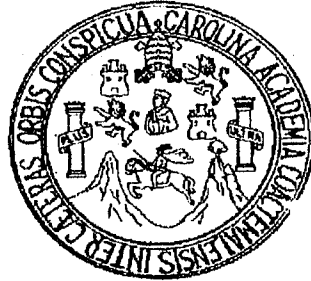


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, CON EL PROPÓSITO DE OPTIMIZAR SU OPERACIÓN

TESIS
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALEX GIOVANNI MONTENEGRO CHUA
AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

Guatemala, noviembre de 1999



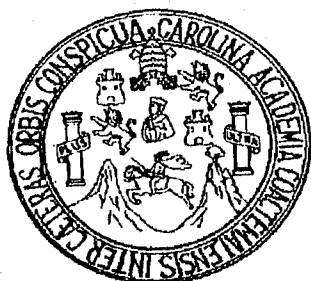
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, CON EL PROPÓSITO DE OPTIMIZAR SU OPERACIÓN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial con fecha de noviembre de 1997.


Alex Giovanni Montenegro Chúa



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I: Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL III: Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL IV: Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL V: Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA: Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR: Ing. Pedro Avalos Castañeda
EXAMINADOR: Ing. Oscar Mauricio Herrera Ramos
SECRETARIA: Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

Guatemala 19 de mayo de 1999

Ing. Francisco Gómez Rivera
Coordinador de Carrera
Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero:

Por este medio me permito manifestarle que he procedido a efectuar la asesoría y revisión del trabajo de tesis titulado **ESTUDIO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, CON EL PROPOSITO DE OPTIMIZAR SU OPERACION** desarrollado por el alumno Alex Giovanni Montenegro Chúa, previo a optar el título de Ingeniero Mecánico-Industrial.

El trabajo desarrollado, ha sido elaborado cumpliendo con los requisitos reglamentarios impuestos por la facultad de ingeniería, bajo la asesoría del suscrito, por lo que cuenta con mi total aprobación para los efectos de graduación del autor.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para reiterarles las muestras de alta y distinguida consideración.

Atentamente,



Ing. Alfonso del Busto Maza


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor de esta Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **ESTUDIO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, CON EL PROPOSITO DE OPTIMIZAR SU OPERACION**, presentado por el estudiante universitario **Alex Giovanni Montenegro Chúa**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

YO ENSEÑARÉ A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica



Guatemala, 03 de agosto de 1999.

emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

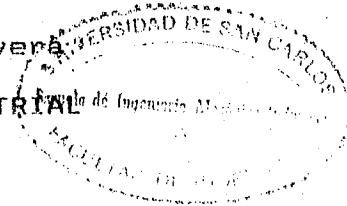


FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **ESTUDIO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, CON EL PROPOSITO DE OPTIMIZAR SU OPERACION**, presentado por el estudiante universitario Alex Giovanni Montenegro Chúa, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, noviembre de 1999.

emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

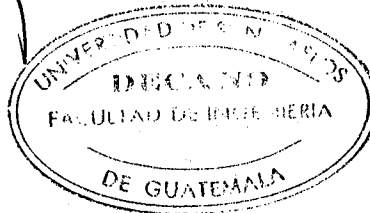


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **ESTUDIO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, CON EL PROPOSITO DE OPTIMIZAR SU OPERACION**, presentado por el estudiante universitario **Alex Giovanni Montenegro Chúa**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, noviembre de 1999

emds

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO	Por ser guía en mi camino
A LA SANTISIMA VIRGEN MARÍA	Por ser protectora de mi familia
A MI MADRE	Agradecimiento eterno
A MIS ABUELOS	Herminia López Vásquez Julio Chúa Pérez (Q.E.P.D.) Angelina Flores de Montenegro Justiniano Montenegro Reyes
A MI ESPOSA E HIJO	
A MI FAMILIA	
A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
A MIS AMIGOS	Por su apoyo incondicional
A LOS PROFESIONALES	Alfonso Del Busto Maza Julio Aguilar Ortiz Hermanos Aguilar Schafer Alejandro López César Del Cid Pinot (Q.E.P.D.)

Y A TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON, DE ALGUNA FORMA,
EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SIMBOLOS.....	IV
GLOSARIO.....	V
INTRODUCCIÓN.....	VIII
OBJETIVOS.....	XI
1. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	1
1.1. Clasificación del aire acondicionado.....	1
1.1.1. Por su diseño	2
1.1.1.1. Ventana.....	2
1.1.1.2. "Split".....	3
1.1.1.3. Paquete	4
1.2. Por su sistema de enfriamiento	5
1.2.1. Refrigeración directa.....	6
1.2.2. Refrigeración indirecta	6
1.2.2.1. Chiller.....	7
1.2.2.1.1. Unidad condensadora.....	9
1.2.2.1.1.1. Enfriada por aire.....	10
1.2.2.1.1.1.1. Ventiladores.....	10
1.2.2.1.1.1.2. Enfriada por agua.....	12
1.2.2.1.1.1.1. Torres de enfriamiento ..	12
1.2.2.1.1.1.2. Bombas de agua.....	16
1.2.2.1.1.1.3. Tubería de agua.....	17
1.2.2.1.1.1.4. Tratamiento de agua.....	19
1.2.2.2. Salmuera.....	20
1.2.2.2.1. Salmuera de cloruro de sodio.....	21
1.2.2.2.2. Salmuera de cloruro de calcio.....	21
2. INSTALACIONES.....	22
2.1. Compresores.....	23
2.1.1. Función.....	23
2.1.2. Tipos.....	23
2.1.2.1. Por su construcción.....	23
2.1.2.1.1. Hermético.....	23
2.1.2.1.2. Semi-Hermético.....	24
2.1.2.1.3. Abierto.....	24
2.1.2.2. Por su sistema de mando.....	24
2.1.2.2.1. Mando directo.....	24
2.1.2.2.2. Mando por correa.....	24
2.1.2.2.3. Mando por engranaje.....	25
2.1.2.3. Por su diseño.....	25
2.1.2.3.1. Alternativo.....	25
2.1.2.3.2. Centrifugo.....	25
2.1.2.3.3. Rotativos.....	26
2.1.2.3.4. De tornillo.....	27

2.2.	Evaporadores.....	27
2.2.1.	Función.....	28
2.2.2.	Tipos.....	28
2.2.2.1.	Expansión directa.....	29
2.2.2.2.	Inundado.....	29
2.3.	Condensadores.....	30
2.3.1.	Función.....	30
2.3.2.	Tipos.....	30
2.3.2.1.	Enfriada por aire.....	31
2.3.2.2.	Enfriada por agua.....	31
2.4.	Válvulas de expansión.....	32
2.5.	Ductería.....	33
2.6.	Accesorios de circulación de aire.....	35
3.	CONTROL DE OPERACIÓN.....	36
3.1.	Instrumentos de control.....	36
3.1.1.	"Timers".....	36
3.1.2.	Controladores de presión.....	36
3.1.3.	Controladores de temperatura.....	38
3.1.4.	Contactores.....	38
3.1.5.	Capacitores de arranque.....	39
3.2.	Limpieza del aire.....	40
3.2.1.	Filtros.....	41
3.3.	Carga de refrigerante a equipo.....	43
3.3.1.	Métodos.....	43
3.3.2.	Cómo evacuar un sistema.....	45
3.3.2.1.	Equipo necesario.....	47
3.4.	Características de los refrigerantes.....	47
4.	APLICABILIDAD DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA.....	50
4.1.	Aplicación del sistema de Aire Acondicionado en una planta farmacéutica.....	50
4.2.	Descripción del sistema utilizado.....	50
4.3.	Parámetros que deben manejarse.....	51
4.3.1.	Presión.....	51
4.3.2.	Temperatura.....	52
4.3.3.	Movimiento de Aire.....	52
4.3.4.	Humedad Relativa.....	52
4.4.	Requerimientos del sistema de A/A en una planta farmacéutica según control de medicamentos, certificaciones de calidad y buenas prácticas de manufactura.....	53
4.5.	Estudio de capacidad del sistema vrs. cargas que se aplican.....	55
4.6.	Aplicación de criterios de optimización de energía.....	57
	CONCLUSIONES.....	59
	RECOMENDACIONES.....	61
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	ANEXO.....	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

No.	Título	Página
1.	Sistema A/A tipo ventana	3
2.	"Split"	4
3.	Paquete	5
4.	"Chiller"	9
5.	Torre de enfriamiento	15
6.	Limpieza del aire	42
7.	Carga de refrigerante	49
8.	Optimización de la energía	58

LISTA DE SÍMBOLOS

A/A	Aire acondicionado
ASTM	American Society Testing Material (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales).
ASA	Asociación Americana de Estandarización
BTU	Unidad Térmica Británica
CFM	Pie cúbico por minuto (siglas en inglés)
HVAC	(siglas en inglés) Calefacción, ventilación y aire acondicionado
H	Horas
Hr	Humedad relativa
ISO 9000	Normas para la calidad mundial (organización internacional de estandarización)
Kg/cm ²	Kilogramos por centímetro cuadrado
Lb/pul ²	Libra por pulgada cuadrada (psi)
mmHg	Milímetros de Mercurio
tbu	Temperatura de bulbo húmedo del medio
tri	Temperatura del agua de entrada
tru	Temperatura del agua de salida
PFI	Pipe Fabrication Institute (Instituto de fabricación de tubería)
rpm	Revoluciones por minuto
°C	Grados centígrados
°F	Grados fahrenheit

GLOSARIO

Aire acondicionado

Equipo usado para controlar la temperatura, humedad, limpieza y movimiento de aire en un espacio acondicionado.

Aire de retorno

Aire que vuelve del espacio acondicionado o refrigerado.

Aire exterior

Aire externo, atmósfera exterior al espacio refrigerado o acondicionado, aire ambiente (alrededores).

Aspiración

Movimiento producido en un fluido por succión.

Buenas prácticas de manufactura

Son una serie de normas o reglas que se deben de cumplir en los procesos para la elaboración de medicamentos, las cuales garantizan la calidad de los productos.

Capacitor

Tipo de equipo de almacenamiento eléctrico usado para arrancar y/o operar circuitos en muchos motores eléctricos.

Contaminante

Una sustancia (polvo, humedad, etc.) ajena al refrigerante, aceite o aire del sistema.

Control	Elemento automático o manual usado para detener iniciar y/o regular el flujo de gas, líquido y/o electricidad.
Filtro	Elemento usado para retirar las impurezas del aire.
Freón	Elemento muy apreciado por sus densidades, temperaturas de congelamiento y ebullición.
Humedad relativa	Relación entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire y la mayor cantidad (saturado) posible a la misma temperatura.
Manejadora	Nombre que se le da a la unidad evaporadora o a la parte en donde se encuentran los ventiladores para el suministro de aire.
Presión positiva	Presión mayor a la presión atmosférica.
Rejilla	Una abertura o lumbrera situada al final de un ducto de aire.
Salmuera	Agua saturada con químicos como la sal.
Separador de aceite	Un equipo usado para separar aceite de gas refrigerante y devolver el aceite al cárter del compresor.

