



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Departamento de Ingeniería Mecánica



**"CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBA DE
REFRIGERACION CON FINES DIDACTICOS"**

INFORME TECNICO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

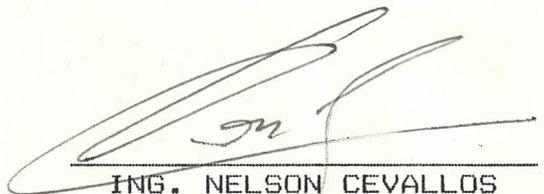
Alberto Castro Limones

Guayaquil - Ecuador

1989



ING. ERNESTO MARTINEZ
DIRECTOR DEL INFORME



ING. NELSON CEVALLOS
DECANO



ING. EDUARDO RIVADENEIRA
MIEMBRO DEL JURADO

DEDICATORIA

A MI MADRE (+)

GESTORA DEL TRIUNFO ALCANZADO

DEDICATORIA

A MI PADRE

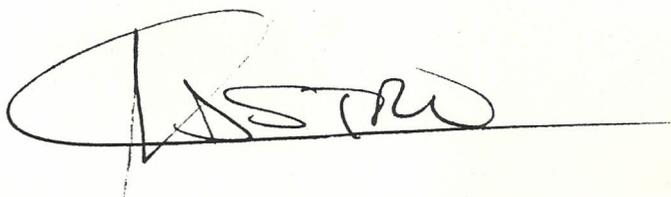
A MIS HERMANOS

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

"Este informe técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica".

(Reglamento de graduación mediante la elaboración de informes técnicos).



Alberto Castro Limones

AGRADECIMIENTO

Al ING. ERNESTO MARTINEZ.

Por su acertada dirección
y colaboración para la
realización de este informe
técnico.

RESUMEN

ESFROMED, es un Instituto de profesiones medias que cuenta con varias escuelas, una de ellas es la de refrigeración. Las clases en esta escuela se las dictaba generalmente en un gran porcentaje teóricas, por lo que el estudiante no podía visualizar con claridad los conceptos dados, causando la deserción del estudiantado. Debido a estos problemas se decidió construir un banco de prueba de refrigeración para que funcione en el laboratorio, y así poder mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje. En este proyecto me correspondió realizar el balance termodinámico y la selección de elementos que componen el banco de refrigeración.

Para la construcción de este banco se necesitó realizar un balance termodinámico, así como una selección de los elementos básicos que intervienen en él. Este consta de un compresor semiabierto que funcionará con dos tipos de refrigerante pudiendo ser R12 y R22. La evaporación se la

realiza por medio de un vaporizador de tubo de aleta y la condensación en un condensador del mismo tipo.

Para explicar los efectos de la expansión se utilizan tres procedimientos que son:

El tubo capilar que es muy conocido.

Una válvula termostática y por el momento se está usando un método directo (sin válvula) hasta colocar una válvula automática.

El banco debe tener además la característica de medir las presiones de aspiración, descarga, caídas de presiones, etc.

El estudiantado en base a los datos obtenidos, podrá trazar el ciclo indicado de refrigerante en el diagrama de presión entalpía y verificar su rendimiento.

A lo largo del circuito, se han colocado válvulas para realizar los diferentes análisis detallados, así como también visores para observar el paso del fluido refrigerante en sus distintas fases.

I N D I C E G E N E R A L

RESUMEN	II
INDICE GENERAL	IV
INDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE GRAFICOS	VII
INDICE DE TABLAS	VIII
ANTECEDENTES	1
DEFINICION DEL PROBLEMA	3
1.1 Condiciones de Trabajo	4
1.2 Deficiencias en el sistema	5
SOLUCION DEL PROBLEMA	7
2.1 Anáalisis general	7
2.2 Definición del banco de refrigeración	22
2.3 Balance Termodinámico	23
2.4 Selección de elementos	38
CONSTRUCCION DEL BANCO DE REFRIGERACION	47
3.1 Opciones que debe poseer el banco de refrigera- ción	47
3.1.1 Sistema de tubo capilar	48
3.1.2 Sistema de válvula termostática	48
3.1.3 Sistema directo	49
3.2 Construcción del banco	49
3.3 Pruebas y ajustes	53
ANALISIS DE RESULTADOS	65
4.1 Resultados	65

4.2 Costos	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
APENDICE	73
BIBLIOGRAFIA	76

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Esquema de refrigeración por compresión	10
Fig. 2	Esquema de refrigeración por absorción	12
Frg. 3	Sección de un compresor hermético vertical	15
Fig. 4	Válvula de expansión termostática tipo fuelle regulable con envoltura de ebonita	18
Fig. 5	Válvula de expansión automática tipo fuelle	19
Fig. 6	Tubo capilar	19
Fig. 7	Panel del banco de refrigeración	50
Fig. 8	Diagrama del banco de refrigeración	54
Fig. 9	Unidad manométrica	58

I N D I C E D E G R A F I C O S

Gráfico 1.	Curva de presiones de condensación a diversas presiones de aspiración	25
Gráfico 2.	Diagrama presión - entalpía	27
Gráfico 3.	Curva de relación entre temperatura de evaporación y condensación para determinar la capacidad calorífica del condensador	32
Gráfico 4.	Curva para el cálculo del tubo capilar	36
Gráfico 5.	Curva del factor de corrección para determinar la longitud final del tubo capilar	37
Gráfico 6.	Diagrama presión - entalpía	61
Gráfico 7.	Diagrama presión - entalpía	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características de los refrigerantes típicos	21
Tabla 2.	Coefficientes globales de transferencia de calor en condensadores	30
Tabla 3.	Coefficientes globales de transferencia de calor	34
Tabla 4.	Diámetro de las líneas de líquido	39
Tabla 5.	Diámetro de las líneas de aspiración	40
Tabla 6.	Relación entre el nivel de vacío y temperatura de ebullición del agua	56
Tabla 7.	Cronograma de trabajo	67

ANTECEDENTES

El desarrollo del país en los últimos años a nivel industrial, originó la necesidad de incorporar recurso humano técnico a nivel de tecnólogos. Esto dió origen a que se creen especialmente en Guayaquil, institutos de profesiones medias para la formación de estos profesionales.

Uno de estos institutos es ESPROMED, el mismo que cuenta con varias escuelas y entrega técnicos de mandos medios en el lapso de dos periodos de estudios. Actualmente el instituto tiene tres años de funcionamiento y entre sus escuelas cuenta la de refrigeración y aire acondicionado.

Como toda institución en proceso de formación, el instituto no cuenta en sus laboratorios con todos los elementos para poder desarrollar con eficiencia el proceso enseñanza-aprendizaje. En lo que se refiere a la escuela de refrigeración y aire acondicionado su laboratorio man-

tiene algunos equipos entre los que podemos mencionar: refrigeradoras, acondicionadores de aire, equipo de soldadura, etc., donde realizaban sus prácticas diarias. Pero se notaba la falta de un banco de prueba de refrigeración, donde el estudiante pueda aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en las salas de clases y así poder realizar los análisis de las diferentes transformaciones que se realizan dentro de un proceso termodinámico.

Una vez que se constató la necesidad, se analizó la situación y después de una serie de reuniones se determinó el requerimiento, esto es la adquisición o construcción del banco de prueba de refrigeración en el cual se puedan efectuar diferentes variaciones en el circuito, para emplear o no algunos elementos que formen parte de él.

Este informe indica los pasos que se siguieron para la construcción del banco de refrigeración. Tomándose esta alternativa por ser la más económica y por la participación de los estudiantes en la misma.

CAPITULO 1

DEFINICION DEL PROBLEMA

En los tres años de vida que lleva la institución, ha crecido en forma acelerada pero con firmeza en sus propósitos. De su curso inicial a la actualidad el número de estudiantes ha aumentado paulatinamente por lo cual también es necesario incrementar los equipos de laboratorio.

La necesidad de dar una respuesta a los requerimientos del progreso técnico del país, el activo crecimiento interno y cumplir con los objetivos inicialmente trazados, dieron la pauta para que se analice cuales eran los elementos que necesariamente se requerían, para poder tomar los correctivos del caso y así cristalizar los objetivos planteados.

1.1 CONDICIONES DE TRABAJO

Toda institución que se dedique a la formación de técnicos debe contar con los elementos indispensables para poder cumplir con eficiencia la tarea encomendada, pero la actual situación económica en que se desenvuelve nuestro país no permite en muchos de los casos contar desde sus inicios con todos ellos para poder desarrollar la actividad previamente establecida, dando lugar con ésto para que en el camino vayan apareciendo problemas de diferentes niveles. ESPROMED, como todo instituto en proceso de formación no puede escapar de alguno de estos problemas, destacando entre ellos la inconformidad de los estudiantes; los que manifestaban durante el dictado de las clases teóricas su descontento por no poner en práctica los conocimientos adquiridos con datos obtenidos por ellos durante alguna práctica en las clases de laboratorio, sino que solamente trabajaban con datos entregados por los profesores en las clases teóricas. Esto llevó a que los alumnos restaran importancia a las clases de laboratorio. Estos parámetros no permitían que el instituto se desenvuelva en las mejores condiciones de trabajo a pesar del gran esfuerzo y dedicación de los profesores tanto en las clases teóricas como prácticas.

1.2 DEFICIENCIAS EN EL SISTEMA

El proceso enseñanza-aprendizaje de por si es muy complejo y más aun cuando no se le dedica el interés que este se merece.

El aprendizaje es el corazón del proceso educacional. No es un cambio inmediato sino más bien un proceso o un vehículo por el cual el individuo se transforma de un bulto de potencialidades en un organismo funcional con ideas, hábitos, habilidades, preferencias y otras características de una personalidad única. Pero cuando no se aplica bien el objetivo puede llevar al elemento a la frustración, lo cual ocurre cuando una persona no alcanza sus metas.

La ayuda que debe entregar las personas encargadas de que este proceso se cumpla, tiene que ir encaminada a evitar esta frustración tratando de encontrar la mejor manera que el estudiante se sienta bien dentro del medio en que se desenvuelve.

Las condiciones de trabajo, llevaban consecuentemente a estas deficiencias, lo que producía como respuesta la deserción estudiantil de la escuela en mención ya que por lo general quienes realizan sus estudios en este instituto son personas mayores de edad que asis-

ten a clases por su propia voluntad, los que no teniendo quien los obligue a la asistencia de las mismas optaban por retirarse al no sentir realizado los ideales que ellos se plantearon al ingresar a estudiar al instituto. Otro sector de alumnos por encontrarse laborando en el medio, tanto en talleres domésticos como en las industrias llegan al lugar de estudios con la gran ilusión de alcanzar conocimientos teóricos prácticos de gran nivel para ponerlos en práctica en sus lugares de trabajo.

Al realizar un análisis de estos problemas se determinó que esta deserción ponía en situación crítica al Instituto tanto económica como educacionalmente, lo que llamó a la preocupación por parte de las autoridades, convocando inmediatamente al personal docente para que se encuentre la solución al problema presentado.

CAPITULO 2

SOLUCION DEL PROBLEMA

De las reuniones realizadas, se estableció lo que más prontamente se requería en la escuela, la implementación del laboratorio y sobre todo la adquisición de un banco de prueba de refrigeración, decidiéndose finalmente por la construcción del mismo para que los estudiantes del último nivel participen de su construcción así como también por el costo que representaba adquirir uno nuevo.

2.1 ANALISIS GENERAL

FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACION.

El trabajo de un ciclo de refrigeración es remover calor no deseado, desde un lugar, y descargarlo en otro, para esto un refrigerante es bombeado a través de un sistema completamente cerrado, el mismo que es

vuelto a usar nuevamente en el siguiente ciclo removiendo y descargando una determinada cantidad de calor. El ciclo cerrado sirve además para preservar el refrigerante.

Lo que se produce en un ciclo de refrigeración es lo siguiente:

Existen dos diferentes presiones en el ciclo, la de evaporación o baja presión y la de condensación o alta presión. Estas áreas de presión son separadas por dos puntos de división que son: la de alta presión que va desde la salida del compresor hasta la entrada de la válvula de expansión, y la de baja presión que va desde la salida de la válvula de expansión hasta la entrada del compresor.

SISTEMA DE REFRIGERACION MECANICA

Los sistemas de refrigeración mecánica se dividen en dos grupos que son:

- a) refrigeración por compresión, y
- b) refrigeración por absorción.

Refrigeración por compresión.- Es el procedimiento más común y usado actualmente para proporcionar refrigeración. Los dispositivos necesarios para llevar a cabo el ciclo de vapor son simples y están

representados esquemáticamente en la figura No. 1.

El ciclo de refrigeración de compresión de vapor consiste en una serie de cambios de estados necesarios para restaurar el refrigerante a una condición en la que poseerá la capacidad para extraer calor del espacio a enfriar. El ciclo consiste de cuatro procesos siguientes:

- a) Ganancia de calor en el evaporador (proceso de vaporización)
- b) Aumento de presión en el compresor (proceso de compresión)
- c) Pérdida de calor en el condensador (proceso de condensación)
- d) Pérdida de presión en la válvula de expansión (proceso de reducción de presión).

Refrigeración por absorción.— Los sistemas de refrigeración por absorción tuvieron una gran aceptación en la era inicial de la refrigeración, pero fue perdiendo terreno a medida que las máquinas de compresión fueron perfeccionándose.

Se caracterizan por el hecho de que el refrigerante es absorbido por un absorbedor en el lado de baja presión del sistema y es liberado en el lado de alta presión. Un esquema del sistema de refrigeración por

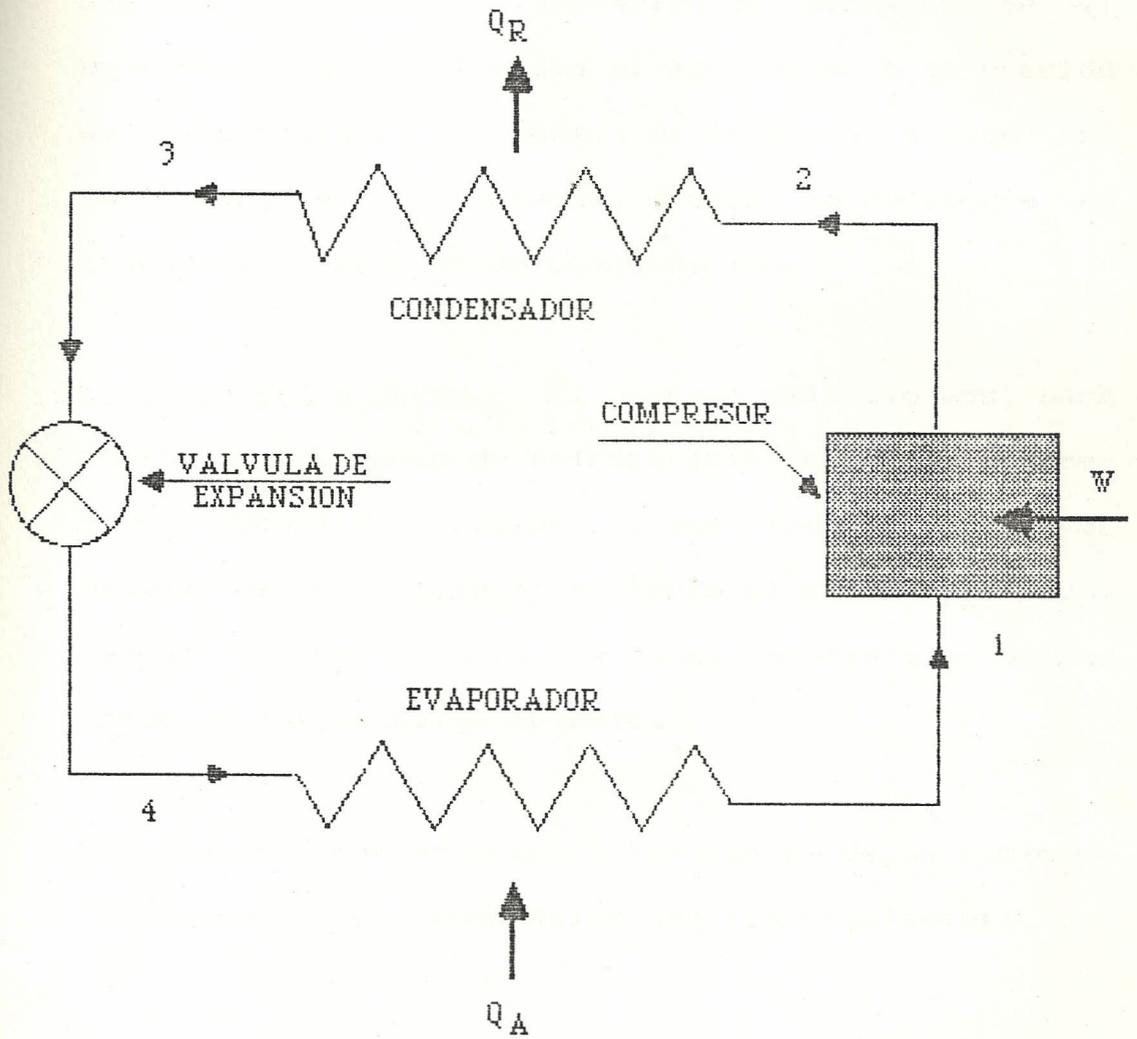


Fig. No. 1 Esquema de refrigeración por compresión

absorción está representado en la figura No. 2.

El ciclo de funcionamiento se lo puede resumir de la siguiente manera: evaporación del amoníaco en el evaporador; paso del mismo al absorbedor a la presión de evaporación; y regreso de éste, a través del ebullidor, al condensador, donde se convierte en líquido a la presión de condensación.

Elección del proceso.- El proceso seleccionado para construir el banco de refrigeración es el de compresión mecánica, debido a que los dispositivos necesarios para llevar a efecto el ciclo de vapor necesario son simples, y es el procedimiento más común en los actuales momentos.

Los procesos que se desarrollan dentro de un ciclo de refrigeración por compresión son los siguientes:

Proceso de vaporización.- Una vez que el refrigerante a baja temperatura y baja presión en el evaporador absorbe calor del material o espacio que se ha de refrigerar, se transforma de líquido en vapor en este proceso.

Proceso de compresión.- El compresor envía el vapor cargado de calor desde el evaporador a través de la

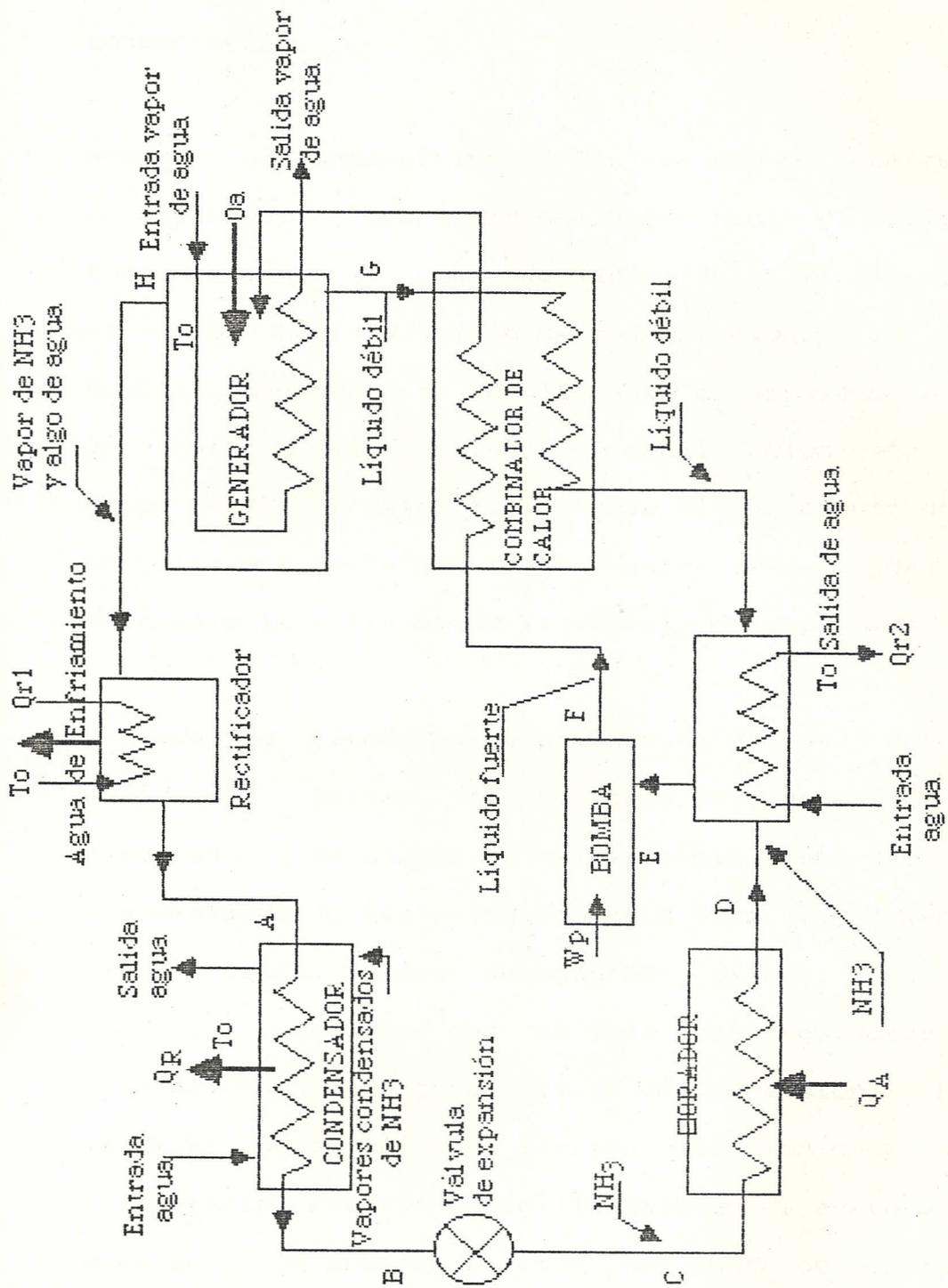


Fig. No. 2 Esquema de refrigeración por absorción

tubería de retorno; después comprime este vapor hasta que su temperatura está por encima de la del medio de condensación.

Proceso de condensación.- Una vez que el compresor ha elevado la temperatura del vapor hacia el medio de condensación, el calor de vaporización fluirá desde el vapor hasta el medio de condensación y, de esta manera condensará el refrigerante convirtiéndole en un líquido a alta presión. A continuación este líquido a alta presión fluye hasta el recipiente donde se almacena hasta que se suministre a la unidad de enfriamiento a través de la válvula de expansión.

Proceso de reducción de presión.- Una vez que el compresor extrae el vapor refrigerante del evaporador, la unidad de enfriamiento tiene que ser suministrada de más refrigerante a baja temperatura y baja presión, capaz de absorber calor. Esto se consigue mediante una válvula de regulación de líquido conocida como válvula de expansión. Esta válvula desempeña la función de mantener una alimentación constante del líquido en el evaporador, disminuir la presión y actúa como punto de división entre los lados de alta presión y baja presión en el sistema.

Elementos que componen el ciclo de refrigeración.-

Los componentes necesarios para el funcionamiento de un sistema de refrigeración de compresión se los puede dividir en dos tipos: mecánicos y eléctricos.

Los componentes mecánicos son: el compresor, el condensador, el recipiente receptor de líquido, el evaporador, válvula de expansión y líneas de distribución; son necesarios además acumulador de líquido, deshidratadores, etc.

Los componentes eléctricos consisten en elementos tales como: motor del compresor, contactor o relé del compresor, motor de ventiladores del condensador y evaporador.

