En los refrigerantes puros ó azeótropos el vapor saturado tiene la misma composición que su fase líquida, o sea, entran en ebullición y también condensan a una temperatura constante correspondiente a la presión que se le aplica.

En los diagramas de presión temperatura para estos refrigerantes, las líneas de temperatura y presión dentro de la campana de líquido – vapor son paralelas

Para los refrigerantes zeótropos ó semiazeótropos, la composición del vapor saturado es diferente de la del líquido saturado, esto significa que según va progresando la evaporación, el título de vapor va incrementándose en el evaporador y la composición del líquido en ebullición cambia.

Este cambio de composición está asociado con un cambio (incremento) de temperatura en el punto de ebullición a una presión dada, de este modo durante el proceso de evaporación de estos refrigerantes a presión constante, hay un incremento de temperatura (GLIDE).



De forma inversa durante la condensación, según va descendiendo el título de vapor, hay un descenso en la temperatura de equilibrio de condensación para una presión constante dada, conociéndose como el deslizamiento de temperatura en el condensador.

Estos deslizamientos de temperatura varían según la composición de la mezcla y son diferentes para cada refrigerante.

En los diagramas de presión temperatura de los refrigerantes no azeótropos, veremos que para unas presiones constantes en la condensación y evaporación del fluido, tenemos dos líneas de temperaturas correspondientes al principio y final de cada cambio de fase.

Observando la figura veremos que la condensación se inicia a una temperatura más elevada que la que se tiene al final del proceso, tomando la temperatura de inicio el nombre de temperatura de rocío y la del final temperatura de burbuja.

Durante la evaporación veremos que la temperatura al inicio del proceso es inferior a la que se tiene al final, tomando la de inicio el nombre de temperatura de burbuja y temperatura de rocío la del final de la evaporación.

De todo lo expuesto sacaremos en conclusión que para la medición del recalentamiento en una instalación equipada con una mezcla no azeotrópica, tendremos que instalar el manómetro de baja y a través de la presión detectada conocer la temperatura de rocío en la evaporación, y a partir de ésta temperatura lograr el recalentamiento deseado según la instalación.

Para la medición del subenfriamiento del líquido, instalaremos el manómetro de alta presión y a través de la presión detectada tendremos que conocer la temperatura de burbuja en la condensación, y a partir de ésta temperatura medir los grados de subenfriamiento existente, según el punto de la instalación que se quiera comprobar.

Para conocer la temperatura de condensación efectiva, sacaremos el promedio entre las temperaturas de burbuja y rocío.

Para conocer la temperatura de evaporación efectiva, también tendremos que sacar el promedio de las temperaturas de burbuja y rocío, pero teniendo en cuenta que la temperatura de burbuja es la existente en la salida del elemento de expansión, ya que se tiene que tener en cuenta el título de vapor en este punto concreto.

16.6. MEZCLAS VOLUNTARIAS DE REFRIGERANTES

Las mezclas voluntarias de distintos refrigerantes no acostumbran a dar ningún resultado satisfactorio en el aspecto frigorífico, y en la mayoría de los casos pueden provocar situaciones desagradables en cuanto a la integridad física de las personas, debido a que gran parte de las mezclas existentes constan de refrigerantes altamente inflamables y que a la vez son explosivos.

Por ejemplo añadiendo refrigerante R-134-a, en una instalación funcionando con R-12, haría aumentar los niveles de presión iniciales (hasta un 30 % superiores), y muchos compresores no soportarían estos aumentos de presión, además su mezcla se traduciría en rendimientos volumétricos insuficientes y por tanto en consumos energéticos inaceptables. Las juntas variarían sus dimensiones, aumentando el porcentaje de fugas de refrigerante y provocando una falta de lubricación en el compresor que acabaría por deteriorarlo.

16.7. REFRIGERANTES PUROS HCFC's Y HFC's

Refrigerantes puros HCFC (Hidro - Cloro - Fluoro - Carbonos)

| | | |
|---------|-----------------------------------|------------|
| R - 22 | Punto de ebullición a 1.01325 bar | - 40,8 °C. |
| R - 123 | “ “ “ | +27,8 °C |
| R - 124 | “ “ “ | - 12,1 °C |

Refrigerantes puros HFC (Hidro - Fluoro - Carbono)

| | | |
|-----------|-----------------------------------|-----------|
| R - 23 | Punto de ebullición a 1.01325 bar | - 80 °C |
| R - 125 | “ “ “ | - 48,1 °C |
| R - 134-a | “ “ “ | - 26,1 °C |

Refrigerantes puros HFC (Hidro - Fluoro - Carbonos inflamables)

| | | |
|-----------|-----------------------------------|--|
| R - 32 | Punto de ebullición a 1.01325 bar | - 51,7 °C |
| R - 143-a | “ “ “ | - 47,7 °C |
| R - 152-a | “ “ “ | - 24,1 °C |
| R- 600-a | “ “ “ | - 11,7 °C (Isobutano grupo III, baja seguridad) |

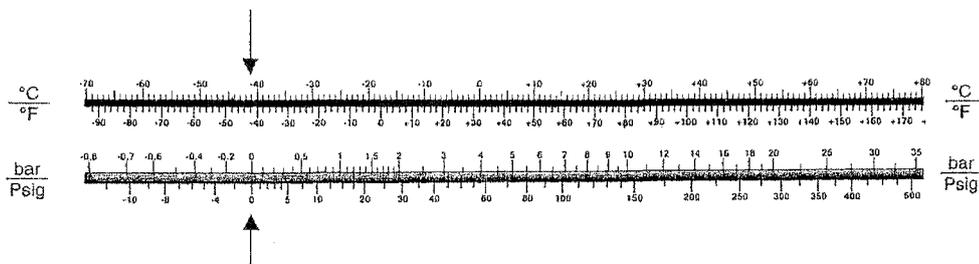
16.8. REFRIGERANTE PURO HCFC R-22

Las aplicaciones más normales de este refrigerante es en instalaciones de aire acondicionado tanto doméstico como industrial, y para bajas y medias temperaturas de refrigeración.

Es importante recordar que el R - 22 disuelve de 10 a 12 veces más de agua que el R - 12, y por lo tanto la formación de tapones de hielo en el sistema de expansión es menos frecuente.

Se comporta bien con aceites minerales, alquilbenzénicos y polioles-ester, frente a los aceites minerales presenta la particularidad de ser muy soluble a altas temperaturas, y sólo en parte a bajas temperaturas. Su temperatura de evaporación a presión atmosférica es de - 40,8 ° C.

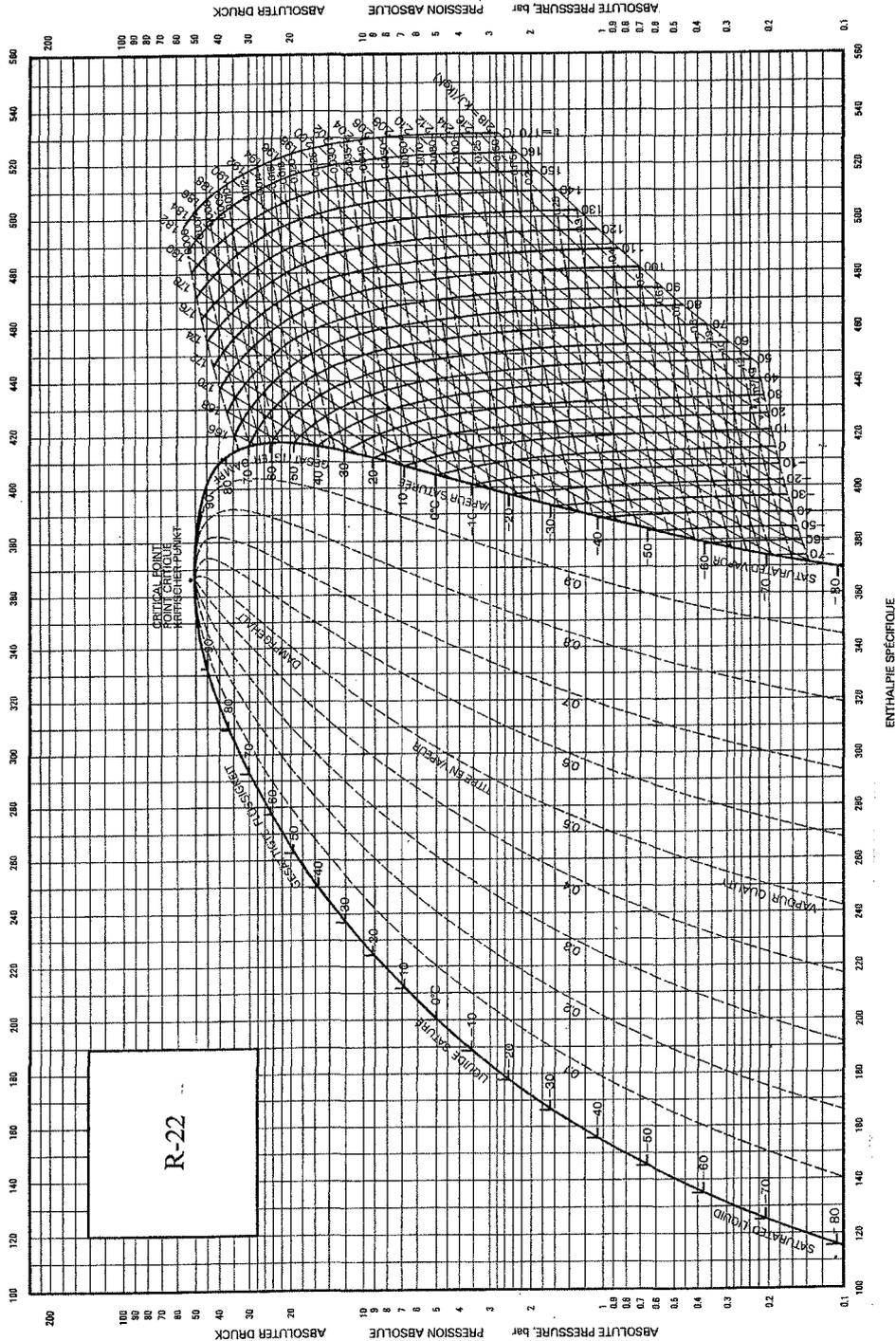
Si utilizamos para la comprobación de dicho valor la regla de presión - temperatura, tendremos que situarnos en el cero manométrico de la regla de presiones (presión atmosférica), y comprobar en la escala de temperaturas los - 40,8 °C.



Si utilizamos el diagrama entálpico, tendremos que tomar como presión manométrica la presión absoluta de 1 bar, y comprobar la temperatura de - 40,8 °C en la curva de saturación.

En el supuesto de evaporar a $-40,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, y tener un recalentamiento de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se tendrá que tener en cuenta que al ser un refrigerante monocomponente, la temperatura de evaporación es constante durante toda la transformación, y el termómetro instalado a la salida del evaporador tendrá que detectar una temperatura de $-35,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, no siendo así para los refrigerantes mezcla.

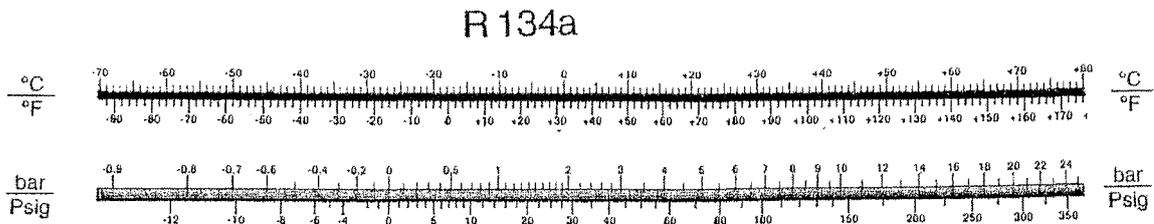
Del mismo modo si la temperatura de condensación es de $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, y tenemos un subenfriamiento del líquido de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, el termómetro tendrá que detectar una temperatura antes de la expansión de $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$, variando también este valor cuando se utilizan refrigerantes mezcla.



16.9. REFRIGERANTE PURO HFC R- 134-a

Este refrigerante se utiliza en instalaciones **nuevas**, ó como sustituto del CFC R-12 en instalaciones **viejas** de refrigeración.

Sus aplicaciones más normales son en instalaciones que trabajen a medias temperaturas de refrigeración y en aire acondicionado de automoción.

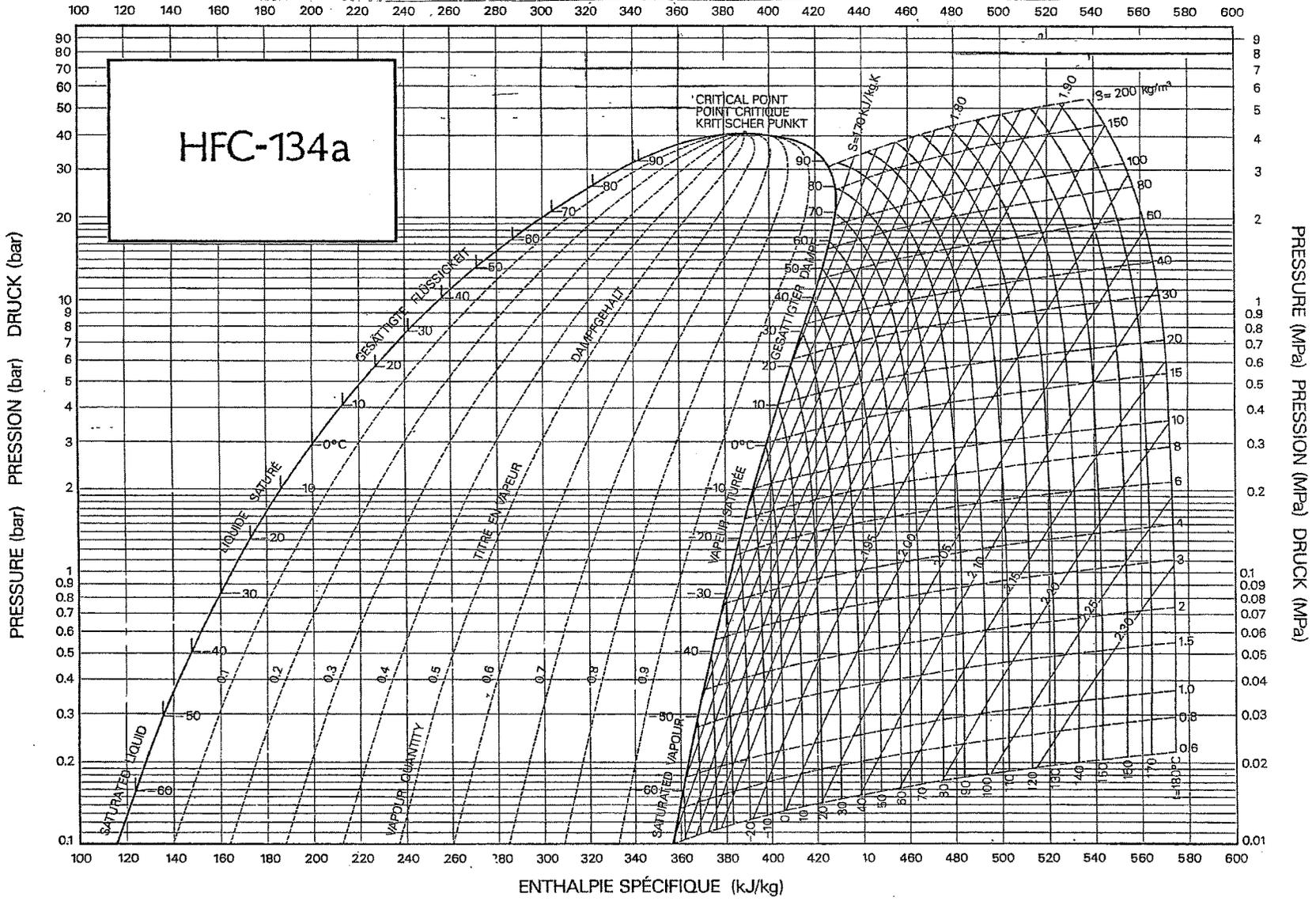


Su miscibilidad con el agua es superior a la del R-12, no siendo miscible con los aceites minerales y alquilbencénicos.

Solo tiene un buen comportamiento trabajando con aceites poliil-ester.

En caso de utilizar este refrigerante en una máquina vieja equipada con aceite mineral, se tendrá que cambiar el aceite del compresor y enjuagar la instalación convenientemente.

Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.



16. Fluidos refrigerantes. Casos refrigerantes más comunes y tipos de envases

16.10. REFRIGERANTE PURO HFC R- 600-a

Este refrigerante cuya fórmula es (C₄ H₁₀) también llamado isobutano, está incluido en los refrigerantes del tercer grupo de baja seguridad.

El hidrocarburo R-600-a es un gas incoloro e inodoro, y tiene unas características que son ventajosas para el medio ambiente en comparación con los refrigerantes R-12 y R-134-a, ya que este gas no destruye la capa de Ozono y no provoca el efecto invernadero, también tiene como ventaja que reduce de una forma considerable el volumen de refrigerante necesario en un aparato (aproximadamente un 60 % inferior al R-12).

Con el isobutano ha sido posible bajar el consumo energético de los aparatos, además de ser menos ruidosos, necesitar menos cantidad de gas y trabajar con unas presiones de alta bastante inferiores.

Gracias a las buenas propiedades energéticas del R-600-a, el volumen de llenado se ha reducido en 1 / 3 aproximadamente, aunque también se han reducido las tolerancias de llenado (+/- 1gramo) lo que implica usar unos instrumentos de llenado de precisión.

Tiene a su vez algunas desventajas también importantes como son su inflamabilidad en determinadas condiciones, alta solubilidad en aceite del compresor, una reducida tolerancia de llenado que obliga a usar balanzas de precisión y un menor nivel de presión en el circuito de frío.

El gas R-600-a es altamente inflamable, aunque explosivo tan solo en combinación con el aire dentro de unos valores límite de entre 1,8 y 8,5 Vol %.

Límite superior de explosión: 8,5 Vol % = 205 gramos por m³ de aire.

Límite inferior de explosión: 1,8 Vol % = 43 gramos por m³ de aire.

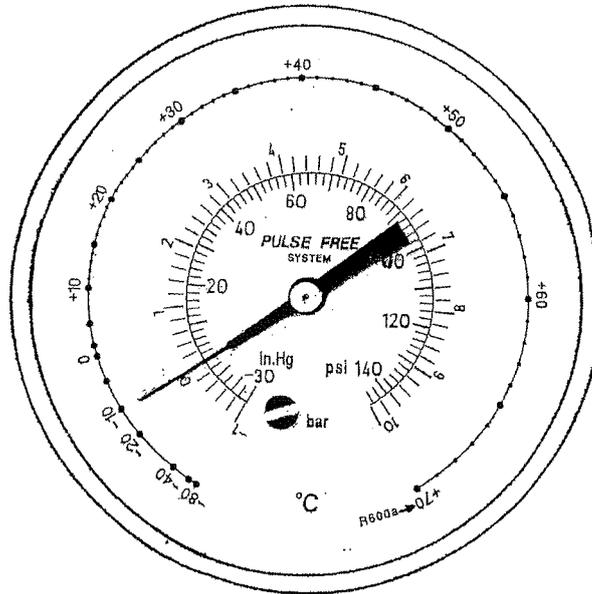
Aunque se tienen que dar una serie de circunstancias muy especiales debe tenerse sumo cuidado con su manipulación, y conservar siempre unas medidas de seguridad como son las de una buena ventilación en el lugar de manipulación o reparación, mantener alejadas las posibles fuentes de calor ya que se inflama a 462 °C, no fumar durante la manipulación ni tener ninguna llama en la cocina, vela, mechero, etc., alrededor del aparato.

Como el isobutano no daña al medio ambiente, es posible evacuar el refrigerante sobrante al exterior con la única precaución de lo anteriormente expuesto de la llama.

16. Fluidos refrigerantes. Gases refrigerantes más comunes y tipos de envases

Sus aplicaciones más normales son en refrigeradores domésticos y tiene un buen comportamiento trabajando con aceites minerales.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Pres.g | -1,0 | -0,8 | -0,6 | -0,4 | -0,3 | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 6,8 |
| Temp | — | -46 | -33 | -24 | -17 | -11,7 | -7 | -3 | +1 | +4 | +7 | +10 | +13 | +15 | +18 | +20 | +25 | +30 | +34 | +38 | +45 | +51 | +55 |

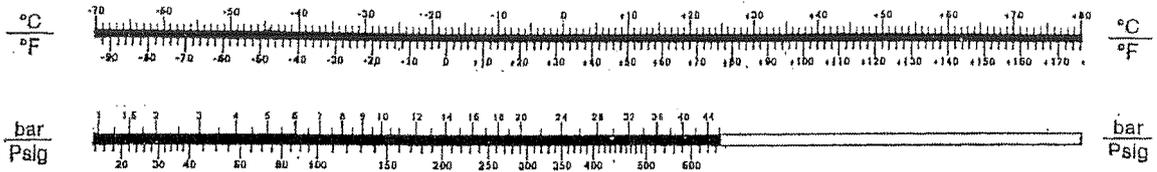


Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.

16.11. REFRIGERANTE PURO HFC R- 23

Este refrigerante es un HFC es sustituto del R-13 y R- 503.

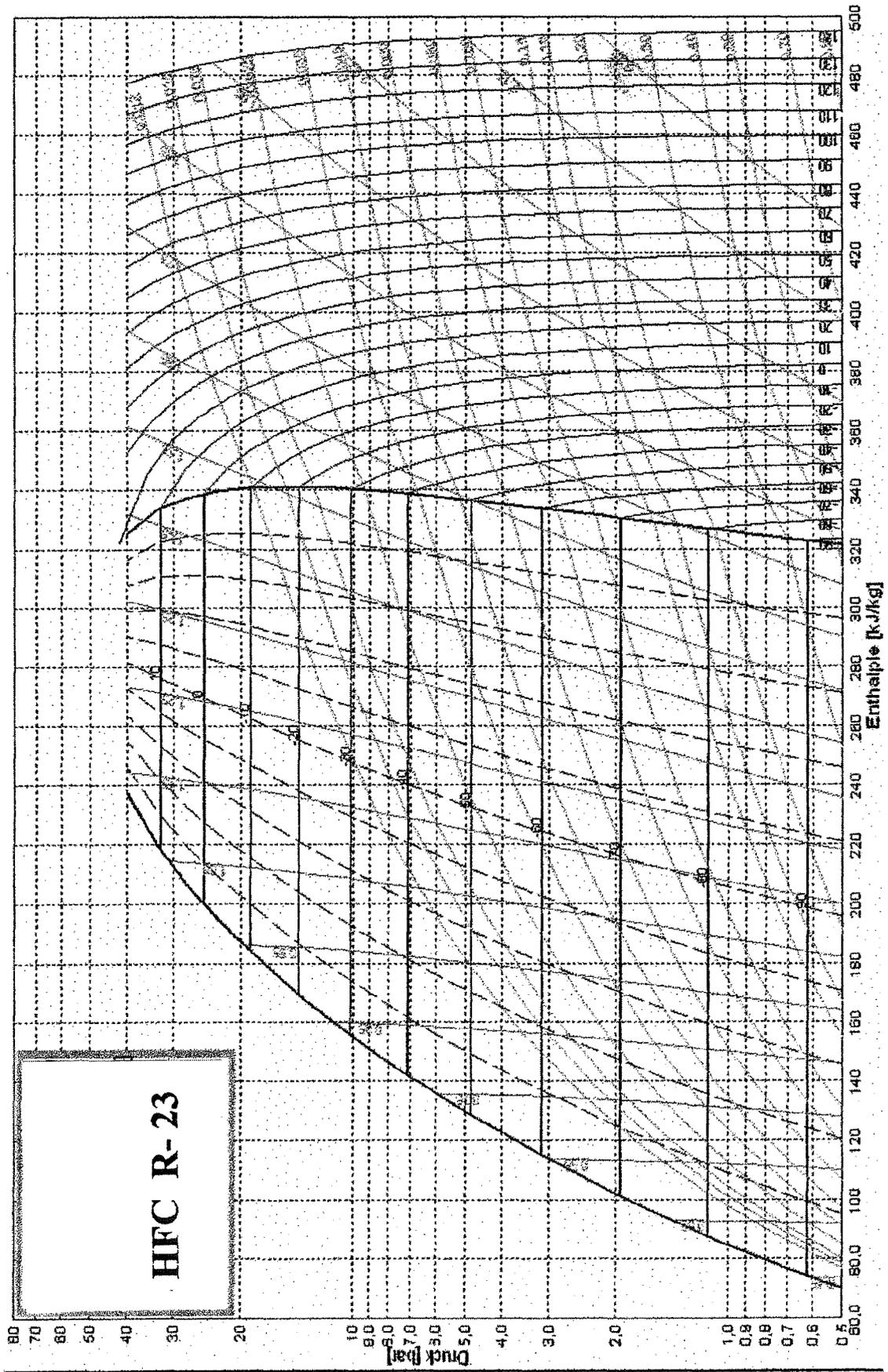
Su campo de aplicación es para muy bajas temperaturas de refrigeración



Solo tiene un buen comportamiento trabajando con aceite poliol-ester.

En caso de utilizar este refrigerante en una máquina vieja equipada con aceite mineral, se tendrá que cambiar el aceite del compresor y enjuagar la instalación convenientemente

Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.



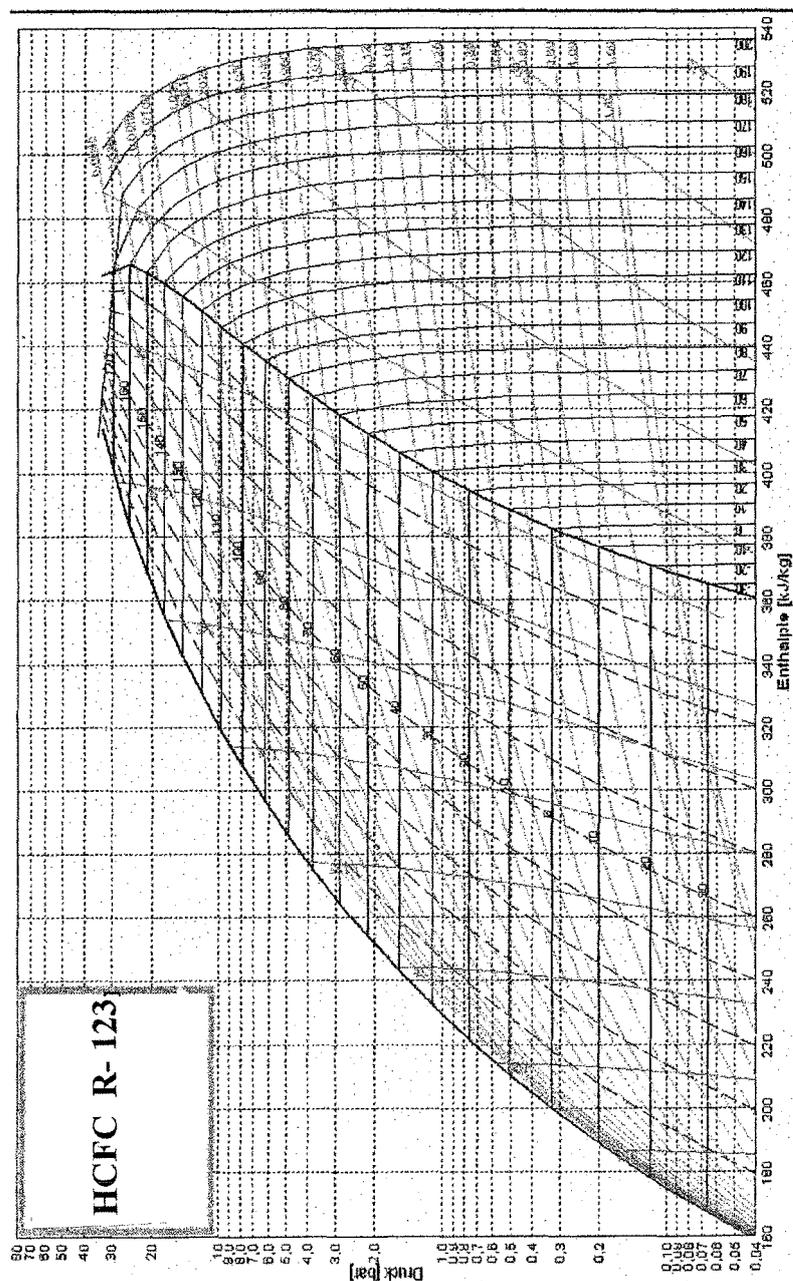
16.12. REFRIFERANTE PURO HCFC R- 123

Este refrigerante sustituto del CFC R-11, muy utilizado en la limpieza de instalaciones como detergente, aunque también se puede encontrar en centrífugos y chillers.