Serpentín

Un conjunto de bobinas para la transmisión de calor que se usa para calentar aire que es inducido o forzado a través de él, por un ventilador y puede ser usado como evaporador o condensador.

Tonelada de refrigeración

Efecto refrigerante igual a la fusión de una tonelada de hielo en 24 hrs. Puede ser expresada
12,000 Btu/hr.
200 Btu/min

Unidad Térmica Británica (B.T.U.)

Cantidad de calor requerido para aumentar la temperatura de 1 lb. De agua un °F.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el ser humano utiliza los recursos para trabajarlos y producir sus productos; sin embargo, estos se agotan cada día más, y por ello deben utilizarse de forma consciente y razonablemente. Ejemplos de recursos que deben cuidarse agua, petróleo, madera, oxígeno.

Este trabajo trata de ampliar los conocimientos sobre el sistema de A/A, y la forma de operarlo al costo más bajo y logrando satisfacer las necesidades de sus usuarios. El A/A puede ser utilizado para conservar el proceso, mantener los productos y en aplicaciones de comodidad de oficinas, aplicando criterios de optimización de energía. El éxito de una empresa es actualizar los conocimientos y saberlos manejar para llevarlos a la práctica y con ello alcanzar objetivos o metas fijados.

Es importante que la persona encargada de este sistema conozca qué tipo de sistema es el que se utiliza en la empresa y qué función tiene cada uno de los elementos que la componen; así que un aspecto importante, para lograr los objetivos es el recurso humano; así que su adiestramiento y capacitación son importantes debido a que en cualquier momento pueden proporcionar

buenas ideas respecto del uso y manejo de este sistema. Esto se logra con una adecuada participación de la Gerencia de Ingeniería de Planta.

Los laboratorios farmacéuticos deben cumplir con normas y procedimientos establecidos por FDA (Food and Drug Administration - Administración de Drogas y Comida) ISO 9000, el Ministerio de Salud a través de la Dirección de Medicamentos y Requerimientos Corporativos. El sistema de A/A también debe cumplir con los requerimientos de las organizaciones anteriormente mencionadas.

La División de Ingeniería de Planta es la responsable de la calidad del producto que entregan estos sistemas y de los efectos que puedan tener en las actividades de manufactura. Es por ello que este departamento es el que se encarga de velar por el buen funcionamiento de máquinas e instalaciones de la planta, con el propósito de optimizar sus recursos, buscando siempre ahorrar energía para reducir sus costos de operación pero proveyendo los servicios con los parámetros establecidos para la elaboración de medicamentos.

Este trabajo tiene la finalidad aportar conceptos que contribuyan a la comprensión del sistema, parámetros de operación, criterios de optimización de energía, aplicar buenos procedimientos de refrigeración, un análisis de una situación real. Con esto se espera que el trabajo sea beneficioso para las personas que manejan estos sistemas y a las que entran a este campo.

Es importante mencionar que con la ampliación de mercados por efectos de la globalización, las industrias necesitan ser más competitivas y esto se logra por medio del cumplimiento de las normas de calidad total, estandarización de procesos, tecnología y aplicando reingeniería de procesos.

OBJETIVOS

GENERAL

Definir un marco de referencia para la utilización del sistema de A/A para optimizar la productividad en la industria Guatemalteca.

ESPECÍFICOS

1. Elaborar un documento que quede como guía para la operación de este sistema y pueda utilizarse en las plantas manufactureras.
1. Reducir los costos de operación del sistema de A/A.
2. Aumentar la vida útil de las máquinas generadoras de energía involucradas en el sistema de A/A.

1. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

1.1. Clasificación del aire acondicionado

En Guatemala se distinguen dos clasificaciones de sistemas de A/A: por su diseño y por su sistema de enfriamiento. Es importante conocer esta clasificación porque determina qué sistema se adapta a cada actividad en particular y con ello elegir la mejor opción.

Todo ciclo de refrigeración debe tener por lo menos cuatro elementos: compresor, condensador, aparato de control y evaporador. Cada elemento tiene una misión específica en el ciclo de refrigeración. Pero la finalidad es proporcionar un ambiente adecuado para los productos, la conservación de procesos y/o suministrar un ambiente de comodidad.

El aire acondicionado es el desplazamiento intencional del aire interior por un aire de suministro con cierto grado de pureza, con ayuda mecánica (ventiladores); generalmente, el aire de suministro es tomado del exterior y se cual se le da un tratamiento para a utilizarlo en donde se desee, a través del equipo de refrigeración antes de ser llevado hasta el recinto o área destinada.

1.1.1. Por su diseño

Esta clasificación se refiere a los sistemas de A/A según su capacidad de producción y a las condiciones de instalación que tenga la organización. Cuando se desea colocar un sistema de A/A, deben tomarse en cuenta los parámetros necesarios para cubrir las necesidades y justificar el porqué de elegir un cierto equipo, ya que se debe considerar lo actual y ampliaciones futuras, pues la demanda cada día es mucho mayor.

1.1.1.1. Ventana

Este sistema es muy utilizado en oficinas; por su tamaño y comodidad en la instalación; es sencillo y está integrado por: compresor, condensador, válvula de expansión, ventiladores centrífugos. Tiene un costo bajo de instalación, debido a que su capacidad es pequeña 0.7 hasta 1.5 toneladas de refrigeración. Este es el tipo de A/A que se utiliza por comodidad y es recomendado usarlo en: oficinas, restaurantes y bancos, pues se adapta a estas actividades. Como su denominación lo indica, este acondicionador se instala en las ventanas. En la parte exterior se encuentra el condensador; se puede tener un evaporador con su ventilador, para obtener el correspondiente tiro de aire forzado que hará circular el aire renovado. Este diseño tiene que tener una característica decorativa.

(Ver fig. No. 1)

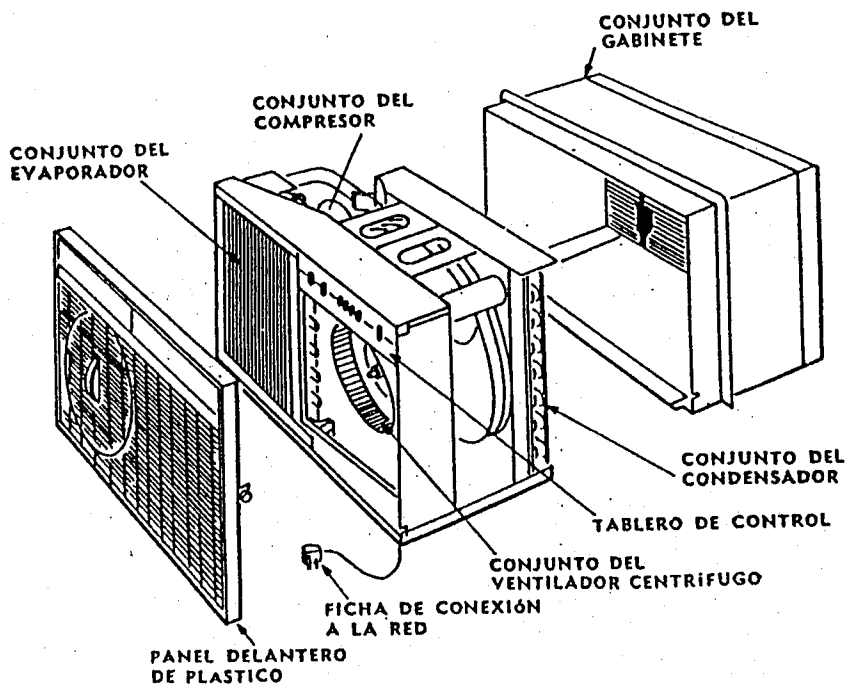


Figura No. 1 Sistema de A/A tipo ventana
 Botero, Camilo. Manual de refrigeración y a/a. P.35

1.1.1.2. "Split"

Este tipo de A/A tiene capacidad mayor al tipo ventana y es utilizado en industrias; por su inversión inicial que es baja en comparación con un sistema tipo paquete, puede proporcionar 2.5 toneladas de refrigeración o más. Este tipo clasificación está integrado por: ductos de suministro y retorno, manejadora (evaporador), condensador, control de humedad, filtro, tubería de refrigerante. El tipo "split" está formado por dos cuerpos: la unidad condensadora, que se instala en el exterior o lugares muy ventilados; y la unidad enfriadora o evaporador a expansión directa, colocada en el propio local que debe acondicionarse. (Ver fig. No. 2)