Compresor.- Los compresores se fabrican de varios tipos y tamaños dependiendo de las necesidades. Su función es la de suministrar la acción de bombeo necesaria para eliminar el gas refrigerante del evaporador, comprimir este gas y por último enviarlo al condensador donde se licua. La acción de bombeo del compresor proporciona los medios para pasar el gas de la condición de baja presión a la de alta presión. Los compresores se clasifican en: herméticos, semiherméticos y abiertos. En la figura No. 3,

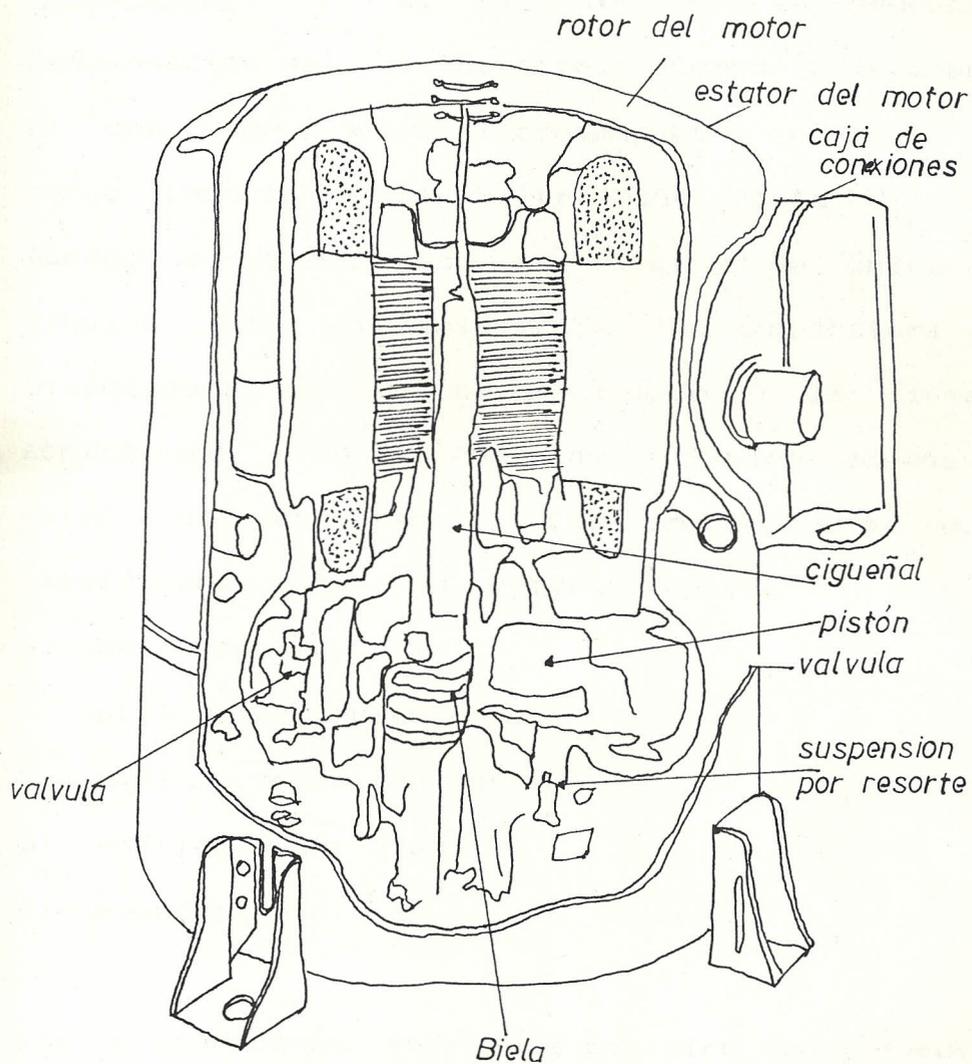


Fig. No.3 Sección de un compresor hermético vertical

se muestra un compresor hermético visto en corte con sus principales componentes.

Condensador.- Es el elemento donde se produce la condensación del refrigerante. Cuando este abandona el compresor y entra al condensador, contiene una carga importante de calor, que consta del calor tomado en el evaporador más el calor de enfriar el líquido del condensador a la temperatura del evaporador, más el calor tomado en la línea de aspiración y en la cámara del cilindro además del calor de compresión. Los condensadores pueden clasificarse según su construcción en:

- a) enfriados por aire
 - a.1) circulación natural
 - a.2) circulación forzada
- b) enfriados por agua, y
- c) evaporativos.

Los evaporadores enfriados por aire son usados en unidades de pequeñas fracciones de potencia frigorífica.

Evaporador.- Es la parte del sistema donde se realiza el enfriamiento necesario, eliminando el calor de la superficie a enfriar. Esto se realiza llevando la temperatura del refrigerante líquido por

debajo de la temperatura del medio que lo rodea. El calor pasa al refrigerante líquido y es absorbido como calor latente, cambiando el estado del refrigerante de la fase líquida a la fase vapor. Los evaporadores se fabrican en gran variedad de formas y estilos para satisfacer necesidades específicas de cada aplicación. Los evaporadores según su construcción se dividen de la siguiente manera: de tubo, y de tubo y aleta.

Válvula de expansión.- La función de la válvula de expansión es la de regular el flujo del refrigerante líquido dentro del evaporador de acuerdo a los requerimientos del mismo. Existen diferentes tipos de válvulas, entre las que tenemos: termoestática figura No.4, automática figura No. 5, y tubo capilar figura No. 6.

Refrigerantes.- Es una sustancia que produce un efecto de refrigeración por su absorción de calor cuando se expande o vaporiza. Un refrigerante adecuado debe poseer propiedades químicas, físicas y termodinámicas que permitan su eficiente aplicación en los sistemas de refrigeración; además, no deben ser nocivos a la salud ni a la propiedad en casos de escapes, debido a fugas u otras causas en un sistema de refrigeración. En resumen los requerimientos de

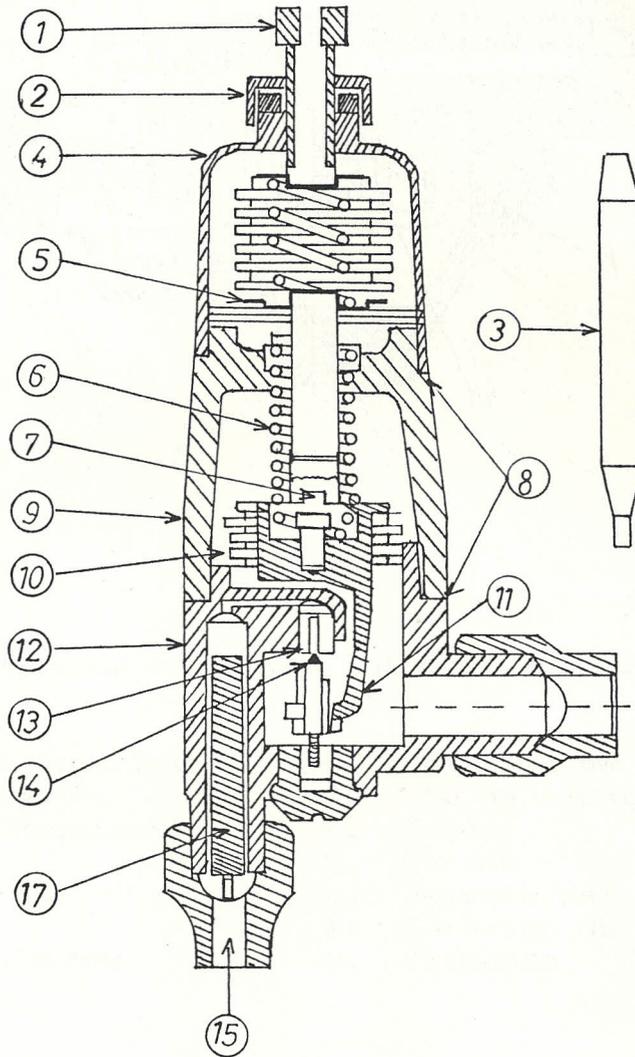


Fig. No.4 Válvula de expansión termostática, tipo de fuelle regulable con envoltura de ebonita

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Tuerca de regulación | 10. Fuelle |
| 2. Tapón de junta | 11. Brazo articulac. fuelle |
| 3. Bulbo | 12. Cuerpo de la válvula |
| 4. Elemento termostático | 13. Asiento del punzón |
| 5. Vástago de baquelita | 14. Funzón |
| 6. Resorte | 15. Guía de punzón |
| 7. Tornillo sujeta resorte | 16. Tapón |
| 8. Juntas | 17. Filtro |
| 9. Cubierta aislante | |

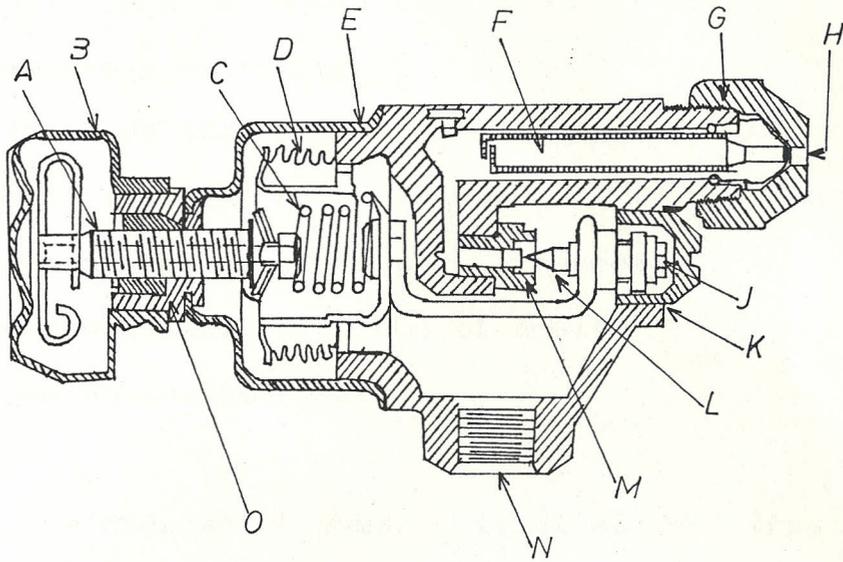


Fig. No.5 Válvula de expansión automática, tipo fuelle

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| A. Tornillo de regulación | H. Conexión de entrada |
| B. Tapón de goma | J. Eje de ajuste punzón |
| C. Resorte de regulación | K. Tapón |
| D. Fuelle | L. Punzón |
| E. Junta | M. Asiento del punzón |
| F. Filtro | N. Conexión de salida |
| G. Arandela de cobre | O. Estopada |

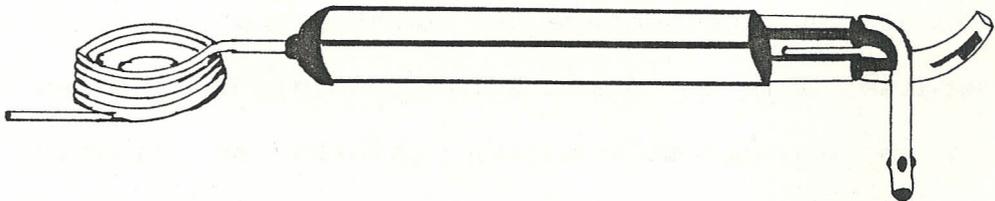


Fig. No. 6 Tubo capilar

un buen refrigerante para su uso son:

- bajo punto de ebullición
- seguro y no tóxico
- fácil de licuar
- alto valor de calor latente
- que no sea afectado por la humedad
- que se mezcle bien con el aceite
- que no sea corrosivo

Los refrigerantes pueden dividirse en tres clases según su capacidad de absorción o extracción de calor de las sustancias a refrigerar.

Clase 1.- Esta clase incluye aquellos refrigerantes que enfrían por la absorción o extracción del calor latente de las sustancias que han de refrigerarse. En la tabla 1, se detallan estos refrigerantes y sus características.

Clase 2.- Los refrigerantes en esta clasificación son aquellos que enfrían las sustancias absorbiendo sus calores sensibles, tales como: el aire, salmuera de cloruro de calcio, salmuera de cloruro de sodio, alcohol y soluciones similares no congelantes.

Clase 3.- Este grupo consiste de las soluciones que contienen vapores absorbidos de agentes licuables o

Tabla 1. Características de los Refrigerantes Típicos

Nombre	Punto de ebullición °C	Calor de vaporización kcal/kg(1Atm)
Dióxido de azufre (SO ₂)	-10	96
Cloruro de metilo (CH ₃ Cl)*	-18	99.5
Cloruro de etilo (C ₂ H ₅ Cl)	13	98
Amoniaco (NH ₃)	-33.3	313
Dióxido de carbono (CO ₂)	-79	89.5
Freezol (isobutano) [(CH ₃) ₃ (CH)]	-12.1	96.8
Freon-11 (CCl ₃ F)*	24.3	42.6
Freon-12 (CCl ₂ F)*	-29.9	39.8
Freon-13 (CClF ₃)*	-81	35.8
Freon-21 (CHCl ₂ F)*	+ 8.9	58.2
Freon-22 (CHClF ₂)*	-40.8	561
Freon-113 (CCl ₂ F-CClF ₂)*	47.4	35.6
Freon-114 (CClF ₂)*	3.6	32.7
Freon-115 (CClF ₂ CF ₃)*	-38.6	30.3
Freon-502	-45.6	42.8

* La familia de refrigerantes de Freon designado originalmente como Freon-12, Freon-13, etc., se denominan en la actualidad por varios nombres comerciales tales como, Ucon-12, Ucon-22, etc., o simplemente como Refrigerante-12, Refrigerante-22 y en ocasiones utilizando la abreviatura de R-12, R-22, R-113, etc., dependiendo de las características de los mismos.

medio refrigerante. Estas soluciones funcionan por su posibilidad para transportar los vapores licuables que producen un efecto refrigerante por la absorción de su calor latente.

Entre los refrigerantes más usados destacamos los de la familia freón. Debido a la seguridad de estos productos se ha permitido su uso aun bajo condiciones donde sería arriesgado el empleo de otros refrigerantes más tóxicos o inflamables.

Los refrigerantes freón son incoloros, casi inodoros y sus puntos de ebullición varían sobre una amplia escala de temperatura. Los refrigerantes freón que se producen son antitóxicos, anticorrosivos, no irritantes y no inflamables bajo cualquier condición de utilización.

2.2 DEFINICION DEL BANCO DE REFRIGERACION

El banco de refrigeración funcionará con el sistema de compresión mecánica. Por ser la válvula de expansión el elemento más importante dentro de este sistema, nuestro banco debe contar con algunas variaciones para realizar el proceso de expansión del refrigerante, los mismos que deben ser ubicados en paralelo para que su uso sea independiente. Debe

contar también con dispositivos de controles automáticos para refrigeración y con la instrumentación respectiva y necesaria que nos permita efectuar las mediciones de los parámetros básicos requeridos para trazar el ciclo indicado del refrigerante en el diagrama presión-entalpía y verificar su rendimiento.

A través de las líneas de distribución del refrigerante se colocarán visores, para observar el estado del fluido antes y después que se realicen los procesos de condensación y vaporización.

2.3 BALANCE TERMODINAMICO

Para realizar el balance termodinámico del banco de refrigeración, tenemos que darnos algunos parámetros los cuales nos serán de gran ayuda para obtener los datos que nos permitirán la selección de los elementos anteriormente nombrados y con éstos poder construir el banco.

El primer dato que tomamos es el de la temperatura ambiente, cuyo valor será de 30°C ; consideramos dicho valor porque el instituto dicta las clases en la noche por ser éste de tipo nocturno.

El fluido refrigerante considerado es del tipo

halogenado, siendo elegido para los cálculos el diclorodifluorometano, cuya fórmula química es CCl_2F_2 y su nombre comercial es freón 12.

La temperatura que deseamos obtener va a ser la temperatura de confort, la cual es de 24°C .

Para determinar las presiones de trabajo y temperaturas del refrigerante, establezco que la temperatura a la cual el refrigerante se encuentre en el evaporador sea de 12°C . Con esta temperatura y la que deseo obtener tengo la temperatura de evaporación que me da 12°C , con la cual utilizando la tabla de vapor para R-12; encuentro un valor de presión correspondiente a 4.5828 kg/cm^2 absolutos, esta presión es la de evaporación o también conocida como presión de baja.

Conocida la presión de evaporación, nos toca calcular u obtener la de condensación o de alta, para lo cual nos valemos del gráfico No. 1, en el que con el valor de la temperatura ambiente y la presión de evaporación encontramos que la presión de condensación corresponde a un valor de 12.65 kg/cm^2 (186 psi), al cual le tenemos que sumar la presión atmosférica, teniendo finalmente la cantidad de 13.65 kg/cm^2 absolutos. Se considera para nuestro cálculo un

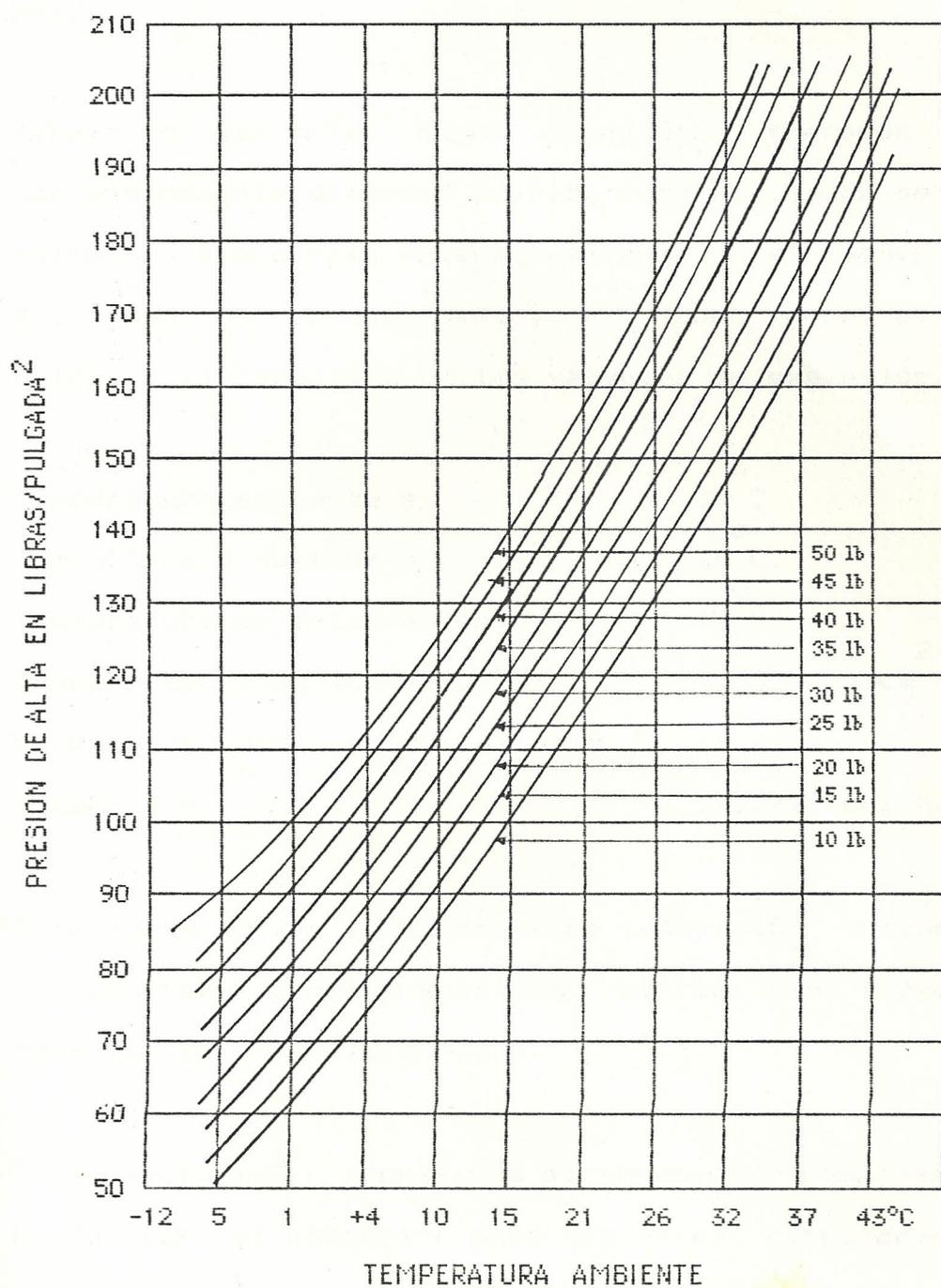


Gráfico 1. Curva de presiones de condensación a diversas presiones de aspiración y temperaturas ambientes

compresor con una potencia de 213.72 kcal/hr (1/3 HP).

Tabulando los datos dados obtenidos, trazamos el correspondiente diagrama presión-entalpía, para de él calcular las cargas necesarias tanto en el condensador como en el evaporador, así como para poder calcular la capacidad de las válvulas de expansión.

Temperatura ambiente =	30 C
Tempertura a obtener =	24 C
Temperatura de evaporación =	12 C
Presión de evaporación (baja) =	4.5828 kg/cm ²
Presión de condensación (alta) =	13.65 kg/cm ²
Potencia =	213.72 kcal/hr

Trabajando en las condiciones de saturación trazamos el diagrama presión-entalpía, el cual lo podemos apreciar en el gráfico No. 2.