Acepta aceites minerales y alquilbencénicos.

Al comportarse bien con los dos tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.

Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.



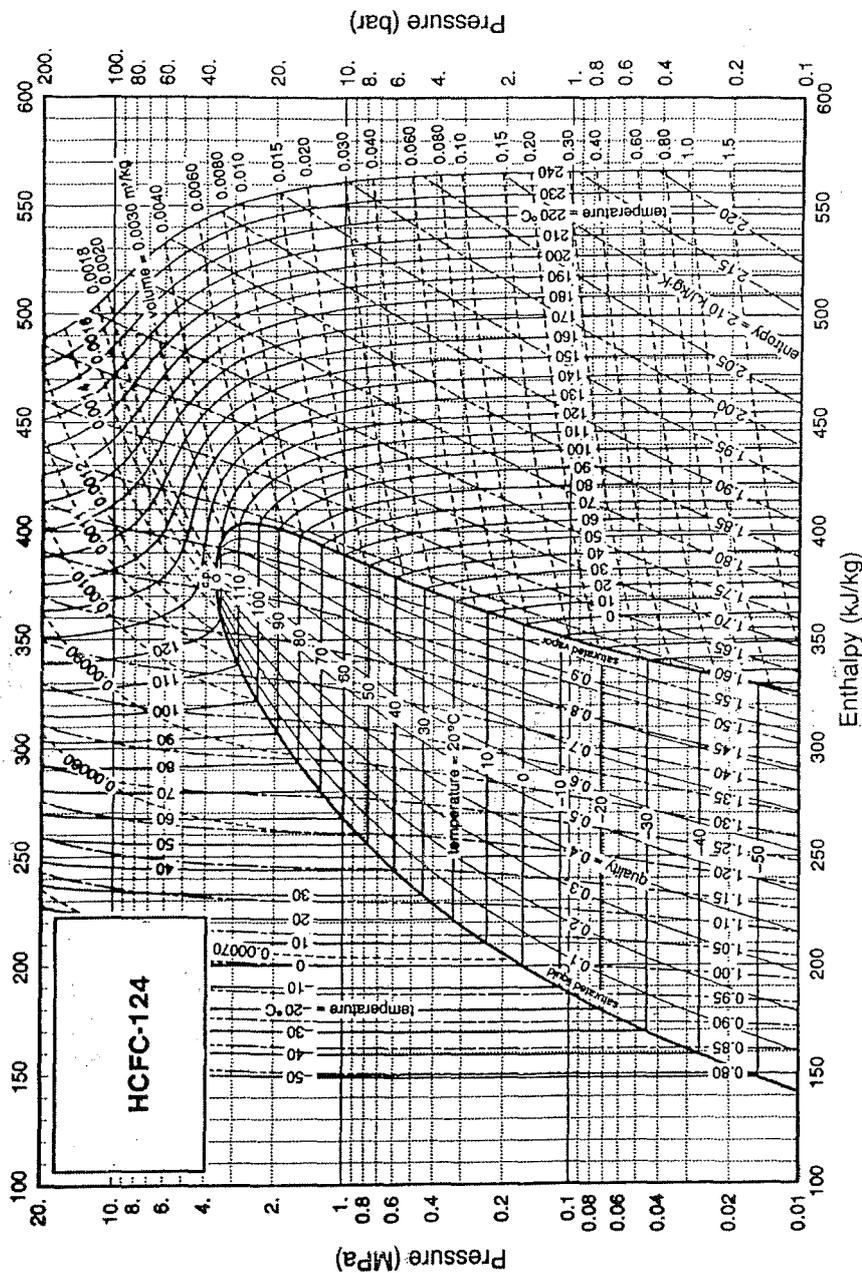
16.13. REFRIGERANTE PURO HCFC R- 124

Este refrigerante es un sustituto del R- 114 , utilizado en instalaciones frigoríficas que trabajan a altas temperaturas de evaporación.

Puede trabajar con aceites minerales ó alquilbencénicos.

Al comportarse bien con los dos tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.

Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.



16.14. REFRIGERANTES MEZCLA

Normalmente todos los refrigerantes mezcla tienen números asignados por ASHRAE, en la serie R – 400, y son una mezcla en diferentes proporciones de refrigerantes puros.

El trasvase de estos refrigerantes (sin excepción), siempre se debe efectuar saliendo el refrigerante de la botella en estado líquido, ya que de esta forma conserva los porcentajes exactos de su composición, de lo contrario para una misma presión, saldría en primer lugar el componente más volátil de la mezcla que lo constituye.

16.15. REFRIGERANTE MEZCLA de HCFC's R- 401-A

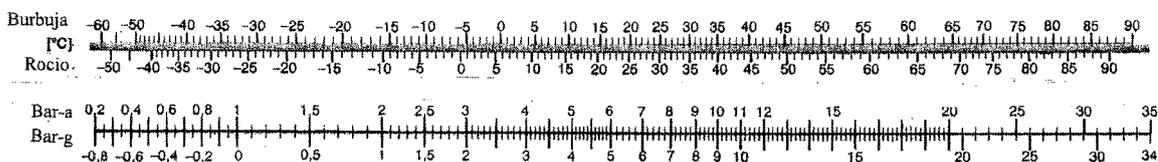
Esta mezcla se aplica a instalaciones que trabajan a medias temperaturas de refrigeración como sustituto del CFC R-12, aunque no es recomendable su utilización en el sector de la automoción, al tener como uno de los componentes de la mezcla al R-22.

Solo se comporta bien con aceites alquilbencénicos y polioles-ester.

En caso de utilizar este refrigerante en una máquina vieja equipada con aceite mineral, se tendrá que cambiar el aceite del compresor y enjuagar la instalación convenientemente

Si consultamos la tabla de temperaturas – presión, vemos en este caso que disponemos de los valores de temperatura de burbuja y rocío, con su valor correspondiente de presión absoluta y manométrica.

Situándonos en 0 °C de temperatura de burbuja, vemos que como temperatura de rocío le corresponden aproximadamente + 6 °C, o sea, este refrigerante tiene un deslizamiento de temperatura de 6 °C.



Ejemplo:

Suponiendo que se quiera evaporar a – 10 °C. en una cámara de conservación con este tipo de refrigerante, tendríamos que empezar a evaporar a – 13 °C y terminar con – 7 °C, para que la temperatura de evaporación promedio sea – 10 °C. correspondiendo para ello una presión manométrica en el circuito de baja de 1,3 barg.

En el caso de tener 5 °C de recalentamiento a la salida del evaporador el termómetro tendría que marcar un valor de – 2 °C . ya que debemos tomar como referencia la temperatura de rocío, y en el caso de condensar a 11 barg. tendríamos una temperatura de condensación promedio de + 45 °C., y en caso de tener 7 °C de subenfriamiento, el valor en el termómetro tendría que ser de + 35 °C. puesto que el valor de referencia es la temperatura de burbuja.

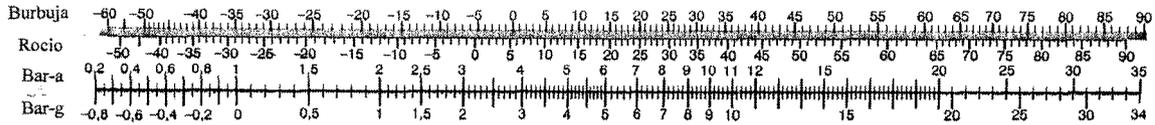
Las mismas comprobaciones podremos realizarlas en el diagrama entálpico de este refrigerante.

En caso de fuga no es aconsejable recargar la instalación, debido a la pérdida durante la fuga del refrigerante más volátil y por lo tanto haber variado los porcentajes de la mezcla original.

De recargar la instalación normalmente las presiones no alcanzan los valores normales de trabajo.

16.16. REFRIGERANTE MEZCLA de HCFC's R- 401-B

Esta mezcla también se emplea como sustituto del CFC R-12, pero en instalaciones de bajas temperaturas de refrigeración, aunque no es recomendable su utilización en el sector de la automoción, al tener como uno de los componentes de la mezcla al R-22.



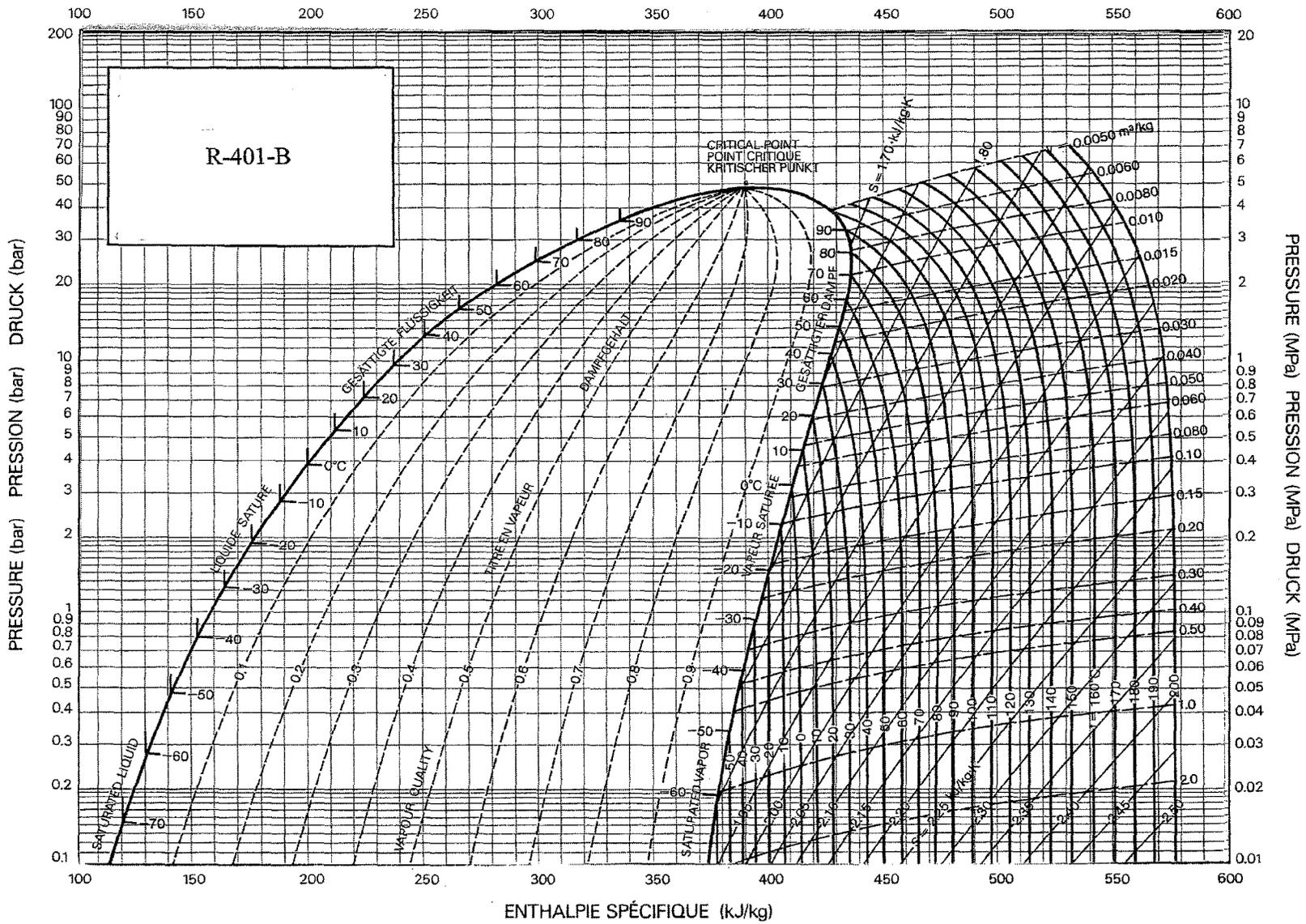
Solo tiene un buen comportamiento trabajando con aceites alquilbencénicos y polioles-ester.

En caso de utilizar este refrigerante en una máquina vieja equipada con aceite mineral, se tendrá que cambiar el aceite del compresor y enjuagar la instalación convenientemente.

Para hallar los valores del recalentamiento de los vapores y el del subenfriamiento del líquido, consultar el ejemplo expuesto en el refrigerante R-401-A.

En caso de fuga no es aconsejable recargar la instalación, debido a la pérdida durante la fuga del refrigerante más volátil y por lo tanto haber variado los porcentajes de la mezcla original.

De recargar la instalación normalmente las presiones no alcanzan los valores normales de trabajo.



16.17. REFRIGERANTE MEZCLA de HCFC's R- 402-A

Esta mezcla se utiliza para sustituir al CFC R- 502, en instalaciones **viejas** que trabajen a medias y bajas temperaturas de refrigeración.

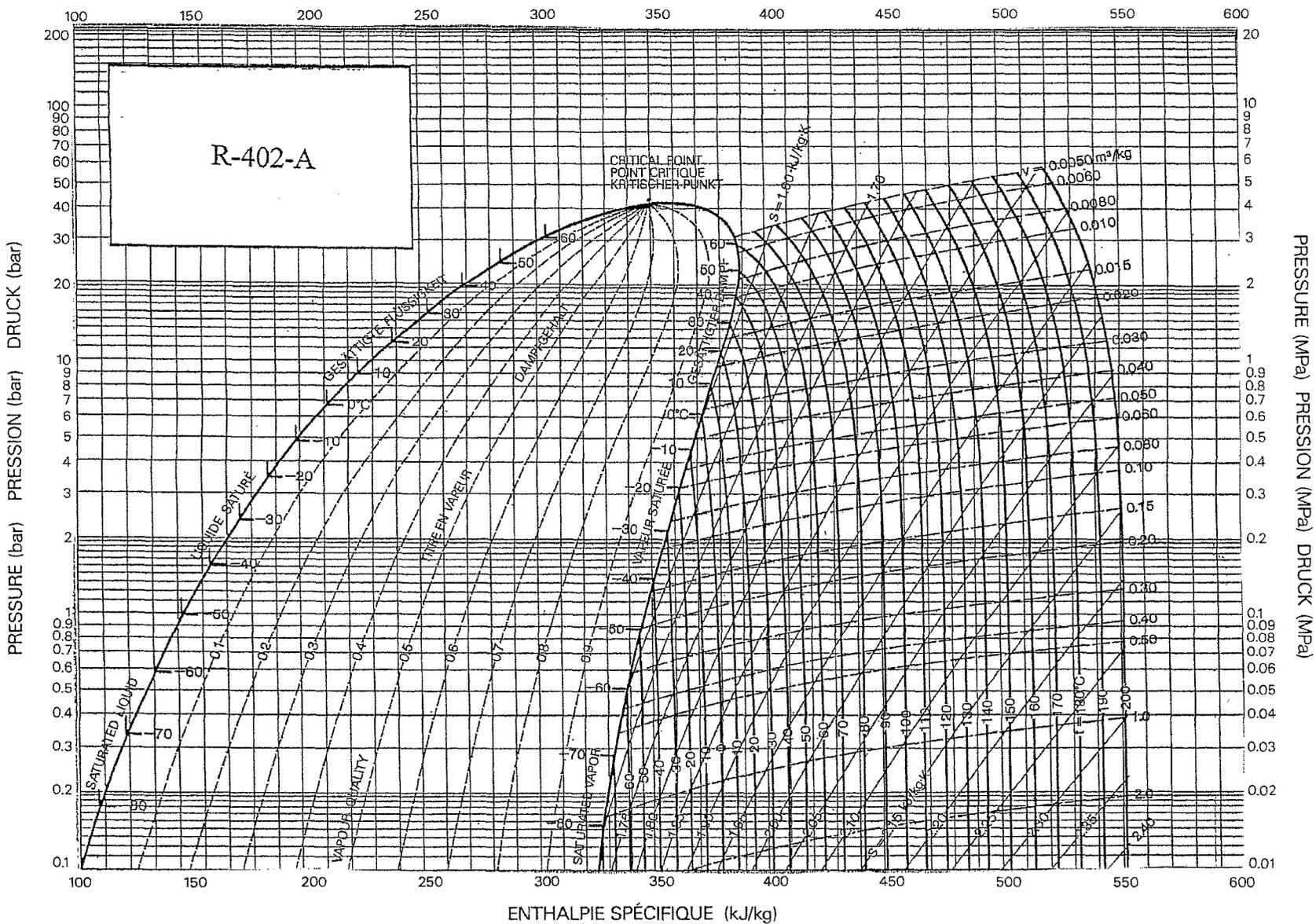
Solo tiene un buen comportamiento trabajando con aceites alquilbencénicos y polioles-ester.

En caso de utilizar este refrigerante en una máquina vieja equipada con aceite mineral, se tendrá que cambiar el aceite del compresor y enjuagar la instalación convenientemente.



Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.

Debido al poco deslizamiento de temperaturas que sufre este refrigerante, en caso de fuga acepta la recarga. Si después de efectuada la recarga no se alcanzan los valores de presiones normales, forzosamente se tendrá que descargar el refrigerante, procediendo al vacío y carga de refrigerante nuevo a la instalación.

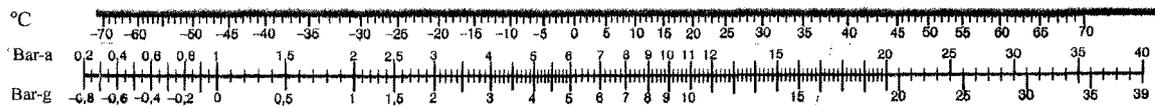


16.18. REFRIGERANTE MEZCLA de HCFC's R- 402-B

Esta mezcla se utiliza para sustituir al CFC R- 502, en instalaciones **viejas** de máquinas de hielo y también en instalaciones que trabajen a medias y bajas temperaturas de refrigeración.

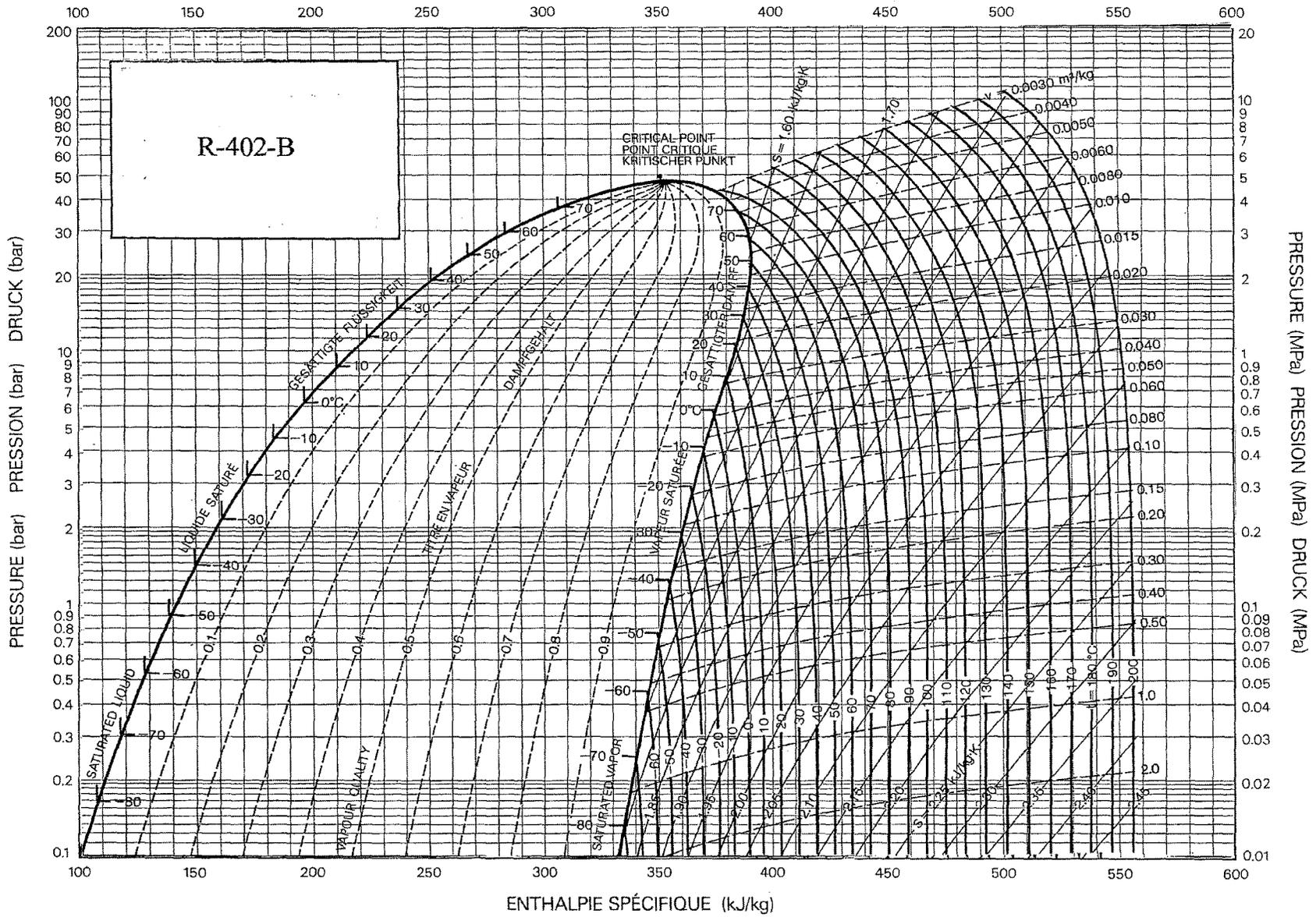
Tiene un buen comportamiento trabajando con cualquiera de los tres tipos de aceite (mineral, alquilbencénico y poliol-éster)

Al comportarse bien con los tres tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.



Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.

Debido al poco deslizamiento de temperaturas que sufre este refrigerante, en caso de fuga acepta la recarga. Si después de efectuada la recarga no se alcanzan los valores de presiones normales, forzosamente se tendrá que descargar el refrigerante, procediendo al vacío y carga de refrigerante nuevo a la instalación.

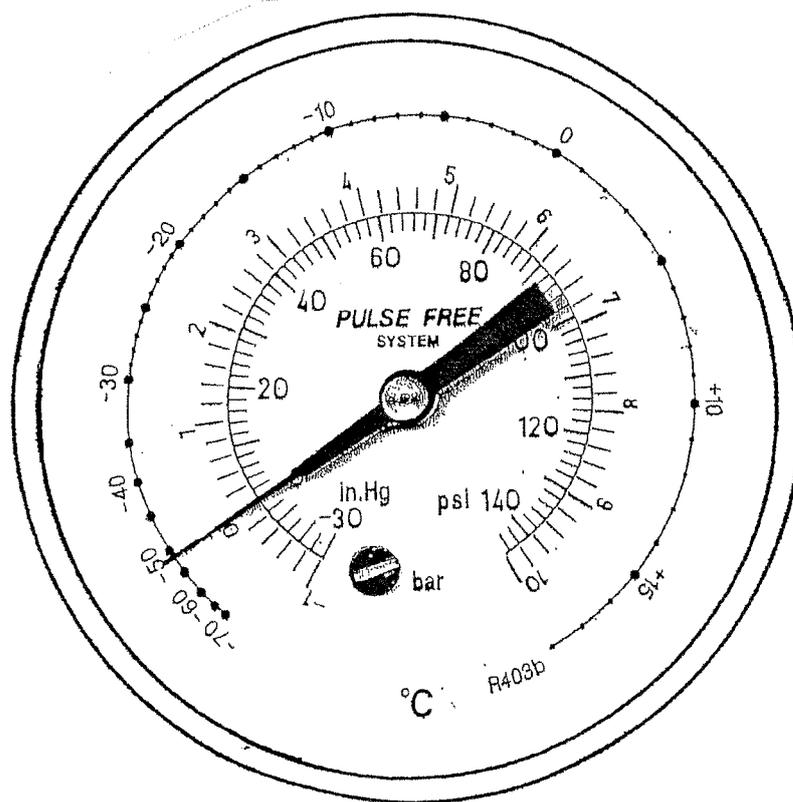


16. Fluidos refrigerantes. Gases refrigerantes más comunes y tipos de envases

16.19. REFRIGERANTE MEZCLA de HCFC's R 403 B

Este tipo de refrigerante se utiliza como sustituto en instalaciones **viejas** que trabajen con R-502, preferentemente de transporte frigorífico y para instalaciones que trabajen a medias y bajas temperaturas.

Se comporta bien con los tres tipos de aceite (mineral, alquilbencénico y poliol-ester)



Al comportarse bien con los tres tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.

Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.

Debido al poco deslizamiento de temperaturas que sufre este refrigerante, en caso de fuga acepta la recarga. Si después de efectuada la recarga no se alcanzan los valores de presiones normales, forzosamente se tendrá que descargar el refrigerante, procediendo al vacío y carga de refrigerante nuevo a la instalación.

16.20. REFRIGERANTE MEZCLA de HFC's R- 404 - A

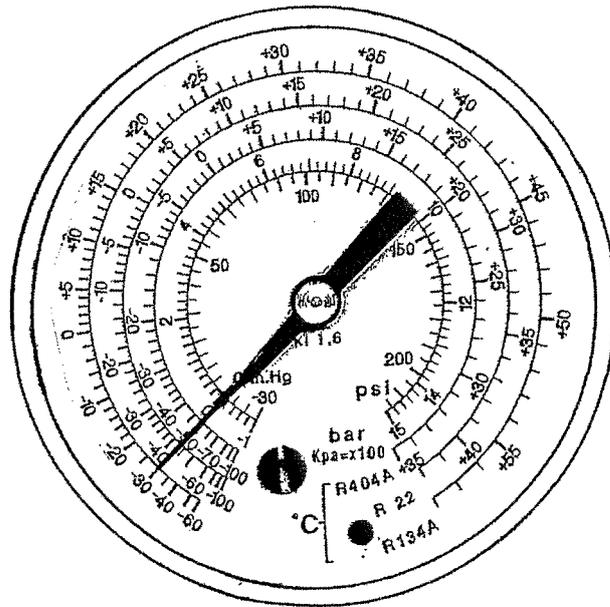
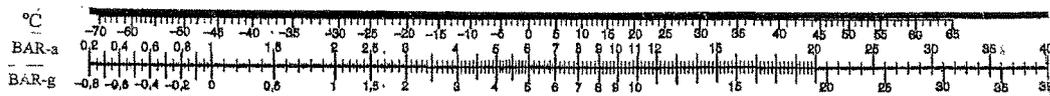
Se compone de una mezcla de :

- 44% de R- 125
- 52% de R- 143 - a
- 4% de R- 134 -a

Su temperatura de ebullición a 1.01325 bar (presión atmosférica) - 46,5°C

Solo acepta aceites sintéticos poliol-ester

Su aplicación se recomienda para instalaciones nuevas de congelación como sustituto del R - 502.



Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.

Debido al poco deslizamiento de temperaturas que sufre este refrigerante, en caso de fuga acepta la recarga. Si después de efectuada la recarga no se alcanzan los valores de presiones normales, forzosamente se tendrá que descargar el refrigerante, procediendo al vacío y carga de refrigerante nuevo a la instalación.

16.21. REFRIGERANTE MEZCLA de HCFC's R - 406 - A

Su fórmula química es: $\text{CHClF}_2 / \text{CClF}_2 - \text{CH}_3 / \text{C}_4\text{H}_{10}$. mezcla de clorodifluorometano en un 41% (R-142-b), difluoromonocloroetano en un 55% (R-22) y de isobutano(R- 600-a) con un 4%.

En automoción y al ser una mezcla de gases en el que uno de ellos es el R-22, está demostrado que este refrigerante ataca los retenes de los compresores y fuga a través de las mangueras, por lo que no es recomendable su utilización en este tipo de instalaciones.

Su aplicación recomendada es para medias temperaturas de refrigeración, como sustituto del CFC R- 12.

Su comportamiento es bueno tanto con aceites minerales como alquilbencenicos.

Al comportarse bien con los dos tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.