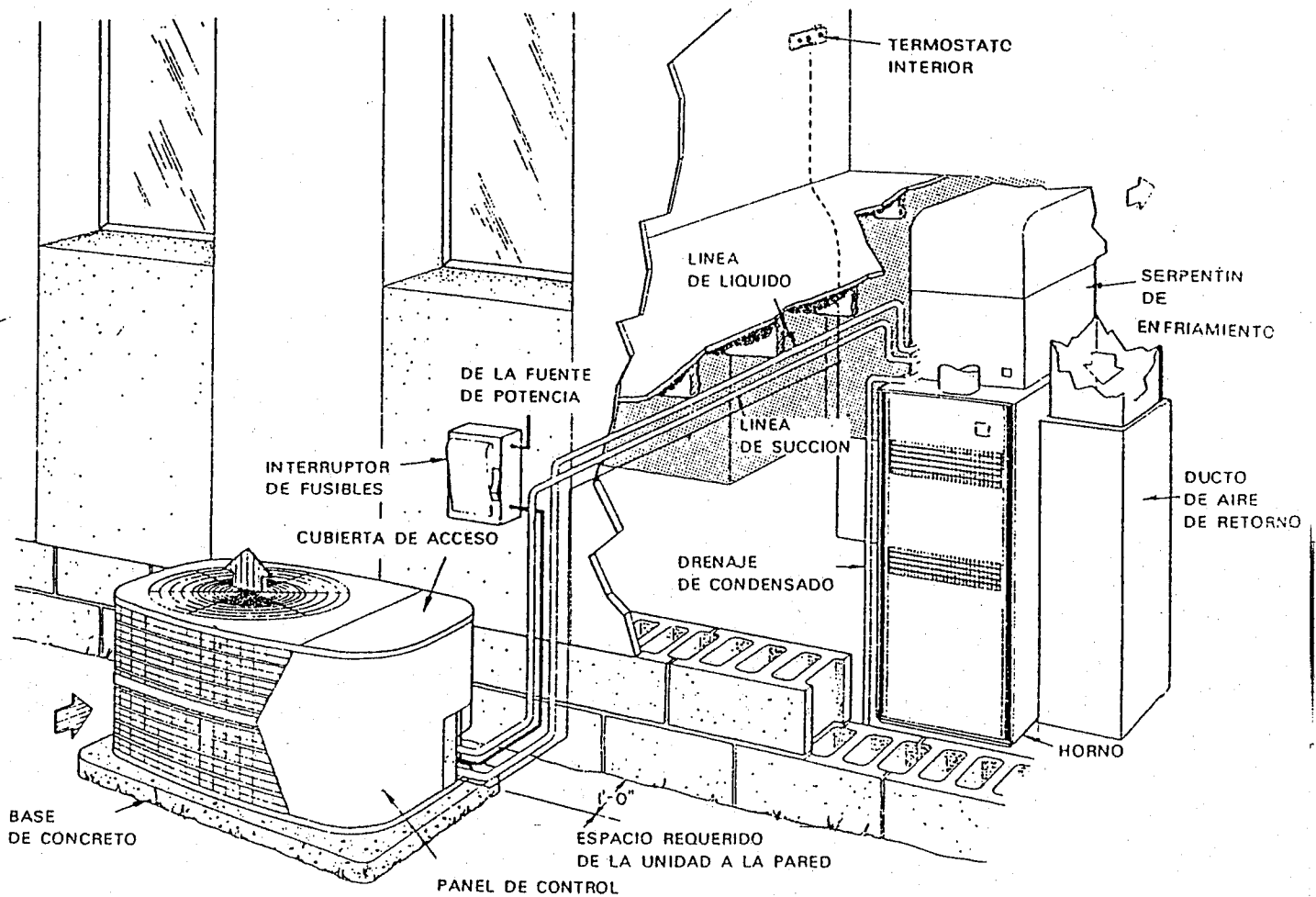


Figura No. 2 "Split"

Botero, Camilo. Manual de refrigeración y a/a. p.560

1.1.1.3. Paquete

Es de gran capacidad y está constituido solamente en una unidad, ya que todos sus componentes están muy íntimamente ligados. Sus partes principales son: condensador, evaporador, línea de succión, compresor, ventilador centrífugo, depósito de compensación del sistema, válvula de expansión, filtros, pre-filtros.

Son unidades compactas que tienen que satisfacer la demanda que no puede proporcionar un tipo ventana y split, su función consiste en rebajar de

6 a 7 grados °C, por debajo de la temperatura exterior, y mantener una circulación laminar o uniforme. (Ver fig. No. 3)

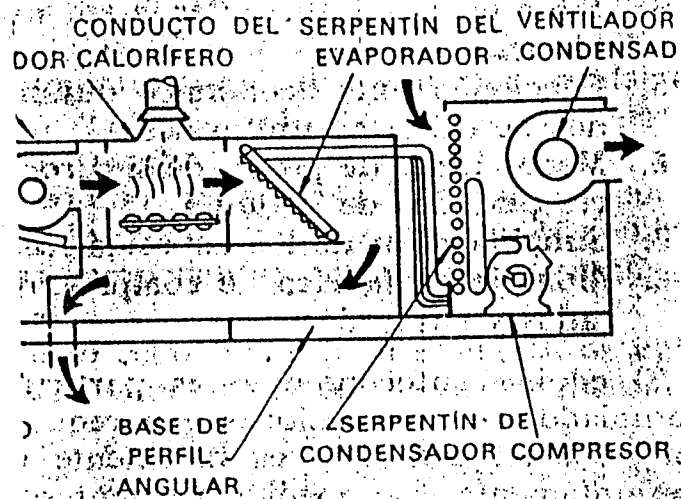


Figura No. 3 Paquete

Carrier. Manual de aire acondicionado. P.56

1.2. Por su sistema de enfriamiento

Esta es una clasificación muy importante para un ingeniero/a, ya que le ayudará a comprender mejor su proceso de enfriamiento en un sistema de A/A y determinar con ello, parámetros de operación según un proceso existente en la industria. Esta clasificación es aplicada para manejar grandes volúmenes de A/A, debido a su alta capacidad de enfriamiento. Por su capacidad de enfriamiento se suelen dividir en dos grupos que son:

- ✓ Refrigeración directa
- ✓ Refrigeración indirecta.

1.2.1. Refrigeración directa

La refrigeración directa es utilizada por su bajo costo de instalación y por ello se encuentra en abundancia en la rama doméstica por ejemplo las refrigeradoras su ramal principal cuenta con un compresor hermético que en su mayoría de veces es 110 Voltios, un evaporador(congelador), válvula de expansión, un condensador tipo serpentín de aletas y un termostato.

Una forma clara de describir un tipo de refrigeración directa es cuando el fluido refrigerante tiene un contacto directo de transferencia de calor con el lugar o área que se va a refrigerar o acondicionar.

1.2.2. Refrigeración indirecta

Este tipo es el más utilizado en la rama industrial y su sistema es más complejo que el de tipo de refrigeración directa, ya que el fluido refrigerante no tiene contacto con el área que se va a ventilar o acondicionar sino que este fluido refrigerante hace la transferencia de calor por medio de su evaporador a otro fluido como puede ser agua o aire.

Este tipo es muy utilizado en industrias alimenticias, farmacéuticas o industrias que requieren un control estricto de sus productos, pues busca, por cualquier medio, evitar que pueda haber algún tipo de contaminación en el aire que ingresa al área destinada. Es por ello que el personal encargado de estos sistemas busca eliminar las posibles fugas que pudiesen existir en los circuitos conductores de los fluidos refrigerantes.

1.2.2.1. "Chiller"

Este sistema es un tipo de refrigeración indirecta y, por lo general, el fluido por enfriar es agua y es utilizado por industrias que necesitan grandes volúmenes de aire acondicionado, sus ramales principales son:

- ✓ Ramal del fluido refrigerante(transmisor)
- ✓ Ramal del aire circundante que entra al área para ventilación
- ✓ Ramal del fluido refrigerante(receptor)

El fluido refrigerante transmisor puede ser freón 12, freón 22 o algún refrigerante alternativo como el 134a(que no daña la capa de ozono), y como fluido receptor se utiliza el agua y ésta es la encargada de intercambiar su calor con el aire, por lo general en contra flujo, y el aire llegará a las condiciones requeridas para conservar/mantener los procesos o productos.

En todo el proceso la transferencia de calor se realiza por conducción de energía de un fluido a otro.

Este tipo de refrigeración por enfriamiento indirecto consta de: "chiller", manejadoras, bombas de agua, filtros, ductería, dampers, difusores y mecanismos que conducen al aire. (Ver fig. No. 4)

Es importante que donde existan estos sistemas se estén chequeando los filtros de admisión del aire circundante, puesto que ellos cumplen la función de ingresar el aire atmosférico hacia el proceso de refrigeración y este aire está integrado por partículas no deseables en el sistema, por lo que los filtros se van obstruyendo y tapando. Más adelante se detallará, los filtros más utilizados en la industria.

Normalmente estos equipos utilizan:

- 1) Conductos de aspiración y descarga, con sus rejillas y compuertas regulables, que permiten una mezcla del aire nuevo(renovación) y del aire reciclado, que se efectúa dentro del área a acondicionar asegurando igualmente a la difusión del mismo a la velocidad y en las direcciones convenientes.
- 2) Un filtro eficaz donde se depositen las impurezas sólidas o líquidas en suspensión en el aire que se halla en movimiento. La superficie de este filtro ha de ser lo suficientemente grande para evitar su saturamiento.
- 3) El evaporador se compone generalmente por elementos de tubo y aletas, por los que circula el refrigerante en evaporación o bien agua fría previamente enfriada a la temperatura conveniente. Sobre este evaporador pasa el aire que se enfría y pierde su humedad.
- 4) Un intercambiador de calor, cuyo fin es la transmisión al aire frío y seco, que ha pasado por el evaporador, el calor necesario para obtener al propio tiempo la temperatura y grado de humedad necesario en el local.
- 5) Un ventilador centrífugo que aspira el aire tratado a su salida del intercambiador de calor para suministrarlo al área destinada.

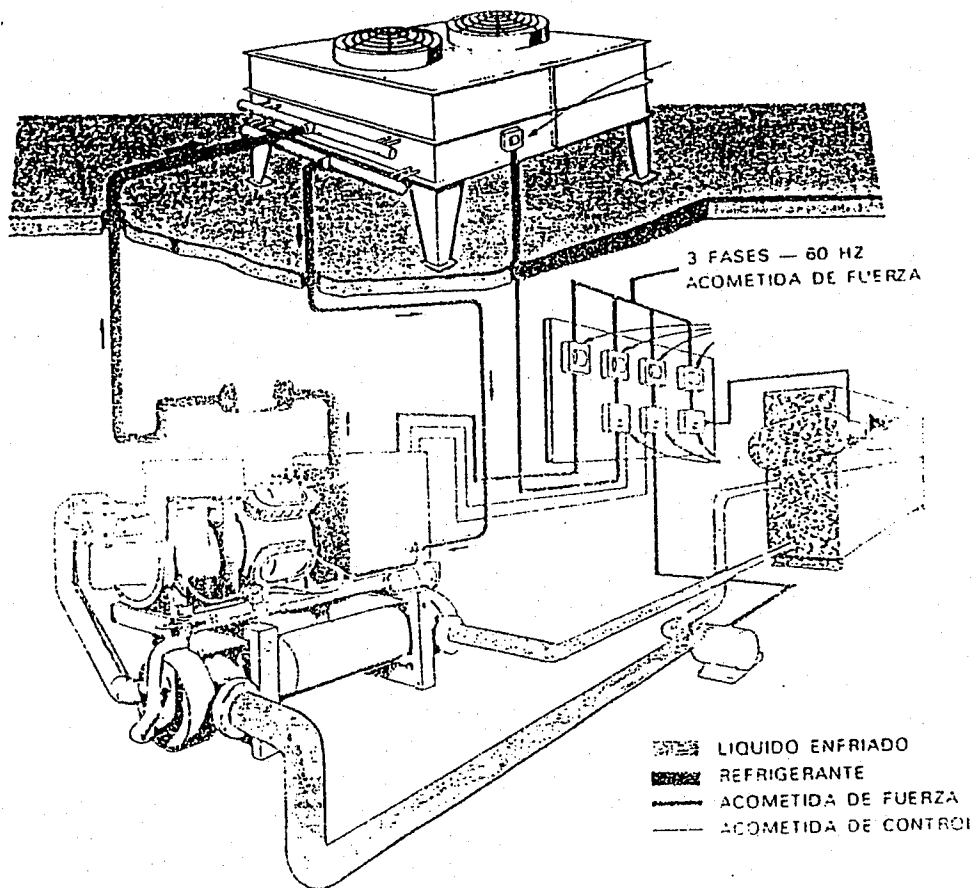


Figura No. 4 Chiller

Botero, Camilo. Manual de refrigeración y a/a. p. 462

1.2.2.1.1. Unidad condensadora

Esta unidad es parte del ciclo de refrigeración y recibe al fluido refrigerante a altas temperaturas y altas presiones. Es aquí donde se el cambia de estado gaseoso a líquido a baja presión. El calor que añade el compresor al proceso de refrigeración será extraído por el condensador donde fluir el calor. La unidad condensadora puede ser del tipo :

- ✓ condensador enfriado por aire
- ✓ condensador enfriado por agua

La unidad condensadora es necesario instalarla en sitios de fácil acceso para su mantenimiento y en un lugar donde este fluyendo grandes volúmenes de aire, lo más limpio posible para evitar un deterioro prematuro de la unidad.