El segmento 1-2, representa el trabajo de compresión hecho por el compresor para llevar el refrigerante vaporizado desde la presión de evaporación hasta la de condensación. De dicho segmento calculamos el flujo másico valiéndonos de la siguiente fórmula:

$$P = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

Donde:

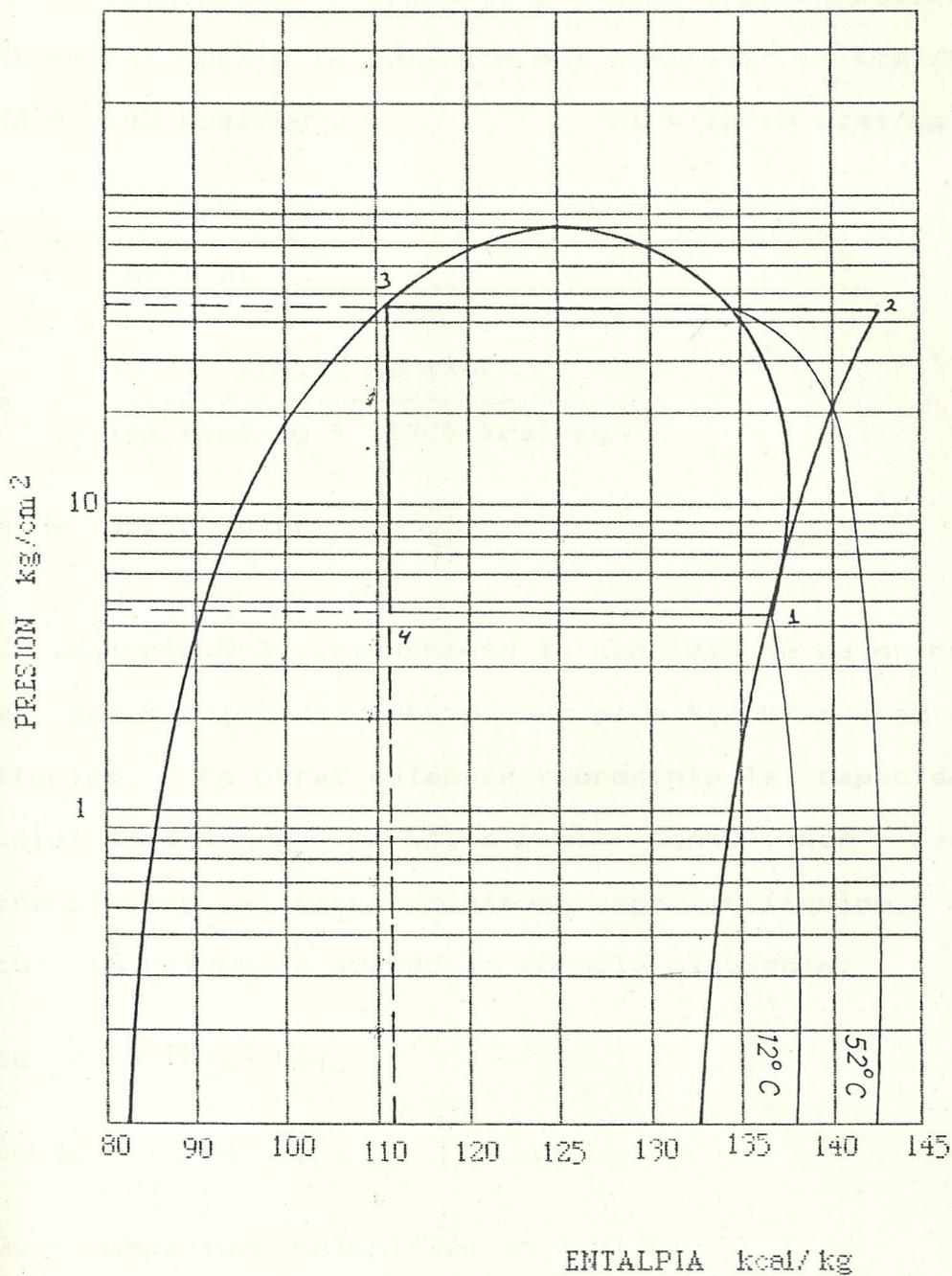


Gráfico 2. Diagrama presión - entalpia

P = potencia del compresor en kcal/hr

\dot{m} = flujo másico en kg/hr

h_2 = entalpía a la descarga del compresor en kcal/kg

h_1 = entalpía a la admisión del compresor en kcal/kg

$h_2 = 143$ kcal/kg $h_1 = 137.5$ kcal/kg

$$\dot{m} = \frac{P}{h_2 - h_1}$$

$$\dot{m} = \frac{213.72 \text{ kcal/hr}}{143 \text{ kcal/kg} - 137.5 \text{ kcal/kg}}$$

$$\dot{m} = 38.86 \text{ kg/hr}$$

El segmento 2-3, representa la cantidad de calor que el gas recalentado debe perder para transformarse en líquido. En otras palabras representa la capacidad calorífica que necesita el condensador para transformar el refrigerante de vapor en líquido, el cual lo obtenemos usando la fórmula siguiente:

$$Q_c = \dot{m} (h_2 - h_3)$$

Donde:

Q_c = capacidad calorífica en kcal/hr

h_3 = entalpía a la salida de condensador en kcal/kg

h_2 = entalpía a la entrada de condensador en kcal/kg

$h_3 = 113$ kcal/kg

$h_2 = 143$ kcal/kg

$$\dot{m} = 38.86 \text{ kg/hr}$$

$$Q_c = 38.86 \text{ kg/hr} (143 \text{ kcal/kg} - 113 \text{ kcal/kg})$$

$$Q_c = 1165.8 \text{ kcal/hr}$$

$$Q_c = 4628.226 \text{ BTU/hr}$$

La superficie de transferencia de calor se la obtiene usando la fórmula:

$$Q_c = SK\Delta T$$

Donde:

S = superficie de transferencia de calor en m²

K = coeficiente de transferencia de calor en kcal/hr m² °C

ΔT = diferencia entre la temperatura del refrigerante y la temperatura del medio de condensación en °C

Se recomienda para los condensadores enfriados por aire una diferencia de temperatura de 8 a 13 °C.

El coeficiente de transferencia de calor de acuerdo a la tabla No. 2, varía entre 20 y 25, considerando para nuestro trabajo un valor de 20 kcal/hr m² °C

$$S = \frac{1165.8 \text{ kcal/hr}}{8 \text{ °C} \cdot 20 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ °C}}$$

Tabla 2. Coeficientes globales de transferencia de calor en condensadores

Grupo	Medio de condensación	Tipo	$K: \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}}$
Calor Sensible	Aire	Circulación natural	8 a 10
		Circulación forzada	20 a 25
	Agua	Inmersión	200 a 250
		Doble tubo y contra corriente	600 a 800
		Multibulares (horizontales)	600 a 1000
	Calor Latente	Atmosféricos	Multibulares (verticales)
Chorro simple			200 a 250
Chorro y contra corriente (bloque y similares)			700 a 1000
Evaporación forzada		Tubos lisos	200 a 300
		Tubos a aletas	100 a 150

$$S = 7.286 \text{ m}^2$$

El segmento 4-1, representa la capacidad o efecto frigorífico producido en el evaporador, valor que lo obtenemos usando la siguiente fórmula:

$$Q_e = \dot{m} (h_i - h_3)$$

Donde:

Q_e = efecto refrigerante en kcal/hr

h_i = entalpía a la entrada del evaporador en kcal/kg

h_3 = entalpía a la salida del evaporador en kcal/kg

$$\dot{m} = 38.86 \text{ kg/hr}$$

$$h_i = 137.5 \text{ kcal/kg}$$

$$h_3 = 113 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_e = 38.86 \text{ kg/hr} (137.5 \text{ kcal/kg} - 113 \text{ kcal/kg})$$

$$Q_e = 952.07 \text{ kcal/hr}$$

Conociendo la capacidad del evaporador, podemos encontrar la capacidad del condensador (a manera de comprobación), utilizando el gráfico No. 3, con las temperaturas de evaporación y condensación a través de la siguiente fórmula:

$$Q_c = FQ_e$$

Donde:

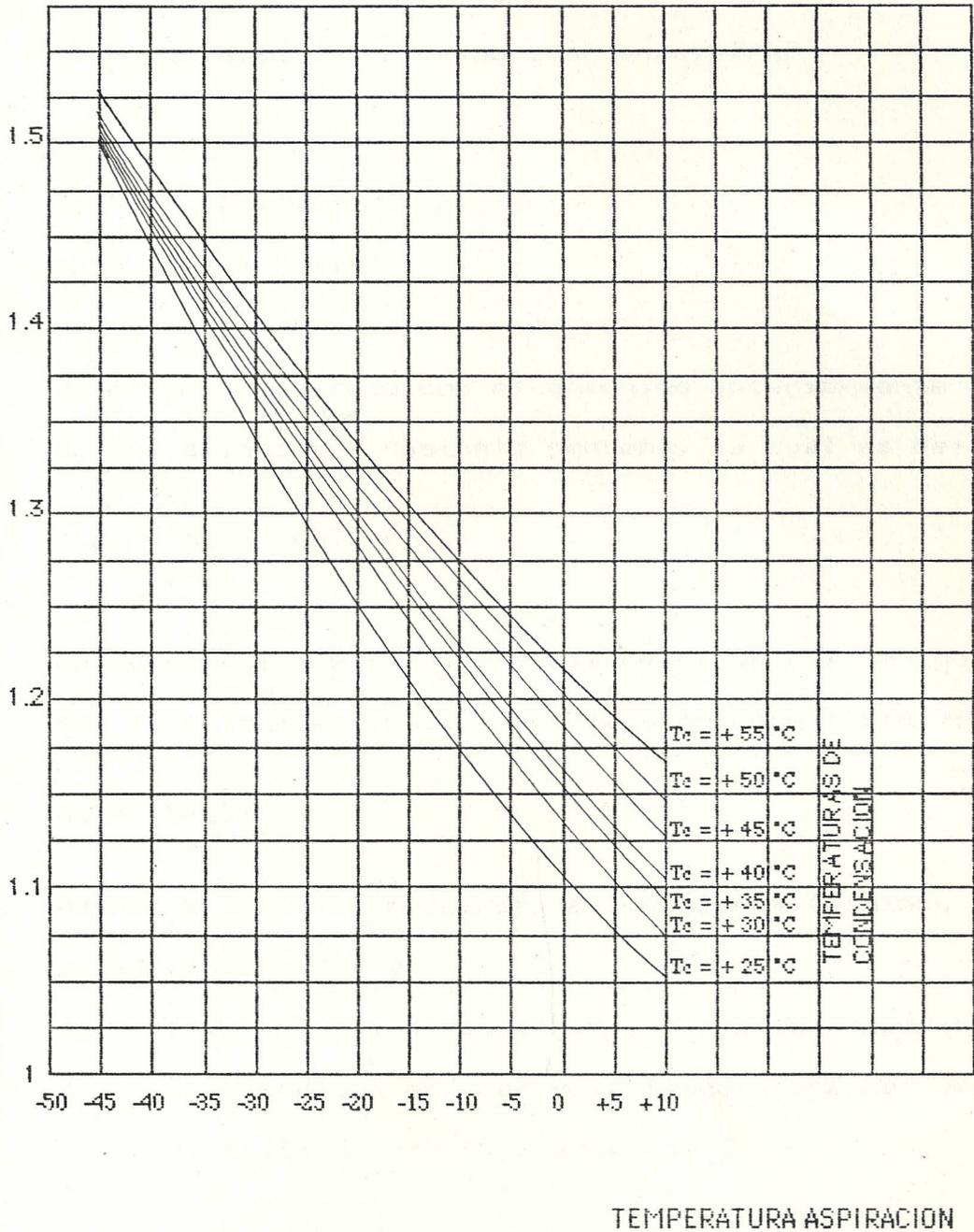


Gráfico 3. Curva de relación entre temperatura de evaporación y condensación para determinar la capacidad calorífica del condensador

Q_c = capacidad del condensador en kcal/hr

F = factor de corrección

Q_e = capacidad del evaporador en kcal/hr

$$F = 1.16$$

$$Q_c = 1.16 \times 952.07 \text{ kcal/hr}$$

$$Q_c = 1104.4 \text{ kcal/hr}$$

Valor que comparado con el obtenido anteriormente nos da una diferencia bastante pequeña, la cual es de:

$$\Delta Q_c = 61.4 \text{ kcal/hr}$$

La superficie de transferencia de calor del evaporador la calculamos utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_e = SK\Delta T$$

Donde S y K , corresponden a los mismos términos que en el condensador y,

ΔT = diferencia de temperatura entre la temperatura del medio a enfriar y la temperatura de vaporización del refrigerante en $^{\circ}\text{C}$

$$\Delta T = 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

De acuerdo a la tabla No. 3 el valor de K para el evaporador en mención es de:

$$K = 14 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Tabla 3. Coeficientes globales de transferencia de calor de los principales evaporadores usados en refrigeración

GRUPO	TIPOS	$K: \text{kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
ENFRIADORES DE LIQUIDO	- serpentín A inmersión - parrilla - intensivos	60 a 80 + 200 a 250 ++ 350 a 400 ++ 500 ++
	Doble tubo y contra- corriente	500 a 700
	A chorro	800 a 1200
	Multitubu- lares - horizontales - verticales	400 a 600 700 a 1200
ENFRIADORES DE AIRE	Circulación natural - tubos lisos - tubos ale- teados	16 a 20 6 a 8
	Circulación forzada - tubos lisos - tubos ale- teados	30 a 40 14 a 20

$$S = \frac{Q_e}{K\Delta T}$$

$$S = \frac{952.07 \text{ kcal/hr}}{12 \text{ C} \times 14 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ C}}$$

$$S = 5.667 \text{ m}^2$$

Para calcular la longitud del tubo capilar, nos valemos de los gráficos No. 4 y 5, tomando los datos de la capacidad frigorífica y la temperatura de condensación.

Para nuestro cálculo nos determinamos un tubo capilar con un diámetro de 1.4 mm, el cual nos da una longitud aproximada de 1.7 m a este valor lo multiplicamos por un factor que lo obtenemos del gráfico No.5 y es 0.8, el cual lo multiplicamos por el obtenido anteriormente de la longitud, para de esta manera encontrar la longitud final del tubo capilar.

$$L_f = C L_i$$

Donde:

L_f = longitud final del tubo capilar en m

C = factor de corrección

L_i = longitud inicial del tubo capilar en m

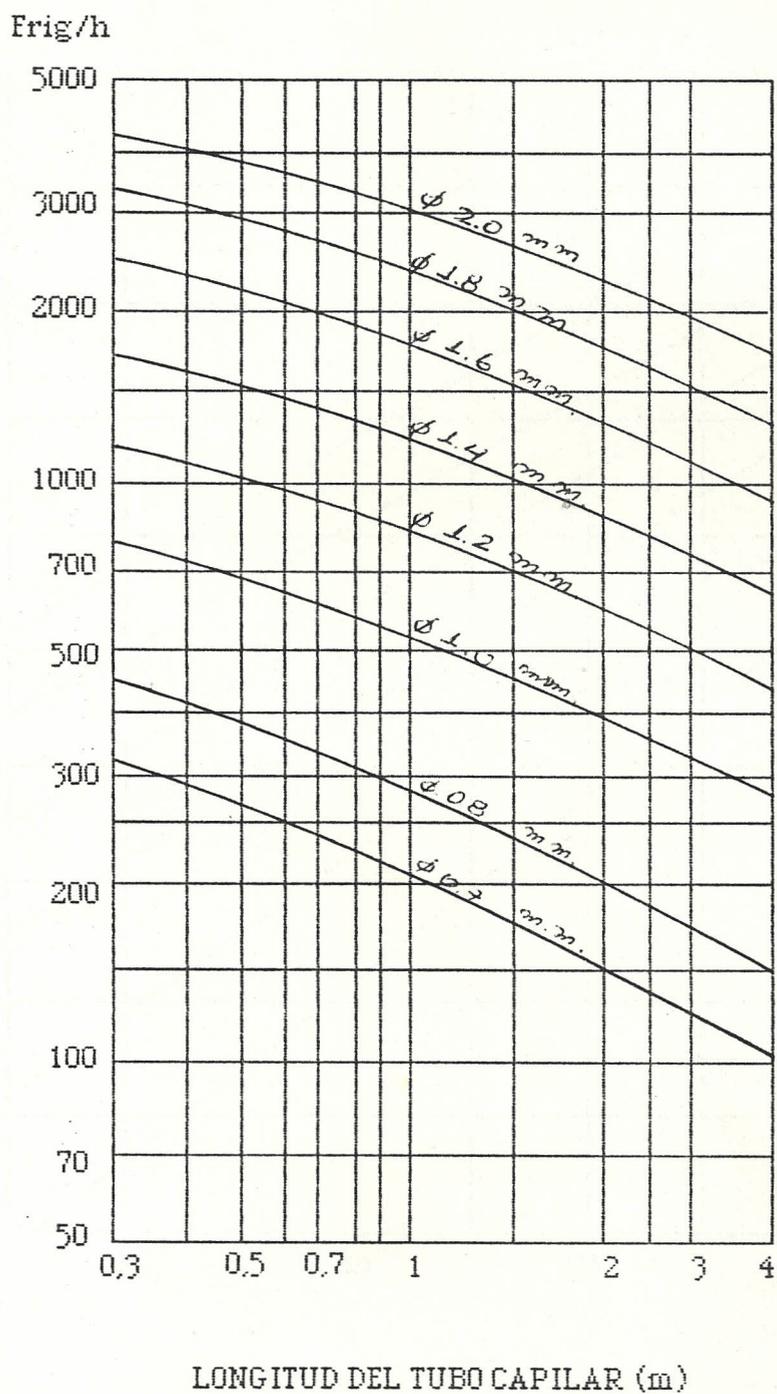


Gráfico 4. Curva para el cálculo del tubo capilar

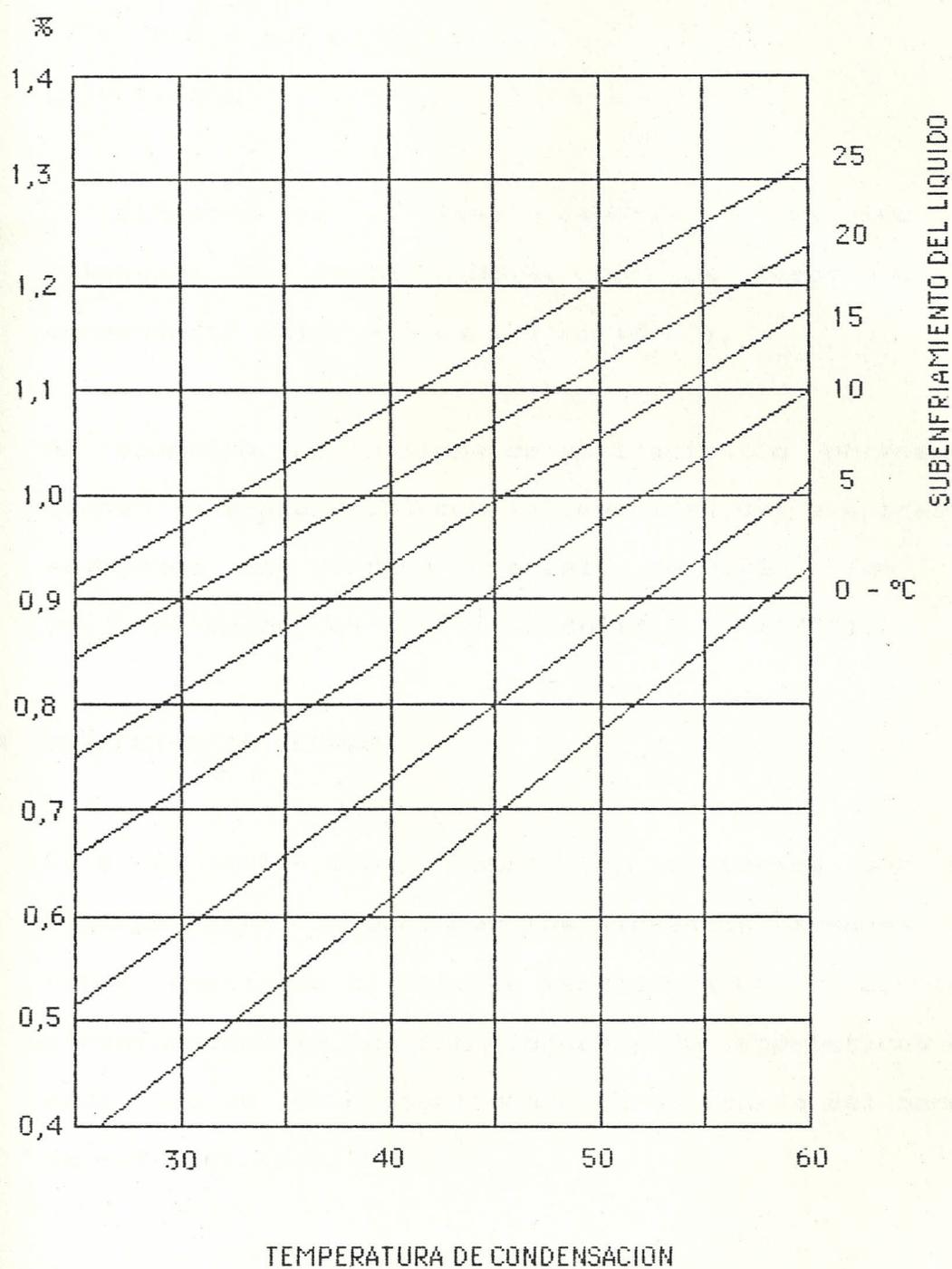


Gráfico 5. Curva del factor de corrección para determinar la longitud final del tubo capilar

$$C = 0.8$$

$$L_i = 1.7 \text{ m}$$

$$L_f = 0.8 \times 1.7 \text{ m}$$

$$L_f = 1.36 \text{ m}$$

El diámetro de la línea o cañería de líquido lo obtenemos de la tabla No.4, con la capacidad de condensador valor que es : 9 mm (3/8").

El diámetro de la línea de aspiración lo obtenemos usando la tabla No.5, con la capacidad del evaporador asumiendo una pérdida de presión de 0.210 kg/cm^2 (3 psi), el valor que nos da es de 12.7 mm (1/2").

2.4 SELECCION DE ELEMENTOS

Este capítulo trata sobre los criterios que se tomaron para seleccionar los elementos después de haber realizado el balance termodinámico y conocer consecuentemente las capacidades y características de cada uno de los elementos que forman parte del banco de refrigeración.

Compresor

Siendo el banco de tipo didáctico, lo más recomendable es que se utilice un compresor de tipo

Tabla 4. Diámetro de las líneas de líquido

Cloruro de metilo (CH₃Cl)

R-12, R-22 y R-502

Capacidad en frigorías-hr	LONGITUD DE LA LINEA DE LIQUIDO EN METROS				LONGITUD DE LA LINEA DE LIQUIDO EN METROS			
	8	15	30	45	8	15	30	45
0 a 750	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	3/8"	3/8"
1.000	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	3/8"	3/8"	3/8"
1.500	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"
2.000	1/4"	1/4"	1/4"	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"
3.000	1/4"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"
4.000	1/4"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	5/8"
5.000	1/4"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	5/8"
6.000	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	5/8"	5/8"
7.000	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"
8.000	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"
9.000	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"
10.000	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	3/4"	3/4"
11.000	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
12.000	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	1"	1"
15.000	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	1"	1"
20.000	3/8"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	7/8"	1"	1"
30.000	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	7/8"	1"	1"	1"

semihermético, ya que por sus características de construcción son accesibles a su mecanismo interior, lo que nos permite poder realizar su mantenimiento y reparación cuando éste lo requiera. Lo que no se puede hacer si trabajamos con un compresor de tipo hermético.

El compresor fue adquirido de segunda mano y su limpieza y reparación corrió a cargo de los estudiantes del último nivel de estudio.

Condensador

Para evitar el uso de otros equipos y con el sentido de economizar dinero, se decidió por seleccionar un condensador enfriado por aire de tubo y aleta, ya que al usar el enfriado por agua tendríamos que emplear para su circulación equipos como bomba, válvulas, tuberías, etc., lo que nos permitió un gran ahorro; evitándose el pago del consumo de agua y los problemas del sistema de agua servida.

Conocida la superficie de transferencia de calor, se eligió uno de tubo y aleta con 32 tuberías de cobre y diámetro exterior de 9 mm (3/8"), y aletas de aluminio.

Botella de líquido

De acuerdo a las casas distribuidoras la botella receptora de líquido para la potencia del compresor, debe tener una capacidad máxima de 2.4 libras de refrigerante.

Evaporador

El evaporador seleccionado es enfriado por aire de tubo y aletas, tubo de cobre de 9 mm (3/8") con aletas de aluminio el cual nos da un área de transferencia de calor similar a la requerida, lo cual lo podemos demostrar de la siguiente manera:

El área de un evaporador de tubo y aletas es igual a la superficie del tubo en su diámetro exterior, más la de las aletas a sus dos caras. Por lo tanto estableciendo una fórmula, ésta nos quedará de la siguiente forma:

$$S = S_t + S_a$$

$$S_t = N \pi D L$$

$$S_a = 2n (b h - N \pi D^2 / 4)$$

Donde:

S = superficie de transferencia de calor del

evaporador en m²

St = superficie de transferencia de los tubos en su diámetro exterior en m²

Sa = superficie de transferencia de las aletas en m²

N = número de tubos

D = diámetro exterior de las tuberías en mm

L = longitud de las tuberías en mm

n = número de aletas

b = ancho de las aletas en mm

h = altura de las aletas en mm

Los datos del evaporador son los siguientes:

N = 22

D = 9 mm

L = 450 mm

n = 218

b = 50 mm

h = 279 mm

St = 22 x 3.1416 x 9 mm x 450 mm

St = 279915.91 mm²

St = 279916 mm²

Sa = 2 x 218 [50 mm x 279 mm - 22 x 3.1416 (9 mm)² / 4]

Sa = 436 (13950 mm² - 1399.5795 mm²)

Sa = 436 x 12550.421 mm²

$$S_a = 5471983.6 \text{ mm}^2$$

$$S = 279916 \text{ mm}^2 + 5471983.6 \text{ mm}^2$$

$$S = 5751899.6 \text{ mm}^2$$

$$S = 5.75 \text{ mm}^2$$

El valor de la superficie de transferencia de calor del evaporador obtenido anteriormente es de 5.667 m^2 lo cual nos dice que el evaporador seleccionado cumple con las condiciones establecidas.