Su temperatura de evaporación a presión atmosférica de 1.01325 bar es de $- 32,35 \text{ }^\circ\text{C}$.

| Temp. °C | Presión del líquido psig | Presión del vapor psig | Temp °C | Presión del líquido psig | Presión del vapor psig |
|----------|--------------------------|------------------------|---------|--------------------------|------------------------|
| - 40,0 | 8,8" | 16,7" | 12,8 | 60,2 | 41,6 |
| - 37,2 | 5,9" | 14,7" | 15,6 | 66,6 | 46,9 |
| - 34,4 | 2,6" | 12,4" | 18,3 | 73,4 | 52,5 |
| - 31,7 | 0,4 | 10" | 21,1 | 80,7 | 58,6 |
| - 28,9 | 2,3 | 7,1" | 23,9 | 88,3 | 65,0 |
| - 26,1 | 4,4 | 4,1" | 26,7 | 96,3 | 71,9 |
| - 23,3 | 6,7 | 0 | 29,4 | 105 | 79,2 |
| - 20,6 | 9,2 | 1,5 | 32,2 | 114 | 87,3 |
| - 17,8 | 11,9 | 3,6 | 35 | 123 | 95,3 |
| - 15,0 | 14,9 | 5,8 | 37,8 | 133 | 104 |
| - 12,2 | 18,1 | 8,2 | 40,6 | 144 | 113 |
| - 9,4 | 21,6 | 10,9 | 43,3 | 155 | 123 |
| - 6,7 | 25,3 | 13,7 | 46,1 | 167 | 133 |
| - 3,9 | 29,3 | 16,9 | 48,9 | 179 | 144 |
| - 1,1 | 33,6 | 20,2 | 51,7 | 192 | 155 |
| 1,7 | 38,2 | 23,9 | 54,4 | 205 | 168 |
| 4,4 | 43,2 | 27,9 | 57,2 | 219 | 179 |
| 7,2 | 48,5 | 32,1 | 60 | 234 | 194 |
| 10 | 54,2 | 36,7 | 62,9 | 249 | 208 |

- Presiones en negrilla son valores expresadas en pulgadas de columna de mercurio.
- Resto de valores de presiones expresados en psig.

Supongamos por ejemplo que en una instalación frigorífica de conservación, tenemos una presión de baja de 21 psig.

Al tratarse de un refrigerante mezcla con un deslizamiento de temperaturas importante, al consultar la regla de temperatura - presión, encontramos que disponemos para una misma temperatura, de un valor de presión de líquido y un valor de presión de vapor, por lo que al estar midiendo la presión de baja podemos decir que con una presión de 21,6 psig., la temperatura de burbuja al principio del evaporador es de $- 9,4 \text{ }^\circ\text{C}$, y si consultamos para esta misma presión (ya que la presión permanece constante durante todo el proceso) en la columna de presión de vapor, encontramos que la más aproximada es de(20,2 psig.), que al final del evaporador para dicha presión le corresponde una temperatura de $- 1,1 \text{ }^\circ\text{C}$ que será la temperatura de rocío.

En el caso de querer ajustar la instalación con un recalentamiento de 5 °C, el termómetro instalado al final del evaporador tendrá que detectar una temperatura de + 3,9 °C. y la temperatura promedio de evaporación será de - 5,3 °C.

Si en esta misma instalación medimos una presión de alta de 155 psig., podemos asegurar que la temperatura de rocío al inicio del condensador es de 51,7 °C, y que al final del condensador tendremos una temperatura de burbuja de 43,3 °C., y que en el caso de tener 8 °C de subenfriamiento el termómetro tendrá que detectar una temperatura de 35,3 °C., aunque la temperatura de condensación promedio sea de 47,5 °C

Se recomienda no mezclar R- 406-A con otros refrigerantes debido a la pérdida de su eficiencia y a la no reciclabilidad de la mezcla resultante.

Esta mezcla no es inflamable, pero en caso de fuga de gas licuado, la fase líquida puede inflamarse si la concentración es superior al 60 % en peso de R- 142-b.

El vapor de R- 406-A es más pesado que el aire, y se extiende a ras de suelo.

En caso de descomposición (por ejemplo en presencia de una llama), libera productos peligrosos para la salud.

En caso de fuga no es aconsejable recargar la instalación, debido a la pérdida durante la fuga del refrigerante más volátil y por lo tanto haber variado los porcentajes de la mezcla original.

De recargar la instalación normalmente las presiones no alcanzan los valores normales de trabajo.

16.22. REFRIGERANTE MEZCLA de HFC's R- 407-A

Esta mezcla se utiliza para sustituir al CFC R- 502, en instalaciones **viejas** que trabajen a medias y bajas temperaturas de refrigeración.

Solo tiene un buen comportamiento trabajando con aceites poliol-ester.

En caso de utilizar este refrigerante en una máquina vieja equipada con aceite mineral, se tendrá que cambiar el aceite del compresor y enjuagar la instalación convenientemente

16.23. REFRIGERANTE MEZCLA de HFC's R- 407-B

Esta mezcla de HFC's se emplea como sustituto del CFC R- 502 en instalaciones **viejas**, que trabajen a medias y bajas temperaturas de refrigeración.

Solo se comporta bien con los aceites poliol-ester.

En caso de utilizar este refrigerante en una máquina vieja equipada con aceite mineral, se tendrá que cambiar el aceite del compresor y enjuagar la instalación convenientemente

16.24. REFRIGERANTE MEZCLA de HFC's R- 407 C

Se compone de una mezcla de:

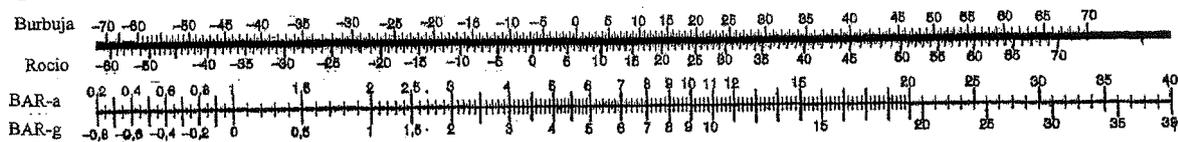
23% de R-32, proporcionando un alto COP (Coeffcient of performance), es decir buen rendimiento, pero es inflamable.

25% de R- 125. Este refrigerante se adiciona para reducir la inflamabilidad del R-32

52% de R- 134-a . Reduce la presión de trabajo.

Su temperatura de ebullición a 1.01325 bar es de - 43,6 °C

Sus presiones de trabajo son similares a las del R - 22.



Así con una presión de baja en una instalación de aire acondicionado de 4 barg., solo tendremos que consultar la regla de presión - temperatura, y desplazarnos verticalmente hacia la regla de temperaturas, comprobando que para esta presión tendremos una temperatura de burbuja al principio de la evaporación de - 4 °C, y una temperatura de rocío al final del evaporador de

+ 3 °C., por lo que en el caso de tener 5 °C de recalentamiento el termómetro tendrá que detectar una temperatura de + 8 °C.

La temperatura promedio de evaporación será de - 0,5 °C.

16. Flúidos refrigerantes. Gases refrigerantes más comunes y tipos de envases

Si en la misma instalación medimos una presión de alta de 19 barg. podemos asegurar que la temperatura de rocío al principio del condensador será de aproximadamente 51 °C, y la temperatura de burbuja al final del condensador será de + 46 °C. En el caso de tener un subenfriamiento del líquido de 8 °C, el termómetro detectará una temperatura de + 38 °C.

La temperatura promedio de condensación será de + 48,5 °C.

Las mismas consultas se podrán realizar en el diagrama de presión – temperatura, teniendo la precaución de trabajar con presiones absolutas.

Es una mezcla de propiedades parecidas al R-22. pero tiene un rendimiento frigorífico ligeramente inferior, (de un 3 a un 5%).

Solo acepta aceites sintéticos (poliol-ester)

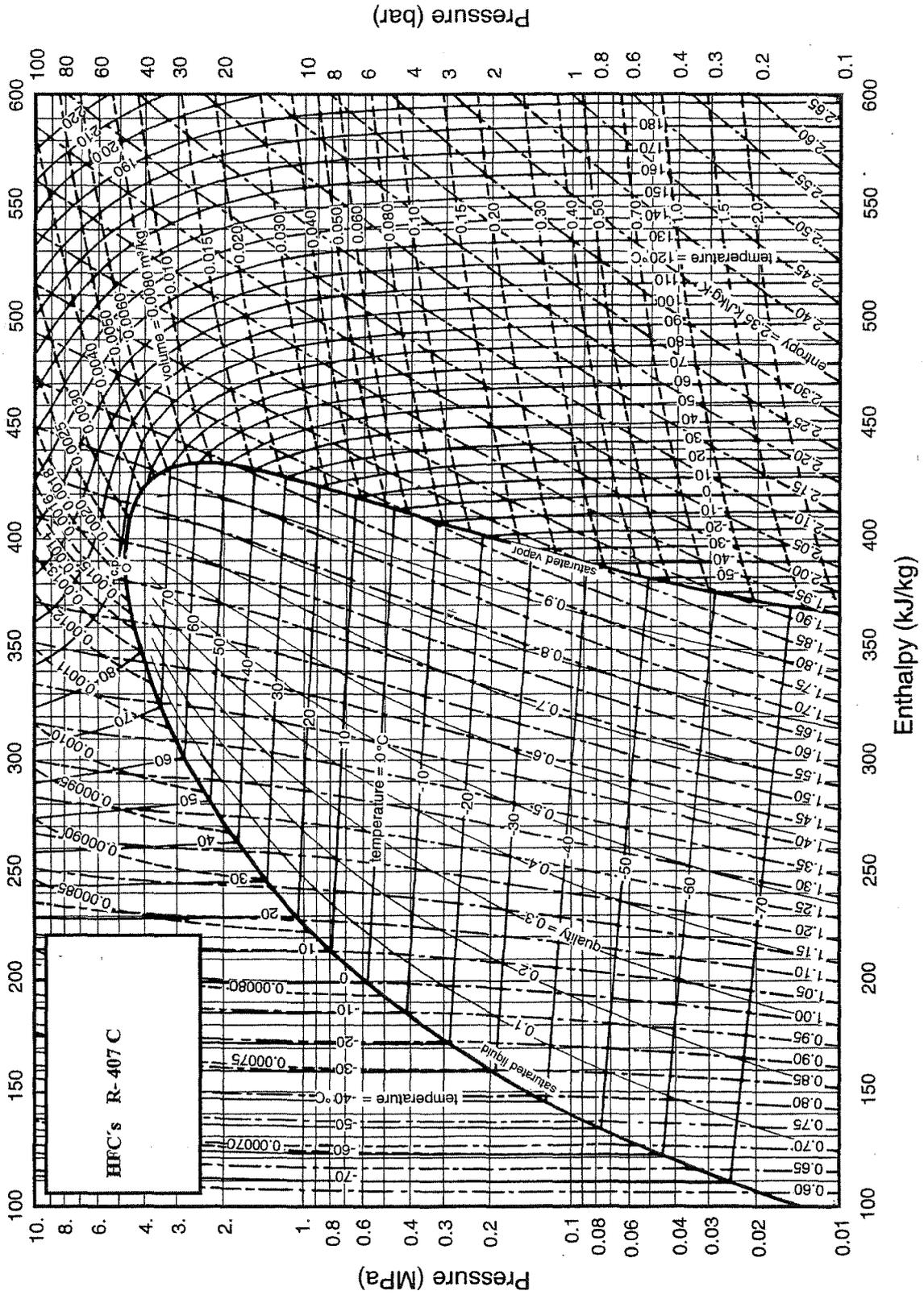
Se utiliza como refrigerante en instalaciones **nuevas** de aire acondicionado, ó como sustituto en instalaciones **viejas** de R-22.

En caso de utilizar este refrigerante en una máquina vieja equipada con aceite mineral, se tendrá que cambiar el aceite del compresor y enjuagar la instalación convenientemente.

La concentración de aceite mineral en una instalación vieja de R-22, que se quiere cargar con R- 407- C no será superior al 5% del total de aceite de la instalación.

En caso de fuga no es aconsejable recargar la instalación, debido a la pérdida durante la fuga del refrigerante más volátil y por lo tanto haber variado los porcentajes de la mezcla original.

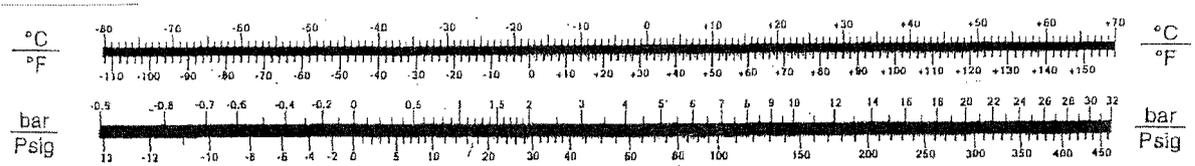
De recargar la instalación normalmente las presiones no alcanzan los valores normales de trabajo.



16.25. REFRIGERANTE MEZCLA de HCFC's R- 408 -A

Esta mezcla es una de las más utilizadas como sustituto del refrigerante R-502 en instalaciones viejas que trabajen a media y baja temperatura.

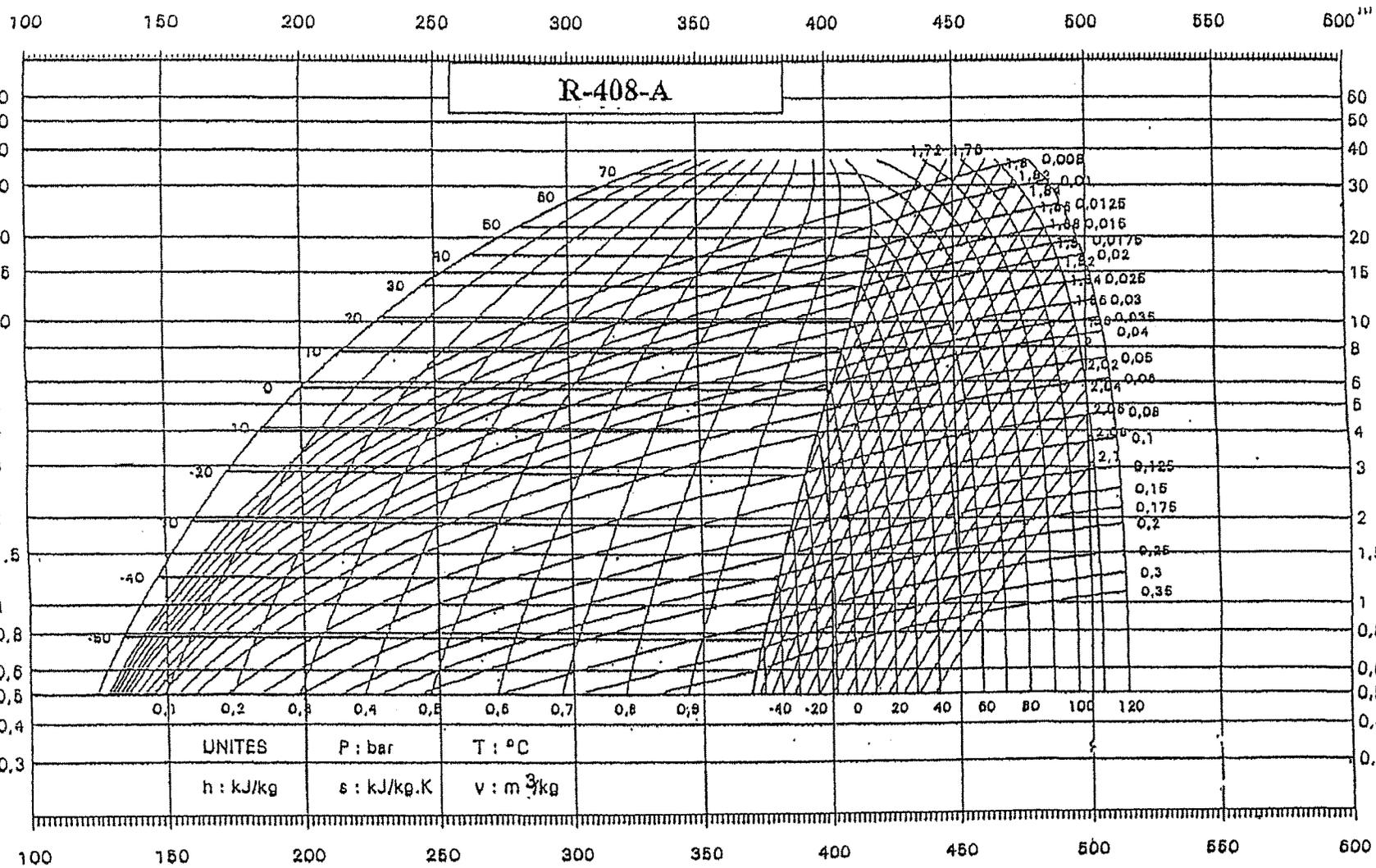
Su comportamiento es bueno trabajando tanto con aceites minerales, alquilbencénicos, como polioles-ester.



Al comportarse bien con los tres tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.

Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.

Debido al poco deslizamiento de temperaturas que sufre este refrigerante, en caso de fuga acepta la recarga. Si después de efectuada la recarga no se alcanzan los valores de presiones normales, forzosamente se tendrá que descargar el refrigerante, procediendo al vacío y carga de refrigerante nuevo a la instalación.



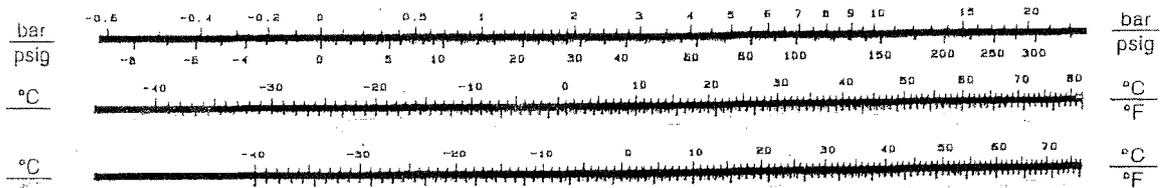
16. Fluidos refrigerantes. Gases refrigerantes más comunes y tipos de envases

16.26. REFRIGERANTE MEZCLA de HCFC's R-409-A

Esta mezcla se utiliza para cargar instalaciones **viejas** del CFC R- 12, que trabajen a temperaturas medias de refrigeración, aunque al tener como uno de los componentes de la mezcla al R-22, no es aconsejable su utilización en el sector de la automoción.

Su comportamiento es bueno con cualquiera de los tres tipos de aceite, bien sea mineral, alquilbencenico ó poliol-ester

Al comportarse bien con los tres tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.



Tomemos por ejemplo una instalación de conservación de congelados que trabaje a 0,2 barg. en el circuito de baja presión.

Al principio de la evaporación tendremos una temperatura de burbuja de $- 29\text{ }^{\circ}\text{C}$., y una temperatura de rocío al final del evaporador de $- 21\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el caso de disponer de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de recalentamiento el termómetro detectará una temperatura de $- 16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Igual que en los casos anteriores la temperatura promedio de evaporación será de $- 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Si esta misma instalación trabaja a 10 barg. en el circuito de alta presión, podremos decir que la temperatura de rocío al principio del condensador será de $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, y que la temperatura de burbuja al final del condensador es de $+ 38\text{ }^{\circ}\text{C}$.,

En el caso de disponer de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ de subenfriamiento, el termómetro debería detectar una temperatura antes de la expansión de $+ 32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

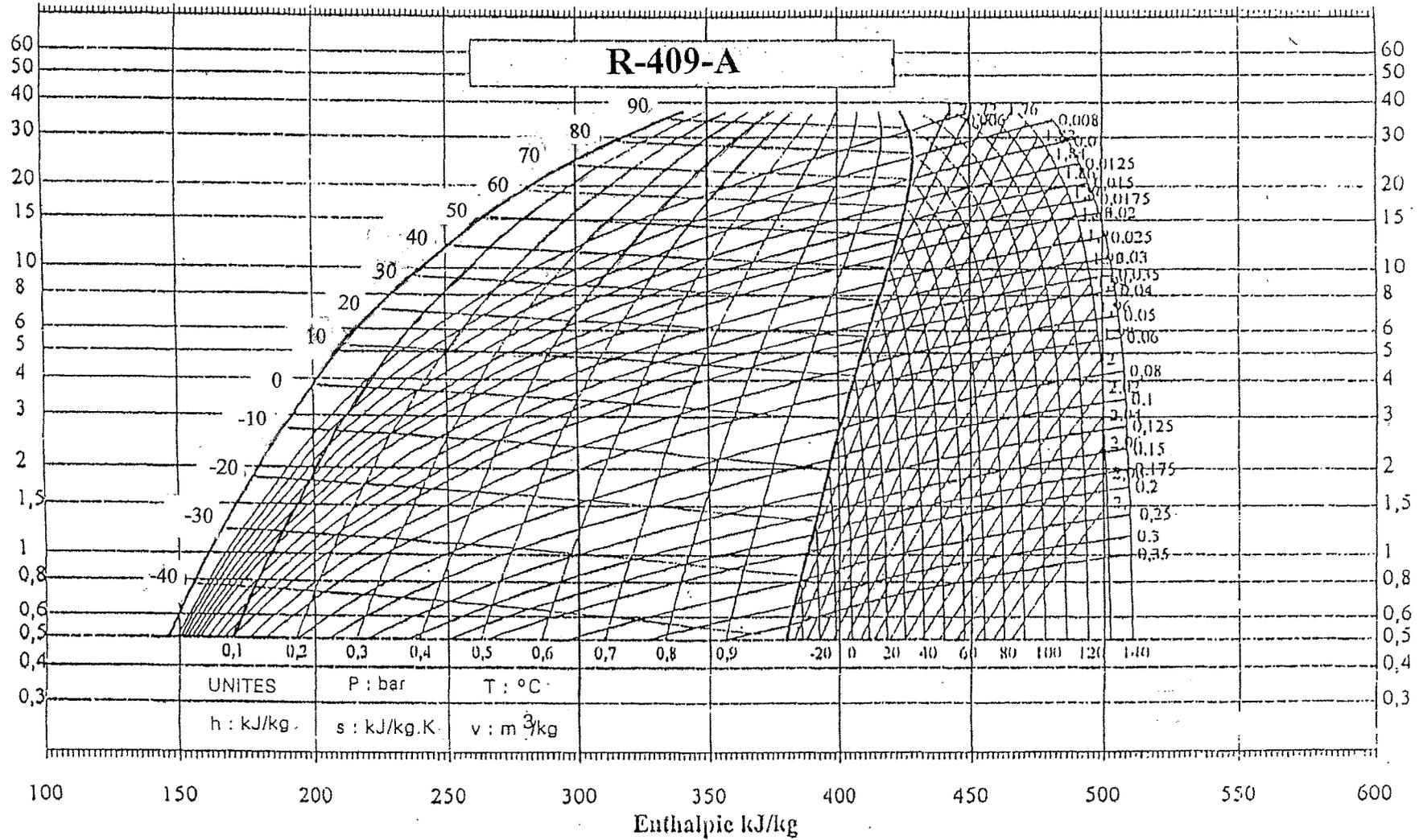
La temperatura promedio de condensación sera de $+ 41,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Estas mismas comprobaciones las podremos realizar consultando el diagrama entálpico, utilizando para ello el valor absoluto de presiones.

En caso de fuga no es aconsejable recargar la instalación, debido a la pérdida durante la fuga del refrigerante más volátil y por lo tanto haber variado los porcentajes de la mezcla original.

De recargar la instalación normalmente las presiones no alcanzan los valores normales de trabajo.

100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600



16. Fluidos refrigerantes. Gases refrigerantes más comunes y tipos de envases

16.27. REFRIGERANTE MEZCLA de HFC's R- 410-a

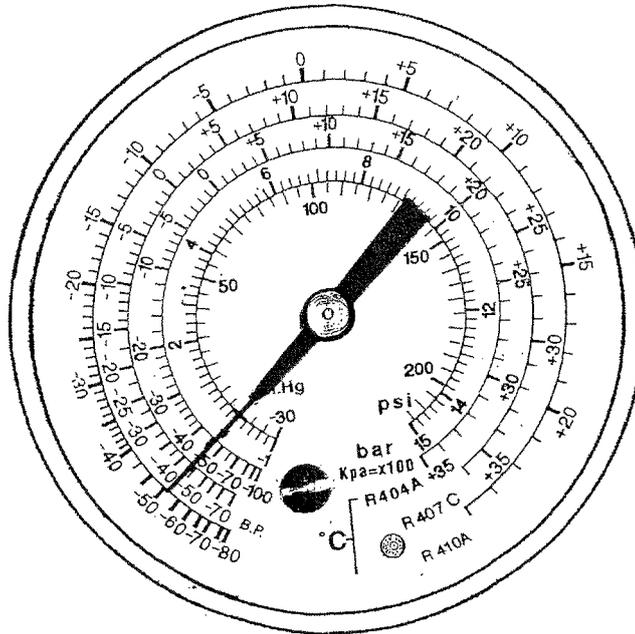
Se compone de una mezcla de:

50% de R-32: Tiene un COP bueno, pero es inflamable y trabaja a alta presión.

50% de R- 125: Este refrigerante se adiciona para reducir la inflamabilidad del R-32

Solo acepta aceites sintéticos (poliol-ester)

Su temperatura de ebullición a 1.01325 bar es de $- 51,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

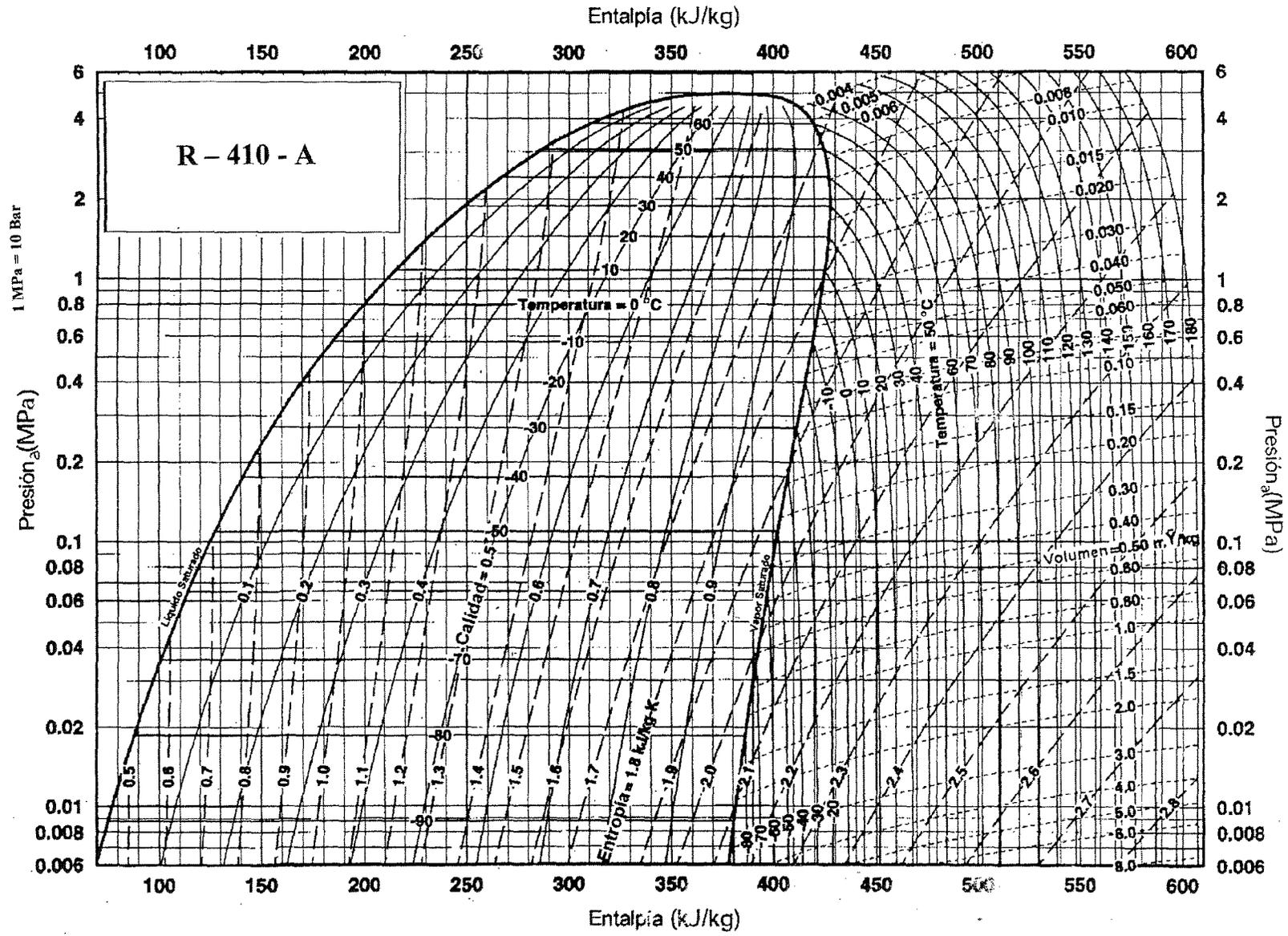


Se utiliza en instalaciones **nuevas** de aire acondicionado.