1.2.2.1.1.1. Enfriada por aire

La unidad condensadora enfriada por aire se prefiere en las instalaciones industriales porque ofrece las ventajas de ser un sistema no muy costoso y no corrosivo.

La eficiencia de una unidad condensadora por aire puede aumentarse instalando una protección metálica alrededor del mismo. El aire puede extraerse de los condensadores o forzarse a través de ellos.

Es importante considerar en esta unidad su mantenimiento para obtener el servicio deseado, como limpiar el condensador con un fluido a alta presión (aire o agua), verificar que el ventilador esté balanceado, limpiar las aletas de polvo.

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

1. Superficie total de radiación formada por el tubo y aletas
2. Temperatura del aire ambiente en que esta emplazada la unidad condensadora.
3. Velocidad del aire a través del condensador.

1.2.2.1.1.1.1. Ventiladores

Son máquinas volumétricas, que mueven cantidades de aire, impartándole suficiente energía para darle movimiento y vencer la resistencia

del flujo en su trayectoria. En la industria se reconocen dos tipos de ventiladores como los son:

- ✓ de flujo axial, que tiene un impulsor giratorio para producir el flujo y puede ser: de hélice, tubo axial y deflector axial.
- ✓ de flujo radial, que tiene un rodete giratorio y una carcasa estacionaria para guiar el flujo, también llamados centrífugos.

Los ventiladores se hallan afectados por dos tipos de presiones: la presión estática que sirve para vencer las fuerzas que encuentra el flujo en su trayectoria y la presión dinámica que sirve para dar movimiento al flujo. La suma de ambas presiones es la presión total aplicada al ventilador.

Los ventiladores están integrados por aspas o aletas que guían el aire o gas. La posición de éstas, determinan la aplicación de los ventiladores. Las diferentes posiciones de las aspas pueden ser:

- ✓ aspas curvas hacia atrás, con el sentido de rotación en contra de las manecillas del reloj produce un flujo radial y forzado.
- ✓ aspas curvas hacia adelante, con el sentido de rotación en contra de las manecillas del reloj produce un tiro inducido.

Los ventiladores centrífugos son usados extensamente en trabajos de HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) debido a su capacidad para mover aire eficientemente contra una presión. El ventilador típico utilizado para A/A tiene una rueda de muchas aletas curvas hacia adelante, pues mueve grandes volúmenes de aire, para aplicaciones donde se necesiten pocas revoluciones y presiones medianas.

1.2.2.1.1.2. Enfriada por agua

El enfriamiento por agua en la unidad condensadora tiene la desventaja que es más costosa y necesita previamente un tratamiento de agua para disminuir las corrosiones o obstrucciones que pudiesen causar daños a la instalación. Debido a los cambios de temperatura y a que el agua contiene sales se van formando incrustaciones que van obstruyendo o reduciendo la capacidad del condensador.

1.2.2.1.1.2.1. Torres de enfriamiento

Las torres de enfriamiento se utilizan para enfriar y recircular agua para procesos industriales como:

- ✓ aire acondicionado
- ✓ enfriamientos en procesos de manufactura(ej. fundición de colada continúa, condensadores, etc.)

Las torres de enfriamiento están constituidas por una estructura alta a donde se lleva el agua y se deja caer paso a paso en forma de cascada con la finalidad de expulsar el calor que pueda contener, por medio de un ventilador o por presión atmosférica, de aquí nace los dos tipos de torres de enfriamiento y son:

- ✓ atmosféricas (sin ventilador) y
- ✓ de tiro mecánico (con ventilador), que pueden ser inducido o forzado.

Las torres atmosféricas enfrían el agua exponiendo su superficie al aire, y las torres de tiro forzado se monta el ventilador en la base y se hace entrar el aire en la base de la misma y se descarga aire caliente por la parte superior

accesible para su fácil inspección de mantenimiento preventivo, las torres de tiro inducido es el tipo que se emplea con mayor frecuencia y lo que se trata es sacar el aire caliente que pueda contener el agua que circula por la torre.

Según los diseños de flujos de torres pueden ser:

- ✓ de flujo cruzado (aire con respecto al agua esta 90°)
- ✓ de flujo contracorriente (se encuentra en sentidos opuestos aire y agua)

El que se recomienda, debido a la efectividad de funcionamiento, es el de flujo contracorriente porque tiene un flujo opuesto y el agua más caliente tiene contacto con el aire más frío, en una transferencia uniforme.

Los dos procesos de transferencia de calor que se realizan en una torre de enfriamiento son:

- 1) Enfriamiento evaporativo, que es el resultado de pasar de líquido a vapor, llevándose energía calorífica con él.
- 2) Transferencia de calor sensible debido a la diferencia de temperatura entre el agua y el aire.

Aproximadamente, en la torre, el enfriamiento evaporativo (por transferencia de calor latente) sucede en un 80% y la transferencia de calor sensible en un 20%. Por realizarse en un alto porcentaje el enfriamiento evaporativo todas las torres tienen un circuito que repone el agua pérdida por la evaporización. En su mayoría de veces el tanque de la torre de enfriamiento tiene un flotador conectado a una válvula, que se abre y deja pasar el agua, cuando a bajado a cierto nivel y con ello reponer el agua que se a perdido.

Para obtener la máxima eficiencia de enfriamiento en una torre, el agua y el aire deben estar en contacto íntimo, provocando una turbulencia en el mezclado; condición fundamental para la transferencia de calor y masa.

Para la selección de una torre de enfriamiento los parámetros que se necesitan conocer son: temperatura del agua de entrada (t_{ri}), temperatura del agua de salida (t_{ru}), temperatura del bulbo húmedo del medio (t_{bh}) y flujo del agua.

A continuación se da un ejemplo en una empresa para la selección de una torre de enfriamiento (basado por la empresa ABB):

Datos: $t_{ri}=30^{\circ}\text{C}$, $t_{ru}=25^{\circ}\text{C}$, $t_{bh}=19^{\circ}\text{C}$ (datos de diseño)

El escalón de capacidad correspondiente es 9. (Ver tablas No.1 ANEXO) Ahora se utiliza el diagrama de selección de la torre: dibujar una línea de selección en el escalón de capacidad en este caso 9 y dibuje otra línea en flujo de agua (litros/sec.). El punto en que se cruzan las dos líneas muestra la torre de enfriamiento seleccionada, en este caso en particular la torre seleccionada en el ejemplo es: 1-kafe-1-15-1-9

Nota: estos cálculos así como los diseños de las torres son exclusivos de la empresa ABB.

Descripción de las partes más importantes de la torre de enfriamiento:

- ✓ ventilador (tiene su chimenea y su medio propulsor: motor eléctrico).
- ✓ bandeja de agua fría: aquí se repone el agua pérdida y se agregan químicos

para su tratamiento.

- ✓ disipador
- ✓ guías para el aire
- ✓ rociadores (Ver fig. No. 5).

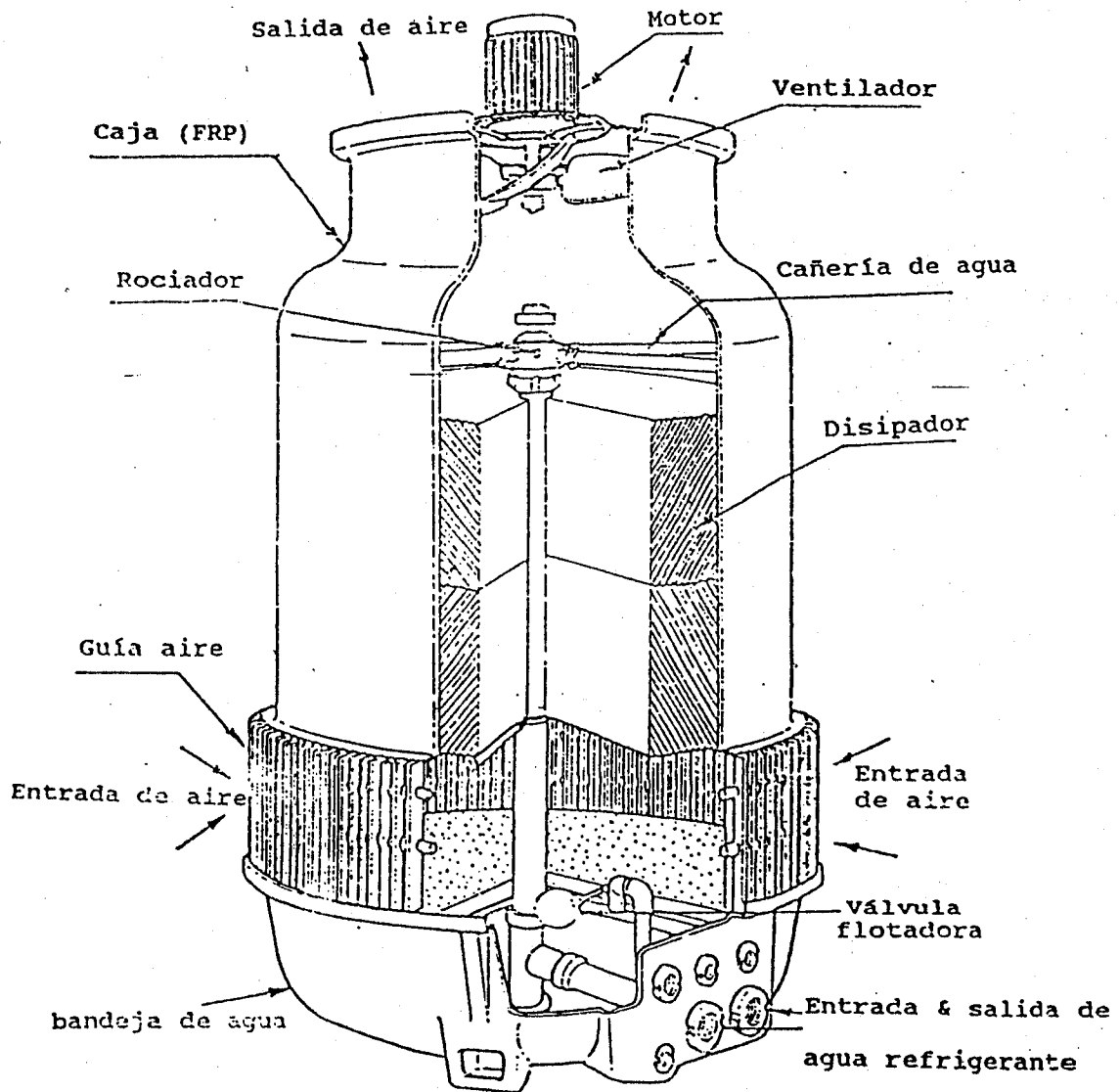


Figura No. 5 Torre de enfriamiento

Intecap. Proyecto de cooperación técnica de formación profesional. p. 6-32

1.2.2.1.1.2.2. Bombas de agua

Las bombas que se utilizan para trasegar el agua en un sistema de A/A, son de desplazamiento positivo, y están destinadas a comunicar presión y velocidad al fluido. Se clasifican en:

- 1) de émbolo con uno y varios cilindros,
- 2) centrífugas con uno o varios escalonamientos,
- 3) dispositivos rotatorios con impulsores de tornillo

Las bombas de émbolo funcionan ejerciendo directamente la presión sobre el fluido bombeado. Las bombas centrífugas ejercen la presión indirectamente, deteniendo gradualmente la impulsión comunicada al fluido mediante la rápida rotación de un impulsor alojado en una carcasa en forma adecuada. En las bombas de émbolo la entrada y salida están controladas por válvulas que se abren y cierran intermitentemente, mientras que en las bombas centrífugas la entrada y descarga son continuas, sin válvulas y sin dispositivos de control. Las bombas rotatorias combinan el método de presión positiva de la bomba de émbolo con entrada y descarga continuas de las bombas centrífugas, mediante el uso de impulsores rotatorios, tornillos, engranajes y lóbulos.

Generalmente, en los sistemas de A/A, ya sea de refrigeración directa o indirecta, se necesitan bombas para :

- ✓ impulsar el agua de enfriamiento,
- ✓ llevar el agua fría al condensador,
- ✓ la que hace circular el agua a la salida del condensador.

En cualquier tipo de bombas se distinguen dos flujos que son de: descarga y de carga o succión del fluido trasegado. Es importante mencionar que hay bombas que antes de ponerlas a funcionar es necesario cebarlas o lubricarlas. Se trata, con esto, impedir que la bomba trabaje en seco y pueda dañarse sus piezas internas. También hay que revisar que cuando se active una bomba no halla ninguna válvula cerrada pues obstruiría al flujo.

Los motores de las bombas traen para conectarlos a diferentes voltajes, por lo general 440/220 Volts o a baja tensión 110 volts. En el caso de bombas pequeñas. Las bombas industriales en su mayoría están conectados a 220 volts y como cualquier máquina eléctrica deben estar protegida por fusibles, por sobrecargas. Los fusibles deben de soportar un 20% más de la corriente nominal del motor para protegerlo, la corriente nominal es la que viene impresa en el motor y se puede comprobar por medio de un amperímetro de herradura, sabiendo que al principio toda máquina consume el mayor amperaje debido a un mayor esfuerzo que realiza para su funcionamiento se lee su amperaje nominal esto ocurre en un tiempo de 8 a 10 segundos.

1.2.2.1.1.2.3. Tubería de agua

Son los accesorios que se utilizan para guiar los líquidos, aire o gases, al punto donde se utilicen y en las condiciones que se desean. En los circuitos de tuberías pueden estar válvulas, filtros, codos, tees y mecanismos de soporte, las tuberías son piezas importantes en cualquier diseño ya que sus diámetros y longitudes nos ayudan a controlar parámetros como la presión y el caudal.

Las tuberías deben de ir aseguradas por soportes o anclajes a causa de cargas repetitivas o cíclicas que hubiesen en el sistema y a cambios de

temperatura, tipos comunes de soportes son:

- ✓ soporte tipo tirante (integrado por barra y tensor para graduar la altura),
- ✓ soportes anclados (integrado por anclaje y viga de soporte)

Un diseño de ingeniería en lo relacionado a tuberías tiene como finalidad:

- 1) reducir al mínimo resistencia por fricción,
- 2) accesibilidad para ampliaciones y mantenimiento
- 3) buen aspecto.

Por lo general las tuberías con que se fabrican las tuberías son: acero, hierro fundido, cobre, latón y plásticos.

Las normas que rigen el diseño, fabricación e instalación de tuberías son:

- ✓ *ASTM (American Society Testing Materials) es la norma que se refiere exclusivamente a los materiales.
- ✓ ASA (American Standard Association) trata las dimensiones, procedimientos y pruebas de las instalaciones.
- ✓ PFI (Pipe Fabrication Institute) se refiere a la fabricación y montaje de tuberías de agua.

Cuando se selecciona algún tipo de tubería hay que tener presente lo que es su designación por su número de lista ("shedule" o número de cedula) y en Guatemala se aplica son los siguientes:

- ✓ Estándard ("shedule" 40) se utiliza para fluidos a baja presión
- ✓ Extrafuerte XS ("shedule" 80), la pared es más gruesa y es designada para presiones medias.

- ✓ Doble extrafuerte XXS ("shedule" 120), es para aplicaciones de alta presión.

Esta designación es aconsejable utilizarla hasta tubos hasta tubos de 12" (30.48 cm.) de diámetro, para tubos mayores la norma es muy escasa. Para tubería de transmisión de calor se utiliza el cobre por ser un buen conductor de calor y esta tubería debe ser rígida de grado "L" ó "K", que son las designaciones comunes en el mercado.

Nota: el número de cédula se refiere al grosor de la pared del tubo y se debe tener en cuenta que el espesor de pared no se aplica al diámetro exterior del tubo, sino que a su diámetro interior.

1.2.2.1.1.2.4. Tratamiento de agua

El tratamiento de agua en las torres de enfriamiento se utiliza para proteger las instalaciones del sistema y obtener las condiciones de diseño de la misma. Por ejemplo, una aplicación del tratamiento de agua es la duración y conservación del relleno de las torres de enfriamiento ya que estas dependen de la calidad del agua circulante a través del sistema, por lo que es necesario controlar la cantidad de elementos no deseables. Esto se puede lograr mediante un tratamiento de agua o mediante purgas continuas; se debe limpiar periódicamente el relleno de la torre de enfriamiento con el fin de evitar incrustaciones o lodos, y causen obstrucciones al flujo de agua.

Cuando se desea limpiar un relleno para aumentar la transferencia entre el aire y agua, primero se abre una puerta lateral de la torre de enfriamiento seguidamente se inspecciona el relleno y se limpia hasta determinar que el flujo de agua no tiene obstáculos, y es parte de un mantenimiento semestral.

Ya que la torre de enfriamiento tiene espumas y están fabricadas de PVC pueden llegar a obstruirse por partículas contenidas en el agua por lo que a veces es necesario filtrar la misma.

1.2.2.2. Salmueras

Las salmueras se utilizan en la industria para adaptar los sistemas de refrigeración a temperaturas bajas, y se entiende por salmuera a cualquier fluido enfriado por un refrigerante y que circula como fluido de transferencia de calor. Para la selección de una salmuera para una actividad en particular se deben de considerar los siguientes aspectos:

1. **Seguridad:** la toxicidad y la inflamabilidad son dos factores de primordial importancia que deben tomarse en cuenta.
2. **Punto de congelación:** este dato es importante para poder gobernar la temperatura de operación deseada para el sistema de refrigeración.
3. **Costo:** costo de instalación y el costo del refrigerante.
4. **Corrosividad:** el diseño de salmueras libres de corrosión.

1.2.2.2.1. Salmueras de cloruro de sodio

Este es un tipo de solución acuosa de esta sal y ofrece un costo bajo por galón. Se utilizan mucho en sistemas abiertos a causa de su baja toxicidad, sus desventajas de operación son:

1. Su punto de congelación es relativamente elevado, digamos -9.4°C
2. Es muy corrosiva

1.2.2.2.2. Salmuera de cloruro de calcio

Este tipo de salmuera es de bajo costo de operación y su uso es más recomendable para temperaturas que descienden -32.2°C . Pero sus principales desventajas son:

- 1) No se puede utilizar en sistemas de refrigeración directa ,
- 2) Es muy corrosiva.

2. INSTALACIONES

2.1. Compresores

Es la máquina que se encarga de aumentar la presión y hacer circular al líquido refrigerante en un sistema de refrigeración y según su producción de aire se distinguen las siguientes clasificaciones:

- ✓ de desplazamiento positivo (flujo intermitente)
- ✓ de desplazamiento no positivo (flujo continuo) también se conoce con el nombre de máquinas dinámicas.

En un ciclo de refrigeración ocurren dos procesos uno de ebullición y otro de condensación del refrigerante. Para que se lleven a cabo estos procesos es necesario hacer circular el refrigerante en sus distintos estados, esto se logra por medio del compresor.

Es importante mencionar que para controlar la temperatura de ebullición de un líquido es necesario controlar la presión que se ejerce sobre éste.

La capacidad del compresor es la capacidad que tiene de succionar el líquido en este caso a refrigerar .

El cuidado que se debe tener con cualquier tipo de compresores es que sus partes internas permanezcan lubricadas para evitar el desgaste de las mismas. El nivel del lubricante de los compresores se observa por medio de mirillas de nivel que son las que indican la posición del lubricante. Esto se hace cuando el compresor no está funcionando.

A la salida del compresor se instala una trampa de aceite o separador de aceite que es utilizado para remover el exceso de aceite que pudiera contener el gas caliente. Este mecanismo es el encargado de recolectarlo y así evitar contaminaciones.

2.1.1. Función

La función del compresor es elevar la presión y temperatura del refrigerante para que se mantenga en estado gaseoso. A esta parte se le conoce como de alta presión. Este gas refrigerante comprimido pasará al condensador.

Para hacer una eficiente transferencia de calor en la condensación del líquido es necesario que antes de llegar al condensador esté lo bastante comprimido.

El compresor es el encargado de mantener al sistema en un flujo continuo y se pueda llevar a cabo los procesos de condensación y ebullición, que son los que ocurren en la refrigeración mecánica.

2.1.2. Tipos

2.1.2.1. Por su construcción

2.1.2.1.1. Hermético

Este tipo se refiere cuando el compresor y el motor se hallan ubicados en una misma unidad o envase cerrado por soldadura, y se encuentran unidos por un eje principal. Un ejemplo de este tipo son los compresores de las

refrigeradoras domésticas.