Líneas de distribución

Las cañerías seleccionadas son de cobre ya que como se va a trabajar con refrigerante halogenado éste no ataca a este metal. Según la tabla No. 4, el diámetro de la línea de aspiración debe tener 12.7 mm (1/2"), pero como el compresor seleccionado tiene en la línea de aspiración un diámetro de 9 mm (3/8"), entonces tomamos como diámetro de la tubería de aspiración dicho valor.

Acumulador

Siendo el acumulador un recipiente para depósito del refrigerante líquido que pueda pasar del evaporador,

el cual no es constante; debe de tener una capacidad menor que la de la botella de líquido, por lo cual seleccionamos un acumulador con una capacidad de 1 libra de refrigerante.

Ventiladores

Los ventiladores para el condensador y evaporador deben de funcionar con dos velocidades, la cual variará entre las 1200 y 1500 revoluciones por minuto; la que traducida a velocidad lineal nos da aproximadamente un valor de 2 m/seg, la capacidad de los ventiladores con esta característica es de 1/5 HP.

Válvula de expansión termostática y equipos de control automático

Para la válvula de expansión y los controles automáticos hacemos uso de un catálogo de la firma DANFOSS. La válvula de expansión que nos sirve para nuestro banco es del tipo TF 2-0.3, cuyo código nos indica lo siguiente:

Presión de funcionamiento máxima: 22 bar

Presión de prueba máxima: 26 bar

T = válvula de expansión termostática

CAPITULO 3

CONSTRUCCION DEL BANCO DE REFRIGERACION

El presente capítulo trata sobre los pasos que se siguieron para construir el banco de refrigeración una vez que se han seleccionado sus elementos, la mano de obra utilizada para el montaje fue la de los estudiantes del Instituto (Escuela de Refrigeración y Aire Acondicionado).

3.1 OPCIONES QUE DEBE POSEER EL BANCO DE REFRIGERACION

Para efectuar la expansión del refrigerante, el banco debe constar con más de un tipo de válvula para así tener varias opciones, las mismas que estarán colocadas en paralelo entre sí, con la finalidad de ser usadas una a la vez. Contaremos con las siguientes opciones: sistema de tubo capilar, sistema de válvula termostática y sistema directo.

3.1.1 Sistema de tubo capilar

El tubo capilar, tiene la finalidad de suministrar la cantidad requerida de refrigerante al evaporador en las condiciones de trabajo previstas. Realizada la reducción de la presión desde el condensador al evaporador debido a la fricción que se produce por la reducción de la cañería. Con este sistema no existe válvula para separar la zona de presión alta de la unidad de condensación, de la zona de presión baja de la unidad de evaporación.

3.1.2 Sistema de válvula termostática

En la actualidad casi la totalidad de las válvulas de expansión son termostáticas, cuya función es la de captar el supercalentamiento del gas que sale del evaporador, por intermedio de esto se produce un cambio de presión del líquido en el tubo térmico. Este aumento o descenso de presión se transmite por el tubo capilar hasta el diafragma en la válvula, el cual la abre o la cierra.

Las válvulas de expansión termostática, están

diseñadas para regular la corriente de refrigerante dentro del evaporador, en proporción exacta a la velocidad de evaporación del refrigerante.

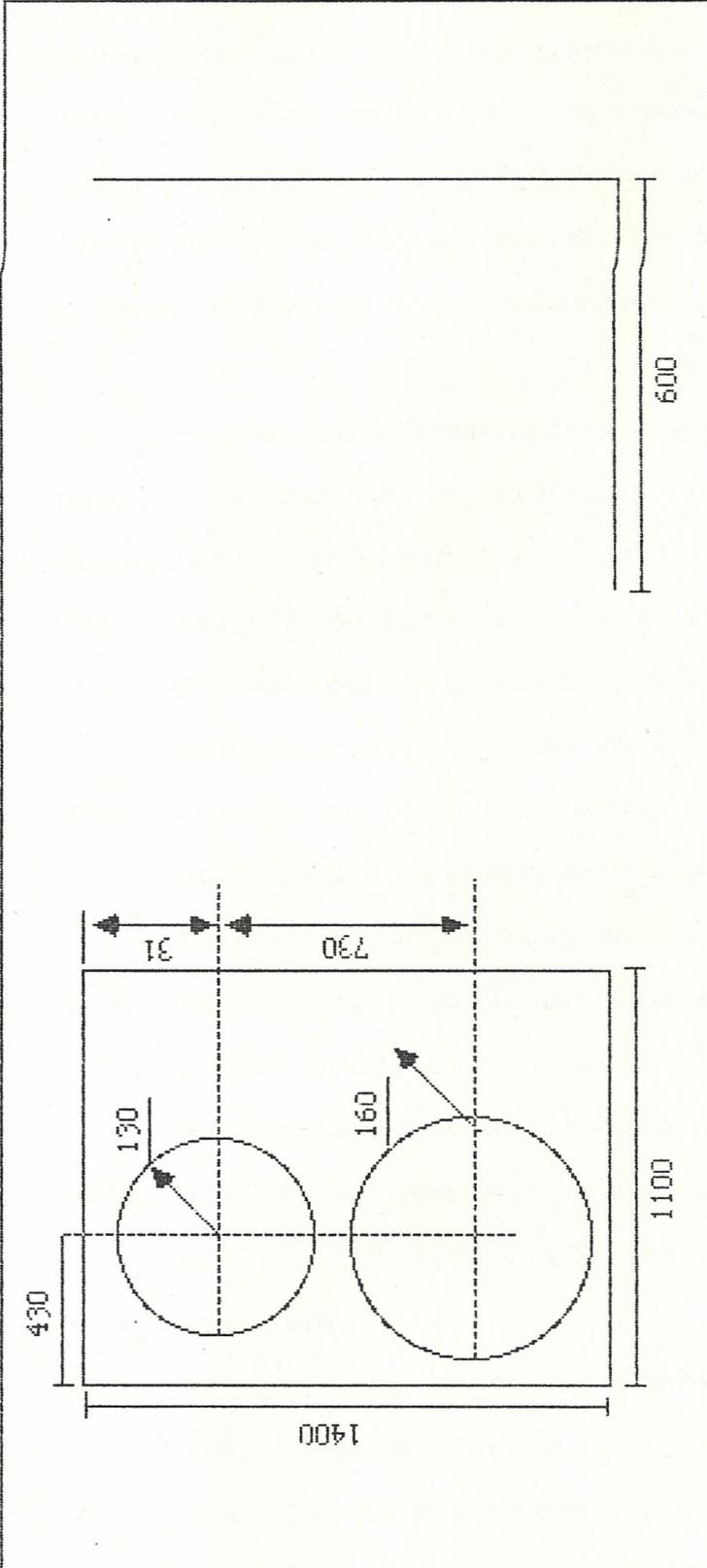
3.1.3 Sistema directo

Este sistema a pesar de no realizar la expansión del refrigerante en gran forma, está en el banco para en determinado momento explicar la importancia de las válvulas de expansión dentro de un sistema de refrigeración.

3.2 CONSTRUCCION DEL BANCO

El montaje del banco se lo realizó previo a la operación de limpieza de varios de los elementos que forman parte de él, debido a que éstos son de segunda mano.

El montaje se lo realizó sobre una plancha galvanizada de 2000 x 1100 mm con un espesor de 1.30 mm, su diagrama se puede observar en la figura No. 7. La lámina fue doblada a 90° sobre una longitud de 600 mm sobre cuya superficie horizontal va ubicado el compresor y la botella receptora de líquido. En la



DIBUJO	A. CASTRO	FIGURA No. 7
REVISADO	ING. F. MARTINEZ	
COMPROBADO		
E: 1:20		PANEL DEL BANCO DE REFRIGERACION

superficie vertical se han perforado dos círculos de 130 mm de radio para el evaporador y 160 mm de radio para el condensador, en cuya posición van colocados los ventiladores. La distancia entre centro de los círculos es de 730 mm con 430 mm desde el centro al extremo izquierdo de la plancha.

Los equipos complementarios, como son válvulas de paso, manómetros y visores tienen la siguiente nomenclatura y función:

VP1: Válvula de paso 1, cuando está cerrada impide el paso del refrigerante desde el evaporador al compresor por el lado de descarga.

VP2: Válvula de paso 2, cuando está abierta permite el paso del refrigerante desde el evaporador al compresor por el lado de admisión.

VP3: Válvula de paso 3, permite el paso del refrigerante desde el compresor al condensador cuando está abierta desde el lado de descarga.

VP4: Válvula de paso 4, cuando está cerrada impide el paso del refrigerante al compresor por la admisión.

VP5: Válvula de paso 5, permite el paso del refrigerante desde el condensador a las válvulas de expansión cuando está abierta.

VP6: Válvula de paso 6, cuando está cerrada impide el paso del refrigerante a la botella receptora

de líquido.

VP7: Válvula de paso 7, cuando está abierta permite el paso del refrigerante desde la botella de líquido a las válvulas de expansión.

VP8: Válvula de paso 8, cuando está abierta permite poner en funcionamiento el tubo capilar.

VP9: Válvula de paso 9, cuando está abierta permite poner en funcionamiento el sistema directo.

VP10: Válvula de paso 10, cuando está abierta permite poner en funcionamiento la válvula de expansión termostática.

VP11: Válvula de paso 11, cuando está cerrada impide el paso del refrigerante al acumulador de líquido.

VP12: Válvula de paso 12, cuando está abierta permite el paso del refrigerante del evaporador al compresor por el lado de admisión.

VP13: Válvula de paso 13, cuando está abierta permite el paso del refrigerante del acumulador al compresor.

M1: Manómetro de alta presión, mide la presión de descarga del compresor.

M2: Manómetro de alta presión, mide la presión de condensación.

M3: Manómetro de baja presión, mide la caída de presión en la válvula de expansión.

M4: Manómetro de baja presión, mide la presión de

admisión del compresor.

- V1: Visor ubicado a la entrada del condensador, permite observar el paso y estado del refrigerante antes del proceso de condensación.
- V2: Visor ubicado a la salida del condensador, permite observar el paso y estado del refrigerante después del proceso de condensación.
- V3: Visor ubicado a la entrada del evaporador, permite observar el paso y estado del refrigerante antes del proceso de vaporización.
- V4: Visor ubicado a la salida del evaporador, permite observar el paso y estado del refrigerante después del proceso de vaporización.

El diagrama del banco de refrigeración está indicado en la figura No. 8.

3.3 PRUEBAS Y AJUSTES

Antes de proceder a realizar las pruebas, se sometió al banco a una inspección visual para verificar si los elementos estaban montados correctamente de acuerdo al diagrama indicado en la figura No.8, al mismo tiempo se inspeccionó las partes soldadas y las instalaciones eléctricas de los motores. Una vez realizada esta revisión preliminar, se procedió a

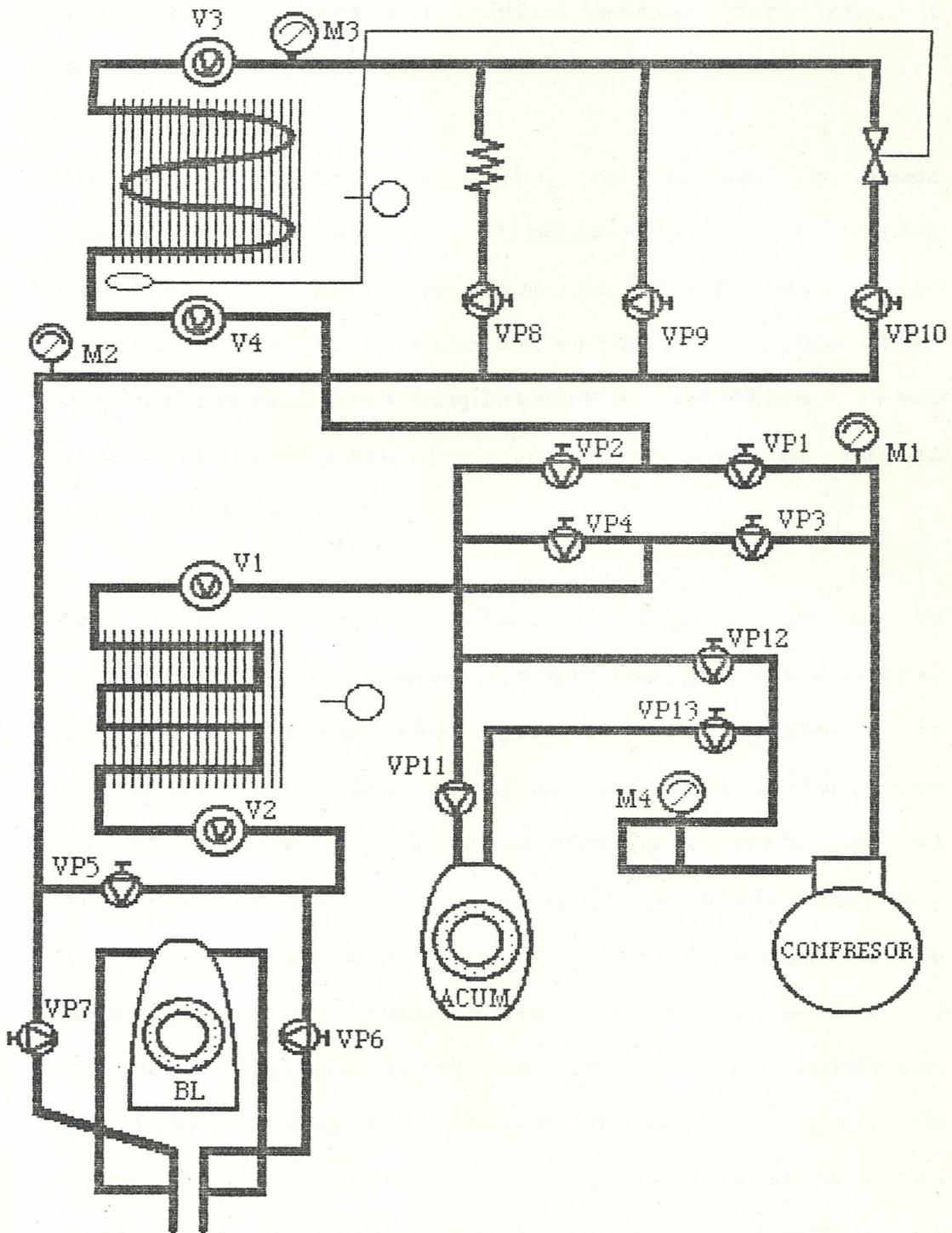


Fig. No. 8 Diagrama del banco de refrigeración

comprobar la hermeticidad de la instalación, para lo cual existen varios métodos, tomando para nuestro sistema el siguiente:

Se procede a crear el vacío, el cual se lo puede comprobar al observar el manómetro de la unidad portátil, si éste mantiene la lectura del vacío obtenido, durante 15 minutos, entonces se puede decir que el sistema está completamente hermético. Para poder realizar esta operación se necesitó el empleo de una bomba.

Un vez que se ha determinado la hermeticidad de la instalación se procede a cargar una pequeña cantidad de líquido refrigerante, para después proceder a la operación de vaciado de la misma, esta operación se la realiza ya que cuando se efectúa el vacío en el interior de las tuberías se queda aire atmosférico y vapor de agua que en él está contenido o que se ha depositado por condensación en el interior, y residuos sólidos debido a las labores mecánicas efectuadas durante el montaje del banco, ya que de permanecer en el interior del circuito estas pequeñas cantidades de agua o impurezas puede acarrear el bloqueo de las válvulas y el tubo capilar.

En la tabla 6, podemos apreciar la relación que

Tabla 6. Relación entre nivel de vacío y temperatura de ebullición del agua

Torr o mm Hg	Militorr o micra Hg	Temperatura de ebullición H ₂ O C
760	760.000	100
700	700.000	98
600	600.000	93.5
500	500.000	88.5
400	400.000	82.5
300	300.000	75.5
200	200.000	66.5
100	100.000	51.5
50	50.000	38.5
10	10.000	11
1	1.000	-17
0.5	5x10 ⁻¹	-54.4
0.25	2.5x10 ⁻¹	-30
0.1	1x10 ⁻¹	-39.5
0.02	2x10 ⁻²	-51.5

El nivel de vacío que se debe conseguir está comprendido entre 0.5 y 0.3 mm de Hg. Dentro de dichos límites, se asegura que el agua eventualmente presente se vaporizará y será expelida del circuito. Estando la instalación en vacío, es preciso que no se pongan en marcha los compresores, ya que el aceite entra en el circuito dejando el compresor poco lubricado y poco aislado ante las descargas eléctricas.

existe entre el nivel de vacío y la temperatura de ebullición del agua por lo que para efectuar una baja presión debemos usar una bomba de buena calidad.

Después de realizar vaciado, se desconecta la bomba de vacío cerrando previamente la válvula respectiva en el manifold, ver figura No.9, luego se produce el llenado de la instalación introduciendo el refrigerante por la parte de alta presión hasta que ésta alcance el valor de 3.4 kg/cm^2 , luego se completa introduciéndose el refrigerante por el lado de aspiración, tal operación se la efectúa con el compresor funcionando. El indicador de pasaje de líquido nos dará la configuración del nivel de carga adecuada. Observando si pasa un chorro de refrigerante sin burbujas es señal de que está cargado correctamente, ya que las burbujas indican falta de carga del refrigerante.

Una vez efectuado el montaje del banco de refrigeración y comprobado la hermeticidad del mismo con sus respectivos ajustes procedemos a realizar las pruebas experimentales para obtener los datos y poder con éstos trazar el gráfico correspondiente, con los cuales determinamos el coeficiente de performance o rendimiento del banco. Las pruebas las realizamos con el tubo capilar y con la válvula termostática.

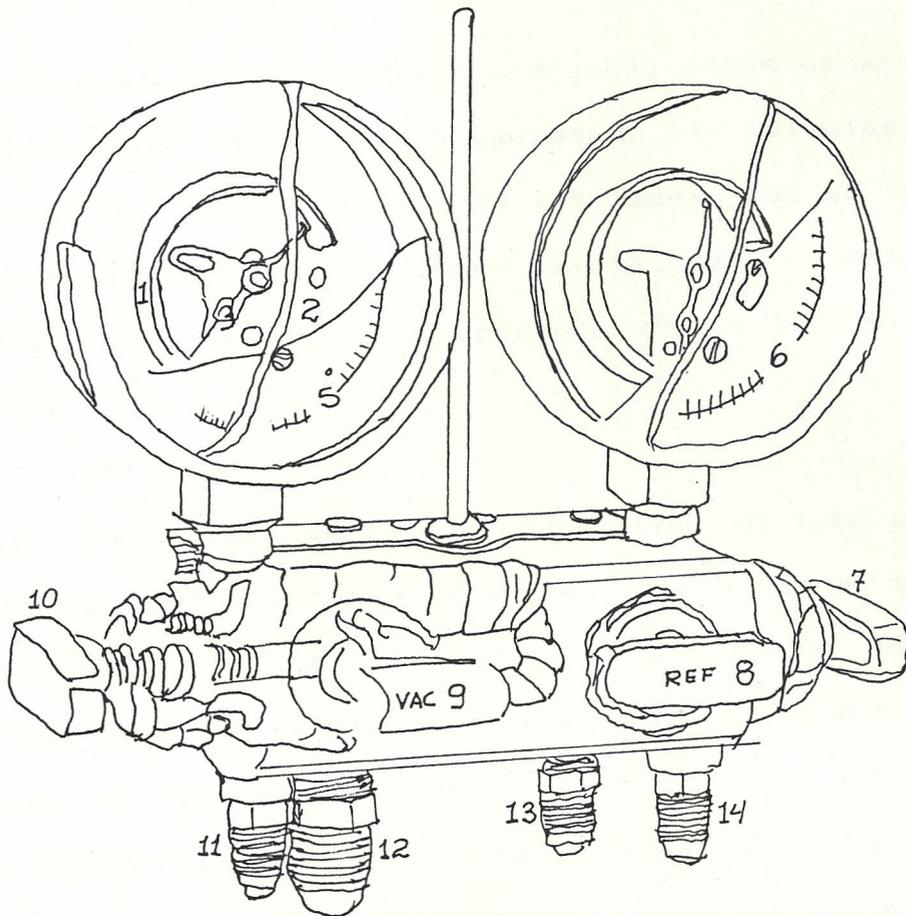


Fig. No.9 Unidad manométrica

- | | |
|---|---|
| 1. Elemento sensible | 9. Grifo de conexión a la bomba del vacío |
| 2. Sistema de transmisión de la señal | 10. Grifo de baja presión |
| 3. Índice | 11. Boquilla para la conexión al lado de baja presión de la instalación |
| 4. Escala para las depresiones o el vacío | 12. Boquilla para la conexión a la bomba de vacío |
| 5. Escala para las presiones del manovacuómetro | 13. Boquilla para el refrigerante |
| 6. Escala del manómetro de alta presión | 14. Boquilla para la conexión al lado de alta presión |
| 7. Grifo de alta presión | |
| 8. Grifo del refrigerante | |

Tubo capilar

Para realizar la respectiva prueba, antes de arrancar el equipo, se procede a maniobrar las válvulas para dejar el equipo listo con las líneas que se van a usar, para lo cual se abren las válvulas de paso VP3, VP2, VP5, VP8 y VP11; cerrando VP1, VP4, VP9, VP10, VP12 y VP13.

La válvula VP8 se la abre para poner al tubo capilar dentro del sistema, VP1 se cierra para que el refrigerante que viene del evaporador no pase al compresor por la línea de descarga, así como VP4 para que el refrigerante que va al condensador no pase al compresor por la línea de admisión. En esta prueba no utilizamos la botella de líquido ya que el tubo capilar requiere para su funcionamiento solamente una pequeña cantidad de carga. Después de esto procedemos a arrancar el compresor dejándolo funcionar durante unos cinco minutos, para inmediatamente después tomar los datos que nos servirán para trazar el diagrama presión-entalpía.