Trabaja con presiones mayores en un 60 % a las del R-22, por lo que **no sirve** para transformar máquinas de R-22, al necesitar componentes especiales.

Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.

Debido al poco deslizamiento de temperaturas que sufre este refrigerante, en caso de fuga acepta la recarga. Si después de efectuada la recarga no se alcanzaran los valores de presiones normales, forzosamente se tendrá que descargar el refrigerante, procediendo al vacío y carga de refrigerante nuevo a la instalación.



16.28. REFRIGERANTE MEZCLA de HFC's R - 413- A

Este refrigerante se aplica como sustituto a instalaciones viejas que trabajan con el CFC R- 12, a temperaturas medias de refrigeración y **aire acondicionado de automoción**.

El R-413-A es un refrigerante considerado definitivo porque no daña la capa de ozono. Se utiliza en el aire acondicionado de coches, autobuses, camiones y para el transporte frigorífico, sustituyendo al R-12 en todas sus aplicaciones con idénticas prestaciones.

No lleva R-22 en su composición, por lo que no presenta problemas de fugas a través de las mangueras del equipo.

La capacidad frigorífica del R-413-A, es muy similar a la del R-12, incluso a temperaturas positivas como son las del aire acondicionado de coches, es un poco superior en capacidad frigorífica el R-413-A que el R-12.

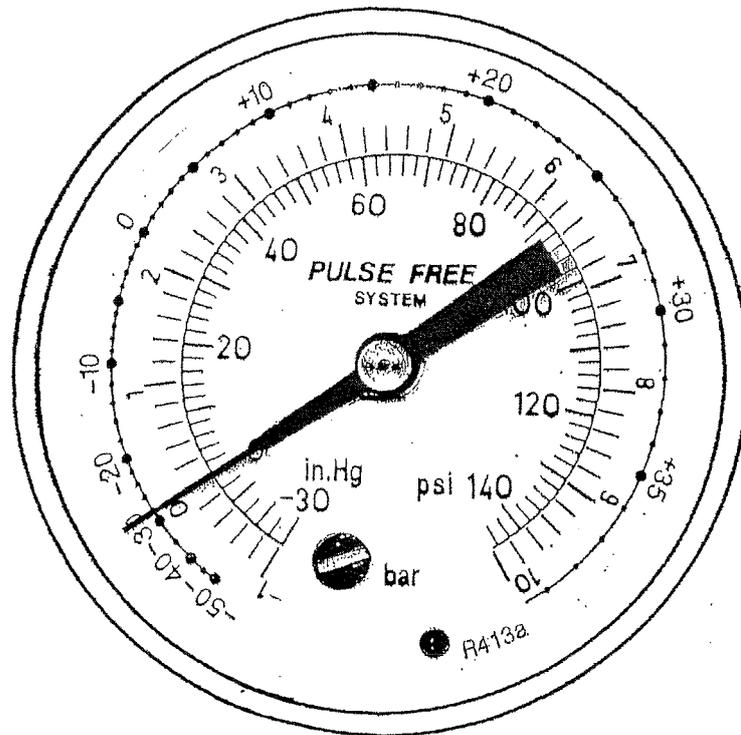
Siempre es recomendable cambiar el filtro deshidratador por uno compatible con el R-134-a, ya que este gas es uno de los componentes de la mezcla.

Si cargamos una instalación por peso o bien a través de un dosificador de líquido, se tendrá que cargar aproximadamente un 10% menos de peso, es decir, si había que cargar 1.000 gramos de R-12, le corresponderían 900 gramos de R-413-A.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| -40 | -37 | -34 | -31 | -29 | -26 | -23 | -20 | -18 | -15 | -12 | -9 | -7 | -4 | -1 | 2 | 5 | 7 | 10 | 13 | Temp. °C |
| 8" | 8" | 1,6" | 1 | 3 | 5,1 | 7,5 | 10 | 12,8 | 16 | 19,2 | 22,8 | 26,7 | 31 | 35,4 | 40,3 | 45,5 | 51 | 57 | 63,5 | Burbuja |
| 13,2" | 10,7" | 7,8" | 4,6" | 1,1" | 1,4 | 3,5 | 6 | 8,4 | 11,2 | 14,3 | 17,7 | 21,3 | 25,3 | 29,6 | 34,2 | 39,2 | 44,6 | 50,4 | 56,6 | Rocio |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 29 | 32 | 35 | 38 | 40 | 43 | 46 | 49 | 52 | 54 | 57 | 60 | 63 | 66 | Temp. °C |
| 70,4 | 77,7 | 85,5 | 93,7 | 102,5 | 112 | 122 | 132 | 143 | 155 | 167 | 180 | 194 | 208 | 223 | 239 | 256 | 274 | 292 | Burbuja |
| 63,2 | 70,3 | 78 | 86 | 95 | 104 | 113 | 124 | 135 | 146 | 158 | 171 | 185 | 199 | 215 | 231 | 247 | 265 | 283 | Rocio |

. En negrilla pulgadas de vacío.
 . Valores expresados en libras / pulgada² manométricas



Se comporta bien con los tres tipos de aceite (mineral, alquilbencénico y poliol-éster), aunque con el que mejor se comporta es con el aceite poliol-éster.

Al comportarse bien con los tres tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.

En caso de fuga parcial en cualquier proporción no modificará en gran manera las características originales del producto, por lo que se podrá recargar.

Las instalaciones de R-134-a, también pueden ser cargadas con R-413-A ya que este refrigerante en su inmensa mayoría es R-134-a, aunque tendremos que tener en cuenta el aumento de la capacidad frigorífica que hará necesario optimizar la carga y los elementos de regulación.

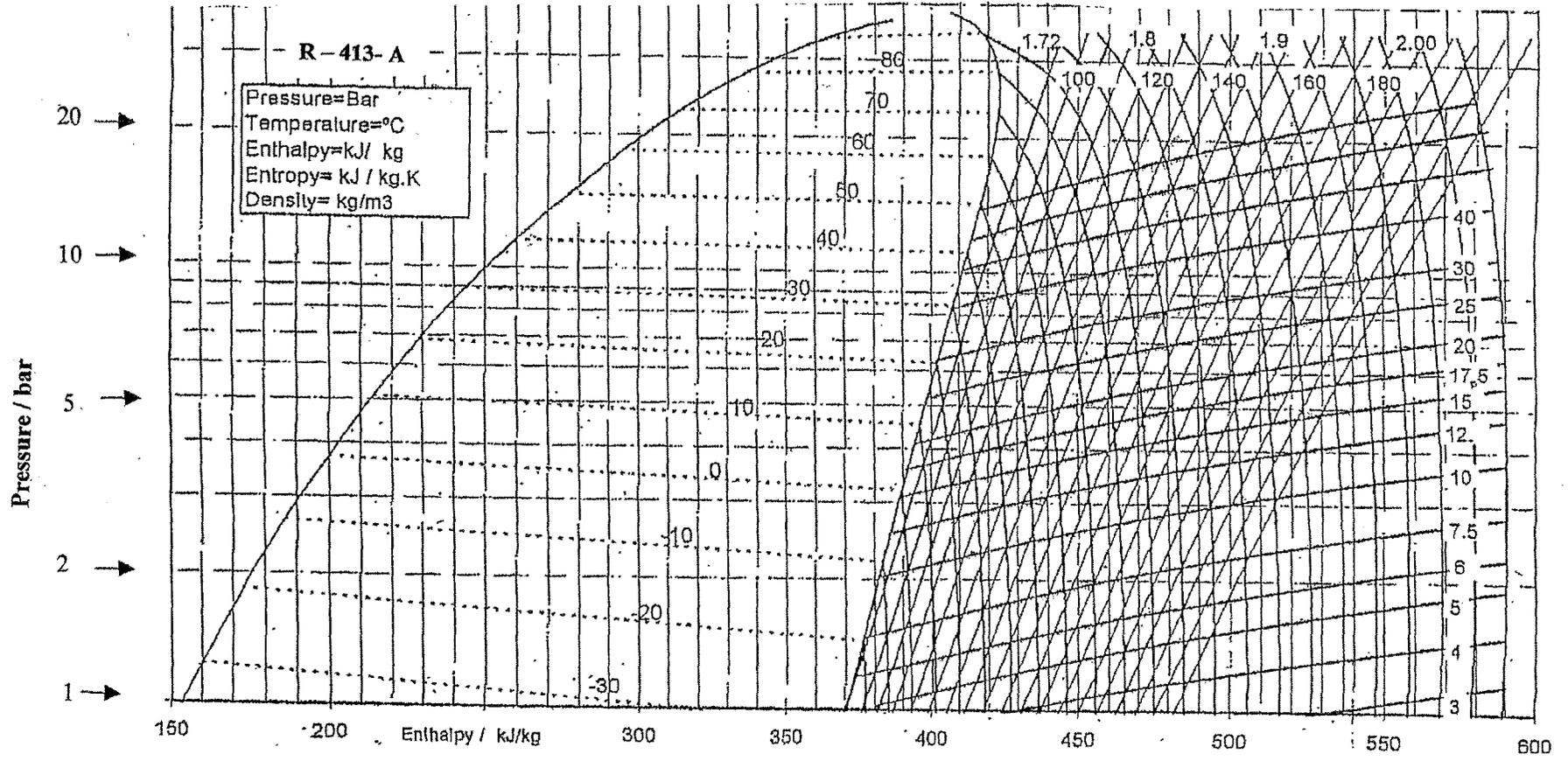
Supóngase que una instalación trabaja en el circuito de baja con una presión de 19 psig., si localizamos dicha presión en la columna de burbuja, podemos decir que la temperatura al principio de la evaporación es de $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$., y ya que el valor de esta presión no consta en la escala de rocío, sino que queda entre 17,7 y 21,3 psig. tomaremos el promedio de sus temperaturas, con lo que la temperatura de rocío al final de la evaporación será aproximadamente de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En el caso de disponer de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de recalentamiento al final del evaporador, el termómetro detectará una temperatura de $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Si la presión de alta en esta misma instalación es de 158 psig., la temperatura de rocío al principio de la condensación será de $+43\text{ }^{\circ}\text{C}$., y la de burbuja al final del condensador será de aproximadamente $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En el caso de disponer de un subenfriamiento de $6\text{ }^{\circ}\text{C}$., el termómetro detectará $+34\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Debido al poco deslizamiento de temperaturas que sufre este refrigerante, en caso de fuga acepta la recarga. Si después de efectuada la recarga no se alcanzan los valores de presiones normales, forzosamente se tendrá que descargar el refrigerante, procediendo al vacío y carga de refrigerante nuevo a la instalación.



16.29. REFRIGERANTE MEZCLA de HCFC's R- 416-A

Esta mezcla se utiliza como sustituto del CFC R-12, normalmente en instalaciones de aire acondicionado de automoción.

16.30. REFRIGERANTE MEZCLA HFC's R - 417A

Su composición está formada por una mezcla ternaria de R-125, R- 134-a y R-600.

Este refrigerante es un sustituto directo para instalaciones de aire acondicionado equipadas con R-22.

Las presiones de trabajo son casi idénticas a las del R-22.

Trabaja satisfactoriamente con los tres tipos de aceites (mineral, alquilbencénico y poliol-éster), y su eficiencia energética es superior a la del R-22.

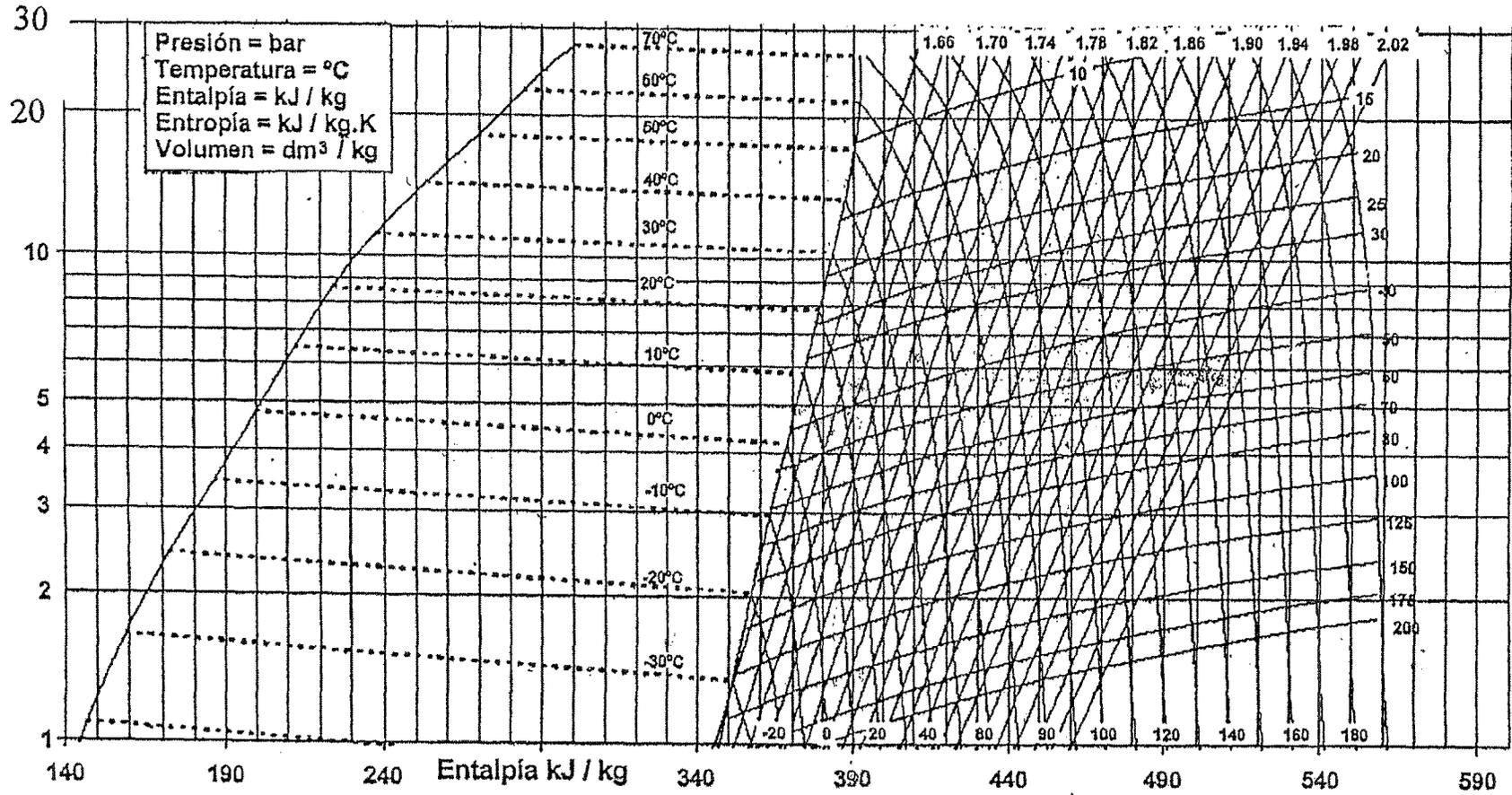
Al comportarse bien con los tres tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.

En caso de fuga no es aconsejable recargar la instalación, debido a la pérdida durante la fuga del refrigerante más volátil y por lo tanto haber variado los porcentajes de la mezcla original.

En caso de recargar la instalación normalmente las presiones no alcanzan los valores normales de trabajo.

R-417-A

Sustituto directo del R-22. Compatible con aceites sintéticos y minerales



16.31. REFRIGERANTE MEZCLA de HFC's R- 507

Este refrigerante HFC es un sustituto del R- 502.

Su aplicación es recomendada para trabajar a medias y bajas temperaturas de refrigeración.

Solo tiene un buen comportamiento trabajando con aceites poliol-ester, pero acepta trabajar con los tres tipos de aceites: mineral, alquilbencénico y poliol-ester.

Al comportarse bien con los tres tipos de aceite, la reconversión es directa sin tener que efectuar ningún cambio.

Los valores que deberán tomar el recalentamiento de los vapores y el subenfriamiento del líquido, seguirán el mismo proceso como el desarrollado con el refrigerante monocomponente R-22.

R-507-A

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|----|----|----|-----|-----|-----|
| -40 | -37 | -34 | -31 | -29 | -26 | -23 | -20 | -18 | -15 | -12 | -9 | -7 | -4 | -1 | 2 | 5 | 7 | 10 | 13 |
| 5,8 | 8,5 | 11,5 | 14,7 | 18,2 | 22 | 26,2 | 30,7 | 35,6 | 41 | 46,6 | 52,7 | 59,3 | 66,4 | 74 | 82 | 91 | 100 | 110 | 120 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 29 | 32 | 35 | 38 | 40 | 43 | 46 | 49 | 52 | 54 | 57 | 60 | 63 | 66 |
| 131 | 143 | 155 | 168 | 182 | 197 | 213 | 230 | 246 | 264 | 283 | 303 | 324 | 346 | 369 | 393 | 419 | 445 | 472 |

Valores expresados en libras / pulgada² manométricas

Debido al poco deslizamiento de temperaturas que sufre este refrigerante, en caso de fuga acepta la recarga. Si después de efectuada la recarga no se alcanzaran los valores de presiones normales, forzosamente se tendrá que descargar el refrigerante, procediendo al vacío y carga de refrigerante nuevo a la instalación.

16.32. ENVASES DE REFRIGERANTE

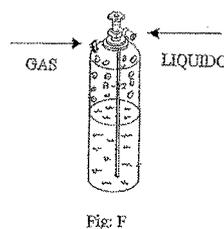
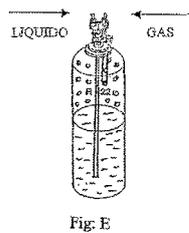
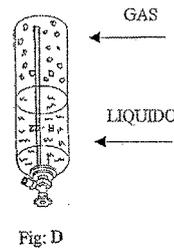
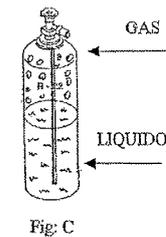
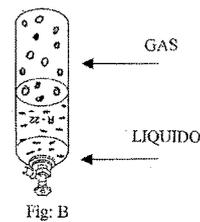
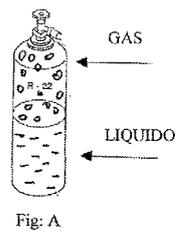
En el mercado podemos encontrar diferentes tipos de envases, tanto en capacidad como en la función de las llaves de servicio, ya que según la intervención que se quiera realizar tendremos que disponer de refrigerante en estado gaseoso ó líquido en la boca de salida de la botella.

En el envase de la figura (A), si abrimos el grifo dispondremos de refrigerante en estado gaseoso, sin embargo si precisamos refrigerante en estado líquido, solo tendremos que invertir la posición del envase como se muestra en la figura (B).

En el envase de la figura (C), tendremos líquido en la salida del grifo, y si queremos refrigerante en estado gaseoso, tendremos que invertir la botella como se muestra en la figura (D).

En el envase de la figura (E) disponemos de salidas independientes para el líquido y para el gas, sin tener que invertir el envase debido a la disposición de los tubos interiores.

En el envase de la figura (F) disponemos de refrigerante en estado líquido en la salida del grifo, y a través de una válvula obús instalada en la parte superior del envase podemos disponer de refrigerante en estado gaseoso sin tener que invertir el envase, aunque este tipo de envase está casi en desuso debido a las posibles fugas que tienen lugar a través del obús de la válvula.



16.34. RELACIÓN DE GASES REFRIGERANTES

| Refrigerante | Aceites | Aplicación | Sustitución |
|----------------|---|--|-------------------------------|
| R-11 (CFC) | Mineral y alquilbenzénico | Centrífugos, chillers y limpieza | ----- |
| R-12 (CFC) | Mineral y alquilbenzénico | Aire Ac. Auto y transporte. Refrigeración a temperaturas medias y positivas. Frío doméstico. | ----- |
| R-22 (HCFC) | Mineral, alquilbenzénico y poliolester. | Aire acondicionado. Bajas y medias temperaturas de refrigeración | ----- |
| R-23 (HCFC) | Poliolester. | Temperaturas muy bajas de refrigeración. | R-13 y R-503 |
| R-113 (CFC) | Mineral y alquilbenzénico. | Aire acondicionado en instalaciones centralizadas. | ----- |
| R-123 (HCFC) | Mineral y alquilbenzénico. | Centrífugos y chillers. | R-11 |
| R-124 (HCFC) | Mineral y alquilbenzénico. | Altas temperaturas de refrigeración | R-114 |
| R-134-a (HFC) | Poliolester. | Temperaturas medias de refrigeración. Aire acondicionado automoción. | R-12 |
| R-401-A (HCFC) | Alquilbenzénico y poliolester. | Refrigeración a temperaturas medias. | R-12 |
| R-401-B (HCFC) | Alquilbenzénico y poliolester. | Bajas temperaturas de refrigeración. | R-12 |
| R-402-A (HCFC) | Alquilbenzénico y poliolester | Medias y bajas temperaturas de refrigeración. | R-502 |
| R-402-B (HCFC) | Alquilbenzénico y poliolester | Máquinas de hielo. Medias y bajas temperaturas de refrigeración. | R-502 |
| R-403-B (HCFC) | Mineral, alquilbenzénico y poliolester | Transporte frigorífico. Medias y bajas temperaturas de refrigeración. | R-502 |
| R-404-A (HFC) | Poliolester. | Medias y bajas temperaturas de refrigeración. | R-502 en instalaciones nuevas |
| R-406-A (HCFC) | Mineral y alquilbenzénico | Temperaturas medias de refrigeración. | R-12 |
| R-407-A (HFC) | Poliolester. | Medias y bajas temperaturas de refrigeración. | R-502 |
| R-407-B (HFC) | Poliolester. | Medias y bajas temperaturas de refrigeración | R-502 |
| R-407-C (HFC) | Poliolester. | Aire acondicionado. | R-22 |
| R-408-A (HCFC) | Mineral, alquilbenzénico y poliolester. | Medias y bajas temperaturas de refrigeración. | R-502 en instalaciones viejas |
| R-409-A (HCFC) | Mineral, alquilbenzénico y poliolester | Temperaturas medias de refrigeración. | R-12 |

16. Fluídos refrigerantes. Gases refrigerantes más comunes y tipos de envases

| | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|--|-------|
| R-410-A (HFC) | Poliéster. | Aire acondicionado | R-22 |
| R-413-A (HFC) | Mineral, alquilbenzénico y poliéster. | Temperaturas medias de refrigeración. Aire acondicionado. | R-12 |
| R-416-A (HCFC) | Mineral, alquilbenzénico y poliéster. | Aire acondicionado automoción. | R-12 |
| R-417-A (HFC) | Mineral, alquilbenzénico y poliéster. | Aire acondicionado | R-22 |
| R-500 (CFC) | Mineral y alquilbenzénico. | Transporte frigorífico y aire acondicionado. | ----- |
| R-502 (CFC) | Mineral y alquilbenzénico- | Medias y bajas temperaturas de refrigeración. | ----- |
| R-507 (HFC) | Poliéster. | Medias y bajas temperaturas de refrigeración. | R-502 |

LUBRICANTES PARA INSTALACIONES FRIGORIFICAS**17.1. ACEITES LUBRICANTES**

Todas las instalaciones frigoríficas equipadas con refrigerantes CFC's normalmente sus compresores se lubrican con aceites minerales, teniendo el binomio refrigerante / aceite, un comportamiento aceptable en cuanto a miscibilidad y arrastre de aceite hacia el compresor para evitar peligrosas faltas de lubricante en él.

En la mayoría de instalaciones frigoríficas que no incorporen un separador de aceite en la descarga del compresor, es inevitable la marcha de aceite hacia la instalación, debido a que la función del lubricante consiste en servir de almohadilla entre las superficies en movimiento de la parte mecánica del compresor por un lado, y sellar las camisas de los cilindros (o las cavidades, en el caso de un compresor rotatorio o de tornillo) por otro. Dentro del compresor, el aceite ayuda también a absorber y evacuar el calor generado durante el funcionamiento del compresor.

Esta segunda función hace que al descender el pistón deje una capa de lubricante en las paredes internas, y que parte de esta capa salga con el gas comprimido hacia el sistema por la válvula de descarga, circulando por toda la instalación y retornando por la aspiración siempre que las condiciones de diseño sean buenas.

El aceite debe de ser capaz de circular libremente por la instalación, teniendo que quedar fluido a bajas temperaturas y no acumularse en el evaporador, y al mismo tiempo, debe ser suficientemente viscoso como para lubricar y hacer su función de sello a las temperaturas relativamente altas del compresor.

La viscosidad estándar se mide a 40 °C y se expresa en centiStokes (cSt). En refrigeración se emplean desde 15 a 170 cSt, aunque los más frecuentes son 32 ó 68 cSt. Las viscosidades más pequeñas se usan en pequeños compresores herméticos, y las mayores (por ej. 100 cSt) en grandes compresores, particularmente de tornillo o centrífugos.

Los fabricantes de compresores especifican el tipo de lubricante a usar en sus compresores, en principio clasificados por su viscosidad. En la mayoría de los casos, el compresor se sirve desde fábrica cargado con el lubricante de una determinada marca. Los boletines técnicos de los fabricantes del compresor normalmente especifican un número de lubricantes de otras marcas o proveedores que son técnicamente aceptables como sustitutos.

En USA, la viscosidad se mide a 100 °F (37,8 °C) por un método diferente, y el resultado se da en Segundos Saybolt Universales (SSU ó SUS). Las dos escalas no corresponden exactamente, pero para las viscosidades empleadas más frecuentemente, una conversión aproximada puede ser:

- 150 SUS = 32 cSt
- 300 SUS = 68 cSt
- 450 SUS = 100 cSt

El lubricante dentro de una instalación frigorífica se expone a grandes variaciones de temperatura, por ejemplo, para una instalación de R- 22 equipada con un compresor hermético y evaporando a - 40 °C, la temperatura de descarga estará alrededor de los 175 °C.

El aceite en circulación con el refrigerante sufre entonces una diferencia de temperatura alrededor de 200 °C (entre la temperatura de evaporación y la de descarga), en un periodo que puede ser sólo de unos pocos minutos.

Además del efecto de la temperatura sobre la viscosidad, también le afecta el refrigerante. Al disolverse el refrigerante en el aceite, la mezcla refrigerante-aceite tiene menor viscosidad que el aceite solo. La cantidad de refrigerante disuelto en el aceite para un punto dado de la instalación considerado depende de :

- El tipo de refrigerante
- El lubricante
- La temperatura: Se disolverá mucho refrigerante en el aceite a temperaturas más bajas, y conforme aumenta la temperatura del aceite, el refrigerante se evaporará de la disolución.
- La presión: Una alta presión contrarrestará el efecto de la temperatura forzando al refrigerante a permanecer en la disolución.

La viscosidad de la mezcla refrigerante-lubricante afecta a la facilidad de retorno al compresor del lubricante. Aún en el caso de refrigerante-lubricante inmiscibles, el refrigerante puede ser parcialmente soluble en el lubricante. La solubilidad del refrigerante en el lubricante ayuda a reducir la viscosidad del lubricante haciéndole más fácil fluir a lo largo de la instalación.

En un equipo frigorífico, un lubricante inmiscible con el refrigerante, formará una fase aparte que se va almacenando en el evaporador o puntos bajos y sifones de la instalación.

La estabilidad es esencial, porque el aceite permanece constantemente en la instalación donde está en contacto continuo con componentes de diferentes materiales, y con el refrigerante.

Las propiedades esenciales de un lubricante frigorífico son :

- Lubricación adecuada.
- Estabilidad.
- Solubilidad con el refrigerante
- Rigidez dieléctrica.

Debido a que los CFC's se han dejado de fabricar, todos los refrigerantes de servicio que tendremos que emplear para el mantenimiento de los equipos existentes, como los refrigerantes alternativos con los que funcionarán los equipos frigoríficos en un futuro inmediato, plantean problemas distintos a lo acostumbrado.