2.1.2.1.2. Semi-hermético

Estos compresores son cerrados pero no en su totalidad, el motor y el compresor se hallan unidos por una misma caja mientras que la tapa del cilindro y el cárter del cigüeñal se encuentran aseguradas con tornillos para su fácil mantenimiento. Un ejemplo de este tipo son los compresores utilizados por las unidades conocidas como "Chillers".

2.1.2.1.3. Abierto

Este tipo de compresor también los podemos encontrar en las unidades Chillar con la diferencia de que el motor y el compresor están montados independientemente y están unidos por un acoplador.

2.1.2.2. Por su sistema de mando

2.1.2.2.1. Mando directo

Este tipo de compresor y el motor están unidos sobre el mismo eje o por un acoplador.

2.1.2.2.2. Mando por correa

La transmisión se realiza por medio de una banda o correa entre el motor y el compresor.

2.1.2.2.3. Mando por engranaje

Para este tipo de transmisión entre el compresor y el motor se realiza por medio de un juego de engranajes y son utilizados en su mayoría en compresores de desplazamiento no positivo o continuos, que son compresores que producen altas velocidades.

2.1.2.3. Por su diseño

2.1.2.3.1. Alternativo

El principio de este compresor es que tiene un émbolo que se mueve dentro de un cilindro de manera recíproca para producir la presión del fluido, por medio de válvulas se produce la descarga y succión del fluido. Sus partes principales son: cárter, pistón, manivela, unidad de válvulas de presiones alta y baja, tapa de cilindro, sistema de lubricación, sistema de carga de refrigerante, visor, bomba de aceite.

El uso de este tipo de compresores no es recomendado utilizarlo en industrias alimenticias o farmacéuticas, ya que dentro del cilindro se encuentra aceite por rozamientos entre la camisa del cilindro y el émbolo; por lo tanto, en este tipo de industrias es necesario brindar un aire excepto de aceite o partículas indeseables dentro de los procesos.

2.1.2.3.2. Centrífugo

Este tipo de compresores puede mover un gran volumen de aire comprimido y lo comprime de la siguiente manera, se apodera del aire en la periferia de las aletas y lo comprime en el área central del eje, puede levantar

altas presiones dependiendo de las etapas que se tenga según su diseño.

Una de las ventajas de este compresor es su funcionamiento simple, pues no necesita un control estricto de lubricación, como uno de émbolo o rotativo.

Con la ayuda de la fuerza centrífuga se produce la compresión del gas refrigerante; para compresores centrífugos se distinguen dos tipos que son: de flujo axial e impulsores rotativos. Los compresores de tipo axial mueven el fluido en una dirección paralela al eje de rotación, mientras que las aletas rotativas desplazan el fluido a gran velocidad contra aletas fijas, obteniéndose la compresión.

Estos compresores son de alta revolución pueden producir entre 3500 y 4000 R.P.M., dependiendo del peso de la máquina porque hay compresores centrífugos de bajas R.P.M., que también mueven grandes volúmenes de aire.

2.1.2.3.3. Rotativos

Este tipo de compresores en la rama de refrigeración industrial no es muy utilizado porque levanta presiones muy bajas y se usan para aplicaciones muy livianas, sus ventajas son que es silencioso, tiene poca vibración y se aplica donde se desea un volumen elevado de refrigerante por unidad de enfriamiento.

Su compresión se realiza por movimiento rotativo, la carcasa del compresor tiene válvula de succión y de descarga, y esta formada por un anillo excéntrico que es el que realiza la compresión en su movimiento rotatorio y una paleta fija que es la que divide la succión y la compresión.

También hay compresores de varias paletas el cual se le llaman compresores de paletas rotativas.

El servicio de mantenimiento a este tipo de compresores se realiza por medio de una lubricación forzada a través de sus cojinetes hacia el cilindro, para mantener la máquina en óptimas condiciones.

2.1.2.3.4. De tornillo

También son conocidos en la industria como compresores de hélice y su funcionamiento se hace por dos rotores engranados, que realizan la succión y la compresión por contraflujo; elevando con ello la presión y la temperatura del gas refrigerante.

2.2. Evaporador

También se les conoce como unidad enfriadora ya que es el encargado de absorber el calor del recinto para obtener el aire de comodidad/procesos, deseado. Debido a que los clientes demandan distintos procesos de refrigeración industrial y comercial se fabrican distintos diseños de los mismos con el propósito de aumentar la eficiencia en la transferencia de calor.

La capacidad de un evaporador es la cantidad de calor que éste absorbe para evaporar el líquido refrigerante.

2.2.1. Función

La finalidad que persigue el evaporador es transferir calor entre dos cuerpos que están a distintas temperaturas. En el evaporador se encuentra el elemento refrigerante en sus dos estados (líquido y gaseoso). En el otro el cuerpo caliente al estar cerca del líquido refrigerante, éste absorbe el calor que tenga y se produzca dentro del evaporador la ebullición del refrigerante el cual será succionado por el compresor ya que si no fuese así se desperdiciaría el refrigerante y sería muy costoso reponerlo.

Una explicación de lo que sucede en el evaporador es que en el tubo del serpentín se encuentra el refrigerante y el tubo se coloca cerca del objeto caliente que se va a enfriar, el calor circulará del objeto caliente hacia el refrigerante, y hará que el refrigerante hierva y se vaporice. Los refrigerantes tienen bajo punto de ebullición y luego que ya está vaporizado se puede succionar hacia el compresor.

El evaporador se puede utilizar para enfriar agua o aire, es decir, por refrigeración directa o indirecta.

2.2.2. Tipos

Los evaporadores varían según su diseño de transferencia y se pueden dividir en dos grupos principales y son:

1. Expansión directa los que utilizan para enfriar aire
2. Los inundados que son los sumergidos en un líquido como las salmueras.

2.2.2.1. Expansión directa

Este es el tipo más usado en la refrigeración comercial e industrial, ya que es en el que se alimenta al evaporador por medio de una válvula de expansión del refrigerante y ésta es la encargada en controlar el flujo del mismo a través del evaporador. Y es notorio que de esta válvula depende mucho la cantidad de refrigerante a enfriar ya que el flujo es proporcional a la cantidad.

La construcción de los evaporadores puede ser:

1. Tubos desnudos
2. Placas de superficie
3. Tubos con aletas

En los tubos desnudos, las tuberías son generalmente de cobre o acero. Los de acero se utilizan para amoníaco para grandes capacidades, y los de cobre para medianas y pequeñas cargas. Los diseños más comunes de tuberías son en forma de zigzag, tubos rectos y espirales. En los evaporadores de placa de superficie son dos placas soldadas de tal manera que forman un conducto por donde pasa el refrigerante, puede ser de: cobre, acero o aluminio; se usa mucho en refrigeración doméstica, por su facilidad de limpieza y economía. Los evaporadores de tubos de aletas son evaporadores de expansión directa a los que se le instalan diseños de placas o aletas con la finalidad de aumentar el área de contacto del evaporador.

2.2.2.2. Inundado

El evaporador consta de serpentines fijados por espejos en los extremos

transmitir el mayor porcentaje de calor al medio enfriador.

2.3.2.1. Enfriado por aire

El condensador enfriado por aire aprovecha el aire como medio de disipación, se utiliza mucho para sistemas de baja capacidad.

Los condensadores enfriados por aire vienen en dos tipos:

- ✓ conducción natural
- ✓ conducción forzada

2.3.2.2. Enfriada por agua

Este tipo de condensadores tiene mayor capacidad de enfriamiento que los enfriados por aire es por ello que se les ve en unidades industriales de compresores de 2 HP, en adelante; generalmente, es la elección más económica si se dispone de un adecuado suministro de agua y de la instalación necesaria para su circulación.

Las subdivisiones de este tipo son:

Desde el punto de vista del sistema :

- 1) puede ser un sistema abierto, por ejemplo que el suministro de agua sea de un lago, municipal o río.
- 2) que el sistema utilizado sea cerrado, por ejemplo usando una torre de enfriamiento y con esto se lograría recuperar y reciclar el agua de enfriamiento.

2.4. Válvulas de expansión

Estos dispositivos de control son utilizados en los sistemas de A/A, como métodos de expansión de un líquido a presión determinada, que produce una mezcla de gas húmedo a baja presión para que pueda ser utilizado por el evaporador.

Las funciones básicas de los dispositivos de control o controles de flujo de refrigerante como se conocen en la industria son:

- 1) Medir el refrigerante líquido, para que pase al evaporador con un flujo igual a la cantidad que se evapora.
- 2) Mantener una presión constante entre el lado de alta y baja presión, para que el refrigerante se evapore a baja presión y a una temperatura correspondiente.

En la industria se utilizan controladores de flujo como válvulas de expansión, tubos capilares y controladores de flote que su funcionamiento persigue la misma finalidad de expansión.

Lo que difiere en estos métodos es la capacidad, por ejemplo en el uso de un tubo capilar es el método más sencillo de expansión de refrigerante que existe y consiste en un tubo de cobre generalmente de un pequeño diámetro e instalado en la salida del condensador y la entrada de evaporador, pero no es utilizado en unidades grandes se le ve más en refrigeración doméstica a causa de su baja capacidad y a veces se encuentra en unidades tipo paquete.

De los evaporadores de flote son utilizados generalmente en

evaporadores de tipo inundado, pues son controladores que por medio de una cámara de controlador de nivel puede estar instalados en el mismo evaporador.

Mientras que las válvulas de expansión funciona por medio de una boquilla pulverizadora, lo que hace que el evaporador nunca se llene con refrigerante líquido sino con una neblina por esta razón se suele llamar a veces sistema seco.

La característica de una válvula de expansión es mantener una presión constante en el evaporador, de líquido refrigerante.

2.5. Ductería

El aire acondicionado debe ser entregado al espacio o recinto en las cantidades correctas para los procesos, y con esto mantener las condiciones apropiadas de temperatura, humedad y movimiento de aire. Estos factores se pueden controlar haciendo una evaluación del diseño del equipo que se tenga y la instalación adecuada de accesorio (serpentines, reguladores, dampers). Para conducir el A/A al área donde se le necesite se utilizan ductos diseñados y aislados herméticamente para obtener las condiciones requeridas.

Los ductos son los encargados de conducir el aire de la unidad acondicionadora hasta el espacio donde se requiera, son generalmente de metal, por lo general lámina galvanizada que es un material apropiado por tener superficie lisa y con esto se obtiene la mínima resistencia posible que pudiese causar en la trayectoria de A/A, por aparte este tipo de material ayuda a no acumular el aire en cierta parte del sistema sino que lo conduce hasta el final de la trayectoria o sea no hay estancamientos.