Los datos se tomaron con una temperatura de 31°C :

Presión de alta =	10.6 kg/cm ²
Presión de baja =	2.8 kg/cm ²

A estos datos tenemos que sumarle la presión atmosférica para obtener la presión absoluta que es la que necesitamos para realizar el diagrama presión-entalpía, con lo que tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Presión de alta} &= 11.6 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Presión de baja} &= 3.8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Con estos datos trazamos el ciclo que lo podemos apreciar en el gráfico No.6, del cual obtenemos los valores de las entalpías para con éstas calcular el rendimiento del ciclo. Así tenemos los siguientes valores:

$$\begin{aligned} h_1 &= 136.5 \text{ kcal/kg} \\ h_2 &= 142.5 \text{ kcal/kg} \\ h_3 &= 111.2 \text{ kcal/kg} \\ h_4 &= 111.2 \text{ kcal/kg} \end{aligned}$$

El rendimiento del ciclo de refrigeración indicado está dado por la siguiente relación:

$$\text{COP} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$\text{COP} = \frac{136.5 \text{ kcal/kg} - 111.2 \text{ kcal/kg}}{142.5 \text{ kcal/kg} - 136.5 \text{ kcal/kg}}$$

$$\text{COP} = 4.22$$

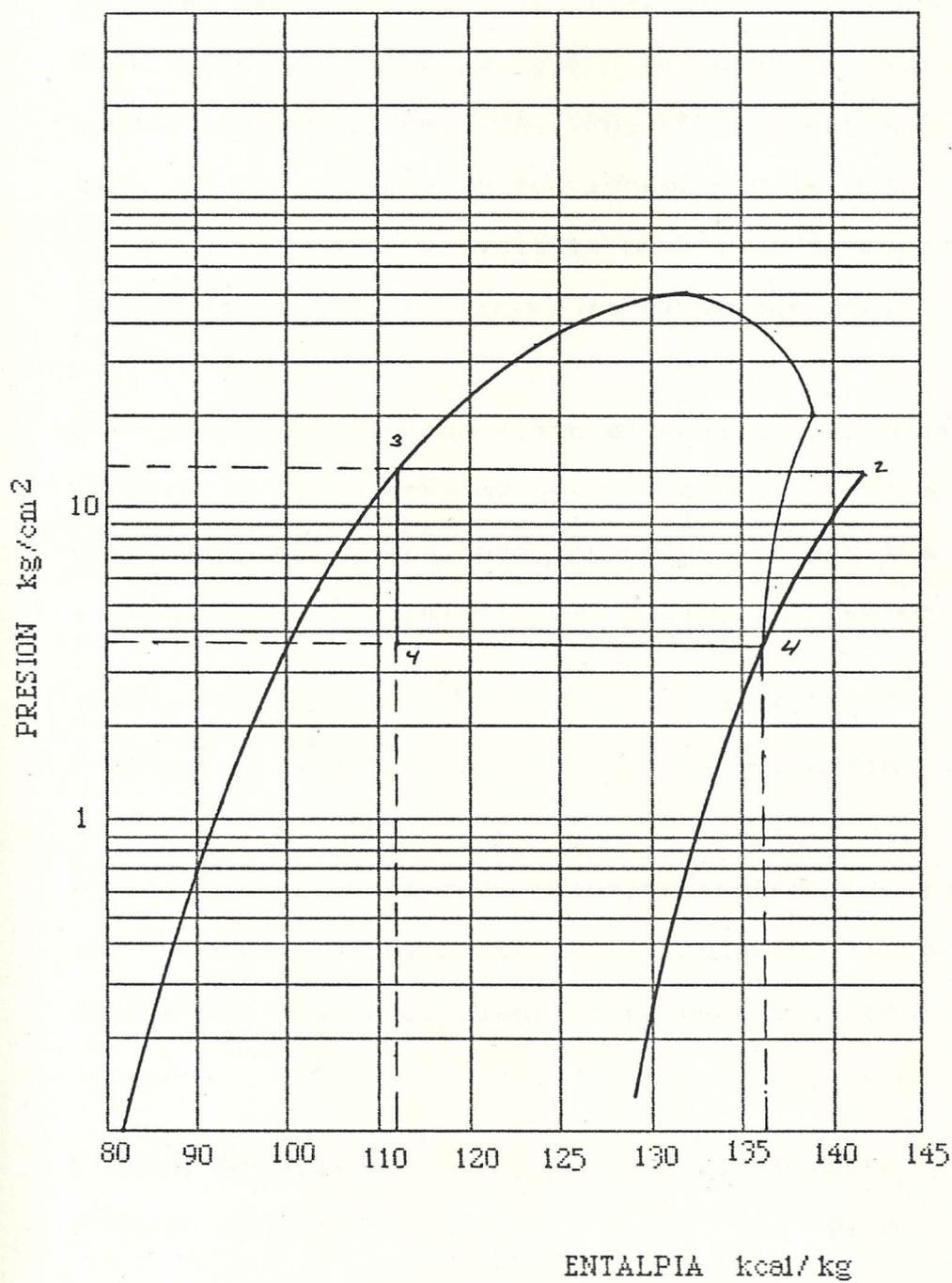


Gráfico 6. Diagrama presión - entalpía

La prueba con la válvula termostática la realizamos usando el siguiente circuito:

Se abren las válvulas VP3, VP2, VP6, VP7, VP10 y VP11. Las válvulas que se cierran son las siguientes: VP1, VP4, VP5, VP8, VP9, VP12 y VP13, con esta prueba ponemos en funcionamiento la botella de líquido, ya que la válvula termostática se encarga de la regulación del refrigerante al evaporador.

Una vez que tenemos listo el equipo procedemos a arrancarlo y esperamos que funcione durante unos cinco minutos, para luego proceder a tomar los datos y calcular el rendimiento del ciclo, los cuales son:

Presión de alta =	11.4 kg/cm ²
Presión de baja =	3.2 kg/cm ²

Al igual que en el caso anterior tenemos que sumarle la presión atmosférica para obtener la presión absoluta y trazar el diagrama respectivo, con lo que tenemos:

Presión de alta =	12.4 kg/cm ²
Presión de baja =	4.2 kg/cm ²

En el gráfico No.7 podemos apreciar el diagrama del ciclo respectivo, obteniendo los siguientes valores de entalpías:

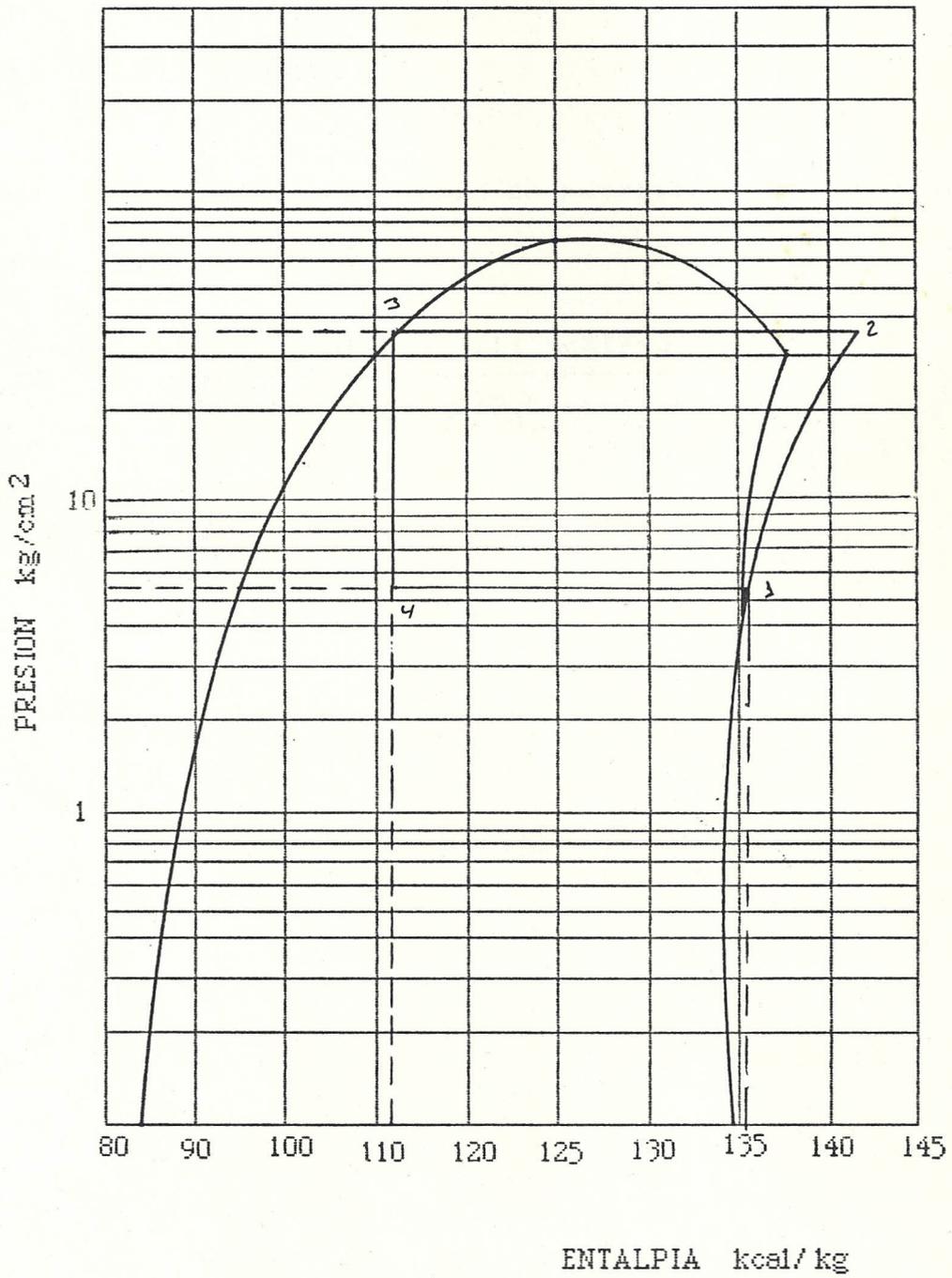


Gráfico 7. Diagrama presión - entalpía

$$h_1 = 137.5 \text{ kcal/kg}$$

$$h_2 = 142.5 \text{ kcal/kg}$$

$$h_3 = 111 \text{ kcal/kg}$$

$$h_4 = 111 \text{ kcal/kg}$$

El rendimiento del ciclo de refrigeración indicado es:

$$\text{COP} = \frac{137.5 \text{ kcal/kg} - 111 \text{ kcal/kg}}{142.5 \text{ kcal/kg} - 137.5 \text{ kcal/kg}}$$

$$\text{COP} = 5.3$$

CAPITULO 4

ANALISIS DE RESULTADOS

Después de haber finalizado con el montaje del banco de refrigeración, y realizar las distintas pruebas y ajustes procedemos a analizar los resultados obtenidos con su construcción.

4.1 RESULTADOS

Desde que se dio la noticia de la posible adquisición de un banco de refrigeración, y luego de la construcción del mismo; se notó un cambio en los estudiantes de la escuela, esto se hizo comentario general y cada vez era más inquietante por parte de ellos, sobre todo por saber cuando se daba inicio a la construcción ya que ellos participarían de la misma. Las clases, a pesar de que aun no estaba listo el equipo, fueron aumentando en entusiasmo, las

deserciones finalizaron así como también las faltas de asistencia porque nadie quería dejar de participar en su construcción por parte de los estudiantes del último nivel, y quienes no participaban de ésta como son los estudiantes de primer año observaban día a día el proceso de montaje, porque el cronograma que está indicado en la tabla 7 no podía tener retraso debido a que el banco tenía que ser mostrado en la semana cultural del Instituto, en el mes de Diciembre de 1988.

Este entusiasmo en los estudiantes sirvió de ayuda para los profesores, los que también estaban colaborando en la supervisión, con lo cual las clases teóricas se tornaron activas, mejorándose el nivel de enseñanza-aprendizaje. Los alumnos durante la entrega y demostración del banco en la semana cultural, explicaron el proceso de construcción y realizaron diferentes pruebas, desde la realización del vacío hasta la puesta en marcha, respondiendo a las preguntas que les hacían el público asistente que no eran solamente del Instituto sino que también estaban tanto invitados especiales como público en general, recibiendo la felicitación de los mismos, así como la de las autoridades del plantel.

Tabla 7. Cronograma de trabajo

	OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	1a.	2a.	3a.	4a.	1a.	2a.	3a.	4a.
ESTUDIO GENERAL	—————	—————						
DISEÑO		—————	—————					
SELECCION DE ELEMENTOS				—————				
LIMPIEZA Y REPARACION				—————	—————			
MONTAJE				—————	—————			
PRUEBAS Y AJUSTE							—————	—————

Teórica: _____

Real: _____

4.2 COSTOS

El análisis de costo de la construcción del banco de prueba de refrigeración construido en los talleres (laboratorio) de la Escuela de Refrigeración y Aire Acondicionado es el siguiente:

No.	ELEMENTOS	V.UNITARIO	V.TOTAL
8	tuercas de 3/8	300	2.400
4	tuercas de 1/4	200	800
36	codos de 3/8	350	12.600
16	tes de 3/8	500	8.000
45	pie de cañería de 3/8	280	12.600
18	varillas de plata	170	3.060
5	pie de capilar	90	450
24	tornillos	3	72
13	válvulas de paso	1.800	23.400
26	pernos con tuerca	30	780
1	litro de pintura	2.000	2.000
1	litro de pintura de fondo	1.800	1.800
2	galones de diluyente	2.000	4.000
2	manómetros de alta	8.000	16.000
2	manómetros de baja	8.000	16.000
1	cilindro de refrigerante	30.000	30.000
1	lámina galvanizada	22.000	22.000
2	tubos cuadrados de 6x4	3.500	7.000

1	condensador	18.000	18.000
1	evaporador	12.000	12.000
1	válvula termostática	5.000	5.000
1	compresor de 1/3 HP	120.000	120.000

TOTAL: S/. 281.362

En el análisis de costo realizado no consta el valor de mano de obra ya que ésta no costó valor alguno por haber realizado la construcción del banco los estudiantes del Instituto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo permite tener dos tipos de conclusiones, una referente al funcionamiento del banco y otra respecto a lo logrado con su construcción en lo que tiene que ver al nivel académico.

En lo que se refiere al primer aspecto tenemos: su construcción permitió un ahorro de divisas, ya que equipos de este tipo no existen en el mercado nacional.

Los resultados obtenidos, cumplen con las condiciones inicialmente establecidas.

En cuanto al nivel educativo tenemos:

Se eliminó la deserción estudiantil.

Se mejoró el proceso enseñanza-aprendizaje.

La enseñanza en adelante será mucho más técnica.

Alto beneficio para los estudiantes que están en el primer nivel y para los que ingresen en el futuro.

Avance tecnológico para el Instituto.

A pesar de que la construcción del banco resultó económica y funciona como se lo había deseado, se establecerán las siguientes recomendaciones para mejorar su funcionamiento y evitar daños en la instalación.

Adquirir los dispositivos de seguridad necesarios para que el funcionamiento del banco sea completamente automático. Estos dispositivos pueden ser: presostatos, termostatos, fluxómetros, etc.

Antes de poner en marcha el compresor, se tendrá cuidado de que éste no golpee la tapa por causa del líquido presente en la línea de aspiración o en el cárter. Al verificarse esto, se deberá parar inmediatamente el compresor y repetir su puesta en marcha más veces hasta que desaparezcan los golpes. Ya que de no hacerlo se podría romper la tapa del compresor.

Se deben verificar las conexiones eléctricas. Antes de proceder a cualquier arreglo, es preciso efectuar los controles elementales siguientes:

Si la instalación no funciona, controlar si hay energía eléctrica en la toma de la instalación verificando las conexiones eléctricas.

Si la instalación funciona, pero produce poco frío:

Verificar si hay una cantidad de gas adecuada.

Verificar si el condensador no está cerca de una fuente de calor.

Verificar si el condensador no está sucio.

Verificar si la ventilación del condensador funciona correctamente.

Para poner en funcionamiento la instalación siempre tendrá que estar presente el profesor o instructor para que vigile la operación del mismo y así evitar cualquier desperfecto que pueda causar la paralización del mismo.

Para futuras construcciones:

Colocar un evaporador enfriador de líquido en paralelo al existente.

El evaporador debe ser de inmersión del tipo serpentín.

Colocar un ducto en el evaporador existente para simular pruebas de enfriamiento de cuartos.

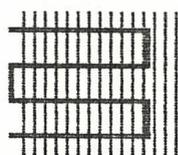
Colocar una pared de separación entre el condensador y evaporador.

Colocar un filtro deshumificador.

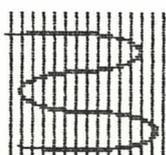
APENDICE



Compresor de pistón abierto



Condensador de tubo y aleta con circulación de aire forzada



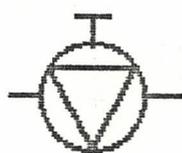
Evaporador de tubo y aleta con circulación de aire forzada



Depósito de líquido vertical



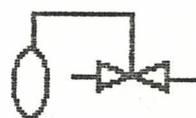
Visor



Válvula de paso



Tubo capilar



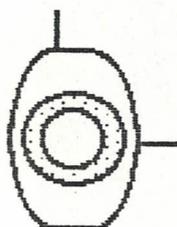
Válvula de expansión termostática



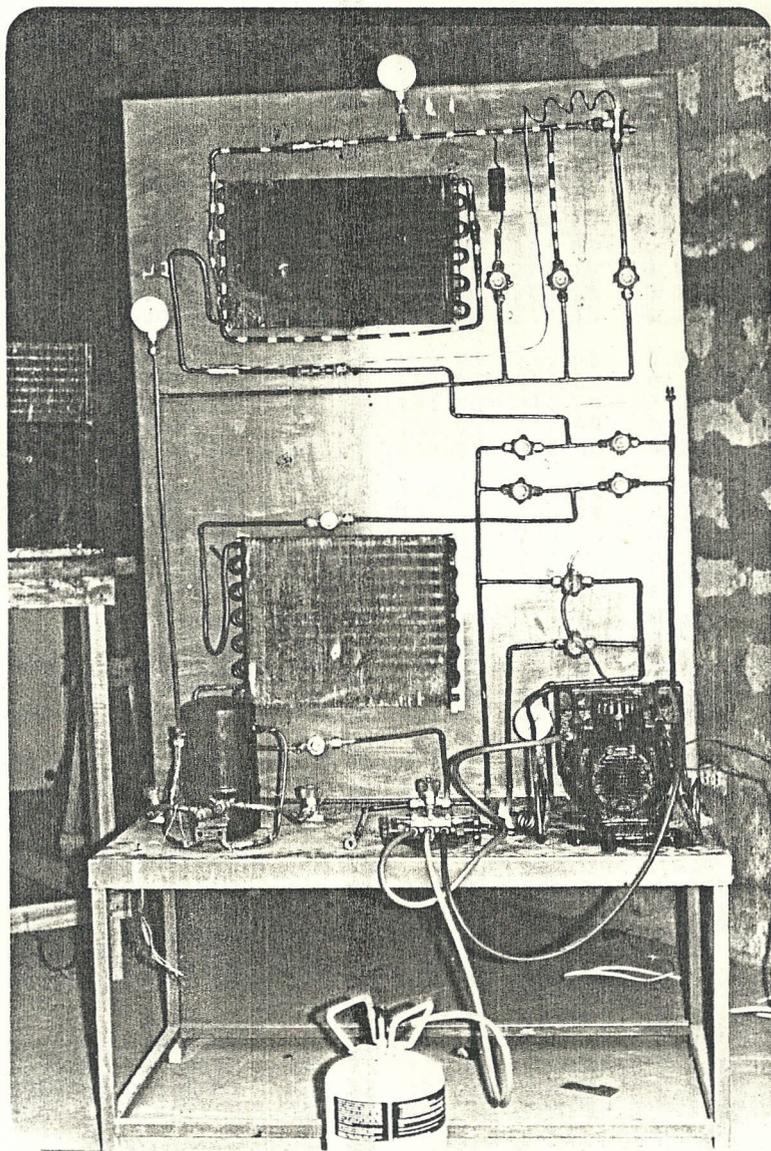
Manómetro de baja presión



Manómetro de alta presión



Acumulador de líquido



F SATURATED REFRIGERANT 12

P MPa	volume, m ³ /kg		enthalpy, kJ/kg			entropy, kJ/(kg·K)		
	v _f	v _g	h _f	h _{fg}	h _g	s _f	s _{fg}	s _g
0.009957	0.000623	1.369	0.0	183.02	183.02	0.0	0.9151	0.9151
0.01294	0.000627	1.072	3.44	181.43	184.87	0.0170	0.8894	0.9064
0.01663	0.000631	0.8492	6.90	179.83	186.73	0.0338	0.8646	0.8984
0.02114	0.000636	0.6795	10.36	178.24	188.60	0.0503	0.8407	0.8910
0.02658	0.000640	0.5490	13.83	176.63	190.46	0.0665	0.8177	0.8842
0.03311	0.000644	0.4476	17.31	175.02	192.33	0.0824	0.7955	0.8779
0.04087	0.000649	0.3680	20.80	173.39	194.19	0.0981	0.7741	0.8722
0.05002	0.000653	0.3050	24.31	171.74	196.05	0.1136	0.7533	0.8669
0.06073	0.000658	0.2546	27.83	170.07	197.90	0.1289	0.7331	0.8620
0.07318	0.000663	0.2141	31.36	168.39	199.75	0.1439	0.7136	0.8575
0.08754	0.000668	0.1811	34.90	166.70	201.60	0.1588	0.6945	0.8533
0.101325	0.000672	0.1580	37.91	165.23	203.44	0.1712	0.6789	0.8501
0.1040	0.000673	0.1542	38.46	164.97	203.43	0.1734	0.6761	0.8495
0.1228	0.000678	0.1320	42.03	163.22	205.25	0.1879	0.6581	0.8460
0.1442	0.000684	0.1136	45.62	161.44	207.06	0.2022	0.6406	0.8428
0.1683	0.000689	0.09827	49.22	159.64	208.86	0.2163	0.6236	0.8399
0.1954	0.000695	0.08539	52.85	157.79	210.64	0.2303	0.6069	0.8372
0.2257	0.000701	0.07453	56.49	155.91	212.40	0.2441	0.5906	0.8347
0.2421	0.000704	0.06974	58.32	154.96	213.28	0.2510	0.5825	0.8335
0.2595	0.000708	0.06531	60.15	154.00	214.15	0.2578	0.5746	0.8324
0.2777	0.000711	0.06123	61.99	153.03	215.02	0.2646	0.5668	0.8314
0.2969	0.000714	0.05746	63.83	152.05	215.88	0.2713	0.5590	0.8303
0.3171	0.000717	0.05396	65.68	151.06	216.74	0.2780	0.5513	0.8293
0.3384	0.000721	0.05073	67.53	150.06	217.59	0.2847	0.5437	0.8284
0.3606	0.000724	0.04772	69.39	149.04	218.43	0.2914	0.5361	0.8275
0.3840	0.000728	0.04494	71.26	148.01	219.27	0.2980	0.5286	0.8266
0.4085	0.000731	0.04234	73.13	146.98	220.11	0.3046	0.5212	0.8258
0.4341	0.000735	0.03993	75.01	145.92	220.93	0.3112	0.5138	0.8250
0.4609	0.000739	0.03768	76.90	144.85	221.75	0.3177	0.5065	0.8242
0.4890	0.000742	0.03558	78.79	143.78	222.57	0.3243	0.4992	0.8235
0.5183	0.000746	0.03362	80.70	142.67	223.37	0.3308	0.4920	0.8228
0.5488	0.000750	0.03179	82.61	141.56	224.17	0.3373	0.4848	0.8221
0.5807	0.000754	0.03008	84.53	140.43	224.96	0.3437	0.4777	0.8214
0.6140	0.000758	0.02848	86.46	139.28	225.74	0.3502	0.4706	0.8208
0.6487	0.000762	0.02697	88.39	138.13	226.52	0.3566	0.4635	0.8201
0.6847	0.000767	0.02557	90.34	136.94	227.28	0.3630	0.4565	0.8195
0.7223	0.000771	0.02424	92.30	135.73	228.03	0.3695	0.4494	0.8189
0.7614	0.000776	0.02300	94.27	134.51	228.78	0.3758	0.4425	0.8183
0.8020	0.000780	0.02183	96.25	133.26	229.51	0.3822	0.4356	0.8178
0.8441	0.000785	0.02073	98.24	132.00	230.24	0.3885	0.4286	0.8172
0.8879	0.000790	0.01969	100.24	130.71	230.95	0.3950	0.4216	0.8166
0.9334	0.000795	0.01872	102.26	129.39	231.65	0.4014	0.4147	0.8161
1.029	0.000805	0.01692	106.33	126.68	233.01	0.4141	0.4009	0.8150
1.132	0.000817	0.01532	110.47	123.84	234.31	0.4268	0.3870	0.8138
1.243	0.000828	0.01388	114.67	120.88	235.55	0.4396	0.3731	0.8127
1.361	0.000841	0.01259	118.95	117.77	236.72	0.4524	0.3591	0.8115
1.488	0.000854	0.01143	123.31	114.50	237.81	0.4653	0.3449	0.8102
1.622	0.000868	0.01038	127.76	111.05	238.81	0.4783	0.3305	0.8088
1.766	0.000884	0.009421	132.32	107.39	239.71	0.4914	0.3158	0.8072
1.918	0.000901	0.008550	136.99	103.49	240.43	0.5047	0.3008	0.8055
2.080	0.000919	0.007754	141.80	99.31	241.11	0.5181	0.2854	0.8035
2.253	0.000940	0.007023	146.77	94.81	241.58	0.5319	0.2693	0.8012
2.435	0.000963	0.006349	151.91	89.94	241.85	0.5459	0.2526	0.7985
2.628	0.000989	0.005724	157.27	84.59	241.86	0.5604	0.2349	0.7953
2.832	0.001019	0.005139	162.89	78.67	241.56	0.5753	0.2161	0.7914
3.048	0.001054	0.004586	168.83	72.00	240.83	0.5909	0.1957	0.7866
3.275	0.001098	0.004055	175.20	64.31	239.51	0.6075	0.1729	0.7804
3.515	0.001156	0.003532	182.19	55.08	237.27	0.6255	0.1464	0.7719
3.769	0.001241	0.002985	190.24	43.04	233.28	0.6460	0.1132	0.7592
4.116	0.001700	0.001700	209.51	0.0	209.51	0.6950	0.0	0.6950