17.2. CIRCULACIÓN DEL LUBRICANTE (Retorno de aceite al compresor)

En una instalación que funcione correctamente todo el aceite que sale del compresor, se mueve a lo largo del circuito con el refrigerante y retorna al compresor, donde actúa de nuevo como lubricante.

Esto no sucede siempre, y el aceite puede acumularse en el circuito. Los dos efectos principales serán una falta de aceite en el compresor, que puede ocasionar problemas de lubricación, y la obstrucción parcial o total del circuito frigorífico, con la consiguiente pérdida de eficiencia.

Una posible razón para un bajo retorno de aceite puede ser el empleo de un lubricante de viscosidad demasiado alta. Como se indicó anteriormente, los fabricantes de compresores especifican la viscosidad del lubricante, pero pueden sugerir un rango de viscosidades.

Si el retorno de aceite es un problema, podría ser útil probar con el grado más bajo recomendado por el fabricante.

Como el evaporador es el punto más frío del circuito, podría decirse que la viscosidad del lubricante es la más alta allí, aunque esto no es siempre cierto, debido al efecto de dilución por el refrigerante disuelto, las viscosidades más altas se encuentran en la línea de aspiración y en el punto donde el recalentamiento está sobre 20-25 °C.

Un intercambiador de calor entre el líquido y la línea de aspiración puede ser útil en este punto, si las condiciones de trabajo de la instalación lo permiten.

La geometría y las velocidades por la tubería pueden ayudar a mover físicamente el aceite a través de la instalación y devolverlo al compresor, incluso con lubricantes-refrigerantes inmiscibles, aunque en instalaciones con largas tiradas de tubería o puntos bajos en el tendido de las líneas, los cuales puedan atrapar el aceite, necesitaran de un refrigerante miscible para retornar ese aceite al compresor.

La línea de succión deberá tener suficiente velocidad de paso de gas, ya que las velocidades recomendadas son de aproximadamente 3,5 metros/segundo (200 metros/minuto) en líneas horizontales, y 7,5 metros/segundo en verticales.

La velocidad no debe superar los 15 metros/segundo, para reducir el ruido y evitar la excesiva pérdida de presión. Un buen diseño de tuberías en instalaciones extensas incluye inclinar la aspiración hacia el compresor y colocar trampas (sifones), al principio y final de las tuberías verticales.

17.3. ACEITES MINERALES Y SINTETICOS

Los aceites minerales son llamados así por obtenerse derivados del crudo petrolífero, y se componen fundamentalmente de una mezcla de muchas clases de hidrocarburos, tanto saturados como insaturados, y algunas sustancias con heteroátomos (átomos distintos al Carbono e Hidrógeno: Oxígeno, Nitrógeno, Azufre,...), que son eliminadas casi totalmente durante el proceso de refinado.

La miscibilidad entre el refrigerante y el aceite viene determinada por la composición de sus moléculas respectivas. Los átomos de las moléculas de los refrigerantes, así como los de las moléculas de lubricante, se mantienen unidos por enlaces covalentes.

Este tipo de enlace se puede explicar como la “compartición” de electrones de sus últimas órbitas (electrones de valencia), ya que si unimos covalentemente dos átomos iguales o de la misma electronegatividad (capacidad de atracción de la carga), obtendremos una molécula apolar o sea los dos átomos “tiran” lo mismo.

Los aceites minerales (hidrocarburos) son todos apolares.

Cuando entre los dos átomos hay diferencias significativas, un elemento “tira” más que el otro de la nube electrónica, teniendo más carga negativa por su lado, y por tanto más carga positiva por el otro, siendo ésta la base que origina que una molécula sea “**polar**”.

Como se ha visto en anteriores apartados, las fuerzas que mantienen las moléculas de una misma sustancia unidas se denominan fuerzas intermoleculares, y podemos decir que son proporcionales a la masa y/o al volumen molecular.

Ahora bien, si además tenemos fuerzas de naturaleza electroestática debidas a la polaridad, la cohesión entre las moléculas de esa sustancia será mayor, que en otra del mismo peso en que no haya polaridad.

En los refrigerantes no solo interviene la diferencia de electronegatividad, sino la geometría molecular, que tiene que favorecer una resultante. Si los tirones se compensan, el resultado es una molécula apolar, por muy polares que sean los enlaces.

17.4. PROBLEMAS QUE PRESENTA LA EXISTENCIA DE POLARIDAD

El HFC R-134-a (sustituto del R – 12), y el R – 404-A (sustituto del R – 502), como todos los refrigerantes halocarbonados derivados del etano, tienen polaridad, y esta polaridad nos va a acarrear dos problemas graves para el caso particular de una instalación frigorífica:

Higroscopicidad:

El agua es una sustancia fuertemente polar. Cuanto mayor sea el grado de polaridad de un producto, mayor será su tendencia a absorber agua y este agua nos producirá reacciones indeseables dentro de un sistema frigorífico. El lubricante frigorífico no puede contener más de 50 p.p.m. de agua (partes por millón ó miligramos por kilo)

Falta de miscibilidad con los lubricantes:

En este caso como mayor sea el grado de polaridad de un refrigerante, más problemas de miscibilidad tendremos, sobre todo en el evaporador al ser esta la zona de más baja temperatura del sistema, ya que a cierta temperatura de evaporación se entra en el punto crítico de miscibilidad entre el refrigerante y el lubricante.

Un lubricante para los refrigerantes con alto grado de polaridad, necesita también ser polar él, y de esta forma podrá mezclarse convenientemente con el refrigerante, aunque por tal motivo también será más propenso a absorber agua.

17.5. TIPOS DE LUBRICANTES SINTÉTICOS

Los tres tipos de lubricantes sintéticos más utilizados son:

Alquilbencenicos (AB)

Estos lubricantes han sido empleados en la industria frigorífica durante más de 25 años, por su alta miscibilidad con los refrigerantes HCFC - CFC y en algunos casos con HFC, por su excelente estabilidad térmica.

La mayoría de refrigerantes que son sustitutos directos, presentan en su composición sustancias con un grado de polaridad más alto que el que pretenden sustituir, si bien no llegan a ser inmiscibles (miscibilidad media - baja, pero no ausencia de ella), con lo que su comportamiento es aceptable trabajando con el aceite mineral.

Este lubricante es totalmente miscible con el aceite mineral que encontramos en el cárter de cualquier compresor de una instalación, que vaya equipada con CFC ó HCFC a la que tengamos que cambiar el fluido refrigerante, por lo que ante una falta de aceite le podremos recargar con aceite (AB). El porcentaje óptimo dependerá del equipo y de las condiciones de trabajo de la instalación.

Los lubricante AB son los más indicados para instalaciones donde se empleaba aceite mineral (MO), antes de cambiar el refrigerante.

Poliol - Ester (POE)

Los lubricantes POE están especialmente recomendados para instalaciones nuevas equipadas con refrigerante HFC, con preferencia para R- 134-a, R- 407-C, R- 410-A, y R- 404-A .

En un principio se pensaron originariamente para su empleo en Aire Acondicionado de Automoción, por su buena miscibilidad con los refrigerantes comparándolo con otros ésteres.

Algunas ventajas que tienen sobre los PAG son:

- Mucha menor higroscopicidad. Solo cuatro grupos polares (éster) por molécula.
- No forman peróxidos ni acidez por exposición accidental al aire, siendo totalmente miscibles con los aceites minerales.
- Son compatibles con los residuos clorados de refrigerante que encontraremos ocasionalmente en compresores herméticos y semiherméticos.

La presencia de los grupos ésteres nos dan la polaridad necesaria para disolver y disolverse con los refrigerantes alternativos, polares. Estos mismos grupos éster son los que debido a su polaridad, absorberán agua del ambiente.

Su propiedad más sobresaliente es la de tener capacidad de mezclarse y disolver a los CFC, HCFC, HFC y a los aceites minerales empleados en refrigeración, por lo que los aceites polioliol-éster se pueden mezclar perfectamente con los aceites minerales, esto hace que sean los más indicados para cambiar a una instalación que funciona con CFC (aceite mineral), a HFC (aceite polioliol-éster).

Sin embargo en la reconversión de una instalación de R-12 a R-134-a, es necesario retirar totalmente el aceite mineral del equipo, ya que el R-134-a es incompatible con los aceites minerales.

Polialquilglicoles (PAG)

Estos lubricantes se usan ampliamente en aplicaciones de refrigeración para aire acondicionado de automóviles equipadas con R- 134-a, siendo poco normal su uso en otras aplicaciones.

Los PAG son especialmente susceptibles a la absorción de agua de la atmósfera, por lo que igual que en los casos anteriores, deberemos manipularlo tomando las máximas precauciones en cuanto a su exposición al aire ambiente.

Siempre que se disponga de información técnica del compresor, sobre el tipo de aceite recomendado por el fabricante, deberemos seguirla sin discusión.

Los lubricantes sintéticos son algo más delicados que los lubricantes minerales, ya que su higroscopicidad los hace más vulnerables, y será necesario mejorar los métodos de trabajo, aumentando el tiempo que sometemos a evacuación las instalaciones para eliminar todo el agua posible, en la que se incluye la absorbida en las paredes frías de las tuberías del circuito y la que se encuentre en el aire disuelto en el lubricante.

Los niveles de toxicidad y de contaminación son del mismo orden que los correspondientes de los aceites minerales, por lo que su manipulación y precauciones a tomar no son muy distintas a las habituales: lavarse tras su empleo, no verterlo al desagüe, sino entregarlo a una compañía especializada para su destrucción.

Tendremos que tener máxima precaución, en no tenerlo expuesto al aire salvo lo mínimo imprescindible, ya que bastará recordar que absorbe agua del ambiente, y después irá a una instalación cerrada, donde el refrigerante también absorbe humedad.

Los lubricantes alquilbencénico y minerales son miscibles entre sí. Los aceites alquilbencénicos trabajando con refrigerantes “mezcla” pueden tolerar mucho más aceite mineral residual, que los lubricantes poliol-éster trabajando con refrigerantes HFC.

Los equipos reconvertidos a refrigerante mezcla y aceite alquilbencénico, trabajan satisfactoriamente con un 50 % de aceite mineral.

Cuando el nuevo refrigerante es HFC y el nuevo aceite es poliol-éster, la experiencia indica que sólo se puede tolerar un 5 % de aceite mineral residual, aunque en ocasiones excepcionales puede llegar a un 10%., pero para temperaturas de evaporación por debajo de -20 °C, debe considerarse un máximo de un 5 % de aceite mineral.

17.6. EXTRACCIÓN DEL LUBRICANTE

Cuando se extraiga lubricante usado de un compresor, es recomendable emplear protección ocular y guantes de goma, neopreno o equivalente, ya que un lubricante degradado puede contener sustancias ácidas.

La extracción del lubricante es necesaria:

— Cuando el cambio de CFC a refrigerantes definitivos, requiera extraer la mayor parte del lubricante mineral de la instalación.

- Si el aceite se ha degradado y vuelto ácido durante el funcionamiento de la instalación.
- Después de un quemado de motor, siempre que haya alguna duda de que la limpieza de la instalación no ha sido la correcta.

Equipo necesario:

- Bomba de vacío
- Manguera de conexión
- Envase para el lubricante a extraer, es aconsejable que sea graduado.
- Algo de tubo de cobre, de un diámetro que pueda ser introducido a través del tornillo de llenado del cárter y alcanzar el fondo del cárter.
- Material plástico para sellado.

Forma de actuación:

- Sellar la tubería de cobre, y la de vacío, en lo alto del envase receptor, usando el material plástico de sellado o "mastic".
- Cerrar ambas llaves de servicio para aislar el compresor.
- Arrancar la bomba de vacío, haciendo vacío del envase para el aceite, ya que extraerá el lubricante fuera del compresor hasta el envase. Si es un frasco graduado, se podrá ver la cantidad y el color del lubricante extraído.

También puede usarse la presión de refrigerante en vez de vacío, en tal caso se usa la misma longitud de tubo de cobre, aunque se sella en el acceso al cárter del compresor. Si dejamos entrar suficiente vapor de refrigerante en el cárter a través de la válvula de servicio de aspiración, se creará una presión positiva en el cárter, forzando al aceite a pasar por el tubo hasta el envase final.

Este método extrae el lubricante menos exhaustivamente que el anterior, pero es más útil para tener muestras de aceite para análisis.

Tras extraer el aceite por cualquier método, hay peligro de que pueda entrar aire en la instalación, con el cual siempre hay humedad asociada. La contrapresión del refrigerante que se separa del aceite limitará la entrada de aire, pero no puede mantenerlo exento.

Antes de empezar a rellenar con lubricante nuevo, debe purgarse cualquier cantidad de aire presente en el compresor abriendo la válvula de servicio de aspiración, a continuación colocar y apretar rápidamente el tornillo en el acceso al cárter, y cerrar la válvula. La mayor parte del aire, y la humedad que transporta, se expulsarán del equipo a través del orificio del tornillo.

Si el compresor ha sido abierto a la atmósfera durante cualquier espacio de tiempo, y especialmente si se ha empleado alguna sustancia disolvente para extraer de él lodos o aceites polimerizados, es aconsejable hacer un buen vacío del compresor antes de añadirle el aceite nuevo. El propósito es mantener limpio y sin humedad, el lubricante nuevo en una instalación no contaminada.

17.7. CARGA DEL LUBRICANTE

Si el aceite no se manipula correctamente, la humedad y el aire pueden entrar en la instalación, ya sea directamente o en el lubricante, por tal motivo deben mantenerse los envases de aceite sellados hasta el momento de su utilización. En la medida de lo posible, deben comprarse los envases adecuados a cada aplicación, y nunca trasvasar aceite de un recipiente abierto a otro.

17. Aceites lubricantes. Lubricantes para instalaciones frigoríficas

Aunque en la mayoría de casos, los compresores nuevos se suministran precargados con lubricante, hay excepciones donde la carga inicial se lleva a cabo por parte de los técnicos de servicio.

Normalmente, se requiere un “rellenado” del compresor para compensar la parte de la carga inicial que está en circulación por la instalación, por ello, deben seguirse las instrucciones del fabricante del compresor sobre el nivel correcto en la mirilla de aceite, pues puede variar de un modelo a otro. El nivel debe comprobarse cuando la instalación esté a régimen en condiciones de trabajo normales, debido a que un nivel excesivo de lubricante puede estropear el compresor.

Procedimiento de carga:

- 1º Recoger el refrigerante en el calderín de líquido.
- 2º Aislar el compresor con las llaves de servicio de alta y baja.
- 3º Conectar la bomba de vacío a una de las dos válvulas de servicio.
- 4º Reducir la presión en el compresor hasta una presión ligeramente positiva (aprox. 0,1 bar) y parar la bomba.
- 5º Desenroscar el tornillo de acceso al cárter y roscar la manguera de carga con la válvula cerrada.
- 6º Abrir cuidadosamente la válvula de servicio de aspiración y dejar entrar un poco de vapor, solo el suficiente para tener presión positiva, y cerrar de nuevo.
- 7º Abrir la válvula de la manguera para purgar el aire, abrir el envase de aceite, cerrar la válvula de la manguera e introducirla en el aceite.
- 8º Arrancar de nuevo la bomba de vacío. Cuando la presión en el compresor esté ligeramente por debajo de la atmosférica, abrir la válvula de corte cuidadosamente.
- 9º Llenar el lubricante hasta el nivel correcto, mirando la mirilla del compresor, y cerrar entonces la válvula de corte.
- 10º Parar la bomba de vacío, abrir la válvula de servicio de aspiración hasta tener una presión ligeramente positiva y desconectar la manguera de carga colocando el tornillo de acceso al cárter en su sitio.

Debe tenerse cuidado de no vaciar completamente el envase de lubricante, lo que burbujearía aire a través del aceite y podría llegar al interior del compresor. Si esto ocurre, debe colocarse el tornillo de acceso al cárter en su sitio y hacer vacío completo al compresor.

Las pequeñas cantidades de lubricante para completar la carga pueden añadirse empleando una jeringa de lubricante, ya que el aire no entrará en la instalación durante el pequeño tiempo que el tapón de llenado del cárter esté abierto, debido a que el refrigerante disuelto en el aceite del cárter, mantendrá una presión ligeramente positiva conforme se separe del aceite.

También puede hacerse en este caso con una bomba de aceite, ya que puede llenar lubricante en una cantidad media contra la presión de cárter del compresor.

18 AGENTES CONTAMINANTES

CONTAMINANTES EN INSTALACIONES FRIGORÍFICAS

18.1. ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES

Debe recordarse que una instalación de refrigeración o Aire Acondicionado es un circuito cerrado, y una vez que un contaminante ha entrado en la instalación se quedará allí, solo las acciones del técnico de servicio pueden sacarlo.

La acción de los contaminantes es habitualmente lenta. Una instalación puede arrancar inicialmente y rodar perfectamente unos pocos meses, o incluso años, pero más tarde podemos encontrar la instalación seriamente dañada incluso sin reparación posible. La buena reputación del técnico de servicio, o la empresa instaladora o mantenedora, dependen de un trabajo preciso y profesional.

Los principales contaminantes son:

- Aire
- Agua
- Óxidos
- Partículas

Otros que encontraremos con menor frecuencia son :

- Agentes anticongelantes
- Productos de soldadura
- Disolventes, especialmente disolventes clorados
- Agentes detectores de fugas no adecuados
- Nitrógeno u otros gases incondensables

Aire:

El aire debe extraerse de la instalación para hacer posible la carga de refrigerante, ya que si dejamos una pequeña cantidad de aire la instalación puede ser capaz de funcionar pero no correctamente, ya que con el aire entra humedad, que puede causar oxidación de las partes de hierro o acero, oxidando también al lubricante y en consecuencia causar la formación de lodos.

El aire y otros gases tales como el nitrógeno tienen un efecto adverso adicional, recibiendo el nombre genérico de **incondensables** (NCG, en inglés).

Con las temperaturas normales de trabajo estos gases no se comprimen de la misma forma que los vapores de refrigerante, ocasionando presiones de alta más altas y una mayor temperatura en la descarga del compresor, siendo ésta la parte de la instalación con la temperatura más alta.

Cualquier incremento de temperatura es indeseable, ya que cualquier reacción química sucede dos veces más rápido por cada 10 °C que aumentamos la temperatura, por tanto, estas instalaciones con aire u otro incondensable, serán significativamente menos estables que otras que hayan estado sometidas a un buen vacío. Puede haber una buena razón de diseño para permitir que un compresor trabaje a altas temperaturas, pero desde el punto de vista de la estabilidad cuanto más baja sea la temperatura mejor.

El nitrógeno que se haya empleado durante las soldaduras, o en la rotura de vacíos debe ser extraído totalmente, incluso el que se emplea en compresores nuevos cuando salen de fábrica con el fin de protegerlos de posibles corrosiones, pero el aceite del compresor se satura de nitrógeno, siendo prácticamente un gas inerte, y aún siendo menos peligroso que el aire no deja de ser un incondensable más, teniendo que ser extraído totalmente para evitar el recalentamiento del compresor.

Agua:

Todos los refrigerantes halogenados (los que contienen cloro, flúor o bromo) combinados con agua, forman ácidos muy agresivos que causan corrosión en todos los elementos de la instalación, favoreciendo el chapeado del cobre, atacando a los cojinetes y prensaestopas de los ejes, y al bobinado de los motores de los compresores, dando lugar a futuros cortocircuitos.

El agua no contribuye directamente a la descomposición del refrigerante, pero su presencia multiplica el efecto dañino de ácidos formados en la reacción lubricante-refrigerante

Debe insistirse en que el agua agrava el efecto de otros contaminantes, ya que todos los ácidos y especialmente los inorgánicos como el clorhídrico y fluorhídrico son más corrosivos en presencia de humedad que en una instalación seca.

También favorecen la descomposición y la formación de fango en el aceite, generando con tanta frecuencia el que se encuentren al mismo tiempo, humedad y suciedad como causas de fallos.

El agua puede entrar a la instalación con el refrigerante, el aceite, las tuberías o los componentes que integran la instalación, y cabe mencionar que el nivel máximo que debe contener el refrigerante se sitúa en 10 ppm (partes por millón, miligramos por kilo), y el lubricante frigorífico no debe tener más de 50 ppm de agua.

Los **hidratos** forman con agua productos de descomposición muy voluminosos que son como copos de nieve, que también se depositan en los elementos de expansión en los que se producen obstrucciones porque son muy viscosos, adhiriéndose sólidamente a las superficies metálicas.

Un hidrato es un sólido, de apariencia similar al hielo o la nieve. Es una molécula compleja formada por agua y refrigerante, y se pueden formar a temperaturas más altas que el hielo, y pueden permanecer sólidos a temperaturas a las que se fundiría éste.

Óxidos:

Los óxidos de hierro son los más frecuentes debido a la acción del agua y aire al abrirse un motor para su reparación. Los óxidos de cobre se deben habitualmente a técnicas de soldadura incorrectas, reaccionando posteriormente para dar sales metálicas corrosivas, y si hay agua presente esta reacción puede continuar casi indefinidamente. La herrumbre producida en el corte de tuberías, ensamblajes defectuosos, etc., tenderá a separarse de las superficies metálicas en forma de partículas sólidas, haciendo posible la obstrucción total o parcial del filtro secador o el elemento de expansión, aparte por supuesto de los daños por rozamiento que las partículas sólidas provoquen en las partes móviles del compresor.

Es una buena práctica cambiar el aceite a los compresores abiertos o semiherméticos nuevos, tras un periodo de rodaje.

Otros contaminantes:

Aunque son menos frecuente, estas son las posibles causas de problemas:

Agentes anticongelantes

Aunque acostumbran a dar en principio un buen resultado ante obstrucciones causadas por la humedad (se trata de entrar en la instalación alcohol, metanol, glicoles, etc.), no es aconsejable su utilización, ya que la mayoría de anticongelantes comerciales son oxidantes, y también puede que sean inestables a las temperaturas de trabajo del compresor, siendo recomendable en estos casos el cambio total de aceite.

Decapantes para soldadura

Los productos empleados como decapantes en las varillas de soldar suelen ser reactivos, provocando corrosión, y son también virtualmente insolubles en los refrigerantes. Una vez dentro de la instalación, estos productos son muy difíciles de extraer, por lo que puede ser necesario sustituir el componente que presente obstrucción.

18.2. QUEMADO DE MOTORES ELÉCTRICOS.

La mayoría de instalaciones equipan compresores herméticos o semiherméticos. Este tipo de compresor tiene varias ventajas con respecto al de tipo abierto, pero presentan también el problema de que cuando se quema el motor eléctrico que acciona el compresor, los productos de descomposición serán transportados y disueltos por el refrigerante, llegando al compresor reparado provocando un nuevo quemado del motor en pocos meses.

El motor puede quemarse por:

- a) Baja tensión en la corriente de alimentación.
- b) Sobrecarga del motor debida a una temperatura de condensación muy elevada y a una protección insuficiente.
- c) Agarrotamiento mecánico del compresor (normalmente falta de aceite)
- d) Caudal del fluido frigorígeno aspirado por el compresor muy reducido, acarreado un defectuoso enfriamiento del motor.
- e) Recalentamiento exagerado de los vapores aspirados por el compresor.
- f) Ataque químico al aislamiento de las bobinas del motor, por los ácidos formados en el momento de la descomposición a alta temperatura, este quemado se presenta en los periodos de funcionamiento extremos de invierno y verano. Hay que tener presente que el 80 % de los ácidos formados en un circuito frigorífico, acaban fijándose en el aceite.

Es necesario por tanto, efectuar una cuidadosa y exhaustiva limpieza de la instalación, empezando por tomar una muestra de aceite del compresor.

Cuando realizadas todas las pruebas eléctricas, el compresor no arranca, encontraremos un color de aceite oscuro y una reacción ácida **detectada por medio de indicadores**, siendo señal evidente de que el motor se ha quemado.

Si el lubricante no está seriamente ácido (número de acidez menor de 0,05 ppm), no hay que tomar medidas especiales, siendo suficiente sustituir el compresor, y el filtro secador por uno nuevo. El filtro secador a colocar deberá ser preferiblemente de un tamaño mayor que el anterior, o al menos igual, sustituyendo de nuevo el filtro o su contenido a las 24 horas de funcionamiento.

Si la instalación está seriamente contaminada, hay que efectuar una limpieza de la instalación con R-141.b. Este disolvente es un HCFC de propiedades parecidas al R-11, y lo podemos usar con una bomba de recirculación de forma análoga a como se hacía antes con R-11.

El R-141b evapora a presión atmosférica a +32 °C, un poco más alto que el R-11, por lo que será necesario poner más cuidado en los vacíos y barridos de nitrógeno que se efectúen, ya que es imprescindible asegurarse que se ha extraído completamente de la instalación antes de cargar lubricante o refrigerante.

El hecho de no poder emplear R- 22 como agente de limpieza (aunque en estado líquido tiene similar capacidad disolvente que el R-11 y R-141b), es su presión de trabajo.

Existen sin embargo equipos en el mercado, que posibilitan el empleo de refrigerante líquido como agente de limpieza, presurizando la instalación. El equipo debe permitir circular el refrigerante líquido, filtrarlo, destilarlo extrayendo tanto el aceite como las impurezas y humedad, y retornarlo limpio como líquido a una botella o recipiente, todo ello de forma automática y con las medidas de seguridad suficientes para cualquier circunstancia propia de la instalación.

Este método de limpieza no deja residuos, es rápido, y una vez terminado el trabajo tenemos la seguridad de que no dejamos restos de disolvente en la instalación.

Independientemente del método de limpieza empleado, deben efectuarse visitas regulares a un intervalo de aproximadamente dos semanas a cada instalación que haya sufrido un quemado de motor. En las visitas deberá efectuarse una inspección y **un test de acidez al aceite**.

Debe cambiarse el aceite y los filtros secadores (cartuchos si es de carcasa), **tantas veces como sea necesario** hasta que el aceite esté claro y libre de acidez, ya que solo entonces podemos decir que se ha terminado la reparación.

Si se desea conocer la presencia de carbón solo tendremos que depositar algunas gotas de aceite en una tela o papel blanco.

18.3. LIMPIEZA DEL CIRCUITO

En primer lugar y en el caso de que el grado de contaminación sea importante, se tendrá que recuperar el refrigerante y enviarlo al fabricante o distribuidor para su regeneración o destrucción, ya que el refrigerante de una instalación nunca debe ser descargado a la atmósfera.

También se puede limpiar la instalación a través de instalar filtros antiácidos a ser posible sobredimensionados, tanto en la línea de líquido como en la de aspiración, utilizando el mismo tipo de aceite y refrigerante que monta la instalación, aunque teniendo la precaución de que si la instalación contenía muchos contaminantes, los filtros pueden bloquearse muy rápidamente, por lo que es necesario un seguimiento cuidadoso por parte del Técnico de Servicio, controlando las caídas de presión a través de los filtros cambiándolos si fuera necesario, así como también la presión de descarga del compresor ya que se pueden formar incondensables producidos durante el quemado.

18.4. ELIMINACIÓN DEL REFRIGERANTE Y ACEITE CONTAMINADO

En muchos casos , el refrigerante y aceite contaminado puede ser recuperado empleando equipos especiales para este propósito.

Un refrigerante que esté parcialmente descompuesto o seriamente contaminado probablemente no podrá ser regenerado, pero nunca deberá ser descargado a la atmósfera ya sea dentro o fuera de edificios o instalaciones. En la mayoría de países está prohibido por la ley y por otro lado, un refrigerante descompuesto puede contener sustancias tóxicas y con riesgo para la salud.

Estos refrigerantes y aceites contaminados, deben eliminarse en plantas de incineración especializadas.