En los diseños de ductos puede ser de dos formas rectangular o circular, en los ductos se trata de minimizar las vibraciones y el ruido que pudiesen causar las instalaciones por el flujo de aire, un aislante común para eliminar estos hechos es la cinta de algodón o tela de amianto, que son utilizados para reducir la transmisión del sonido, y estos aislantes pueden ir colocados en forma:

- ✓ envuelta y pegada
- ✓ envuelta y abrochada
- ✓ envuelta y atada con alambre

Algunos métodos de distribución de aire usados son:

- 1) El método convencional, que es cuando cada ramal y sección del ducto principal se dimensionan para la cantidad de aire que se va a transportar.
- 2) El conducto maestro, en el cual se hace un gran conducto el principal de dimensiones uniformes , y de aquí se toman todas las derivaciones.
- 3) El sistema de conductos individuales en el que el aire pasa a travez de los caños redondos .

Estos métodos pueden tener variaciones y combinaciones para obtener sistemas adecuados a las necesidades presentes.

Los conductos pueden ser redondos , cuadrados, o rectangulares, los redondos transportan más aire con menos pérdida por fricción que los conductos de cualquier otra forma.

La unidad acondicionadora se colocará del área destinada lo más cerca posible y evitar la cantidad de codos o vueltas y uniones que puedan tener el

circuito, para evitar pérdidas en el sistema.

2.6. Accesorios de circulación de aire

Son mecanismos que son utilizados para distribuir, guiar y/o hacer circular el A/A a una área destinada, estos pueden ser de aluminio o de plástico son los materiales comúnmente usados, según el fabricante. Según sea el diseño que se haya hecho para la mejor distribución de aire, el material a escoger debe de ser resistente a la corrosión y vibración.

Los diseños de las rejillas actuales se prestan para su fácil control y limpieza para su mantenimiento.

Las rejillas según su distribución y diseño pueden ser: 1,2,3 y 4 caminos.

Los difusores por lo general tiene diámetros para el suministro de 6" hasta 24"(pares) y tiene aletas que se utilizan para guiar y dispersar el A/A. Hay difusores que se pueden utilizar para suministrar o retornar el A/A.

Estos mecanismos se ajustan fácilmente, según las necesidades que se tengan, con las rejillas unas se pueden ajustar manualmente y otras que son complejas que hay que desarmar para poder graduar ya que tiene una serie de aletas guías. Los difusores, por ejemplo, existen del tipo de suministro por el centro por medio de toberas , que se gradúan por un tornillo que abre y cierra la abertura , las rejillas son por lo general en forma rectangular o cuadrada y los difusores son de forma circular.

3. CONTROL DE OPERACIÓN

3.1. Instrumentos de control

3.1.1 "Timers"

Son instrumentos de control que transcurrido cierto tiempo, previamente ajustado, la válvula temporizadora (timer) emite una señal de mando. Pueden ser eléctricos, electrónicos, neumáticos. La persona encargada gradúa el tiempo según la necesidad, por medio de una válvula que abre el paso a un depósito o acumulador y este tiempo que se tarda en llevar es el tiempo que la persona gradúa en el caso de un timer neumático, y después emite la señal al elemento para accionar otro accesorio, se aplica para transmitir señales de retardo. También se les conoce con el nombre de retardadores.

3.1.2 Controladores de presión

También se les conoce con el nombre de presostato y funciona sobre el lado de baja presión del sistema y sirve para arrancar o parar el motor del compresor, con el objeto de mantener la temperatura corriente en la cámara, nevera o área a enfriar.

Estos controladores funcionan así cuando el ciclo de refrigeración se halla funcionando la temperatura del evaporador disminuye gradualmente, y en consecuencia también lo hace la presión en el lado de baja del sistema.

Cuando el compresor esta en el período de parada dicha presión aumenta con su aumento de temperatura, estos cambios son los que forman la base para el funcionamiento de los controles de presión y los de temperatura.

Los controles de presión se subdividen en:

- a) presostatos de baja presión.
- b) presostatos de alta y baja presión combinados.

Los de baja presión actúan con cambios del sistema en el lado de baja del sistema, y difieren a los combinados en su construcción y está conectado al sistema por medio de una tubería de cobre en la aspiración del compresor, y está manda la señal a un fuelle. Es entonces cuando si baja la presión y hay un aumento de temperatura dicho fuelle se extiende hasta el punto donde cierra el circuito del motor del compresor y lo hace accionar. Con el trabajo del compresor va disminuyendo la temperatura y la correspondiente presión, el fuelle entonces se encoge, retornando a su estado normal y llega a un punto donde desconecta el compresor.

Los presostatos de alta y baja presión combinados son idénticos a los de baja presión, con la excepción de que llevan adicionado un mecanismo para la protección de la máquina en un exceso de presión.

Una norma de buena instalación y montaje de un presostato en un circuito de refrigeración es que este permanezca siempre a un nivel más alto que el compresor para evitar posibles fallas a causa del aceite que transporta el refrigerante.

3.1.3. Controladores de temperatura

Son dispositivos de control y también se les llama termostatos y se dividen en tres clases:

1. Para trabajar en contacto con el evaporador , este tipo es el que se usa en los refrigeradores domésticos.
2. Para actuar por inmersión en un baño de salmuera o líquido.
3. Para actuar por ambiente de aire en el interior de la cámara frigorífica.

En los dos primeros casos el control de la temperatura resulta mucho más fiable en su uso, a causa del contacto directo del bulbo con el evaporador o el depósito del líquido. En el tercer caso es necesario instalar el termostato en el lugar donde corresponde la temperatura media de la cámara.

3.1.4. Contactores

Los motores eléctricos que se utilizan en el sistema A/A, cuyo motor está calculado para un calentamiento según su bobinado en relación con la intensidad absorbida a plena carga, por lo que si ésta rebasa dicho límite aumentará posiblemente la temperatura del motor, haciendo que se queme o funda el motor.

Este problema también se puede producir si por alguna razón disminuye la tensión de la línea o bien no entra una fase y se queda funcionando con dos, si es trifásico, causaría un recalentamiento al motor, por lo cual el motor absorbe una intensidad mayor, y se quema el aislante.

Asimismo, cualquier clase de resistencia mecánica producida por desgaste de los cojinetes, provoca en las piezas mecánicas, roces entre el estator y el rotor.

Por todos estos motivos se comprenderá fácilmente la necesidad de emplear algún dispositivo que proteja debidamente el motor, cortando la corriente tan pronto como el motor absorba una intensidad superior a la normal; utilizando fusibles e interruptores automáticos, llamados comúnmente contactores.

3.1.5. Capacitores de arranque

El capacitor de arranque también se conoce como condensador de arranque, ya que almacena energía para posteriormente poderla utilizar. Un capacitor de arranque funciona así: el capacitor se instala en serie a un interruptor centrífugo y al devanado de arranque, lo cual hace el capacitor es crear una corriente adelantada y así el devanado de arranque está en desfase con el devanado de marcha. Cuando el motor alcanza 75% de su velocidad nominal, el interruptor centrífugo saga el devanado de arranque y el capacitor fuera del circuito.

Para comprobar si un capacitor se encuentra en buen estado hay que descargarlo, causando un corto circuito uniendo sus dos puntas, seguidamente utilizar el voltímetro y colocarlo en la escala más alta, al poner las dos puntas del voltímetro con las dos puntas del capacitor la aguja se moverá a cero y gradualmente subirá al infinito; si es así, el capacitor se encuentra en buen estado.

3.2. Limpieza de aire

El aire no es un elemento de los productos pero es necesario para la fabricación y conservación del mismo. El aire se encuentra libre en cualquier parte del planeta, pero con una calidad no adecuada para los procesos y para poderlo integrar al proceso productivo es necesario tratarlo para producir aire lo más puro posible. Esto se logra con un equipo en óptimas condiciones que los intercambiadores de calor ,(condensador y evaporador) estén limpios, instalaciones sin perdidas que no halla fugas; por ejemplo en las ducterías y tratando de no llevar el A/A desde la unidad hasta el área donde se le vaya a necesitar con tanta vuelta o sea con tanto codo, con el cambio de filtros programado.

El aire es un gas y por esta propiedad en donde se encuentre ocupa todo su volumen, en los laboratorios, en los procesos de manufactura, en las bodegas, en el Departamento de Envasado y Área Estériles. Para esto su manejo debe realizarse con estrictas medidas sobre el equipo e instalaciones para garantizar la calidad de los procesos productivos. Además, se debe considerar que hay una diversidad de productos que requieren diferentes condiciones ambientales, y ello esta en función de equipo, instalaciones, refrigerante, accesorios y ambiente.

Para un buen tratamiento de A/A el aire debe obtenerse del exterior y luego filtrarlo. Para poder ponerlo en circulación , la filtración aquí tratada es para la remoción de partículas sólidas contenidas en el aire. También hay ocasiones en que una remoción no solo puede ser sólida o líquida que se logra condensando el líquido. Eventualmente se pueden presentar situaciones en las que sea necesario aumentar ese contenido (humidificación), lo que implica todo lo contrario al anterior, que es la exposición momentánea a fuentes de

humedad en condiciones controladas de temperatura. (Ver fig. No. 6)

3.2.1. Filtros

Es necesario suministrar aire libre (tratado) de polvo y partículas que pudiesen contaminar el producto o el ambiente en que se elaboran los productos.

Para poder proporcionar un aire según sean las necesidades del proceso, se debe de contar con equipo para controlar la presión de aire, la humedad, impurezas y la temperatura, cada proceso se ajusta a circunstancias diferentes, por lo cual tiene equipo diferente.

Los elementos para eliminar impurezas (polvo, suciedad, humo, sólidos en suspensión) en el aire se llaman filtros y a veces se utilizan pre-filtros .

En la colocación de los filtros uno necesita alta eficiencia, que sea fácil mantenimiento, bajo costo, operación económica, y a la vez que cuando uno solicita filtros tiene que considerar parámetros como CFM (pies cúbicos por minuto que maneje) o que maneje el equipo y los que necesitan para la elaboración de los productos/procesos así como las plg. de agua que permite pasar sin que haya una pérdida significativa. Los filtros son usados para sistemas comerciales, residenciales, industriales. Tienen la ventaja de obtener un aire puro según su diseño, pero tiene la desventaja de ser elemento de restricción de presión del aire entrante al recinto, la mayoría de filtros esta fabricado de fibra de vidrio (fiberglass), los filtros necesitan un mantenimiento programado según sea su ambiente, ya que con el tiempo se van saturado de impurezas y van disminuyendo su eficiencia, un filtro debe se fácil de colocar y reemplazar.