PROPERTIES OF SATURATED REFRIGERANT 12

P kPa	T K	volume, m ³ /kg		enthalpy, kJ/kg			entropy, kJ/(kg·K)		
		v _f	v _g	h _f	h _{fg}	h _g	s _f	s _{fg}	s _g
0.020	211.06	0.000635	0.7153	9.54	178.62	188.16	0.0464	0.8463	0.8927
0.022	212.69	0.000636	0.6547	10.95	177.97	188.92	0.0531	0.8367	0.8898
0.024	214.19	0.000638	0.6038	12.26	177.36	189.62	0.0592	0.8280	0.8872
0.026	215.60	0.000639	0.5605	13.48	176.80	190.28	0.0649	0.8199	0.8848
0.028	216.93	0.000641	0.5232	14.64	176.25	190.89	0.0702	0.8125	0.8827
0.030	218.18	0.000642	0.4907	15.72	175.76	191.48	0.0752	0.8055	0.8807
0.035	221.04	0.000645	0.4251	18.21	174.60	192.81	0.0865	0.7899	0.8764
0.040	223.58	0.000648	0.3755	20.44	173.55	193.99	0.0965	0.7762	0.8727
0.045	225.88	0.000651	0.3366	22.45	172.62	195.07	0.1054	0.7642	0.8696
0.050	227.99	0.000653	0.3051	24.30	171.74	196.04	0.1136	0.7533	0.8669
0.055	229.94	0.000656	0.2793	26.01	170.94	196.95	0.1210	0.7434	0.8644
0.060	231.75	0.000658	0.2575	27.60	170.19	197.79	0.1279	0.7344	0.8623
0.070	235.03	0.000662	0.2231	30.50	168.81	199.31	0.1403	0.7182	0.8585
0.080	237.97	0.000665	0.1970	33.10	167.56	200.66	0.1513	0.7041	0.8554
0.090	240.63	0.000669	0.1765	35.46	166.43	201.89	0.1611	0.6916	0.8527
1.325	243.38	0.000672	0.1580	37.91	165.23	203.14	0.1712	0.6789	0.8501
0.11	245.33	0.000675	0.1464	39.64	164.39	204.03	0.1783	0.6700	0.8483
0.12	247.43	0.000678	0.1349	41.52	163.47	204.99	0.1858	0.6607	0.8465
0.13	249.40	0.000680	0.1252	43.28	162.60	205.88	0.1929	0.6520	0.8449
0.14	251.25	0.000683	0.1168	44.95	161.77	206.72	0.1995	0.6439	0.8434
0.15	253.01	0.000685	0.1095	46.53	160.98	207.51	0.2058	0.6363	0.8421
0.16	254.67	0.000688	0.1030	48.03	160.23	208.26	0.2117	0.6291	0.8408
0.17	256.26	0.000690	0.09734	49.46	159.51	208.97	0.2173	0.6224	0.8397
0.18	257.78	0.000692	0.09225	50.84	158.81	209.65	0.2226	0.6161	0.8387
0.19	259.24	0.000694	0.08768	52.16	158.14	210.30	0.2277	0.6100	0.8377
0.20	260.64	0.000696	0.08354	53.43	157.49	210.92	0.2325	0.6043	0.8368
0.22	263.28	0.000700	0.07636	55.83	156.26	212.09	0.2416	0.5935	0.8351
0.24	265.74	0.000704	0.07033	58.08	155.09	213.17	0.2501	0.5836	0.8337
0.26	268.06	0.000708	0.06519	60.20	153.98	214.18	0.2580	0.5744	0.8324
0.28	270.24	0.000711	0.06076	62.21	152.91	215.12	0.2654	0.5658	0.8312
0.30	272.31	0.000714	0.05690	64.12	151.89	216.01	0.2724	0.5578	0.8302
0.33	275.22	0.000719	0.05196	66.81	150.45	217.26	0.2821	0.5467	0.8288
0.37	278.81	0.000725	0.04657	70.15	148.63	218.78	0.2941	0.5330	0.8271
0.40	281.32	0.000730	0.04321	72.49	147.33	219.82	0.3024	0.5237	0.8261
0.43	283.68	0.000734	0.04030	74.71	146.09	220.80	0.3102	0.5149	0.8251
0.47	286.66	0.000746	0.03698	77.52	144.50	222.02	0.3199	0.5041	0.8240
0.50	288.76	0.000744	0.03482	79.52	143.35	222.87	0.3268	0.4964	0.8232
0.55	292.07	0.000750	0.03173	82.68	141.52	224.20	0.3375	0.4845	0.8220
0.60	295.17	0.000757	0.02913	85.65	139.77	225.42	0.3475	0.4735	0.8210
0.70	300.82	0.000769	0.02501	91.14	136.45	227.59	0.3657	0.4536	0.8193
0.80	305.91	0.000780	0.02188	96.15	133.33	229.48	0.3819	0.4359	0.8178
0.90	310.54	0.000791	0.01942	100.78	130.36	231.14	0.3967	0.4198	0.8165
1.0	314.81	0.000802	0.01744	105.11	127.50	232.61	0.4103	0.4050	0.8153
1.1	318.77	0.000813	0.01579	109.19	124.73	233.92	0.4229	0.3913	0.8142
1.2	322.48	0.000824	0.01441	113.06	122.03	235.09	0.4347	0.3784	0.8131
1.3	325.96	0.000834	0.01323	116.76	119.38	236.14	0.4459	0.3662	0.8121
1.4	329.26	0.000845	0.01221	120.31	116.76	237.07	0.4565	0.3546	0.8111
1.5	332.38	0.000855	0.01132	123.73	114.18	237.91	0.4665	0.3436	0.8101
1.6	335.36	0.000866	0.01054	127.04	111.62	238.66	0.4762	0.3328	0.8090
1.7	338.20	0.000877	0.009840	130.25	109.07	239.32	0.4855	0.3225	0.8080
1.8	340.92	0.000888	0.009213	133.38	106.52	239.90	0.4944	0.3125	0.8069
1.9	343.53	0.000899	0.008648	136.44	103.96	240.40	0.5031	0.3026	0.8057
2.0	346.04	0.000910	0.008135	139.43	101.39	240.82	0.5115	0.2930	0.8045
2.2	350.80	0.000933	0.007236	145.26	96.20	241.46	0.5277	0.2743	0.8020
2.4	355.25	0.000958	0.006471	150.94	90.87	241.81	0.5433	0.2558	0.7991
2.6	359.44	0.000985	0.005809	156.50	85.38	241.88	0.5583	0.2375	0.7958
2.8	363.39	0.001014	0.005226	162.01	79.62	241.63	0.5730	0.2191	0.7921
3.0	367.14	0.001046	0.004703	167.51	73.52	241.03	0.5875	0.2002	0.7877
3.5	375.75	0.001151	0.003565	181.73	55.71	237.44	0.6243	0.1482	0.7725
116	385.17	0.001700	0.001700	209.51	0.0	209.51	0.6950	0.0	0.6950

PROPERTIES OF GASEOUS REFRIGERANT 12

a (K)	T, K								
	sat	230	240	250	260	270	280	290	300
20 v, m ³ /kg	0.7153	0.7826	0.8178	0.8530	0.8880	0.9229	0.9577	0.9925	1.027
1) h, kJ/kg	188.16	198.05	203.44	208.94	214.55	220.27	226.10	232.02	238.04
s, kJ/(kg·K)	0.8927	0.9376	0.9605	0.9830	1.0050	1.0265	1.0477	1.0685	1.0889
30 v, m ³ /kg	0.4907	0.5190	0.5428	0.5665	0.5900	0.6135	0.6369	0.6602	0.6835
2) h, kJ/kg	191.48	197.75	203.17	208.71	214.34	220.08	225.93	231.87	237.90
s, kJ/(kg·K)	0.8807	0.9087	0.9318	0.9544	0.9765	0.9982	1.0194	1.0402	1.0607
40 v, m ³ /kg	0.3755	0.3872	0.4053	0.4232	0.4411	0.4588	0.4765	0.4941	0.5116
6) h, kJ/kg	193.99	197.45	202.91	208.47	214.13	219.89	225.75	231.71	237.76
s, kJ/(kg·K)	0.8727	0.8880	0.9112	0.9339	0.9561	0.9779	0.9992	1.0201	1.0406
50 v, m ³ /kg	0.3051	0.3081	0.3228	0.3373	0.3517	0.3660	0.3802	0.3944	0.4085
0) h, kJ/kg	196.04	197.14	202.63	208.23	213.92	219.70	225.58	231.56	237.62
s, kJ/(kg·K)	0.8669	0.8716	0.8950	0.9179	0.9402	0.9620	0.9834	1.0044	1.0249
70 v, m ³ /kg	0.2231		0.2284	0.2390	0.2495	0.2599	0.2702	0.2804	0.2906
0) h, kJ/kg	199.31		202.09	207.74	213.49	219.32	225.24	231.24	237.34
s, kJ/(kg·K)	0.8585		0.8702	0.8933	0.9158	0.9378	0.9594	0.9804	1.0011
325 v, m ³ /kg	0.1580			0.1630	0.1705	0.1779	0.1852	0.1924	0.1995
4) h, kJ/kg	203.14			206.97	212.80	218.70	224.69	230.75	236.89
s, kJ/(kg·K)	0.8501			0.8656	0.8885	0.9108	0.9325	0.9538	0.9746
14 v, m ³ /kg	0.1168				0.1217	0.1272	0.1326	0.1380	0.1433
3) h, kJ/kg	206.72				211.93	217.93	224.00	230.13	236.33
s, kJ/(kg·K)	0.8434				0.8638	0.8864	0.9085	0.9300	0.9510
20 v, m ³ /kg	0.08354					0.08734	0.09131	0.09520	0.09903
6) h, kJ/kg	210.92					216.70	222.90	229.14	235.44
s, kJ/(kg·K)	0.8368					0.8585	0.8811	0.9030	0.9244
30 v, m ³ /kg	0.05690						0.05910	0.06187	0.06457
3) h, kJ/kg	216.01						220.98	227.44	233.91
s, kJ/(kg·K)	0.8302						0.8482	0.8708	0.8928

a (K)	T, K								
	310	320	330	340	350	360	370	380	400
20 v, m ³ /kg	1.062	1.097	1.131	1.166	1.200	1.235	1.269	1.304	1.373
1) h, kJ/kg	244.16	250.37	256.66	263.05	269.51	276.06	282.69	289.38	302.99
s, kJ/(kg·K)	1.1090	1.1287	1.1481	1.1671	1.1859	1.2043	1.2225	1.2403	1.2752
30 v, m ³ /kg	0.7067	0.7299	0.7531	0.7762	0.7993	0.8224	0.8455	0.8686	0.9146
2) h, kJ/kg	244.03	250.25	256.56	262.95	269.42	275.98	282.61	289.31	302.93
s, kJ/(kg·K)	1.0808	1.1005	1.1200	1.1390	1.1578	1.1763	1.1944	1.2123	1.2472
40 v, m ³ /kg	0.5291	0.5466	0.5640	0.5814	0.5988	0.6162	0.6335	0.6509	0.6855
6) h, kJ/kg	243.90	250.13	256.45	262.85	269.33	275.89	282.53	289.24	302.86
s, kJ/(kg·K)	1.0607	1.0805	1.0999	1.1191	1.1378	1.1563	1.1745	1.1924	1.2273
50 v, m ³ /kg	0.4226	0.4366	0.4506	0.4646	0.4785	0.4924	0.5063	0.5202	0.5480
0) h, kJ/kg	243.77	250.02	256.34	262.75	269.24	275.80	282.45	289.16	302.80
s, kJ/(kg·K)	1.0451	1.0649	1.0844	1.1035	1.1223	1.1408	1.1590	1.1769	1.2119
70 v, m ³ /kg	0.3008	0.3109	0.3209	0.3310	0.3410	0.3510	0.3610	0.3710	0.3908
0) h, kJ/kg	243.52	249.78	256.12	262.55	269.05	275.63	282.29	289.01	302.66
s, kJ/(kg·K)	1.0214	1.0413	1.0608	1.0800	1.0988	1.1173	1.1356	1.1535	1.1885
325 v, m ³ /kg	0.2066	0.2137	0.2207	0.2277	0.2347	0.2417	0.2486	0.2556	0.2694
4) h, kJ/kg	243.11	249.41	255.78	262.24	268.76	275.36	282.03	288.77	302.46
s, kJ/(kg·K)	0.9950	1.0150	1.0346	1.0539	1.0728	1.0914	1.1097	1.1276	1.1627
14 v, m ³ /kg	0.1485	0.1537	0.1589	0.1640	0.1691	0.1742	0.1793	0.1843	0.1944
3) h, kJ/kg	242.60	248.94	255.36	261.84	268.40	275.03	281.72	288.48	302.20
s, kJ/(kg·K)	0.9716	0.9917	1.0115	1.0308	1.0498	1.0685	1.0868	1.1049	1.1400
20 v, m ³ /kg	0.1028	0.1065	0.1102	0.1139	0.1175	0.1212	0.1248	0.1283	0.1355
6) h, kJ/kg	241.80	248.21	254.69	261.23	267.83	274.50	281.23	288.02	301.79
s, kJ/(kg·K)	0.9452	0.9656	0.9855	1.0050	1.0242	1.0429	1.0614	1.0795	1.1148
30 v, m ³ /kg	0.06722	0.06982	0.07238	0.07491	0.07741	0.07989	0.08235	0.08480	0.08964
3) h, kJ/kg	240.42	246.96	253.55	260.18	266.87	273.61	280.40	287.25	301.12
s, kJ/(kg·K)	0.9141	0.9349	0.9551	0.9750	0.9943	1.0133	1.0319	1.0502	1.0858

PROPERTIES OF GASEOUS REFRIGERANT 12

P, MPa (T _{sat} , K)		T, K								
		420	440	460	480	500	520	540	560	580
0.020 (211.1)	v, m ³ /kg	1.442	1.511	1.580	1.649	1.718	1.786	1.855	1.924	1.993
	h, kJ/kg	316.87	331.00	345.35	359.92	374.69	389.64	404.76	420.05	435.49
	s, kJ/(kg·K)	1.3091	1.3419	1.3738	1.4048	1.4350	1.4643	1.4928	1.5206	1.5477
0.030 (218.2)	v, m ³ /kg	0.9607	1.007	1.053	1.099	1.145	1.191	1.237	1.282	1.328
	h, kJ/kg	316.81	330.94	345.30	359.88	374.65	389.60	404.73	420.01	435.46
	s, kJ/(kg·K)	1.2811	1.3140	1.3459	1.3769	1.4070	1.4364	1.4649	1.4927	1.5198
0.040 (223.6)	v, m ³ /kg	0.7201	0.7546	0.7892	0.8237	0.8582	0.8927	0.9271	0.9616	0.9961
	h, kJ/kg	316.75	330.89	345.25	359.83	374.60	389.56	404.69	419.98	435.42
	s, kJ/(kg·K)	1.2612	1.2941	1.3260	1.3570	1.3872	1.4165	1.4451	1.4729	1.5000
0.050 (228.0)	v, m ³ /kg	0.5757	0.6034	0.6310	0.6587	0.6863	0.7139	0.7415	0.7691	0.7967
	h, kJ/kg	316.69	330.84	345.21	359.79	374.56	389.52	404.65	419.95	435.39
	s, kJ/(kg·K)	1.2458	1.2787	1.3106	1.3416	1.3718	1.4011	1.4297	1.4575	1.4846
0.070 (235.0)	v, m ³ /kg	0.4107	0.4305	0.4503	0.4701	0.4899	0.5096	0.5294	0.5491	0.5688
	h, kJ/kg	316.58	330.73	345.11	359.70	374.48	389.45	404.58	419.88	435.33
	s, kJ/(kg·K)	1.2225	1.2554	1.2873	1.3184	1.3485	1.3779	1.4065	1.4343	1.4614
0.101325 (243.4)	v, m ³ /kg	0.2832	0.2969	0.3107	0.3244	0.3381	0.3518	0.3654	0.3791	0.3927
	h, kJ/kg	316.39	330.56	344.96	359.56	374.35	389.32	404.47	419.77	435.23
	s, kJ/(kg·K)	1.1967	1.2297	1.2617	1.2927	1.3229	1.3523	1.3809	1.4087	1.4358
0.14 (251.3)	v, m ³ /kg	0.2045	0.2145	0.2244	0.2344	0.2444	0.2543	0.2642	0.2741	0.2840
	h, kJ/kg	316.16	330.35	344.77	359.38	374.19	389.18	404.33	419.64	435.11
	s, kJ/(kg·K)	1.1741	1.2071	1.2392	1.2703	1.3005	1.3299	1.3585	1.3863	1.4134
0.20 (260.6)	v, m ³ /kg	0.1426	0.1496	0.1567	0.1637	0.1707	0.1777	0.1847	0.1916	0.1986
	h, kJ/kg	315.80	330.03	344.47	359.11	373.94	388.94	404.11	419.44	434.92
	s, kJ/(kg·K)	1.1490	1.1821	1.2142	1.2453	1.2756	1.3050	1.3336	1.3615	1.3887
0.30 (272.3)	v, m ³ /kg	0.09445	0.09922	0.1040	0.1087	0.1134	0.1181	0.1228	0.1275	0.1321
	h, kJ/kg	315.20	329.48	343.98	358.66	373.52	388.56	403.75	419.10	434.60
	s, kJ/(kg·K)	1.1201	1.1533	1.1855	1.2168	1.2471	1.2766	1.3053	1.3332	1.3604

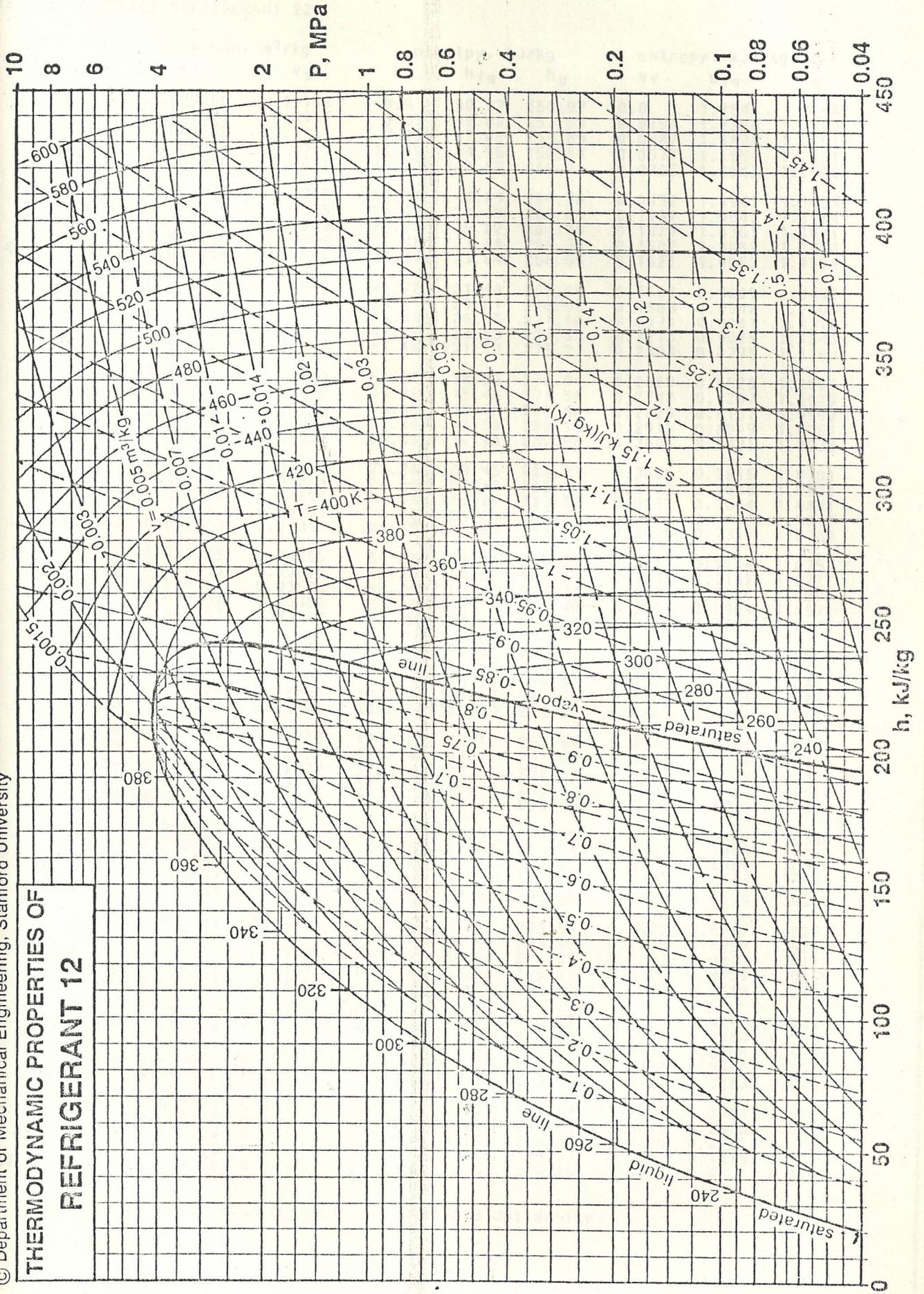
P, MPa (T _{sat} , K)		T, K								
		sat	300	310	320	330	340	350	360	370
0.40 (281.3)	v, m ³ /kg	0.04321	0.04730	0.04939	0.05144	0.05343	0.05540	0.05733	0.05924	0.06114
	h, kJ/kg	219.82	232.32	238.99	245.67	252.37	259.11	265.88	272.70	279.56
	s, kJ/(kg·K)	0.8261	0.8691	0.8910	0.9122	0.9328	0.9529	0.9725	0.9917	1.0105
0.50 (288.8)	v, m ³ /kg	0.03482	0.03690	0.03867	0.04038	0.04205	0.04368	0.04527	0.04685	0.04840
	h, kJ/kg	222.87	230.64	237.49	244.33	251.16	258.01	264.88	271.77	278.70
	s, kJ/(kg·K)	0.8232	0.8496	0.8721	0.8938	0.9148	0.9352	0.9551	0.9746	0.9935
0.70 (300.8)	v, m ³ /kg	0.02501		0.02632	0.02768	0.02898	0.03024	0.03146	0.03266	0.03382
	h, kJ/kg	227.59		234.29	241.49	248.62	255.71	262.78	269.85	276.93
	s, kJ/(kg·K)	0.8193		0.8412	0.8641	0.8860	0.9072	0.9277	0.9476	0.9670
1.0 (314.8)	v, m ³ /kg	0.01744			0.01802	0.01909	0.02009	0.02105	0.02197	0.02286
	h, kJ/kg	232.61			236.70	244.41	251.97	259.42	266.80	274.14
	s, kJ/(kg·K)	0.8153			0.8282	0.8519	0.8745	0.8961	0.9169	0.9370
1.4 (329.3)	v, m ³ /kg	0.01221				0.01229	0.01318	0.01400	0.01476	0.01549
	h, kJ/kg	237.07				237.72	246.22	254.38	262.31	270.10
	s, kJ/(kg·K)	0.8111				0.8131	0.8384	0.8621	0.8844	0.9058
2.0 (346.0)	v, m ³ /kg	0.00813						0.00846	0.00919	0.00984
	h, kJ/kg	240.82						244.81	254.23	263.07
	s, kJ/(kg·K)	0.8045						0.8160	0.8425	0.8667
2.5 (357.4)	v, m ³ /kg	0.00613							0.00635	0.00707
	h, kJ/kg	241.88							245.02	255.74
	s, kJ/(kg·K)	0.7975							0.8062	0.8356
3.0 (367.1)	v, m ³ /kg	0.00470								0.00497
	h, kJ/kg	241.03								245.34
	s, kJ/(kg·K)	0.7877								0.7994
4.0 (383.5)	v, m ³ /kg	0.00239								
	h, kJ/kg	225.75								
	s, kJ/(kg·K)	0.7379								