19 INTERVENCION DE INSTALACIONES FRIGORIFICAS

FUGAS, VACÍOS, BARRIDOS E INCONDENSABLES

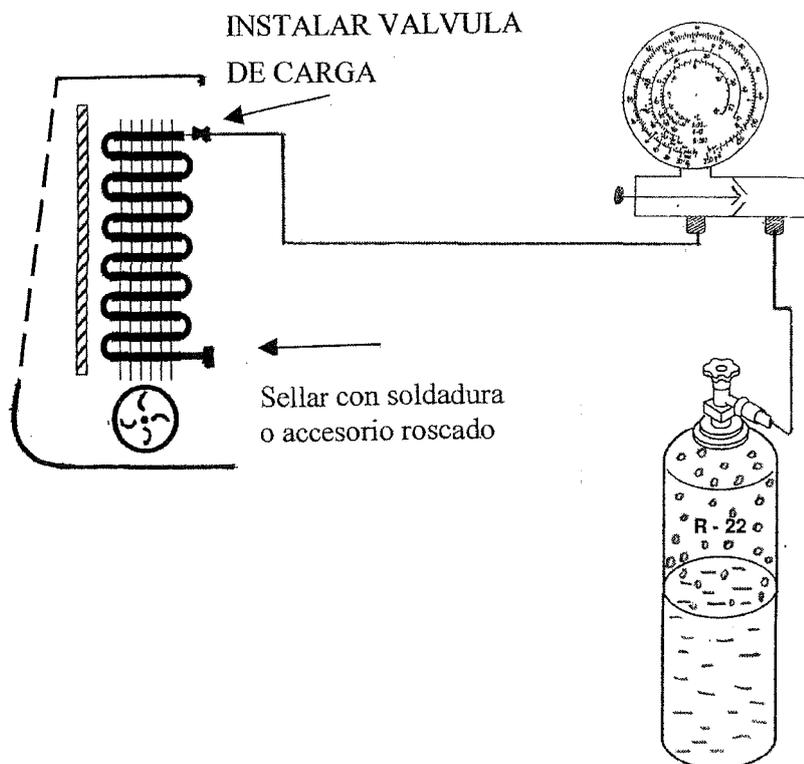
19.1. PRESURIZACION DEL CIRCUITO PARA LA DETECCION DE FUGAS

En principio ante una instalación que entre en avería por tener una fuga de refrigerante, es conveniente realizar una revisión visual y auditiva de las líneas del circuito y componentes de la instalación a los que se tenga acceso, ya que tanto es posible observar la presencia de manchas de aceite en las uniones mecánicas o soldaduras, como en algunos casos según la importancia de la fuga con la instalación parada de la red, es posible oírlas.

En caso de encontrarse, quedaría delatada su existencia, ya que hay que tener presente que en una fuga sale al exterior del circuito, tanto fluido refrigerante como vapor de aceite.

En el caso de que todo lo expuesto anteriormente no surja efecto, no queda otra solución más fiable y contundente que presurizar la instalación por zonas, ya que de esta forma se podrá asegurar en principio la zona donde se encuentra la fuga de refrigerante. Una vez detectada solo bastará examinarla con todo tipo de detalles para dar el punto exacto del motivo de avería.

La presurización se puede llevar a cabo con una botella del mismo refrigerante que monta la instalación, o en el caso de querer aumentar la presión de prueba es recomendable hacerlo con Nitrógeno.



En cualquiera de los dos casos se debe sellar por medio de tapones, rácores o soldadura, uno de los extremos del circuito que se quiera comprobar, y en el otro extremo se instalará una válvula de servicio donde se conectará el manómetro unido a la botella de prueba, que en el caso que sea de refrigerante, tan caso solo se dispondrá de la presión que corresponda a la temperatura ambiente que se tenga al propio refrigerante.

En el caso de utilizar Nitrógeno y accionando el manorreductor que lleva instalado, se podrá someter al circuito a una presión superior que con el refrigerante.

Efectuada esta operación solo tendremos que cerrar el grifo del puente de manómetros y comprobar la estanqueidad del circuito a través de la presión detectada en el manómetro.

Es importante resaltar que si en caso de fuga, al circuito en prueba se le entra refrigerante en estado líquido, el manómetro no perderá presión hasta que se evapore todo el líquido de su interior, ya que nos encontraríamos como ante un envase de refrigerante, en el cual se tiene la misma presión cuando está lleno que cuando está medio vacío.

Cabe recordar que en el caso de someter a presión un evaporador de placas, la presión máxima a la que se debe presurizar el circuito es de 6 barg., ya que a mayor presión se corre el riesgo de que se deforme. La presión máxima recomendada para presurizar un circuito con tuberías de cobre es de 20 barg., y para instalaciones de R-410-a, un máximo aproximado de 30 barg.

Una vez detectada la zona del circuito donde se encuentra la fuga de refrigerante, podemos utilizar cualquiera de los aparatos buscafugas presentados en el siguiente apartado, y sanear exclusivamente la zona afectada o bien sustituir el componente defectuoso.

19.2. EQUIPOS BUSCAFUGAS

Para la detección de fugas de refrigerante en las instalaciones son varios los sistemas ó instrumentos que se pueden utilizar.

En instalaciones que funcionan con CFC's ó HCFC's, donde uno de los componentes es el cloro se puede utilizar la lampara halógena, la cual se carga de gas y a través de la toma de aire exterior necesario para su combustión aspira el aire, y en el caso de detectar el cloro del refrigerante varia el color de la llama del aparato, por supuesto este tipo de buscafugas no localiza las fugas de HFC's , ya que estos no contienen cloro.

También se puede utilizar buscafugas electrónicos, los cuales montan en la punta de comprobación de fugas un aspirador de aire y un sensor que tiene por misión detectar la presencia de vapor de refrigerante en aire en pequeñas concentraciones, y detectan un cambio en la conductividad térmica o capacidad calorífica del aire causada por el vapor de refrigerante.



Buscafugas de llama



Buscafugas electrónico

Su funcionamiento se basa en que el ánodo formado por dos electrodos calientes, emite iones positivos al ser excitado por halógenos, y la corriente generada puede amplificarse, medirse y dar una señal tanto óptica como acústica, por lo tanto, si un instrumento provisto de dichos electrodos se aproxima a un punto donde haya un escape de gas refrigerante halogenado, la temperatura de 750 a 800 °C existente en el ánodo, desdobra el halógeno contenido en el gas, registrándose una corriente de iones cuya magnitud depende de la cantidad de gas existente, y por consiguiente de la importancia de la fuga.

Las indicaciones del detector dependen esencialmente, de la cantidad de gas de comprobación halogenado, ya que cuanto más elevada sea la presión parcial del gas de comprobación, tanto mayor será la concentración de refrigerante en la mezcla de éste con el aire que se origina en la fuga, y por consiguiente más intensa la señal, en la que influye además la velocidad a que se opere, siendo aconsejable pasar lentamente la sonda de comprobación por las uniones mecanizadas o soldaduras. Algunos de los buscafugas electrónicos existentes en el mercado, ya están preparados para localizar fugas de CFC's, HCFC's y HFC's.

Otro sistema que se puede emplear es el de entrar un aditivo en el interior de la instalación, que en realidad es un colorante fluorescente que es soluble en el lubricante del compresor, y sale de la instalación conjuntamente con el refrigerante donde hay una fuga, volviéndose visible y tomando un color verde amarillento bajo una luz ultravioleta, siendo conveniente que esté equipada para ir conectada a la red eléctrica y también para funcionar con baterías.

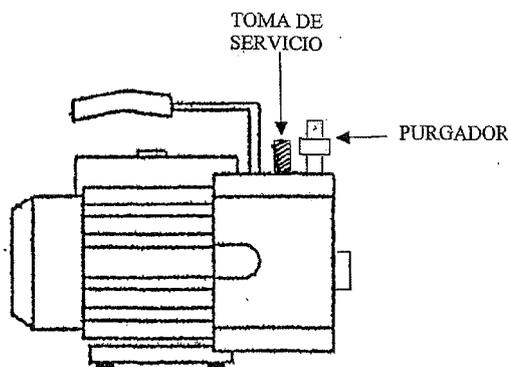
En el mercado también se encuentran buscafugas de spray, siendo muy eficaces en la detección de fugas de gases refrigerantes.

Por último se puede utilizar detergente líquido mezclado con agua, y detectar la fuga a través de las burbujas de jabón, siendo éste un método simple, pero bastante eficaz para la localización de fugas de refrigerante.

19.3. BOMBA DE VACIO

La bomba de vacío que se emplee es aconsejable que sea de una capacidad suficiente como para asegurar un vacío óptimo, y para ello interviene el volumen interno de la instalación que se tenga que intervenir, a título informativo se puede decir que para una instalación de 6000 Fg./h, se recomienda una bomba de vacío que tenga un desplazamiento aproximado a los 6 m³/h.

En el mercado encontraremos bombas de vacío de simple o de doble efecto, consiguiendo con esta última vacíos más profundos en menos tiempo. Es muy aconsejable a ser posible, efectuar el vacío por alta y por baja al mismo tiempo, aunque el tiempo que se tardará en hacerse un vacío dependerá concretamente de:



19. Intervención de instalaciones frigoríficas. Fugas, vacíos, barridos e indondensables

- El volumen interno de la instalación, longitud y diámetro de las líneas, ya que con diámetros pequeños tardará más que con diámetros grandes, igual que si las líneas son más largas o cortas.
- Cantidad de humedad ó agua que contenga la instalación.
- Capacidad de la bomba de vacío.

Es muy importante que antes de efectuar el vacío a cualquier instalación, se ponga la bomba en marcha y se deje en funcionamiento algo más de 5 minutos, con el purgador que normalmente instala en su parte superior abierto.

La finalidad de esta operación es que el aire húmedo bombeado en el último vacío efectuado, contenía cierto porcentaje de humedad, y esta humedad normalmente tiende a condensarse en el aceite de la bomba, una vez saturado el aceite de humedad el vapor de agua que se escape del aceite al subir éste su temperatura, podría evitar que la bomba logre un vacío elevado

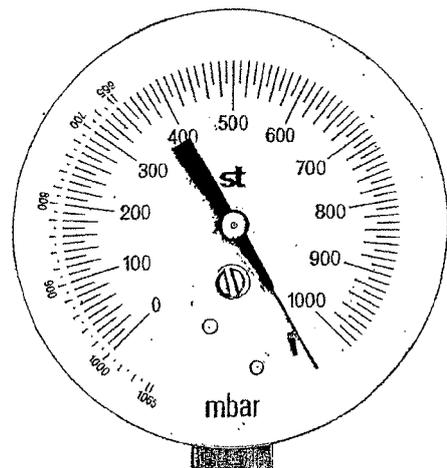
En el caso de dedicarnos a la intervención o mantenimiento de instalaciones frigoríficas donde sus compresores pueden equipar tanto aceites minerales como sintéticos, tendremos que proveernos de dos bombas de vacío que instalen cada una un tipo de aceite, aunque encontraremos en el mercado bombas de vacío que instalan una válvula solenoide conectada en paralelo con la alimentación eléctrica del motor de la bomba, para evitar la mezcla de aceites en las operaciones de vacío.

19.4. VACUÓMETRO

Los manómetros de baja presión, equipan un vacuómetro pero con un espacio de escala muy reducido, donde prácticamente es imposible saber que presión de vacío tenemos exactamente en una instalación por mucho rato que tengamos la bomba trabajando, ya que la escala de vacío finaliza en 30" y el punto de ebullición del agua empieza a descender considerablemente a partir de 29", resultando por ello prácticamente imposible el control de 1" con este tipo de vacuómetro.

Para tomar plena conciencia de la importancia de controlar un vacío que nos garantice la máxima deshidratación en cualquier instalación frigorífica, podemos consultar la siguiente relación donde encontraremos diferentes presiones de vacío y puntos de ebullición del agua.

| Presión manométrica en pulgadas de vacío | Punto de ebullición del agua en ° C |
|---|--|
| 0 | 100,00 |
| 10 | 89,11 |
| 20 | 71,56 |
| 25 | 55,67 |
| 28 | 37,80 |
| 29 | 25,00 |
| 29,1 | 23,30 |
| 29,2 | 20,30 |
| 29,30 | 18,30 |
| 29,40 | 15,60 |
| 29,50 | 12,20 |
| 29,60 | 8,33 |
| 29,70 | 2,78 |
| 29,80 | - 5 |
| 29,84 | - 9,44 |
| 29,86 | - 12,80 |
| 29,88 | - 17,20 |
| 29,90 | - 24,41 |

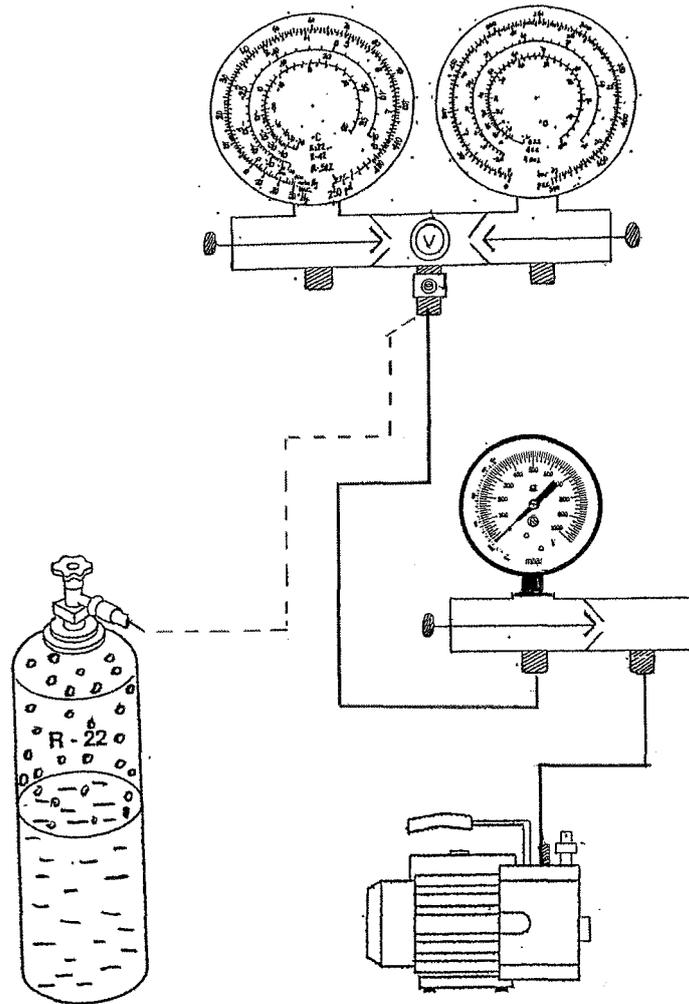


Usando un vacuómetro independiente para realizar el vacío, veremos que estando en reposo la aguja en el fondo de escala derecha, indica la presión atmosférica existente expresada en este caso en 1000 milibares (mb).

El otro lado de la escala viene representado el 0 "cero" por el lado interior, y 1065 mbar.(en pequeño) por la escala exterior.

Para poder controlar con exactitud los diferentes valores de vacío obtenidos durante cada operación, los vacuómetros incorporan una aguja movible manualmente desde el exterior, que deberemos situar encima del valor obtenido en cada vacío.

En el caso de disponer ya de manómetros de servicio, al vacuómetro le podemos instalar en un grifo simple, y conectarlo a la instalación como se muestra en la figura.



Instalaremos el manómetro de baja en la válvula de carga de la instalación, y en la boca de servicio del grifo del manómetro instalaremos el vacuómetro, conectando en la boca de servicio del grifo del vacuómetro la bomba de vacío.

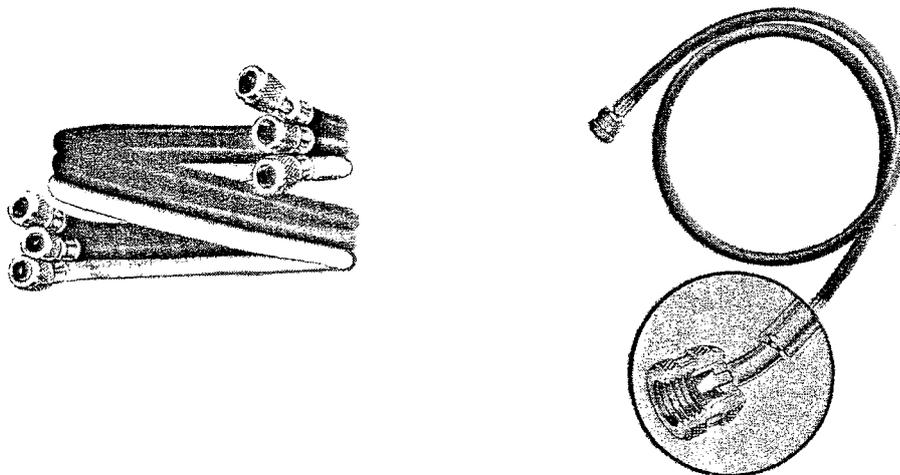
Pondremos en funcionamiento la bomba y abriremos las llaves de los dos manómetros efectuando el vacío de la instalación.

Una vez finalizada la operación de vacío, solo se tendrá que desconectar el vacuómetro del grifo de servicio del manómetro, y en su lugar conectar la botella de refrigerante, purgar de aire la manguera y seguir con la operación de carga de la instalación.

19.5. MANGUERAS DE SERVICIO

El color de las mangueras de servicio que se montan en el puente de manómetros corresponden: para el manómetro de baja la de color azul que se conectará a la válvula de servicio instalada en la zona de baja presión del aparato, la manguera de servicio es la de color amarillo (instalación de la bomba de vacío, botella de refrigerante etc.), y en el manómetro de alta presión la de color rojo, las cuales las encontraremos en el mercado con diferentes longitudes y fabricadas para soportar diferentes presiones de trabajo.

Las bocas de las mangueras de servicio se diferencian en que una de ellas monta un accionador para presionar el obús de las válvulas de servicio, siendo normalmente el terminal acodado.



La presión máxima que soportan las mangueras de servicio normalmente utilizadas en refrigeración es de 34 bar ó 500 Psi.

Para instalaciones de aire acondicionado que trabajen con R-410-A, las mangueras de servicio son especiales en cuanto a su fabricación, pudiendo soportar presiones de hasta 60 bar ó 870 Psi., instalando un acoplamiento especial macho - hembra 1 / 4" - 1 / 2" con válvula obús y pivote de accionamiento en su interior para su instalación.

Las bocas de las mangueras de servicio pueden tener un paso de rosca de 1 / 4" ó 3 / 8", siendo más normales para intervenir aparatos de pequeña y mediana potencia frigorífica las de 1 / 4" .

Las mangueras de carga flexibles para intervenir aires acondicionados de automóviles equipados con R- 134-a, las bocas de las mangueras van equipadas con tuercas especiales.

Para realizar la carga de refrigerante **mezcla** en fase líquida y por el circuito de baja presión, es aconsejable utilizar mangueras de 1,5 metros de longitud, según se desarrolla en el apartado de cargas de refrigerante.

Es conveniente proveerse de dos juegos de mangueras, ya que tendremos que trabajar con aceites sintéticos y minerales, y siempre se depositan restos de aceite en su interior.

Las juntas de goma ó teflón que montan estas mangueras, tienen que ser revisadas y sustituidas a menudo, para asegurar con ello una buena estanqueidad entre la manguera y el componente al que se conecte, ya que de estar defectuosas podrían dar lecturas falsas en los manómetros.

19.6. DESHIDRATACIÓN A TRAVÉS DE ROMPER EL VACIO

Al realizar el vacío a una instalación, lo que se pretende es evaporar la humedad existente dentro de las tuberías, por lo que es conveniente recordar que:

Cuando el punto de ebullición desciende por debajo de la temperatura exterior (a causa del vacío realizado), el agua se evapora.

El método de deshidratación a través de romper el vacío, también se le llama de triple evacuación.

El método consiste en que una vez realizado el vacío a la instalación, debemos entrarle nitrógeno seco ó en su defecto refrigerante, hasta conseguir una presión manométrica aproximada de entre 0 y 0,5 bar, por lo que en caso de tener una presión por encima de la atmosférica, desconectaremos el vacuómetro del grifo del manómetro para no dañarlo.

El nitrógeno ó el refrigerante introducido está seco de humedad, pero acepta mezclarse perfectamente con una cierta cantidad de ella p.p.m.(partes por millón ó miligramos por kilo).

Al vaciar el sistema de nuevo mediante la bomba de vacío se evacuará el nitrógeno ó refrigerante introducido, conjuntamente con la cantidad de humedad que ha sido capaz de absorber en el interior de las tuberías, obteniéndose un mayor grado de deshidratación, y con ello comprobaremos a través del vacuómetro que el vacío obtenido es cada vez más profundo.

Esta operación tendremos que efectuarla tres veces, antes de proceder a la carga de refrigerante definitiva, ya que de esta forma aseguramos una deshidratación correcta de la instalación.

Para obtener la extracción más efectiva es conveniente caldear la instalación suavemente con una lámpara de calor ó aire calentado eléctricamente (decapador).

Al intervenir instalaciones equipadas con aceites sintéticos, nos será de gran utilidad emplear este método de secado, ya que estos aceites absorben hasta ocho veces más la humedad que los aceites minerales.

19.7. BARRIDOS Y LIMPIEZA DE CIRCUITOS

Cuando sea preciso realizar un barrido a una instalación, bien sea para eliminar restos de suciedad o de aceite, o bien para absorber la humedad existente, aislaremos la zona a intervenir del resto de componentes del circuito, e introduciremos nitrógeno por un extremo dejando libre el otro extremo para su salida al exterior.

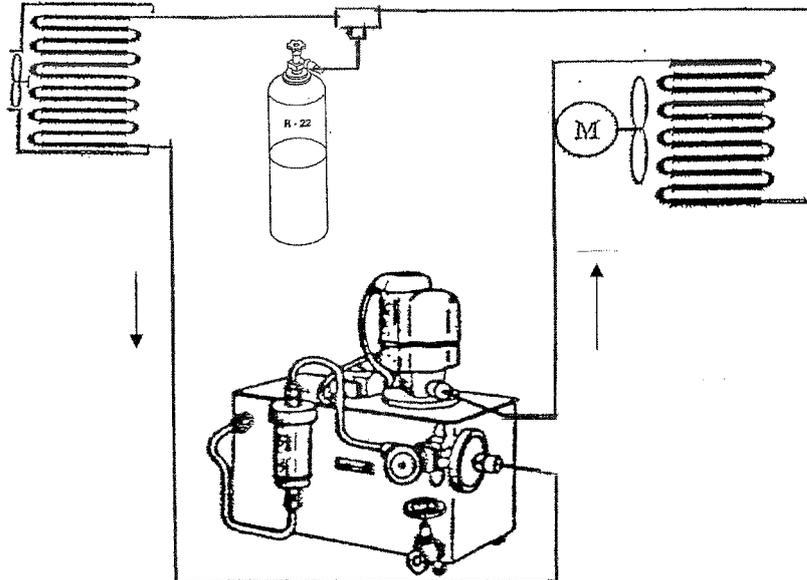
La limpieza general con un detergente, es recomendable por ejemplo cuando :

— El compresor de una instalación tenga el motor eléctrico en contacto con el gas refrigerante y el aceite, y sufra el quemado de alguna bobina.

— Cuando un circuito frigorífico se vea invadido por agua (caso frecuente cuando se revienta un tubo en un condensador refrigerado por agua)

— De forma general, siempre que se dude de la limpieza de una instalación.

En primer lugar es importante no situar la bomba de limpieza a un nivel de más de 4 metros de la parte más alta de la instalación. En caso de tener que limpiar un circuito cuya altura total sea superior a 4 metros, se tendrá que situar la bomba más alta que la parte más baja de la instalación ya que no perjudica el rendimiento de la bomba si parte del circuito a limpiar está por debajo de esta.



Debido a que la temperatura de evaporación del R-141-b a presión atmosférica es de aproximadamente $+ 32\text{ }^{\circ}\text{C}$, la temperatura del depósito no debe superar este valor.

Para una limpieza eficaz del circuito, se deben sacar de la instalación todos aquellos elementos que pueden ocasionar restricción o freno al caudal de R-141-b (de 150 a 300 litros / hora), tales como filtros, válvula de expansión, tubo capilar, distribuidores de refrigerante, válvulas de retención, de arranque, de rendimiento, etc, etc.

Una vez comprobada la correcta limpieza del circuito, se tendrá que eliminar a través de barridos de nitrógeno y posteriores vacíos, todos los posibles restos de R-141-b, ya que en caso contrario, cuando se realice la carga de refrigerante definitiva, este se comportaría como un incondensable.

Por último se montarán el resto de componentes de la instalación debidamente limpios, y se realizará el vacío y carga definitiva de refrigerante.

19.8. INCONDENSABLES

Si el aumento de la temperatura de condensación es debida a tener aire o restos de otros gases (por ejemplo nitrógeno de un barrido que no se haya extraído totalmente) y esté circulando conjuntamente con el refrigerante, se tendrá que inspeccionar los siguientes puntos :

La presencia de incondensables en el refrigerante se manifiesta en que al ocupar estos incondensables diferentes volúmenes con respecto a los del refrigerante, la presión de alta la encontraremos exageradamente alta e inestable, o sea, toma diferentes valores durante intervalos cortos de tiempo, así como en consecuencia, la presión de baja también será inestable y algo más alta de lo normal, también al consumo eléctrico le encontraremos bastante más alto que la intensidad nominal del compresor.

Si controlamos la temperatura de los codos del condensador del principio al final, nos encontraremos que el primer codo que proviene del compresor estará mucho más caliente de lo normal, pero bruscamente el resto de codos aún estando calientes están a menor temperatura, ello es debido a que en los primeros codos del condensador se desprende el calor de compresión, siendo este más alto al haber aumentado considerablemente el consumo eléctrico durante la compresión de los incondensables.

Para purgar los incondensables de una instalación (siempre que el tipo de instalación lo permita), empezaremos por recoger el refrigerante en la unidad condensadora, y una vez recogido pararemos la instalación y podemos tomar dos caminos: dejar que el refrigerante se ambiente a la temperatura existente alrededor de la unidad condensadora, o bien pararemos el compresor y pondremos en marcha el ventilador de la unidad condensadora controlando con el manómetro de alta presión, el descenso que experimenta la temperatura del refrigerante al enfriarse a la temperatura del aire ambiente.

De existir incondensables la temperatura descenderá hasta cierto valor, pero éste siempre será superior a la temperatura que se tenga en el ambiente a causa de la presencia de los propios incondensables.

Como el refrigerante en estado líquido se sitúa por peso en la parte inferior del serpentín condensador y en el depósito de líquido, solo tendremos que purgar por la parte superior de uno de ellos donde se encuentran el vapor de refrigerante más los incondensables, y a la vez iremos controlando durante la purga el descenso de temperatura que se produce en el manómetro, ya que cuando éste marque aproximadamente la temperatura ambiente (se toma como correcto un valor que no exceda de 2 °C) será señal de no existir incondensables en el refrigerante.

Durante la purga saldrán los incondensables y parte de vapor de refrigerante por lo que seguramente cuando pongamos de nuevo la instalación en marcha tendremos que ajustar la carga de refrigerante.

En caso de existir incondensables y no tener válvula de servicio en la zona de alta donde poder purgar el refrigerante en estado gaseoso, tendremos que descargar todo el refrigerante de la instalación a una botella de reciclaje, realizar un vacío y cargar con refrigerante nuevo comprobando el correcto funcionamiento de la instalación.

Antes de efectuar cualquier intervención, aconsejamos documentarse convenientemente sobre el funcionamiento, montaje, comprobación y ajuste de cada componente, consultando el apartado o apartados correspondientes.

20

VACIO Y CARGA DE INSTALACIONES FRIGORIFICAS

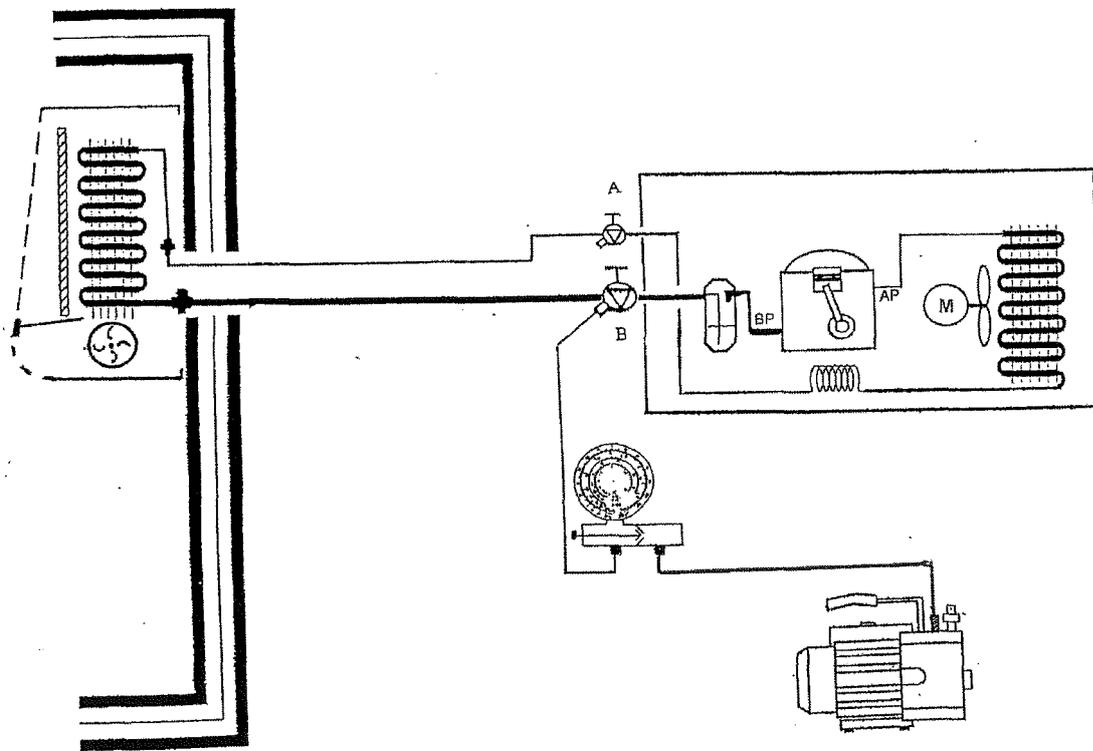
INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS

20.1. VACÍO DE UNA INSTALACION CON UN GRIFO DE MANÓMETRO SIMPLE

Los manómetros pueden ir montados en diferentes modelos de grifos y puentes, que según su funcionamiento interior necesitan ser conectados de una forma concreta a la instalación, para de esta forma poder efectuar una lectura correcta de la presión existente en el punto de control, y no dañar el funcionamiento de alguno de sus manómetros debido a un error en su conexión.

Los grifos simples constan de dos cámaras independientes que se comunican a través de la apertura del grifo.

La cámara que tiene contacto directo con el manómetro siempre tiene que ir conectada al punto de la instalación que se quiere detectar la presión, y siempre con el grifo de paso cerrado, la otra cámara corresponde a la toma de servicio, donde se conectará la botella de refrigerante o la bomba de vacío, etc.



Para saber a que cámara corresponde cada una de las bocas podemos conectar a través de una manguera una botella de refrigerante a una cualquiera de las dos bocas, con el grifo del manómetro cerrado, si al abrir el grifo de la botella el manómetro detecta presión, esta será la boca que tiene contacto directo con el manómetro, por lo que esta será la boca que a través de la manguera azul se conectará a la toma de presión de la instalación que se va a intervenir, y la otra boca corresponderá a la toma de servicio donde conectaremos la manguera amarilla. La misma comprobación la podremos efectuar conectando en vez de la botella de refrigerante la bomba de vacío.

Normalmente este tipo de grifo se utiliza para instalar el manómetro de baja presión ya que en refrigeradores domésticos, aparatos de aire acondicionado de la gama doméstica, o instalaciones comerciales de pequeña potencia, no acostumbran a incorporar la toma donde medir la presión de alta.

Para efectuar el vacío a una instalación con un manómetro de baja presión, en primer lugar pondremos en marcha la bomba, abriendo a continuación la llave de paso del grifo, y comprobaremos que la aguja del manómetro entra en la zona de vacío.

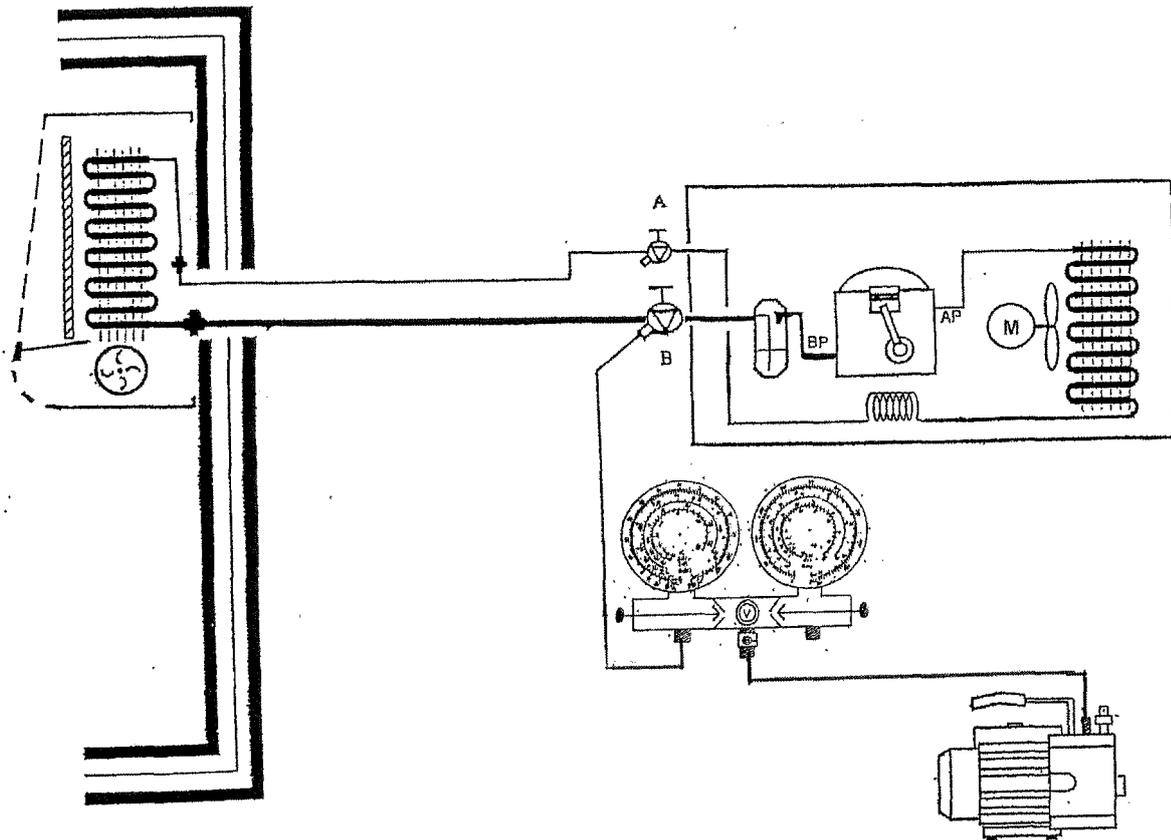
Una vez realizado el vacío, primero cerraremos el grifo del manómetro, y seguidamente desconectaremos eléctricamente la bomba, ya que si se hace al contrario se corre el riesgo que el aceite de la bomba circule hacia la instalación al encontrarse esta en vacío, seguidamente se comprobará la estanqueidad del circuito durante un tiempo prudencial.

De perder el vacío y la aguja del manómetro desplazarse hasta la presión atmosférica, tendremos que presurizar la instalación entrándole refrigerante o nitrógeno, y seguidamente localizar la fuga.

De recuperar el vacío varias pulgadas y seguidamente detenerse la aguja del manómetro, es señal de que el tiempo de vaciado o bien ha sido insuficiente, o hay refrigerante mezclado con el aceite del motor que al someterlo a presión de vacío entra en evaporación.

20.2. CONEXIONADO DE DIFERENTES PUENTES DE MANÓMETROS

Los puentes más normalizados para instalar los manómetros de alta y baja presión, constan de tres cámaras, dos laterales que tienen contacto directo con cada uno de los manómetros, y una central correspondiente al servicio, que según la posición de los grifos se puede comunicar con cualquiera de las cámaras laterales.



Otros tipos de puentes pueden instalar ó no vacuómetro, y las bocas de servicio donde se instalan las mangueras pueden variar su posición según criterio del fabricante, debido a ello antes de conectar un puente de manómetros a una instalación deberemos conocer su funcionamiento interno perfectamente, ya que de lo contrario se correrá el riesgo de dañar alguno de ellos, principalmente el vacuómetro ya que no puede soportar presiones superiores a la atmosférica.

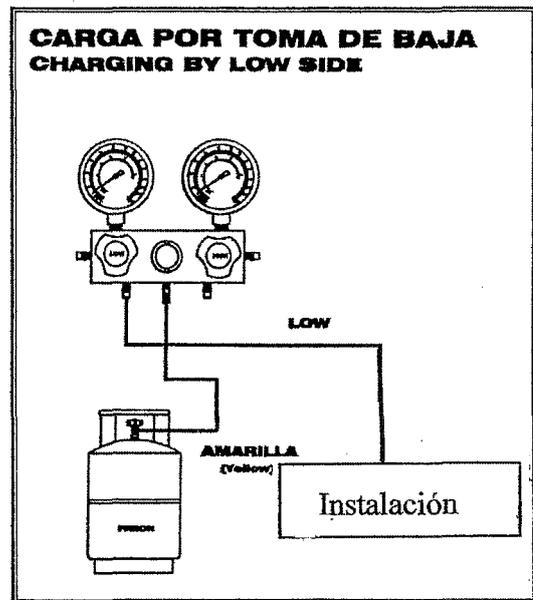
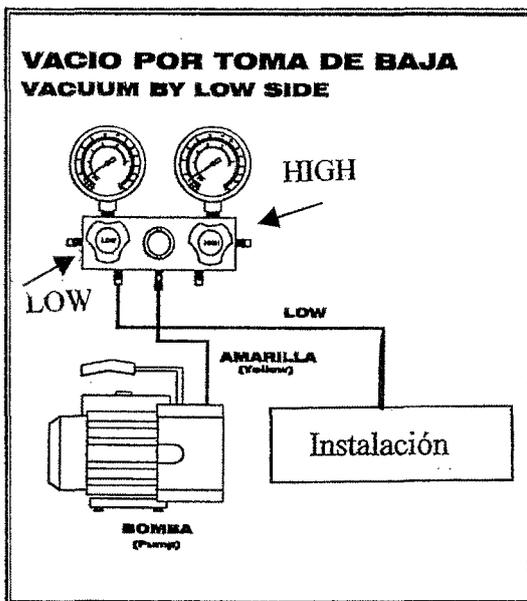
En estas figuras se muestran algunas instalaciones a realizar para el vacío y carga de refrigerante, según sea el tipo de servicio y puente de manómetros que tengamos que utilizar.

Vacío por la toma de baja

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectamos la manguera amarilla a la bomba de vacío.
- 3º Conectamos la manguera azul, en la toma de baja presión del sistema (LOW).
- 4º Abrimos el mando de baja del puente de manómetros (LOW), lentamente.
- 5º Ponemos en marcha la bomba de vacío.
- 6º Como operación común para todos los modelos de puentes, una vez conseguido el vacío, cerraremos en primer lugar los grifos del puente, y por último desconectaremos la bomba, ya que de hacerlo al revés, y al tener la instalación con vacío, entraría aceite de la bomba a la instalación.

Carga por la toma de baja

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectamos la manguera amarilla a la botella de refrigerante.
- 3º Abrimos el grifo de la botella, y purgamos el aire existente en su interior, bien aflojando el extremo de la manguera conectado al manómetro, o abriendo el grifo del puente HIGH unos segundos.
- 4º Por último abrimos lentamente el grifo LOW del puente, para iniciar la carga de refrigerante.

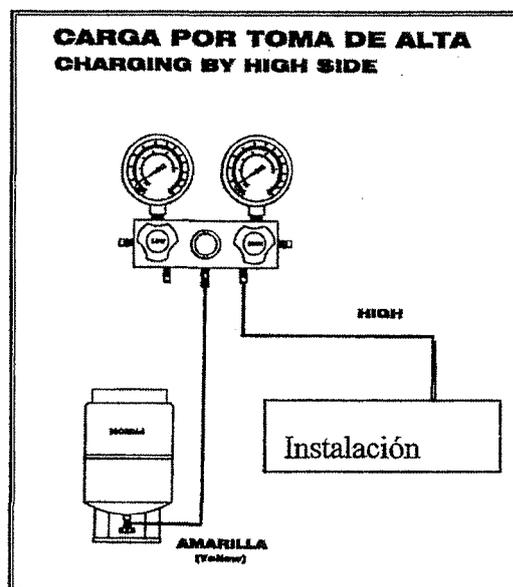
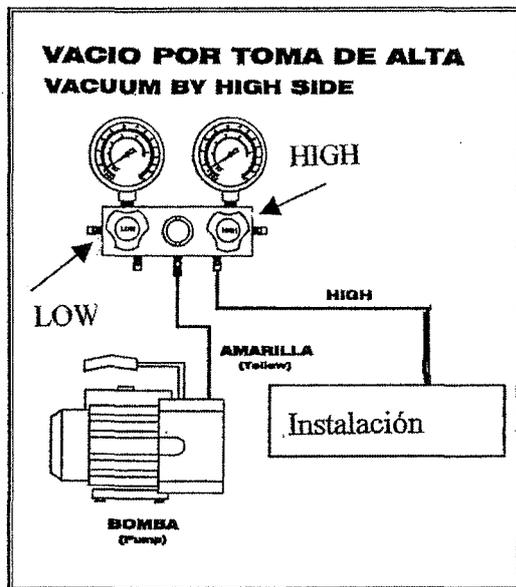


Vacío por la toma de alta

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectaremos la manguera amarilla a la bomba de vacío.
- 3º Conectamos la manguera roja a la toma de alta (HIGH) del sistema.
- 4º Abrimos el mando del manómetro HIGH. En caso de tener las mangueras de alta y baja instaladas, abrimos los dos grifos, para efectuar el vacío por alta y por baja a la vez.
- 5º Ponemos en marcha la bomba de vacío.

Carga por la toma de alta

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectaremos la manguera amarilla a la botella de refrigerante.
- 3º Nos aseguraremos de que del envase salga el refrigerante en estado líquido.
- 4º Purgaremos el aire de la manguera amarilla.
- 5º Iniciaremos la carga de refrigerante, abriendo el grifo HIGH del puente.

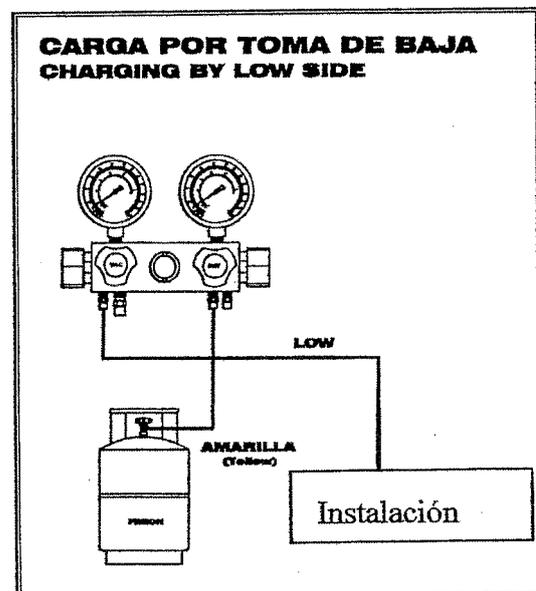
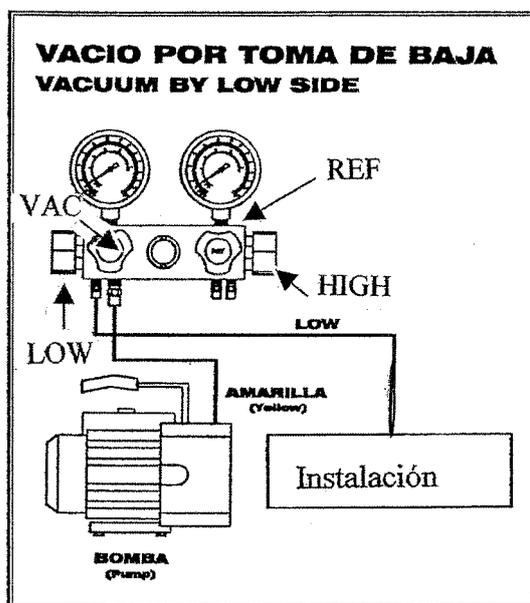


Vacío por la toma de baja

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectaremos la manguera amarilla a la bomba de vacío.
- 3º Conectaremos la manguera azul a la toma de baja del sistema.
- 4º Abriremos el mando LOW del puente.
- 5º Abriremos el mando VAC del puente.
- 6º Ponemos en marcha la bomba de vacío.

Carga por la toma de baja

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectamos la manguera amarilla a la botella de refrigerante y cambiamos su instalación en la toma del puente.
- 3º Abrimos el grifo de la botella y purgamos el aire de la manguera amarilla.
- 4º Abrimos el mando REF (Refrigerante) del puente.
- 5º Iniciamos la carga de refrigerante.

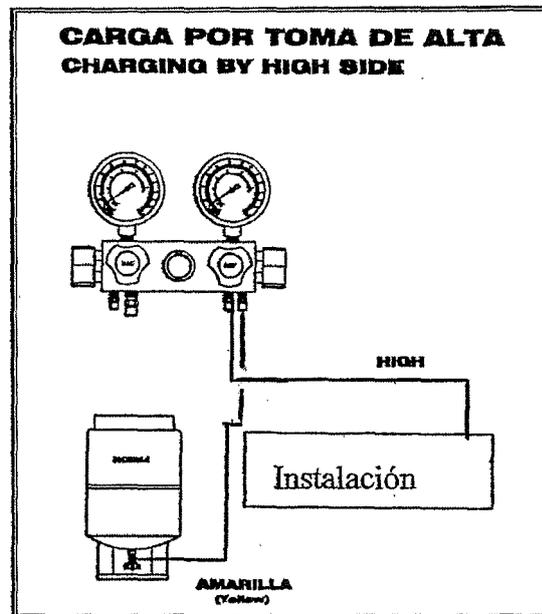
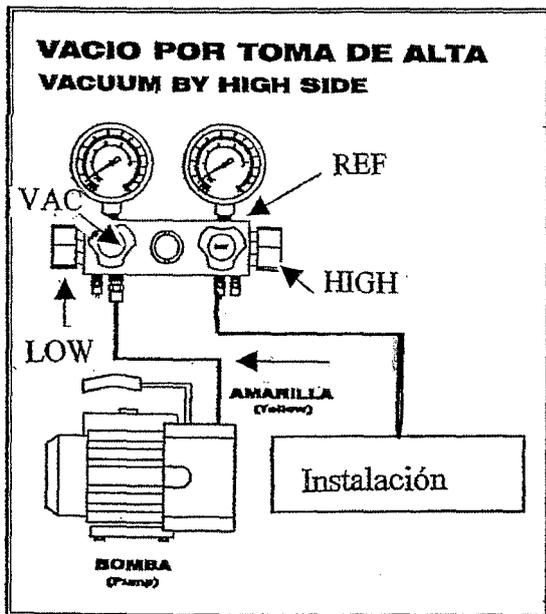


Vacío por la toma de alta

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectaremos la manguera amarilla a la bomba de vacío.
- 3º Conectaremos la manguera roja en la toma de alta del sistema.
- 4º Abriremos el mando HIGH del puente.
- 5º Abriremos el mando VAC del puente.
- 6º Ponemos en marcha la bomba de vacío.

Carga por la toma de alta

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectaremos la manguera amarilla a la botella de refrigerante (salida líquido), y cambiaremos su instalación en el puente.
- 3º Abriremos el grifo y purgaremos el aire de la manguera.
- 4º Abriremos el mando HIGH.
- 5º Abriremos el mando REF.
- 6º Iniciaremos la carga de refrigerante.

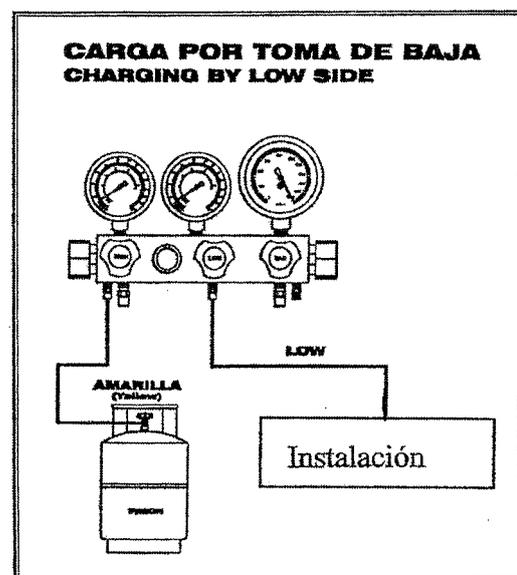
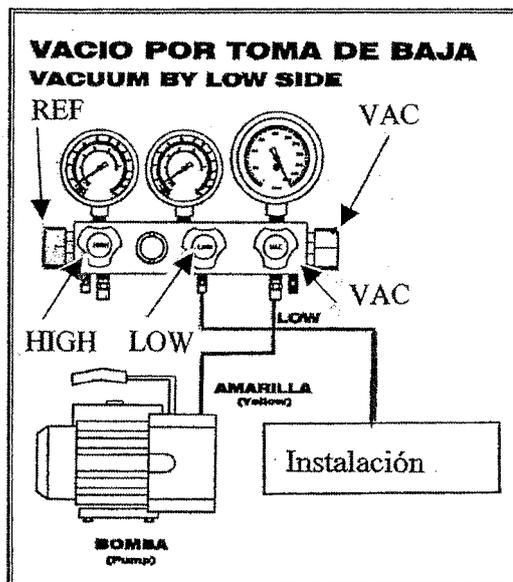


Vacío por la toma de baja

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectamos la manguera amarilla a la bomba de vacío.
- 3º Conectamos la manguera azul, a la toma de baja del sistema.
- 4º Abrimos el mando LOW.
- 5º Abrimos el mando VAC.
- 6º Ponemos en marcha la bomba de vacío.

Carga por la toma de baja

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectaremos la manguera amarilla a la botella de refrigerante.
- 3º Cambiamos su conexión en la toma del puente.
- 4º Abrimos el mando LOW.
- 5º Abrimos el mando REF.
- 6º Iniciamos la carga de refrigerante.

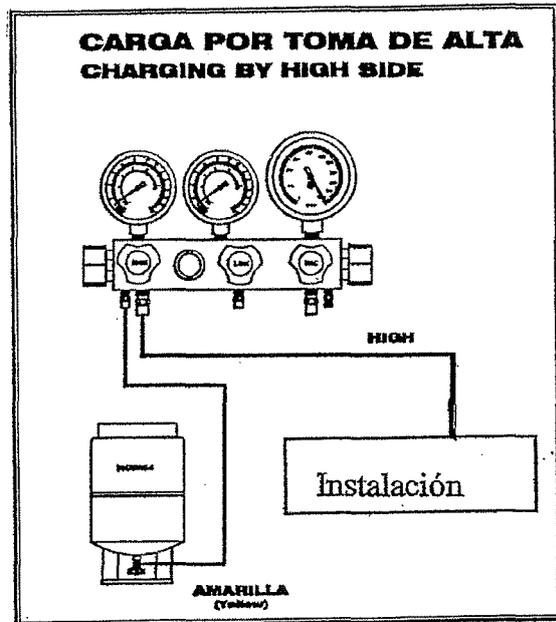
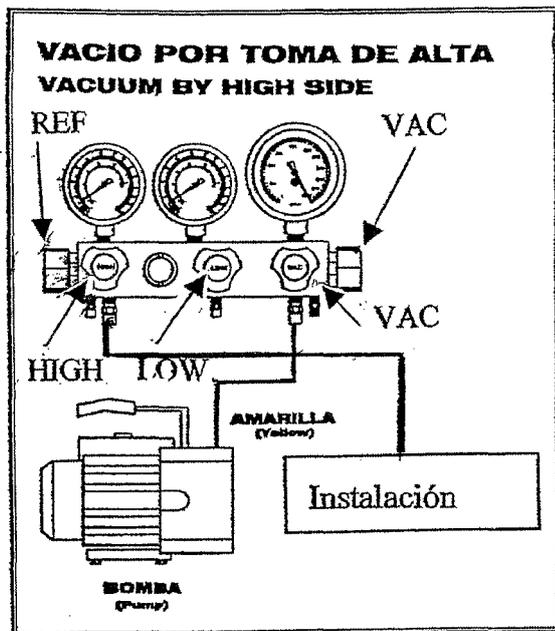


Vacío por la toma de alta

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectamos la manguera amarilla a la bomba de vacío.
- 3º Conectamos la manguera roja a la toma de alta del sistema.
- 4º Abrimos el mando HIGH.
- 5º Abrimos el mando VAC.
- 6º Ponemos en marcha la bomba de vacío.

Carga por la toma de alta

- 1º Con todas las llaves cerradas.
- 2º Conectamos la manguera amarilla en la botella de refrigerante (salida líquido), y cambiamos su instalación en el puente.
- 3º Abriremos el grifo y purgaremos la manguera.
- 4º Abrimos el mando HIGH.
- 5º Abrimos el mando REF.
- 6º Iniciamos la carga de refrigerante.



20.3. ENTRADA DE REFRIGERANTE A LA INSTALACION

Una vez efectuado el vacío, cambiaremos la manguera de servicio de la bomba a la botella de refrigerante, abriremos el grifo de la botella y purgaremos el aire de la manguera con refrigerante líquido o gaseoso, según sea el tipo de refrigerante y puente de manómetros que tengamos que utilizar en la carga, aflojando la boca de la manguera instalada en el manómetro.

Es importante introducir algo de refrigerante a la instalación antes de iniciar la carga, ya que al ponerse en marcha estando en presión de vacío, el compresor durante unos momentos no tendría ninguna refrigeración.

La zona de la instalación (alta o baja) por donde se realiza la carga de refrigerante, ó en el estado que se entra el refrigerante a la máquina (líquido o gas), aunque dependiendo de que el refrigerante sea puro o mezcla, no tiene mayor importancia siempre que se haga correctamente.

La carga de refrigerante la podremos realizar:

1º Por peso (según indique la placa de características), en líquido, por alta ó por baja, con la máquina parada y dejando el tiempo necesario antes de ponerla en marcha, como para que se establezca la igualación de presiones entre los circuitos de alta y baja.

Si la carga de refrigerante se realiza por baja a mucha presión, en el aceite del compresor se formará espuma, y en el caso de que en la puesta en marcha esta espuma llegue a la cámara de aspiración del compresor, este aceite será comprimido conjuntamente con el refrigerante, siendo la causa de posibles tapones parciales en el tubo capilar ó elemento de expansión y por supuesto actuando como aislante en el interior de los tubos del evaporador y del condensador.

Si realizando la carga de refrigerante, llega un momento en que no entra más refrigerante a la instalación por haberse igualado las presiones de la botella con la de la instalación, ó la presión de la botella ha bajado demasiado rápido, solo bastará colocar la botella de refrigerante en un recipiente con agua templada (25 a 45 °C), o bien envolver a la botella con una manta eléctrica comercializada para este fin, o usar un decapador de aire caliente que aplicaremos en la zona de la botella donde contenga líquido, controlando a la vez que el envase no coja temperatura, y de esta forma se aumentará la presión en el envase. Nunca aplicar calor con un soplete, y no calentar nunca la botella por encima de 50 °C.

2º En estado gaseoso por baja y con la máquina en marcha (refrigerantes puros).

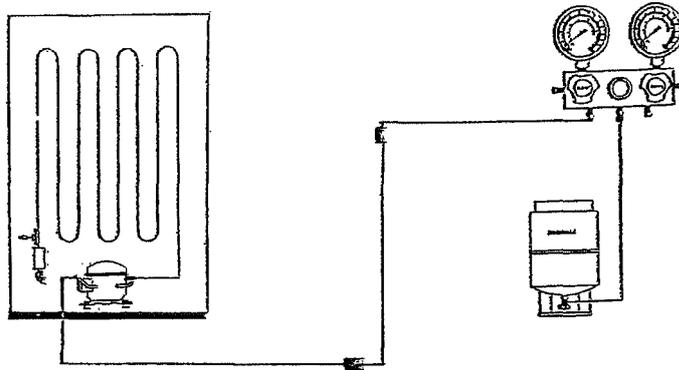
Una vez instalada la botella de refrigerante en el puente de manómetros, se irá entrando refrigerante a la instalación, hasta conseguir los puntos desarrollados en el apartado “Cantidad de fluido refrigerante”.

3º En estado gaseoso por baja y con la máquina en marcha (refrigerantes mezcla)

Para que con refrigerantes mezcla se pueda cargar por baja con gas y la instalación en marcha, instalaremos la manguera o dispondremos la botella de refrigerante de forma que en su salida dispongamos refrigerante en estado líquido.

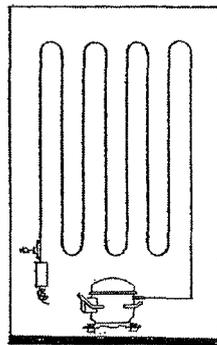
Previamente en la boca del manómetro donde tengamos instalado la manguera de baja (azul), instalaremos a través de uniones roscadas de 1 / 4” dos o tres mangueras más, de forma que al abrir el grifo del puente de manómetros el refrigerante estará en estado líquido, pero al cerrar el

grifo del manómetro, el refrigerante encontrará la baja presión existente en la instalación y cambiará de estado en la manguera entrando a la instalación en estado gaseoso.