S OF GASEOUS REFRIGERANT 12

	T, K								
	380	390	400	410	420	430	440	450	460
v, m ³ /kg	0.06301	0.06487	0.06672	0.06855	0.07038	0.07220	0.07401	0.07581	0.07761
h, kJ/kg	286.47	293.42	300.43	307.48	314.58	321.74	328.94	336.18	343.48
s, kJ/(kg·K)	1.0290	1.0470	1.0648	1.0822	1.0993	1.1161	1.1327	1.1490	1.1650
v, m ³ /kg	0.04993	0.05145	0.05296	0.05445	0.05593	0.05741	0.05888	0.06034	0.06179
h, kJ/kg	285.67	292.68	299.73	306.83	313.97	321.15	328.38	335.66	342.98
s, kJ/(kg·K)	1.0121	1.0303	1.0482	1.0657	1.0829	1.0998	1.1164	1.1328	1.1489
v, m ³ /kg	0.03497	0.03610	0.03722	0.03832	0.03942	0.04050	0.04158	0.04265	0.04372
h, kJ/kg	284.03	291.16	298.31	305.49	312.71	319.97	327.26	334.59	341.96
s, kJ/(kg·K)	0.9859	1.0044	1.0225	1.0403	1.0577	1.0747	1.0915	1.1080	1.1242
v, m ³ /kg	0.02372	0.02457	0.02540	0.02622	0.02702	0.02782	0.02860	0.02938	0.03015
h, kJ/kg	281.46	288.78	296.10	303.43	310.77	318.14	325.54	332.96	340.41
s, kJ/(kg·K)	0.9565	0.9755	0.9940	1.0121	1.0298	1.0472	1.0642	1.0809	1.0972
v, m ³ /kg	0.01618	0.01685	0.01749	0.01812	0.01874	0.01935	0.01994	0.02053	0.02111
h, kJ/kg	277.79	285.41	292.99	300.54	308.08	315.62	323.16	330.72	338.29
s, kJ/(kg·K)	0.9263	0.9461	0.9653	0.9839	1.0021	1.0198	1.0372	1.0541	1.0708
v, m ³ /kg	0.01044	0.01099	0.01151	0.01202	0.01250	0.01297	0.01343	0.01387	0.01431
h, kJ/kg	271.55	279.80	287.89	295.87	303.77	311.61	319.42	327.21	334.98
s, kJ/(kg·K)	0.8894	0.9108	0.9313	0.9510	0.9700	0.9885	1.0064	1.0239	1.0410
v, m ³ /kg	0.00766	0.00819	0.00868	0.00913	0.00956	0.00998	0.01037	0.01076	0.01113
h, kJ/kg	265.38	274.44	283.14	291.59	299.87	308.03	316.11	324.12	332.10
s, kJ/(kg·K)	0.8614	0.8849	0.9069	0.9278	0.9477	0.9669	0.9855	1.0035	1.0210
v, m ³ /kg	0.00570	0.00626	0.00674	0.00718	0.00759	0.00797	0.00833	0.00867	0.00901
h, kJ/kg	257.66	268.13	277.75	286.86	295.64	304.20	312.60	320.88	329.09
s, kJ/(kg·K)	0.8323	0.8595	0.8839	0.9063	0.9275	0.9477	0.9670	0.9856	1.0036
v, m ³ /kg		0.00349	0.00416	0.00465	0.00505	0.00541	0.00575	0.00605	0.00634
h, kJ/kg		248.64	263.62	275.37	285.83	295.57	304.88	313.87	322.66
s, kJ/(kg·K)		0.7972	0.8351	0.8642	0.8894	0.9123	0.9337	0.9539	0.9732

	T, K								
	470	480	500	520	540	560	580	600	620
v, m ³ /kg	0.07940	0.08119	0.08476	0.08831	0.09185	0.09538	0.09891	0.1024	0.1059
h, kJ/kg	350.82	358.20	373.10	388.17	403.39	418.76	434.28	449.93	465.72
s, kJ/(kg·K)	1.1808	1.1963	1.2267	1.2563	1.2850	1.3130	1.3402	1.3667	1.3926
v, m ³ /kg	0.06324	0.06469	0.06757	0.07043	0.07329	0.07613	0.07897	0.08180	0.08463
h, kJ/kg	350.34	357.74	372.68	387.77	403.02	418.42	433.96	449.63	465.44
s, kJ/(kg·K)	1.1647	1.1803	1.2108	1.2404	1.2692	1.2972	1.3244	1.3510	1.3769
v, m ³ /kg	0.04478	0.04583	0.04792	0.05001	0.05208	0.05414	0.05619	0.05823	0.06027
h, kJ/kg	349.37	356.82	371.83	386.99	402.29	417.74	433.32	449.03	464.87
s, kJ/(kg·K)	1.1401	1.1558	1.1864	1.2162	1.2450	1.2731	1.3005	1.3271	1.3531
v, m ³ /kg	0.03092	0.03168	0.03319	0.03468	0.03617	0.03764	0.03910	0.04056	0.04201
h, kJ/kg	347.89	355.41	370.54	385.80	401.19	416.71	432.35	448.12	464.01
s, kJ/(kg·K)	1.1133	1.1292	1.1600	1.1900	1.2190	1.2472	1.2747	1.3014	1.3275
v, m ³ /kg	0.02168	0.02225	0.02337	0.02447	0.02556	0.02664	0.02771	0.02878	0.02984
h, kJ/kg	345.88	353.49	368.79	384.19	399.70	415.32	431.06	446.91	462.87
s, kJ/(kg·K)	1.0871	1.1031	1.1343	1.1645	1.1938	1.2222	1.2498	1.2767	1.3029
v, m ³ /kg	0.01474	0.01517	0.01600	0.01681	0.01761	0.01840	0.01918	0.01995	0.02071
h, kJ/kg	342.75	350.52	366.10	381.73	397.43	413.22	429.10	445.08	461.16
s, kJ/(kg·K)	1.0577	1.0741	1.1059	1.1365	1.1662	1.1949	1.2227	1.2498	1.2762
v, m ³ /kg	0.01150	0.01186	0.01256	0.01324	0.01390	0.01455	0.01520	0.01583	0.01646
h, kJ/kg	340.04	347.97	363.80	379.64	395.51	411.45	427.46	443.55	459.72
s, kJ/(kg·K)	1.0381	1.0548	1.0871	1.1182	1.1481	1.1771	1.2052	1.2325	1.2590
v, m ³ /kg	0.00933	0.00965	0.01026	0.01086	0.01143	0.01199	0.01254	0.01309	0.01362
h, kJ/kg	337.23	345.33	361.44	377.51	393.57	409.66	425.81	442.01	458.29
s, kJ/(kg·K)	1.0211	1.0382	1.0711	1.1026	1.1329	1.1622	1.1905	1.2179	1.2446
v, m ³ /kg	0.00662	0.00689	0.00740	0.00788	0.00835	0.00880	0.00924	0.00967	0.01009
h, kJ/kg	331.28	339.79	356.57	373.15	389.62	406.05	422.48	438.93	455.42
s, kJ/(kg·K)	0.9918	1.0097	1.0439	1.0764	1.1075	1.1374	1.1662	1.1941	1.2212

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF REFRIGERANT 12



PROPERTIES OF SATURATED REFRIGERANT 22

P MPa	volume, m ³ /kg		enthalpy, kJ/kg			entropy, kJ/(kg·K)		
	v _f	v _g	h _f	h _{fg}	h _g	s _f	s _{fg}	s _g
0.01673	0.000666	1.139	0.0	250.97	250.97	0.0	1.2548	1.2548
0.02165	0.000671	0.8955	3.93	249.00	252.93	0.0194	1.2206	1.2400
0.02770	0.000676	0.7118	7.89	247.00	254.89	0.0387	1.1874	1.2261
0.03507	0.000681	0.5715	11.89	244.95	256.84	0.0577	1.1554	1.2131
0.04396	0.000686	0.4631	15.93	242.85	258.78	0.0765	1.1243	1.2008
0.05460	0.000691	0.3785	20.01	240.69	260.70	0.0952	1.0941	1.1893
0.06721	0.000696	0.3118	24.12	238.49	262.61	0.1137	1.0647	1.1784
0.08206	0.000702	0.2589	28.28	236.22	264.50	0.1320	1.0361	1.1681
0.09941	0.000708	0.2164	32.48	233.88	266.36	0.1502	1.0082	1.1584
0.101325	0.000708	0.2126	32.91	233.64	266.55	0.1521	1.0053	1.1574
0.1195	0.000714	0.1822	36.72	231.48	268.20	0.1683	0.9809	1.1492
0.1428	0.000720	0.1543	41.01	229.01	270.02	0.1863	0.9542	1.1405
0.1694	0.000726	0.1314	45.35	226.45	271.80	0.2041	0.9281	1.1322
0.1997	0.000732	0.1125	49.72	223.83	273.55	0.2218	0.9025	1.1243
0.2341	0.000739	0.09688	54.14	221.13	275.27	0.2394	0.8775	1.1169
0.2728	0.000746	0.08379	58.61	218.33	276.94	0.2569	0.8528	1.1097
0.3163	0.000753	0.07280	63.12	215.46	278.58	0.2742	0.8287	1.1029
0.3400	0.000757	0.06796	65.40	213.98	279.38	0.2829	0.8167	1.0996
0.3650	0.000760	0.06351	67.68	212.50	280.18	0.2915	0.8049	1.0964
0.3913	0.000764	0.05941	69.98	210.98	280.96	0.3001	0.7931	1.0932
0.4191	0.000768	0.05563	72.28	209.45	281.73	0.3086	0.7815	1.0901
0.4483	0.000772	0.05213	74.60	207.88	282.48	0.3172	0.7699	1.0871
0.4790	0.000776	0.04890	76.94	206.29	283.23	0.3257	0.7584	1.0841
0.5113	0.000780	0.04591	79.28	204.68	283.96	0.3342	0.7470	1.0812
0.5453	0.000784	0.04313	81.63	203.04	284.67	0.3426	0.7357	1.0783
0.5809	0.000789	0.04055	84.00	201.38	285.38	0.3511	0.7244	1.0755
0.6182	0.000793	0.03816	86.38	199.69	286.07	0.3595	0.7132	1.0727
0.6572	0.000797	0.03593	88.78	197.96	286.74	0.3679	0.7020	1.0699
0.6981	0.000802	0.03386	91.18	196.22	287.40	0.3763	0.6909	1.0672
0.7408	0.000807	0.03193	93.60	194.44	288.04	0.3847	0.6798	1.0645
0.7855	0.000811	0.03013	96.04	192.63	288.67	0.3930	0.6689	1.0619
0.8321	0.000816	0.02844	98.48	190.80	289.28	0.4014	0.6579	1.0593
0.8808	0.000821	0.02687	100.94	188.93	289.87	0.4097	0.6470	1.0567
0.9315	0.000826	0.02540	103.42	187.03	290.45	0.4180	0.6361	1.0541
0.9843	0.000832	0.02402	105.91	185.09	291.00	0.4263	0.6253	1.0516
1.039	0.000837	0.02272	108.42	183.12	291.54	0.4346	0.6145	1.0491
1.097	0.000843	0.02151	110.94	181.11	292.05	0.4428	0.6038	1.0466
1.156	0.000849	0.02037	113.48	179.06	292.54	0.4511	0.5930	1.0441
1.218	0.000854	0.01930	116.03	176.99	293.02	0.4594	0.5822	1.0416
1.283	0.000860	0.01829	118.61	174.85	293.46	0.4676	0.5715	1.0391
1.349	0.000867	0.01734	121.20	172.68	293.88	0.4759	0.5607	1.0366
1.419	0.000873	0.01645	123.81	170.47	294.28	0.4841	0.5499	1.0340
1.491	0.000880	0.01560	126.44	168.21	294.65	0.4924	0.5391	1.0315
1.565	0.000887	0.01481	129.10	165.89	294.99	0.5007	0.5283	1.0290
1.642	0.000894	0.01405	131.77	163.53	295.30	0.5089	0.5175	1.0264
1.722	0.000901	0.01334	134.47	161.11	295.58	0.5172	0.5067	1.0239
1.805	0.000909	0.01266	137.20	158.62	295.82	0.5255	0.4957	1.0212
1.891	0.000917	0.01202	139.95	156.08	296.03	0.5339	0.4847	1.0186
1.980	0.000925	0.01142	142.73	153.46	296.19	0.5422	0.4737	1.0159
2.167	0.000943	0.01029	148.38	148.02	296.40	0.5590	0.4513	1.0103
2.366	0.000963	0.009278	154.18	142.24	296.42	0.5760	0.4284	1.0044
2.579	0.000984	0.008353	160.14	136.06	296.20	0.5932	0.4050	0.9982
2.806	0.001008	0.007508	166.30	129.42	295.72	0.6108	0.3806	0.9914
3.048	0.001036	0.006731	172.70	122.19	294.89	0.6288	0.3552	0.9840
3.305	0.001068	0.006011	179.42	114.23	293.65	0.6474	0.3283	0.9757
3.580	0.001106	0.005337	186.55	105.29	291.84	0.6670	0.2991	0.9661
3.871	0.001152	0.004696	194.27	94.98	289.25	0.6878	0.2668	0.9546
4.182	0.001214	0.004070	202.93	82.51	285.44	0.7110	0.2292	0.9402
4.514	0.001305	0.003423	213.32	66.05	279.37	0.7385	0.1815	0.9200
4.978	0.001906	0.001906	246.26	0.0	246.26	0.8263	0.0	0.8263

PROPERTIES OF SATURATED REFRIGERANT 22

P MPa	T K	volume, m ³ /kg		enthalpy, kJ/kg			entropy, kJ/(kg·K)		
		v _f	v _g	h _f	h _{fg}	h _g	s _f	s _{fg}	s _g
0.018	201.12	0.000667	1.063	1.10	250.42	251.52	0.0055	1.2451	1.2506
0.020	202.75	0.000669	0.9639	2.70	249.62	252.32	0.0134	1.2311	1.2445
0.022	204.26	0.000671	0.8820	4.18	248.88	253.06	0.0207	1.2184	1.2391
0.024	205.65	0.000673	0.8134	5.56	248.18	253.74	0.0274	1.2068	1.2342
0.026	206.96	0.000674	0.7550	6.85	247.53	254.38	0.0337	1.1960	1.2297
0.028	208.18	0.000676	0.7047	8.07	246.91	254.98	0.0395	1.1860	1.2255
0.030	209.33	0.000677	0.6608	9.22	246.32	255.54	0.0450	1.1767	1.2217
0.035	211.97	0.000681	0.5725	11.86	244.96	256.82	0.0575	1.1557	1.2132
0.040	214.31	0.000684	0.5056	14.21	243.75	257.96	0.0686	1.1373	1.2059
0.045	216.42	0.000686	0.4531	16.36	242.62	258.98	0.0785	1.1211	1.1996
0.050	218.36	0.000689	0.4108	18.32	241.59	259.91	0.0875	1.1064	1.1939
0.055	220.14	0.000691	0.3759	20.15	240.62	260.77	0.0958	1.0931	1.1889
0.060	221.80	0.000693	0.3466	21.85	239.71	261.56	0.1035	1.0808	1.1843
0.070	224.80	0.000698	0.3002	24.95	238.04	262.99	0.1174	1.0589	1.1763
0.080	227.48	0.000701	0.2651	27.74	236.51	264.25	0.1297	1.0397	1.1694
0.090	229.91	0.000705	0.2375	30.28	235.11	265.39	0.1407	1.0227	1.1634
0.10	232.41	0.000708	0.2126	32.91	233.64	266.55	0.1521	1.0053	1.1574
0.11	234.18	0.000711	0.1969	34.79	232.58	267.37	0.1601	0.9932	1.1533
0.12	236.08	0.000714	0.1815	36.82	231.42	268.24	0.1687	0.9803	1.1490
0.13	237.87	0.000716	0.1684	38.73	230.33	269.06	0.1767	0.9683	1.1450
0.14	239.55	0.000719	0.1571	40.53	229.29	269.82	0.1843	0.9571	1.1414
0.15	241.14	0.000721	0.1473	42.25	228.28	270.53	0.1914	0.9466	1.1380
0.16	242.65	0.000724	0.1386	43.88	227.32	271.20	0.1981	0.9368	1.1349
0.17	244.09	0.000726	0.1309	45.45	226.39	271.84	0.2045	0.9275	1.1320
0.18	245.46	0.000728	0.1241	46.94	225.50	272.44	0.2106	0.9187	1.1293
0.19	246.78	0.000730	0.1179	48.38	224.64	273.02	0.2164	0.9103	1.1267
0.20	248.04	0.000732	0.1124	49.77	223.80	273.57	0.2220	0.9023	1.1243
0.22	250.42	0.000736	0.1027	52.40	222.19	274.59	0.2325	0.8873	1.1198
0.24	252.65	0.000740	0.09461	54.87	220.67	275.54	0.2422	0.8735	1.1157
0.26	254.73	0.000744	0.08770	57.19	219.23	276.42	0.2513	0.8606	1.1119
0.28	256.69	0.000747	0.08175	59.39	217.84	277.23	0.2599	0.8486	1.1085
0.30	258.55	0.000750	0.07657	61.49	216.50	277.99	0.2680	0.8373	1.1053
0.35	262.82	0.000758	0.06611	66.33	213.38	279.71	0.2864	0.8119	1.0983
0.40	266.64	0.000765	0.05817	70.71	210.49	281.20	0.3028	0.7894	1.0922
0.45	270.11	0.000772	0.05194	74.74	207.78	282.52	0.3176	0.7693	1.0869
0.50	273.31	0.000779	0.04691	78.47	205.24	283.71	0.3312	0.7510	1.0822
0.55	276.27	0.000785	0.04277	81.96	202.81	284.77	0.3438	0.7341	1.0779
0.60	279.04	0.000791	0.03929	85.24	200.50	285.74	0.3555	0.7185	1.0740
0.70	284.09	0.000802	0.03377	91.29	196.14	287.43	0.3767	0.6904	1.0671
0.80	288.63	0.000813	0.02958	96.81	192.05	288.86	0.3957	0.6654	1.0611
0.90	292.77	0.000823	0.02629	101.89	188.21	290.10	0.4129	0.6428	1.0557
1.0	296.58	0.000833	0.02364	106.63	184.53	291.16	0.4287	0.6222	1.0509
1.1	300.11	0.000843	0.02144	111.08	181.00	292.08	0.4433	0.6031	1.0464
1.2	303.42	0.000853	0.01960	115.29	177.59	292.88	0.4570	0.5853	1.0423
1.3	306.53	0.000862	0.01803	119.29	174.29	293.58	0.4698	0.5686	1.0384
1.4	309.47	0.000871	0.01668	123.11	171.07	294.18	0.4820	0.5527	1.0347
1.5	312.26	0.000881	0.01550	126.78	167.92	294.70	0.4935	0.5377	1.0312
1.6	314.91	0.000890	0.01446	130.31	164.82	295.13	0.5044	0.5234	1.0278
1.7	317.45	0.000899	0.01353	133.72	161.78	295.50	0.5149	0.5097	1.0246
1.8	319.87	0.000909	0.01271	137.02	158.79	295.81	0.5250	0.4964	1.0214
1.9	322.20	0.000918	0.01196	140.23	155.82	296.05	0.5347	0.4836	1.0183
2.0	324.44	0.000927	0.01129	143.35	152.88	296.23	0.5441	0.4712	1.0153
2.2	328.69	0.000946	0.01011	149.37	147.05	296.42	0.5619	0.4474	1.0093
2.4	332.65	0.000966	0.009121	155.14	141.26	296.40	0.5788	0.4247	1.0035
2.6	336.38	0.000986	0.008270	160.71	135.46	296.17	0.5949	0.4027	0.9976
2.8	339.90	0.001008	0.007529	166.13	129.60	295.73	0.6103	0.3813	0.9916
3.0	343.23	0.001030	0.006876	171.44	123.64	295.08	0.6253	0.3602	0.9855
3.5	350.87	0.001094	0.005524	184.47	107.95	292.42	0.6613	0.3077	0.9690
4.0	357.69	0.001176	0.004432	197.78	90.05	287.83	0.6972	0.2518	0.9490
4.978	369.17	0.001906	0.001906	246.26	0.0	246.26	0.8263	0.0	0.8263