Para más seguridad ante la posible entrada de refrigerante en estado líquido al compresor, podemos instalar un visor de líquido en la última conexión entre mangueras.

Trabajando con refrigerantes mezcla, y en el caso de desconocer la cantidad exacta de refrigerante que monta la instalación, es aconsejable que al sustituir el filtro secador, se monte una válvula obús en la entrada a través de una "T" de conexión.



Este montaje nos será útil para varios fines, ya que en primer lugar dispondremos de toma de alta presión, permitiéndonos cargar directamente con líquido, y en el caso de que se tenga que descargar refrigerante de la instalación, no se debe olvidar que la descarga se tiene que realizar en estado líquido, que es realmente el estado en que se encuentra el refrigerante en este punto.

Si se descargara el refrigerante por baja este saldría en estado gaseoso, saliendo en primer lugar el refrigerante más volátil de la composición de la mezcla, y dejando a la instalación con una mezcla que difícilmente llegaría a la temperatura de corte del termostato, obligando a la instalación a realizar unos ciclos de funcionamiento muy largos o incluso ininterrumpidos.

4º Carga por el circuito de alta presión

En instalaciones frigoríficas que lleven calderín de líquido, una vez realizado el vacío podremos realizar la carga de refrigerante en estado líquido a través de él, ya que es mucho más rápida que la carga por la zona de baja y con el refrigerante en estado gaseoso.

En primer lugar **con la máquina parada** y con la llave de servicio del calderín totalmente a derechas ya que tenemos que cerrar el paso de refrigerante a la zona de baja presión del circuito, entraremos el refrigerante bien por peso si se dispone de la información técnica necesaria o sabiendo que la carga normal de refrigerante en estado líquido llena el depósito alrededor de una tercera parte de su capacidad

Para determinar el nivel de refrigerante líquido en los depósitos, algunos modelos van equipados con dispositivos indicadores, que pueden ser mirillas de cristal donde la formación de burbujas indica que la instalación está suficientemente cargada.

En los depósitos que no lleven dicho dispositivo, puede determinarse el nivel de refrigerante calentando el depósito con un soplador de aire caliente, siguiendo una línea de arriba a abajo hasta que esté bien caliente.

Por el tacto a lo largo de dicha línea ó por la condensación exterior, se notará un cambio de temperatura que señalará el nivel donde llega el refrigerante en estado líquido, pues el calor aplicado es absorbido por el refrigerante, encima de este punto el depósito estará más caliente porque en su interior hay refrigerante en estado gaseoso.

Por último abriremos la llave de servicio del calderín hasta medio recorrido, para poder leer la presión en el circuito de alta y dejaremos un tiempo prudencial como para que se igualen las presiones de alta y baja, por último pondremos la instalación en marcha haciendo las comprobaciones pertinentes de temperaturas y presiones en cada punto de control.

20.4. CARGA DE INSTALACIONES DE CFC's , CON REFRIGERANTES HFC's

La propiedad más sobresaliente de los lubricantes poliol-éster, es la de tener capacidad de mezclarse y disolver a los CFC, HCFC y HFC, y a los aceites minerales empleados en refrigeración. Esta es una razón muy importante cuando se tenga que cambiar una instalación que funciona con CFC (aceite mineral) a HFC (poliol-éster).

En primer lugar se tendrá que diluir el aceite mineral que contiene la instalación, a niveles que estén por debajo del 1 % en peso de la carga nominal de aceite en el compresor.

Para realizar dicha operación se tendrá que actuar de la siguiente manera :

1º Vaciar y medir el aceite mineral que contenga el cárter del compresor de la instalación, desmontándolo de la instalación y descargar el aceite por el tubo de baja presión, o bien por el cárter del compresor en caso de disponer de llave de servicio.

2º Cargar la misma cantidad de aceite sintético (poliol-éster) en el compresor.

3º Cargar con refrigerante **CFC, HCFC, ó un refrigerante mezcla** que corresponda al tipo de refrigerante a sustituir.

4º Dejar funcionar la instalación durante 24 horas.

5º Repetir los pasos 1º, 2º, 3º y 4º, tres veces, con el fin de asegurar una concentración inferior al 1% de aceite mineral en la instalación.

6º Cambiar el filtro secador, hacer vacío y carga de refrigerante HFC definitiva.

Los efectos de un exceso de aceite mineral circulando en la instalación, se traducen en problemas de retorno de aceite al compresor y probablemente de transferencia de calor, dando lugar a una pérdida de prestaciones.

Si la consecuencia de estas bajas prestaciones pueden ser graves (almacenaje de alimentos congelados o refrigerados en condiciones precisas, etc), un cambio extra de aceite podría considerarse como un seguro.

Existen en el mercado kits que nos permiten conocer en la instalación, el aceite mineral residual existente en el refrigerante. Otra solución sería someter el aceite a un análisis, que normalmente lo efectúa el fabricante de lubricantes.

20.5. CANTIDAD DE FLUIDO REFRIGERANTE Y TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN

La cantidad de refrigerante que hay que entrar en la carga de cualquier instalación frigorífica, queda determinada cuando se consigue el conjunto de mediciones siguientes:

1º Con la máquina en marcha, se controlará que la temperatura de evaporación esté dentro de unos límites estimados como normales, según sea el destino de la instalación.

Temperaturas de evaporación en las instalaciones más corrientes

| INSTALACIONES | Temperatura media aprox. del refrigerante |
|---|---|
| Acondicionamiento de aire por expansión directa | + 2 °C |
| Enfriamiento de agua o líquidos | - 3 °C |
| Cámaras de conservación de + 2 °C a - 2 °C | - 10 °C |
| Serpentines para hacer cubitos de hielo | - 12 °C |
| Congeladoras de hielo en salmuera | - 18 °C |
| Refrigeradores domésticos compartimento conservador | - 22 °C |
| Almacenaje de helados y artículos congelados | - 22 °C |
| Refrigeradores domésticos compartimento congelador | - 28 °C |
| Congelación normal | - 28 °C |
| Congelación rápida | - 40 °C |

2º Deberá cargarse refrigerante hasta que la temperatura de condensación sea la idónea, y que por supuesto estará por encima de la temperatura del medio que se utilice para condensar (aire o agua), los grados que se estimen como normales.

3º Deberá existir un cierto subenfriamiento del líquido a la salida del condensador y en la entrada de la expansión. En caso de utilizar refrigerantes mezcla, este subenfriamiento se medirá a partir de la temperatura de burbuja que tengamos en la condensación.

4º El valor del recalentamiento de los vapores a la salida del evaporador deberá estar entre 3 y 5 °C. En caso de utilizar refrigerantes mezcla este recalentamiento se medirá a partir de la temperatura de rocío que tengamos en la evaporación.

5º El valor del recalentamiento total de los vapores en la aspiración del compresor no deberá ser superior de entre 11 y 13 °C. Igual que en el caso anterior, en el caso de utilizar refrigerantes mezcla, este recalentamiento se medirá a partir de la temperatura de rocío que tengamos en la evaporación.

6º El consumo eléctrico no deberá superar la intensidad nominal del compresor.

7º La temperatura en el recinto refrigerado debe ser la correcta según el destino de la instalación.

8º El tiempo de funcionamiento de la instalación durante 24 horas debe ser aproximadamente de:

16 horas en marcha y 8 horas parada.

20.6. EXCESO DE REFRIGERANTE (Manifestación en los puntos de control)

Un exceso de refrigerante no supone necesariamente un aumento en la producción frigorífica, pues en la mayoría de los casos se traduce en:

1º Un aumento exagerado de la presión de alta.

2º Un recalentamiento muy corto a la salida del evaporador (expansionando con tubo capilar), con el peligro de que le llegue al compresor refrigerante en estado líquido sin evaporar

3º Un trabajo excesivo del compresor al tener que aspirar una masa de refrigerante más densa, debido al aumento de la presión que ha sufrido en la zona de baja, reduciendo su volumen y en consecuencia aumentando el trabajo que tiene que efectuar el compresor.

4º Un subenfriamiento del líquido a la entrada de la expansión deficiente, debido a que este líquido llegará a una temperatura superior a la prevista y con una calidad de líquido que no estará al 100%.

Además de la mala calidad del líquido, éste tendrá que autoevaporarse en más cantidad, para poder bajar su temperatura de la de condensación a la de evaporación mermando la producción frigorífica.

5º Al haber aumentado la presión en la zona de alta, la presión en la zona de baja también aumentará y con ello, la temperatura de evaporación se desplazará a más positivo o a menos negativo, con lo que el recinto refrigerado tendrá problemas para alcanzar la temperatura de funcionamiento deseada.

20.7. DEFECTO DE REFRIGERANTE (Manifestación en los puntos de control)

Una falta de refrigerante trae consigo una disminución en la producción frigorífica de la instalación y afecta de las siguientes maneras:

1º No poder alcanzar la temperatura deseada en el recinto refrigerado.

2º Ciclos de funcionamiento ininterrumpidos por no llegar a la temperatura de corte que está calibrado el termostato, provocando el consiguiente aumento de consumo de energía eléctrica.

3º Escarchado parcial del evaporador, por no estar suficientemente alimentado de líquido refrigerante, y esta escarcha actuar como aislante en cuanto a la aportación del calor que transporta el aire de la cámara ó recinto.

4º Posible deterioro de los alimentos almacenados.

20.8. RECUPERACIÓN, RECICLEJE Y REGENERACIÓN DEL REFRIGERANTE

La legislación actual prohíbe la descarga de cualquier refrigerante a la atmósfera. Si es necesario extraerlo, deberá recuperarse utilizando un dispositivo y un recipiente de recuperación/reciclaje homologado.

Las máquinas existentes diseñadas para R-22 no son adecuadas para R-410-a, por lo que se necesitará un nuevo equipo, aunque la mayoría de los equipos de nuevo diseño son aptos para la recuperación de una gran variedad de refrigerantes.

Algunas máquinas de recuperación permiten reciclar el refrigerante (el reciclaje es una limpieza "in situ") que permite eliminar diversos contaminantes. Una vez reciclado, el refrigerante solo puede recargarse en el equipo del que ha sido extraído o utilizarse en otro dispositivo del mismo propietario.

Si el refrigerante está demasiado contaminado como para reutilizarlo, deberá desecharse adecuadamente o regenerarse. La regeneración devuelve el refrigerante a su estado original y debe realizarse en un centro de reelaboración o de producción.

Las botellas de recuperación acostumbran a ser de color verde (ecológico) para distinguirlas claramente, y están dotadas de doble válvula con sonda recortada para control de sobrellenado y válvula de seguridad.

Los envases de recuperación deben llenarse sólo hasta el 80 % de su capacidad nominal, y no deben mezclarse gases diferentes en una misma botella, ya que imposibilitaría su regeneración y tendría que ser destruido.

Una recuperación adecuada del refrigerante debe tener dos etapas :

- Recuperación de la fase líquida.
- Recuperación de la fase gaseosa.

Recuperación de la fase líquida

Si es posible recoger el refrigerante en el depósito de líquido con el compresor de la instalación.
Recoger la fase líquida :

Comenzar por diferencia de presiones entre botella e instalación, y continuar con alguna de estas técnicas:

- Por gravedad.
- Por compresor
- Por bomba de líquido.

Recuperación de la fase gaseosa

Una vez recogida la fase líquida, completar la recuperación con la fase gaseosa tanto en el circuito de alta como de baja presión. También puede realizarse la recuperación exclusivamente en fase gaseosa si el tamaño de la instalación permite realizarla en un tiempo razonable.

La recuperación en fase gaseosa debe realizarse por medio de una máquina de recuperación, y el nivel de vacío conseguido dependerá de las prestaciones de dicha máquina de recuperación.

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| UNIDADES DE MEDIDA | 5 |
| 1.1. Introducción a la refrigeración y al aire acondicionado | 5 |
| 1.2. Sistema internacional de unidades | 5 |
| 1.3. Unidades de medida y factores de conversión | 7 |
| 1.4. Áreas y perímetros | 9 |
| 1.5. Vocabulario básico Inglés-Español, más utilizado en refrigeración y aire acondicionado | 12 |
| 2. FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN | 15 |
| PRINCIPIOS DE FÍSICA APLICADOS A LA REFRIGERACIÓN | 15 |
| 2.1. Finalidad de la refrigeración | 15 |
| 2.2. Materia y moléculas | 17 |
| 2.3. Energía | 18 |
| 2.4. Calor y frío | 19 |
| 2.5. Calor y temperatura | 21 |
| 2.6. Grado centígrado y escalas termométricas | 23 |
| 2.7. Medida de la temperatura | 24 |
| 2.8. Transmisión del calor | 25 |
| 2.9. Calor específico | 27 |
| 2.10. Energía interna | 28 |
| 2.11. Efecto del calor sobre el estado físico (Cambios de estado) | 30 |
| 2.12. Estados de un cuerpo | 31 |
| 2.13. Vaporización y licuación | 34 |
| 2.14. Calor sensible | 36 |
| 2.15. Calor latente | 37 |
| 2.16. Vapores saturados y sobrecalentados | 38 |
| 2.17. Calor latente de licuefacción | 41 |
| 2.18. Calor latente de vaporización | 43 |
| 2.19. Transformaciones termodinámicas | 45 |
| 3. FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN | 47 |
| FLUIDOS Y PRESIÓN | 47 |
| 3.1. Fluidos condensables | 47 |
| 3.2. Comportamiento de los fluidos en condensación | 48 |
| 3.3. Comportamiento de los fluidos en evaporación | 49 |
| 3.4. Presión | 50 |
| 3.5. Presiones manométricas y absolutas | 52 |
| 3.6. Unidades de medida | 54 |
| 3.7. Control de las temperaturas de evaporación y condensación a través de la presión | 56 |
| 3.8. Estados, temperaturas y presiones en las líneas frigoríficas | 58 |
| 3.9. Densidad y volumen específico | 60 |
| 3.10. Concepto de velocidad | 62 |
| 4. FUNDAMENTOS DE REFRIGERACIÓN | 63 |
| PRINCIPIOS DE TERMODINÁMICA | 63 |
| 4.1. Qué es el Diagrama de Moller | 63 |
| 4.2. Qué utilidad tiene conocer el Diagrama de Moller | 65 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 4.3 | Trayectoria de las diferentes líneas de propiedades constantes del diagrama | 66 |
| 4.4. | Procesos termodinámicos (Conceptos básicos) | 73 |
| 4.5. | El ciclo de refrigeración en el Diagrama de Moller | 76 |
| 4.6. | Primeros cálculos de una instalación | 79 |
| 4.7. | Recalentamiento de los vapores | 85 |
| 4.8. | Subenfriamiento del líquido | 91 |
| 4.9. | Intercambiadores de líquido-gas | 93 |
| 5. | LINEAS DE FRIGORIFICAS | 97 |
| | TUBERÍAS DE COBRE, ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS | 97 |
| 5.1. | Características del tubo de cobre | 97 |
| 5.2. | Accesorios para instalaciones de tuberías | 100 |
| 5.3. | Herramientas utilizadas en la industria frigorífica | 101 |
| 5.4. | Uniones de tuberías, abocardadas o soldadas | 105 |
| 5.5. | Ventilación con gases inertes (Corriente de Nitrógeno) | 108 |
| 5.6. | Precauciones a tener en cuenta en todo tipo de instalaciones | 109 |
| 5.7. | Equipos y realización de soldaduras | 110 |
| 6. | LINEAS DE FRIGORIFICAS | 115 |
| | TENDIDO DE TUBERÍAS | 115 |
| 6.1. | Principios básicos | 115 |
| 6.2. | Caída o pérdida de presión | 117 |
| 6.3. | Velocidad del gas y retorno de aceite al compresor | 118 |
| 6.4. | Ejemplo para el cálculo de velocidades del fluido refrigerante | 122 |
| 6.5. | Configuraciones posibles entre la unidad interior y exterior en el aire acondicionado | 124 |
| 6.6. | Ejemplo para la elección de tuberías a través de gráficos | 128 |
| 6.7. | Uniones flexibles eliminadoras de vibraciones | 133 |
| 6.8. | Silenciadores de descarga | 134 |
| 7. | COMPONENTES, MISIÓN, TIPOS Y CARACTERISTICAS | 135 |
| | COMPRESORES | 135 |
| 7.1. | Misión en el circuito | 135 |
| 7.2. | Tipos de compresores | 137 |
| 7.3. | Compresor alternativo | 139 |
| 7.4. | Compresor rotativo | 141 |
| 7.5. | Compresor inverter | 144 |
| 7.6. | Compresor centrífugo | 145 |
| 7.7. | Compresor Scroll | 147 |
| 7.8. | Compresor de tornillo | 149 |
| 7.9. | Válvulas y llaves de servicio | 153 |
| 7.10. | Resistencia de cárter | 156 |
| 8. | COMPONENTES, MISIÓN, TIPOS Y CARACTERISTICAS | 157 |
| | CONDENSADORES FRIGORÍFICOS | 157 |
| 8.1. | Misión del condensador | 157 |
| 8.2. | Circulación de aire natural. “Condensadores estáticos” | 158 |
| 8.3. | Condensadores refrigerados por aire forzado | 158 |
| 8.4. | Condensadores de aire a distancia | 160 |
| 8.5. | Montaje de las unidades condensadoras | 161 |
| 8.6. | Condensadores refrigerados por agua, de doble tubo a contracorriente | 162 |
| 8.7. | Condensadores multitubulares | 163 |
| 8.8. | Condensadores de inmersión | 163 |
| 8.9. | Condensación mixta | 163 |
| 8.10. | Torres de refrigeración o enfriamiento | 164 |
| 8.11. | Condensadores atmosféricos | 165 |
| 8.12. | Condensadores de evaporación forzada | 166 |

| | |
|--|-----|
| 9. COMPONENTES, MISIÓN, TIPOS Y CARACTERÍSTICAS | 167 |
| ELEMENTOS DE EXPANSIÓN | 167 |
| 9.1. Misión en el circuito | 167 |
| 9.2. Expansión con restrictor de área fija o con tubo capilar | 169 |
| 9.3. Selección de los tubos capilares | 170 |
| 9.4. Válvulas de expansión automáticas o preestáticas | 172 |
| 9.5. Válvula de expansión termostática | 174 |
| 9.6. Medición del calentamiento y del subenfriamiento | 179 |
| 9.7. Regulación de la válvula de expansión | 179 |
| 9.8. Colocación del bulbo | 182 |
| 9.9. Aislamiento del bulbo | 185 |
| 9.10. Influencia de la pérdida de presión en el funcionamiento de la válvula | 186 |
| 9.11. Válvula de expansión termostática con igualador de presión interno o externo | 188 |
| 9.12. Válvula de expansión termostática con distribuidor de refrigerante | 189 |
| 9.13. Válvulas de expansión termostáticas con recalentamiento fijo | 190 |
| 9.14. Elección de las válvulas de expansión termostáticas | 190 |
| 9.15. Orificios para válvulas de expansión | 193 |
| 10. COMPONENTES, MISIÓN, TIPOS Y CARACTERÍSTICAS | 195 |
| EVAPORADORES | 195 |
| 10.1. Misión en el circuito | 195 |
| 10.2. Tipos de evaporadores | 196 |
| 10.3. Evaporadores de placas (Circulación natural) | 196 |
| 10.4. Evaporadores estáticos de tubo y aletas (Circulación natural) | 197 |
| 10.5. Evaporadores con tiro de aire forzado | 198 |
| 10.6. Evaporadores para el enfriamiento de líquidos | 199 |
| 11. COMPOSICIÓN DEL AIRE ATMOSFÉRICO | 203 |
| DIAGRAMA PSICROMÉTRICO | 203 |
| 11.1. Qué es el diagrama psicrométrico | 203 |
| 11.2. Temperatura del bulbo seco (B.S.) y el bulbo húmedo (B.H.) | 204 |
| 11.3. Utilización del diagrama psicrométrico | 207 |
| 11.4. Temperatura del punto de rocío (P.R.) | 208 |
| 11.5. Humedad específica (W) | 209 |
| 11.6. Volumen específico (V esp.) | 210 |
| 11.7. Entalpía (H) | 211 |
| 11.8. Ejemplo práctico básico de utilización del diagrama | 212 |
| 11.9. ejemplo práctico para hallar las prestaciones térmicas de una máquina | 214 |
| 12. ELEMENTOS AUXILIARES O COMPLEMENTARIOS | 217 |
| RECIPIENTES, FILTROS Y VISORES | 217 |
| 12.1. Calderín o recipiente de líquido | 217 |
| 12.2. Recogida de refrigerante en el calderín | 219 |
| 12.3. Depósito antigolpe o separador de partículas líquidas | 220 |
| 12.4. Separadores de aceite | 221 |
| 12.5. Filtros secadores o deshidratadores | 222 |
| 12.6. Instalación de filtros secadores | 223 |
| 12.7. Visores de líquido-humedad y montajes | 224 |
| 13. ELEMENTOS DE CONTROL | 227 |
| TERMOSTATOS Y PRESOSTATOS | 227 |
| 13.1. Misión de los termostatos | 227 |
| 13.2. Termostato de ambiente | 227 |
| 13.3. Termostato antihielo | 228 |
| 13.4. Termostato de desescarche | 228 |
| 13.5. Termostato para final de desescarche | 228 |
| 13.6. Termostatos para evaporadores | 229 |

| | |
|---|------------|
| 13.7. Termostatos de dos escalones | 230 |
| 13.8. Regulación del termostato | 230 |
| 13.9. Termostatos electrónicos | 231 |
| 13.10. Presostatos de baja presión | 232 |
| 13.11. Regulación del presostato de baja presión | 234 |
| 13.12. Presostato de alta presión | 237 |
| 13.13. Regulación como elemento de seguridad | 238 |
| 13.14. Presostato de alta como control de condensación | 239 |
| 13.15. Presostato diferencial de aceite | 241 |
| 14. VALVULERIA | 243 |
| VÁLVULAS REGULADORAS Y SOLENOIDES | 243 |
| 14.1. Válvulas reguladoras de la presión de condensación | 243 |
| 14.2. Válvulas reguladoras de arranque | 245 |
| 14.3. Válvulas reguladoras de la presión de aspiración | 246 |
| 14.4. Válvulas reguladores de capacidad o rendimiento del compresor | 248 |
| 14.5. Válvula presostática para la condensación con agua | 249 |
| 14.6. Válvula de solenoide | 250 |
| 14.7. Válvulas de 4 vías (Válvula inversora en bombas de calor) | 253 |
| 15. CONCEPTOS FUNDAMENTALES | 255 |
| PRINCIPIOS DE QUÍMICA APLICADOS A LA REFRIGERACIÓN | 255 |
| 15.1. Qué es la química | 255 |
| 15.2. Sustancias homogéneas y heterogéneas | 255 |
| 15.3. Noción de cuerpo puro | 256 |
| 15.4. Átomo y molécula | 257 |
| 15.5. Sustancias simples (Nombre y símbolo) | 258 |
| 15.6. Masa atómica (Concepto de peso atómico) | 259 |
| 15.7. La valencia como capacidad de combinación | 261 |
| 15.8. Reacciones químicas | 261 |
| 15.9. Denominación de los refrigerantes | 262 |
| 16. FLUIDOS REFRIGERANTES | 265 |
| GASES REFRIGERANTES MÁS COMUNES Y TIPOS DE ENVASES | 265 |
| 16.1. Propiedades generales de los refrigerantes | 265 |
| 16.2. Clasificación de los refrigerantes | 266 |
| 16.3. Proceso de destrucción de la capa de ozono | 267 |
| 16.4. Características de los refrigerantes puros y mezclas | 269 |
| 16.5. Temperatura de burbuja y rocío en refrigerantes mezcla | 270 |
| 16.6. Mezclas voluntarias de refrigerantes | 271 |
| 16.7. Refrigerantes puros HCFC's Y HFC's | 272 |
| 16.8. Refrigerante puro HCFC R-22 | 272 |
| 16.9. Refrigerante puro HFC R-134-a | 274 |
| 16.10. Refrigerante puro HFC R-600-a | 276 |
| 16.11. Refrigerante puro HFC R-23 | 278 |
| 16.12. Refrigerante puro HCFC R-123 | 280 |
| 16.13. Refrigerante puro HCFC R-124a | 281 |
| 16.14. Refrigerantes mezcla | 282 |
| 16.15. Refrigerante mezcla de HCFC's R-401-A | 282 |
| 16.16. Refrigerante mezcla de HCFC's R-401-B | 284 |
| 16.17. Refrigerante mezcla de HCFC's R-402-A | 286 |
| 16.18. Refrigerante mezcla de HCFC's R-402-B | 288 |
| 16.19. Refrigerante mezcla de HCFC's R-403-B | 290 |
| 16.20. Refrigerante mezcla de HCFC's R-404-A | 291 |
| 16.21. Refrigerante mezcla de HCFC's R-406-A | 293 |
| 16.22. Refrigerante mezcla de HFC's R-407-A | 295 |
| 16.23. Refrigerante mezcla de HFC's R-407-B | 295 |
| 16.24. Refrigerante mezcla de HFC's R-407-C | 295 |

| | |
|--|-----|
| | 298 |
| 16.25. Refrigerante mezcla de HCFC's R-408-A | 300 |
| 16.26. Refrigerante mezcla de HCFC's R-409-A | 302 |
| 16.27. Refrigerante mezcla de HFC's R-410-A | 304 |
| 16.28. Refrigerante mezcla de HFC's R-413-A | 307 |
| 16.29. Refrigerante mezcla de HCFC's R-416-A | 307 |
| 16.30. Refrigerante mezcla de HFC's R-417-A | 309 |
| 16.31. Refrigerante mezcla de HFC's R-507 | 310 |
| 16.32. Envases de refrigerante | 311 |
| 16.33. Dosificador de carga | 312 |
| 16.34. Relación de gases refrigerantes | |
| | 315 |
| 17. ACEITES LUBRICANTES | 315 |
| LUBRICANTES PARA INSTALACIONES FRIGORÍFICAS | 315 |
| 17.1. Aceites lubricantes | 317 |
| 17.2. Circulación del lubricante (Retorno de aceite al compresor) | 317 |
| 17.3. Aceites minerales y sintéticos | 318 |
| 17.4. Problemas que presenta la existencia de polaridad | 319 |
| 17.5. Tipos de lubricantes sintéticos | 320 |
| 17.6. Extracción del lubricante | 321 |
| 17.7. Carga del lubricante | |
| | 323 |
| 18. AGENTES CONTAMINANTES | 323 |
| CONTAMINANTES EN INSTALACIONES FRIGORÍFICAS | 323 |
| 18.1. Origen de los contaminantes | 325 |
| 18.2. Quemado de motores eléctricos | 326 |
| 18.3. Limpieza del circuito | 326 |
| 18.4. Eliminación del refrigerante y aceite contaminado | |
| | 327 |
| 19. INTERVENCIÓN DE INSTALACIONES FRIGORÍFICAS | 327 |
| FUGAS, VACÍOS, BARRIDOS E INCONDENSABLES | 327 |
| 19.1. Presurización del circuito para la detección de fugas | 328 |
| 19.2. Equipos buscafugas | 329 |
| 19.3. Bomba de vacío | 330 |
| 19.4. Vacuómetro | 332 |
| 19.5. Mangueras de servicio | 333 |
| 19.6. Deshidratación a través de romper el vacío | 333 |
| 19.7. Barridos y limpieza de circuitos | 335 |
| 19.8. Incondensables | |
| | 337 |
| 20. VACÍO DE CARGA DE INSTALACIONES FRIGORÍFICAS | 337 |
| INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS | 337 |
| 20.1. Vacío de una instalación con un grifo de manómetro simple | 339 |
| 20.2. Conexión de diferentes puentes de manómetros | 346 |
| 20.3. Entrada de refrigerante en la instalación | 348 |
| 20.4. Carga de instalaciones de CFC's, con refrigerantes HFC's | 349 |
| 20.5. Cantidad de fluido refrigerante y temperaturas de evaporación | 350 |
| 20.6. Exceso de refrigerante (Manifestación en los puntos de control) | 350 |
| 20.7. Defecto de refrigerante (Manifestación en los puntos de control) | 351 |
| 20.8. Recuperación, reciclaje y regeneración del refrigerante | |