S OF GASEOUS REFRIGERANT 22

	T, K								
	sat	220	230	240	250	260	270	280	290
v, m ³ /kg	0.9639	1.049	1.098	1.147	1.195	1.244	1.293	1.341	1.390
h, kJ/kg	252.32	261.78	267.43	273.19	279.07	285.06	291.16	297.39	303.72
s, kJ/(kg·K)	1.2445	1.2893	1.3144	1.3389	1.3629	1.3864	1.4095	1.4321	1.4543
v, m ³ /kg	0.6608	0.6962	0.7292	0.7620	0.7948	0.8274	0.8600	0.8925	0.9250
h, kJ/kg	255.54	261.47	267.15	272.94	278.84	284.85	290.98	297.22	303.57
s, kJ/(kg·K)	1.2217	1.2493	1.2746	1.2992	1.3233	1.3469	1.3700	1.3927	1.4150
v, m ³ /kg	0.5056	0.5199	0.5449	0.5697	0.5945	0.6191	0.6437	0.6682	0.6926
h, kJ/kg	257.96	261.16	266.87	272.69	278.61	284.65	290.79	297.05	303.41
s, kJ/(kg·K)	1.2059	1.2207	1.2460	1.2708	1.2950	1.3186	1.3418	1.3646	1.3869
v, m ³ /kg	0.4108	0.4141	0.4343	0.4543	0.4743	0.4941	0.5139	0.5336	0.5532
h, kJ/kg	259.91	260.85	266.59	272.44	278.39	284.44	290.61	296.83	303.26
s, kJ/(kg·K)	1.1939	1.1982	1.2237	1.2486	1.2729	1.2966	1.3199	1.3427	1.3651
v, m ³ /kg	0.3002		0.3079	0.3224	0.3369	0.3512	0.3655	0.3797	0.3938
h, kJ/kg	262.99		266.02	271.93	277.93	284.03	290.23	296.53	302.94
s, kJ/(kg·K)	1.1763		1.1896	1.2147	1.2392	1.2631	1.2865	1.3095	1.3320
v, m ³ /kg	0.2126			0.2205	0.2307	0.2408	0.2508	0.2608	0.2707
h, kJ/kg	266.55			271.11	277.20	283.37	289.63	295.99	302.45
s, kJ/(kg·K)	1.1574			1.1767	1.2015	1.2258	1.2494	1.2725	1.2952
v, m ³ /kg	0.1571			0.1575	0.1651	0.1726	0.1800	0.1874	0.1946
h, kJ/kg	269.82			270.09	276.28	282.55	288.89	295.32	301.84
s, kJ/(kg·K)	1.1414			1.1425	1.1678	1.1924	1.2163	1.2397	1.2626
v, m ³ /kg	0.1124				0.1135	0.1189	0.1243	0.1296	0.1349
h, kJ/kg	273.57				274.82	281.24	287.71	294.25	300.87
s, kJ/(kg·K)	1.1243				1.1293	1.1544	1.1789	1.2027	1.2259
v, m ³ /kg	0.07657					0.07713	0.08094	0.08467	0.08833
h, kJ/kg	277.99					278.96	285.68	292.42	299.21
s, kJ/(kg·K)	1.1053					1.1091	1.1344	1.1589	1.1828

	T, K								
	300	310	320	330	340	350	360	370	380
v, m ³ /kg	1.438	1.487	1.535	1.583	1.631	1.680	1.728	1.776	1.824
h, kJ/kg	310.17	316.73	323.40	330.18	337.07	344.06	351.16	358.37	365.67
s, kJ/(kg·K)	1.4762	1.4977	1.5189	1.5397	1.5603	1.5806	1.6006	1.6203	1.6398
v, m ³ /kg	0.9574	0.9897	1.022	1.054	1.087	1.119	1.151	1.183	1.216
h, kJ/kg	310.03	316.60	323.28	330.07	336.97	343.97	351.07	358.28	365.59
s, kJ/(kg·K)	1.4369	1.4584	1.4796	1.5005	1.5211	1.5414	1.5614	1.5812	1.6007
v, m ³ /kg	0.7170	0.7414	0.7657	0.7900	0.8142	0.8385	0.8627	0.8869	0.9111
h, kJ/kg	309.89	316.47	323.16	329.96	336.86	343.87	350.99	358.20	365.52
s, kJ/(kg·K)	1.4089	1.4305	1.4517	1.4726	1.4932	1.5135	1.5336	1.5533	1.5729
v, m ³ /kg	0.5728	0.5923	0.6118	0.6313	0.6508	0.6702	0.6896	0.7090	0.7284
h, kJ/kg	309.74	316.34	323.04	329.85	336.76	343.78	350.90	358.12	365.44
s, kJ/(kg·K)	1.3871	1.4087	1.4300	1.4509	1.4716	1.4919	1.5119	1.5317	1.5513
v, m ³ /kg	0.4080	0.4220	0.4360	0.4500	0.4640	0.4779	0.4918	0.5057	0.5196
h, kJ/kg	309.46	316.08	322.80	329.62	336.55	343.58	350.72	357.95	365.28
s, kJ/(kg·K)	1.3540	1.3757	1.3971	1.4181	1.4388	1.4592	1.4792	1.4991	1.5186
v, m ³ /kg	0.2805	0.2904	0.3001	0.3099	0.3196	0.3293	0.3390	0.3486	0.3583
h, kJ/kg	309.01	315.66	322.42	329.27	336.23	343.28	350.43	357.69	365.04
s, kJ/(kg·K)	1.3174	1.3392	1.3607	1.3818	1.4025	1.4230	1.4431	1.4630	1.4826
v, m ³ /kg	0.2019	0.2091	0.2162	0.2234	0.2305	0.2375	0.2446	0.2516	0.2587
h, kJ/kg	308.45	315.15	321.94	328.83	335.82	342.91	350.09	357.36	364.73
s, kJ/(kg·K)	1.2850	1.3070	1.3285	1.3497	1.3706	1.3911	1.4114	1.4313	1.4509
v, m ³ /kg	0.1400	0.1452	0.1503	0.1554	0.1604	0.1654	0.1704	0.1754	0.1804
h, kJ/kg	307.56	314.34	321.20	328.15	335.19	342.32	349.54	356.85	364.26
s, kJ/(kg·K)	1.2486	1.2708	1.2926	1.3140	1.3350	1.3556	1.3760	1.3960	1.4158
v, m ³ /kg	0.09192	0.09547	0.09898	0.1025	0.1059	0.1093	0.1127	0.1161	0.1195
h, kJ/kg	306.06	312.96	319.94	326.99	334.12	341.33	348.62	356.00	363.46
s, kJ/(kg·K)	1.2060	1.2286	1.2508	1.2725	1.2938	1.3146	1.3352	1.3554	1.3753

PROPERTIES OF GASEOUS REFRIGERANT 22

P, MPa (T _{sat} , K)		T, K								
		400	420	440	460	480	500	520	540	560
0.020 (202.3)	v, m ³ /kg	1.921	2.017	2.114	2.210	2.306	2.402	2.499	2.595	2.691
	h, kJ/kg	380.58	395.89	411.56	427.61	444.00	460.73	477.78	495.15	512.80
	s, kJ/(kg·K)	1.6780	1.7154	1.7518	1.7875	1.8223	1.8565	1.8899	1.9227	1.9548
0.030 (209.3)	v, m ³ /kg	1.280	1.344	1.409	1.473	1.537	1.601	1.665	1.730	1.794
	h, kJ/kg	380.52	395.82	411.51	427.56	443.95	460.69	477.74	495.11	512.77
	s, kJ/(kg·K)	1.6389	1.6763	1.7127	1.7484	1.7833	1.8174	1.8509	1.8837	1.9158
0.040 (214.3)	v, m ³ /kg	0.9594	1.008	1.056	1.104	1.152	1.201	1.249	1.297	1.345
	h, kJ/kg	380.45	395.76	411.45	427.51	443.91	460.64	477.70	495.07	512.74
	s, kJ/(kg·K)	1.6111	1.6485	1.6850	1.7207	1.7556	1.7897	1.8232	1.8560	1.8881
0.050 (218.4)	v, m ³ /kg	0.7671	0.8058	0.8445	0.8831	0.9217	0.9603	0.9989	1.037	1.076
	h, kJ/kg	380.38	395.70	411.40	427.46	443.86	460.60	477.67	495.04	512.70
	s, kJ/(kg·K)	1.5896	1.6269	1.6635	1.6991	1.7340	1.7682	1.8017	1.8345	1.8666
0.070 (224.8)	v, m ³ /kg	0.5474	0.5751	0.6027	0.6304	0.6580	0.6856	0.7132	0.7407	0.7683
	h, kJ/kg	380.24	395.58	411.29	427.36	443.77	460.52	477.59	494.97	512.64
	s, kJ/(kg·K)	1.5570	1.5944	1.6309	1.6666	1.7016	1.7357	1.7692	1.8020	1.8341
0.101325 (232.4)	v, m ³ /kg	0.3775	0.3967	0.4159	0.4350	0.4542	0.4733	0.4924	0.5114	0.5305
	h, kJ/kg	380.02	395.38	411.11	427.20	443.63	460.39	477.47	494.85	512.53
	s, kJ/(kg·K)	1.5210	1.5585	1.5951	1.6308	1.6658	1.7000	1.7335	1.7663	1.7984
0.14 (239.6)	v, m ³ /kg	0.2727	0.2866	0.3006	0.3145	0.3283	0.3422	0.3560	0.3699	0.3837
	h, kJ/kg	379.75	395.15	410.90	427.00	443.45	460.23	477.32	494.72	512.40
	s, kJ/(kg·K)	1.4895	1.5270	1.5637	1.5994	1.6344	1.6687	1.7022	1.7350	1.7672
0.20 (248.0)	v, m ³ /kg	0.1902	0.2001	0.2099	0.2197	0.2294	0.2392	0.2489	0.2586	0.2683
	h, kJ/kg	379.33	394.77	410.57	426.70	443.18	459.97	477.09	494.50	512.20
	s, kJ/(kg·K)	1.4544	1.4921	1.5288	1.5647	1.5997	1.6340	1.6676	1.7004	1.7326
0.30 (258.6)	v, m ³ /kg	0.1261	0.1328	0.1394	0.1460	0.1525	0.1591	0.1656	0.1721	0.1786
	h, kJ/kg	378.63	394.15	410.01	426.20	442.72	459.55	476.70	494.14	511.87
	s, kJ/(kg·K)	1.4142	1.4521	1.4889	1.5249	1.5601	1.5944	1.6281	1.6610	1.6932

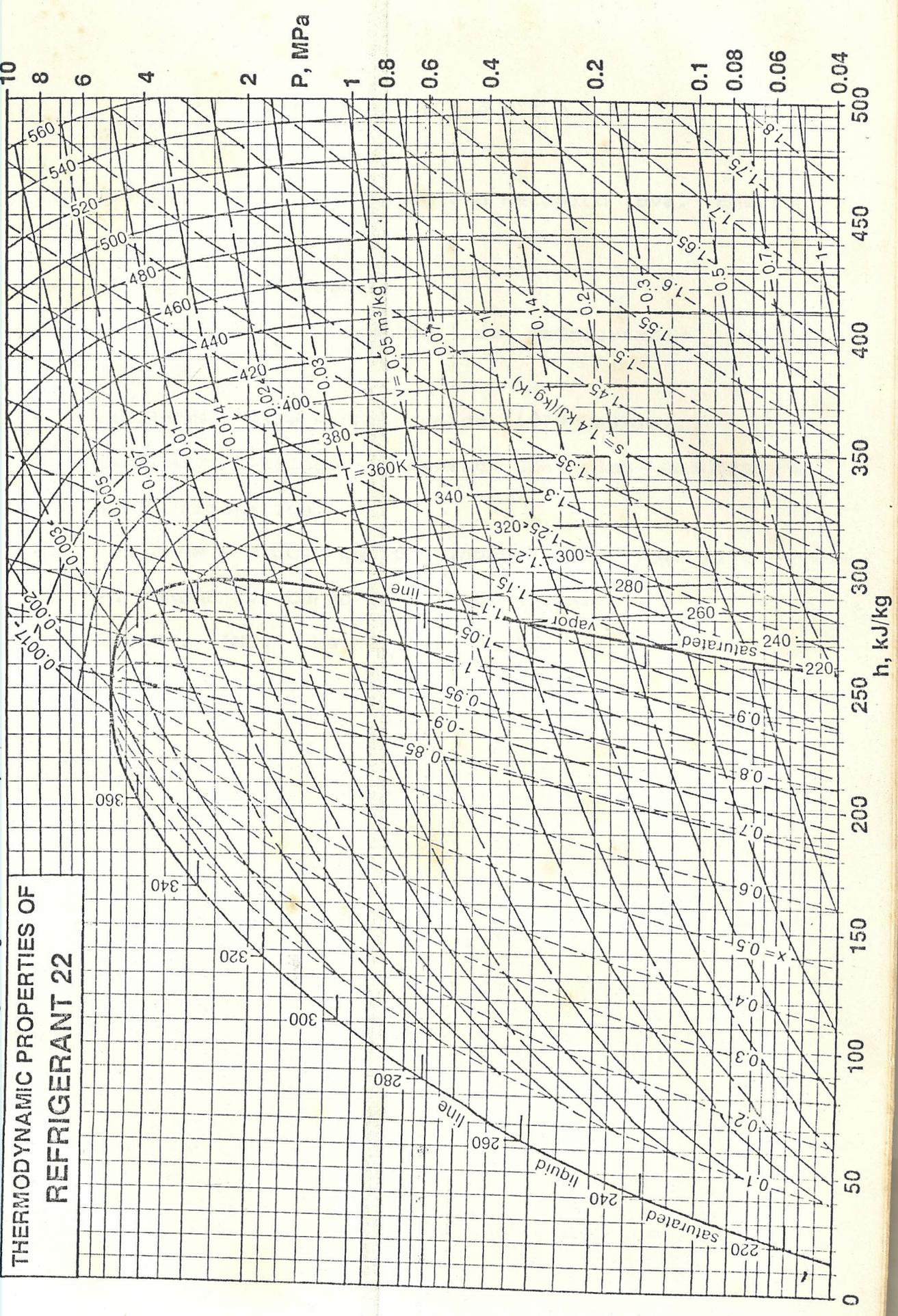
P, MPa (T _{sat} , K)		T, K								
		sat	290	300	310	320	330	340	350	360
0.40 (266.6)	v, m ³ /kg	0.05817	0.06502	0.06783	0.07059	0.07331	0.07599	0.07864	0.08126	0.08386
	h, kJ/kg	281.20	297.50	304.51	311.56	318.66	325.81	333.03	340.33	347.69
	s, kJ/(kg·K)	1.0922	1.1508	1.1746	1.1977	1.2202	1.2422	1.2638	1.2849	1.3057
0.50 (273.3)	v, m ³ /kg	0.04691	0.05100	0.05335	0.05564	0.05789	0.06010	0.06227	0.06442	0.06654
	h, kJ/kg	283.71	295.73	302.91	310.11	317.34	324.61	331.93	339.31	346.75
	s, kJ/(kg·K)	1.0822	1.1249	1.1492	1.1728	1.1958	1.2182	1.2400	1.2614	1.2823
0.70 (284.1)	v, m ³ /kg	0.03377	0.03490	0.03674	0.03851	0.04023	0.04190	0.04354	0.04515	0.04673
	h, kJ/kg	287.43	291.96	299.56	307.09	314.61	322.12	329.66	337.22	344.82
	s, kJ/(kg·K)	1.0671	1.0829	1.1086	1.1333	1.1572	1.1803	1.2028	1.2247	1.2461
1.0 (296.6)	v, m ³ /kg	0.02364		0.02414	0.02556	0.02691	0.02820	0.02945	0.03066	0.03184
	h, kJ/kg	291.16		294.01	302.19	310.23	318.18	326.07	333.94	341.81
	s, kJ/(kg·K)	1.0509		1.0604	1.0873	1.1128	1.1372	1.1608	1.1836	1.2058
1.4 (309.5)	v, m ³ /kg	0.01668			0.01674	0.01790	0.01897	0.01998	0.02095	0.02188
	h, kJ/kg	294.18			294.67	303.69	312.40	320.90	329.28	337.57
	s, kJ/(kg·K)	1.0347			1.0363	1.0649	1.0917	1.1171	1.1414	1.1648
2.0 (324.4)	v, m ³ /kg	0.01129					0.01184	0.01274	0.01356	0.01433
	h, kJ/kg	296.23					302.06	311.99	321.43	330.56
	s, kJ/(kg·K)	1.0153					1.0331	1.0628	1.0901	1.1158
2.5 (334.5)	v, m ³ /kg	0.00868						0.00919	0.01001	0.01073
	h, kJ/kg	296.31						302.81	313.75	323.93
	s, kJ/(kg·K)	1.0005						1.0198	1.0515	1.0802
3.0 (343.2)	v, m ³ /kg	0.00688							0.00749	0.00825
	h, kJ/kg	295.08							304.30	316.23
	s, kJ/(kg·K)	0.9855							1.0121	1.0457
4.0 (357.7)	v, m ³ /kg	0.00443								0.00472
	h, kJ/kg	287.84								293.22
	s, kJ/(kg·K)	0.9490								0.9640

OF GASEOUS REFRIGERANT 22

	T, K								
	370	380	390	400	410	420	430	440	450
m^3/kg	0.08644	0.08900	0.09155	0.09409	0.09662	0.09913	0.1016	0.1041	0.1066
J/kg	355.13	362.65	370.25	377.92	385.68	393.52	401.44	409.44	417.53
$J/(kg \cdot K)$	1.3261	1.3461	1.3658	1.3853	1.4044	1.4233	1.4420	1.4604	1.4785
m^3/kg	0.06864	0.07073	0.07280	0.07485	0.07690	0.07894	0.08096	0.08298	0.08499
J/kg	354.25	361.83	369.48	377.21	385.01	392.89	400.84	408.88	416.99
$J/(kg \cdot K)$	1.3029	1.3231	1.3430	1.3626	1.3818	1.4008	1.4195	1.4380	1.4562
m^3/kg	0.04829	0.04983	0.05135	0.05286	0.05436	0.05585	0.05733	0.05880	0.06027
J/kg	352.47	360.17	367.93	375.76	383.65	391.61	399.64	407.74	415.91
$J/(kg \cdot K)$	1.2671	1.2876	1.3078	1.3276	1.3471	1.3663	1.3852	1.4038	1.4222
m^3/kg	0.03300	0.03414	0.03526	0.03636	0.03745	0.03853	0.03960	0.04066	0.04172
J/kg	349.69	357.60	365.54	373.53	381.56	389.65	397.79	406.00	414.26
$J/(kg \cdot K)$	1.2274	1.2485	1.2691	1.2893	1.3092	1.3286	1.3478	1.3667	1.3852
m^3/kg	0.02278	0.02365	0.02451	0.02535	0.02617	0.02698	0.02778	0.02857	0.02935
J/kg	345.81	354.02	362.23	370.45	378.69	386.97	395.27	403.62	412.02
$J/(kg \cdot K)$	1.1873	1.2092	1.2306	1.2514	1.2717	1.2917	1.3112	1.3304	1.3493
m^3/kg	0.01505	0.01575	0.01641	0.01706	0.01769	0.01830	0.01890	0.01949	0.02007
J/kg	339.48	348.27	356.96	365.59	374.19	382.77	391.36	399.95	408.57
$J/(kg \cdot K)$	1.1403	1.1637	1.1863	1.2082	1.2294	1.2501	1.2703	1.2900	1.3094
m^3/kg	0.01140	0.01202	0.01261	0.01317	0.01371	0.01424	0.01475	0.01525	0.01573
J/kg	333.64	343.04	352.23	361.28	370.22	379.11	387.95	396.78	405.59
$J/(kg \cdot K)$	1.1068	1.1319	1.1558	1.1787	1.2008	1.2222	1.2430	1.2633	1.2831
m^3/kg	0.00890	0.00950	0.01004	0.01056	0.01105	0.01152	0.01197	0.01241	0.01284
J/kg	327.08	337.30	347.13	356.68	366.04	375.27	384.41	393.49	402.53
$J/(kg \cdot K)$	1.0755	1.1027	1.1282	1.1524	1.1756	1.1978	1.2193	1.2402	1.2605
m^3/kg	0.00559	0.00623	0.00677	0.00725	0.00769	0.00810	0.00849	0.00886	0.00922
J/kg	310.25	323.59	335.43	346.43	356.90	367.01	376.87	386.55	396.11
$J/(kg \cdot K)$	1.0107	1.0463	1.0771	1.1049	1.1308	1.1551	1.1783	1.2006	1.2221

	T, K								
	460	480	500	520	540	560	580	600	620
m^3/kg	0.1091	0.1141	0.1190	0.1239	0.1288	0.1337	0.1386	0.1435	0.1484
J/kg	425.69	442.26	459.13	476.31	493.78	511.54	529.56	547.85	566.38
$J/(kg \cdot K)$	1.4965	1.5317	1.5662	1.5999	1.6328	1.6651	1.6967	1.7277	1.7581
m^3/kg	0.08700	0.09099	0.09497	0.09893	0.1029	0.1068	0.1107	0.1147	0.1186
J/kg	425.18	441.79	458.71	475.92	493.42	511.20	529.25	547.55	566.10
$J/(kg \cdot K)$	1.4742	1.5096	1.5441	1.5779	1.6109	1.6432	1.6749	1.7059	1.7363
m^3/kg	0.06172	0.06462	0.06750	0.07036	0.07321	0.07605	0.07889	0.08171	0.08453
J/kg	424.15	440.86	457.86	475.14	492.70	510.53	528.62	546.97	565.55
$J/(kg \cdot K)$	1.4403	1.4758	1.5105	1.5444	1.5775	1.6100	1.6417	1.6728	1.7033
m^3/kg	0.04277	0.04484	0.04690	0.04894	0.05097	0.05299	0.05499	0.05700	0.05899
J/kg	422.59	439.45	456.57	473.96	491.61	509.52	527.68	546.09	564.72
$J/(kg \cdot K)$	1.4035	1.4394	1.4744	1.5085	1.5418	1.5743	1.6062	1.6374	1.6679
m^3/kg	0.03012	0.03166	0.03317	0.03466	0.03614	0.03761	0.03907	0.04052	0.04197
J/kg	420.47	437.54	454.83	472.37	490.15	508.16	526.42	544.91	563.62
$J/(kg \cdot K)$	1.3679	1.4042	1.4395	1.4739	1.5074	1.5402	1.5722	1.6035	1.6342
m^3/kg	0.02064	0.02177	0.02287	0.02395	0.02502	0.02608	0.02713	0.02817	0.02921
J/kg	417.21	434.61	452.19	469.95	487.93	506.12	524.52	543.14	561.97
$J/(kg \cdot K)$	1.3284	1.3654	1.4013	1.4361	1.4700	1.5031	1.5354	1.5670	1.5978
m^3/kg	0.01621	0.01715	0.01807	0.01896	0.01984	0.02071	0.02157	0.02241	0.02326
J/kg	414.42	432.12	449.94	467.92	486.06	504.40	522.93	541.66	560.59
$J/(kg \cdot K)$	1.3025	1.3401	1.3765	1.4118	1.4460	1.4793	1.5119	1.5436	1.5746
m^3/kg	0.01326	0.01408	0.01486	0.01563	0.01639	0.01713	0.01786	0.01858	0.01930
J/kg	411.55	429.58	447.66	465.85	484.18	502.67	521.34	540.18	559.21
$J/(kg \cdot K)$	1.2803	1.3187	1.3556	1.3913	1.4258	1.4595	1.4922	1.5242	1.5554
m^3/kg	0.00957	0.01023	0.01087	0.01148	0.01208	0.01266	0.01323	0.01380	0.01435
J/kg	405.58	424.34	443.00	461.66	480.38	499.20	518.14	537.22	556.46
$J/(kg \cdot K)$	1.2429	1.2828	1.3209	1.3575	1.3928	1.4270	1.4603	1.4926	1.5242

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF
REFRIGERANT 22



B I B L I O G R A F I A

1. MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico (8va. Edición Inglés, 2da. Español).
2. FAIRES. Termodinámica.
3. J. ALARCON C. Tratado de Refrigeración (10ma. Edición).
4. ANDERSON. Aire Acondicionado (1979 Madrid).
5. DANFOSS. Catálogo Condensado Controles Automáticos de Refrigeración.
6. Mc. GRAW - HILL. Equipos Industriales (Tomo 1).
7. A. VARGAS Z. Curso de Refrigeración.
8. DOOLCO, INC. La Biblia Doolin para el Técnico Reparador.