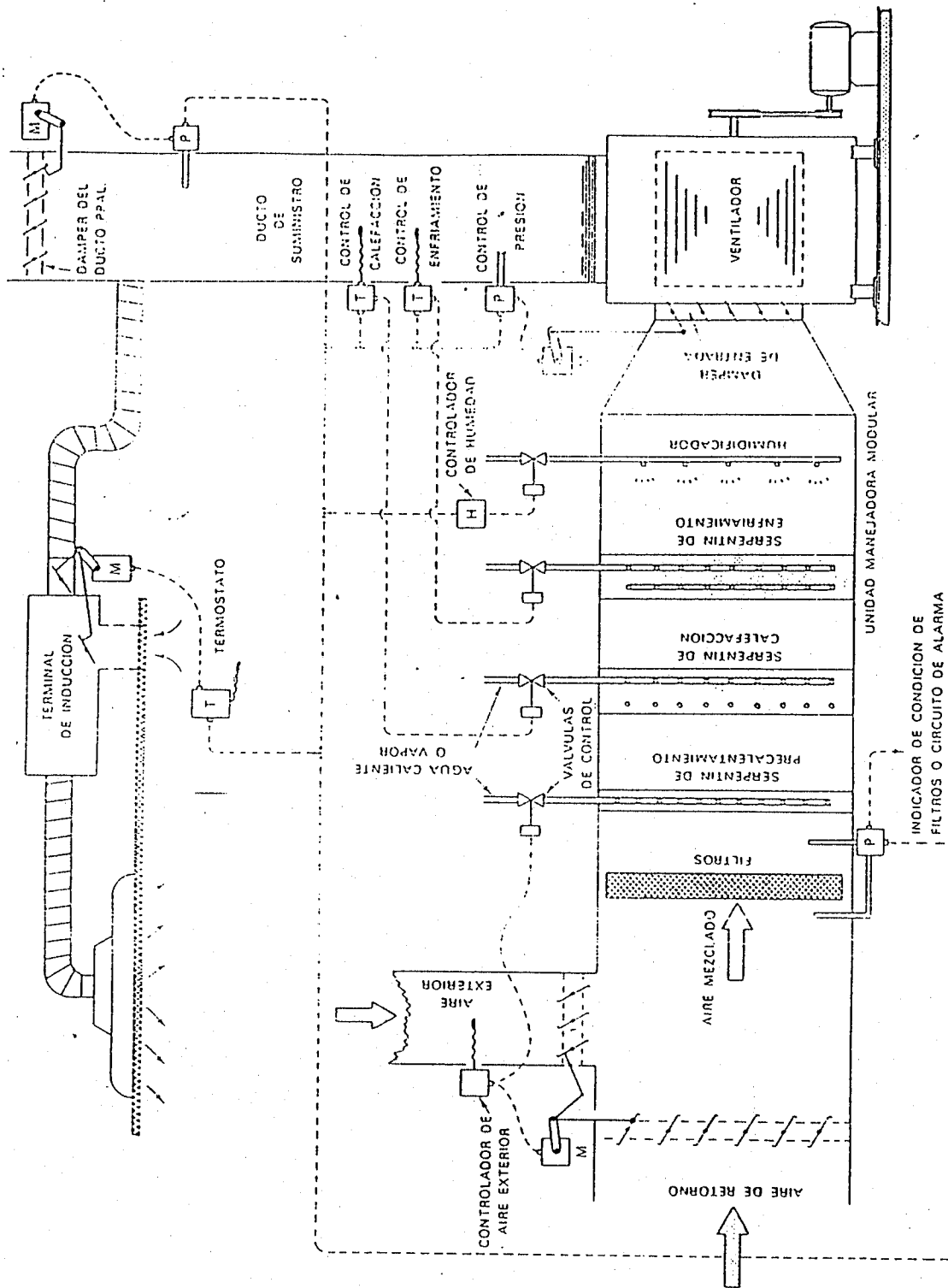


Figura No. 6. Limpieza del aire

Botero, Camilo. Manual de refrigeración y a/a. p. 712

3.3. Carga de refrigerante a equipo

Al momento de cargar un equipo es necesario considerar la cantidad de refrigerante que necesita para realizar su trabajo, remitiéndose asimismo a las indicaciones del fabricante. Si se dispone de las mismas, por la razón de que el fabricante a diseñado y verificado los productos bajo diversas condiciones de funcionamiento y a elaborado procedimientos concretos de carga. Los métodos para cargar equipos son:

1. Método del lado de baja o carga con gas.
2. Método del lado de alta o carga con líquido.

3.3.1. Métodos

El método de carga con gas a través de la conexión para el manómetro, en la parte de succión del compresor para realizar este método se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Abra la válvula de servicio de succión (j)
2. Afloje la unión (g) del lado de baja presión (succión) de la válvula múltiple de servicio que conecta a la válvula de servicio de succión en la entrada del manómetro.
3. Conecte la línea central de la válvula múltiple a la válvula del cilindro refrigerante(c). Use refrigerante nuevo de un cilindro llenado de fábrica, (Ver fig. No. 7).
4. Afloje la unión (f) del lado de alta presión de la válvula múltiple que conecta con la entrada del manómetro de la válvula de servicio para el líquido .
5. Purgue el gas desde el cilindro hasta la válvula de descarga del compresor.
6. Apriete la conexión de la válvula de servicio de descarga del compresor.

7. Purgue el gas desde el cilindro hasta la válvula de succión del compresor.
8. Apriete la conexión a la válvula de servicio de succión en la entrada del manómetro.
9. Coloque el cilindro de refrigerante sobre una balanza.
10. Presurice el sistema hasta la máxima presión indicada para el cilindro y haga una prueba final de pérdidas.
11. Ponga en marcha el compresor y aguarde hasta que se establezca las presiones de succión y descarga.
12. Cuando haya introducido el peso apropiado de refrigerante (dato del fabricante), agregue una reserva del refrigerante basándose en el tamaño del sistema. Luego cierre la válvula del cilindro © y las válvulas múltiples (e) y (d), y desconecte la línea de carga.
13. Con el sistema ya funcionando como es debido se cierran las válvulas de servicio de succión y de líquido, (j) y (h).

El siguiente método es cargar con líquido en un sistema. Para ello se introduce el refrigerante a través de la línea de líquido, los sistemas grandes están equipados con una válvula de carga de líquido en el recipiente.

Este es un método peligroso debido a que pueden producirse presiones hidráulicas dinámicas, que pudiesen provocar las roturas de las líneas, causando considerable daño. El método se aplica así:

1. Conecte un cilindro de refrigerante elevado (desciende por gravedad) a la válvula de carga por medio de un tubo de cobre, deje floja la conexión a la válvula de carga. Use un tubo de cobre lo más corto posible para reducir al mínimo la contaminación con humedad.
2. Abrir (d), purgar (h) de dos a tres segundos y volver a cerrar.
3. Apriete la unión e invierta el cilindro, colocando el conjunto sobre una

báscula. Abra con suavidad la válvula del cilindro para comprobar que no haya pérdida en las conexiones de carga.

4. Abra la válvula de carga de la línea de líquido (h).
5. Abra despacio la válvula (c) del cilindro, observe la presión de succión del múltiple.
6. Cuando haya reducido la cantidad adecuada de refrigerante, agregue una reserva basada en el tamaño del sistema.
7. Cierre la válvula de carga de la línea de líquido, deje cinco minutos y arranque el equipo.
8. Saque la línea de carga aflojando la conexión en la válvula de carga.
9. Abra la válvula receptora y observe la correcta operación del sistema.

3.3.2. Cómo evacuar un sistema

A los sistemas de A/A hay que purgarlos o vaciarlos de posibles gases y/o líquidos. Después de realizar alguna reparación, o cuando se va a cargar un sistema, lo que se busca es eliminar cualquier contaminante que pudiese existir en el sistema refrigerante.

Estos contaminantes impiden el buen funcionamiento del equipo y/o sistema. El método para evacuar es el siguiente:

1. Mantenga cerradas las válvulas de succión y de líquido de la unidad, (válvula del líquido ubicada en el condensador, válvula de succión en el compresor, utilizada para purga, carga o para tomar presión de funcionamiento). No suelte la carga de mantenimiento (pequeña carga temporaria que se introduce durante la fabricación) del condensador es un gas inerte, hasta que se haya completado la evacuación y la purga.
2. Haga todas las conexiones indicadas, ver Fig. No. 7

3. Cierre las válvulas de vacío (a) y (b).
4. Cierre la válvula múltiple (e), abra la válvula múltiple (d) y afloje la conexión (f).
5. Abra la válvula del refrigerante (c) y purgue el circuito a través de la unión (f) durante 10/15 segundos aproximadamente. Apriete la unión (f) y agregue refrigerante hasta llevar la presión a 3.5 kg/cm² (50 Psi.) presión de saturación de refrigerante. Luego cierre la válvula del refrigerante (c).
6. Verificar que si hay fugas en los sistemas. No se sigue con el siguiente paso si hay fugas, y si las hay se vuelve a presurizar el sistema. Abrir (j), aflojar (e) para que escape el gas inerte.
7. Afloje la unión (g) para soltar el gas hasta que la presión del sistema sea aproximadamente de 0.25 Kg/cm² (3.5 Psi). Luego apriete la unión (g) y abra la válvula (e).
8. Abra las válvulas de la bomba de vacío (a) y (b) y haga funcionar dicha bomba. Evacúe simultáneamente las líneas de líquido y de succión. Cuando el vacío alcance 736mm Hg en el manómetro de succión continúe haciendo funcionar la bomba de vacío durante 30 minutos, más o menos (depende de la capacidad de bomba de vacío).
9. Cierre las válvulas de la bomba de vacío (a) y (b), y detenga de inmediato cuando el circuito haya sido evacuado por completo y no aparezcan burbujas en el frasco indicador de presencia de aceite.

El procedimiento anterior eliminará por completo el aire. Además el vacío hará que cualquier residuo de agua hierva a 8 °C transformándose en vapor de agua.

Para evitar el cualquier riesgo de aire que pueda contener el compresor se aplica el método de la triple evacuación que es un método rápido y seguro, se evacúa el sistema tres veces, o sea carga y hacer vacío, hasta hacer tres

veces un vacío de 711 mm Hg , luego de la primera y segunda evacuación se emplea refrigerante nuevo para llenar el vacío y después de la tercera evacuación el sistema esta listo para cargarlo.

3.3.2.1. Equipo necesario

El equipo mínimo para cargar un sistema industrial es:

- ✓ Múltiple
- ✓ Cilindro de refrigerante
- ✓ Mirilla o frasco para detectar presencia de vapor, aceite o humedad
- ✓ Bomba de vacío(que varía según su capacidad).

Este equipo es el que se utiliza tanto para evacuar como para cargar un sistema.(Ver fig. No.7)

3.4. Características de los refrigerantes

Los refrigerantes son fluidos que se utilizan para absorber calor, y son utilizados como medios de enfriamiento en los sistemas de A/A. El refrigerante debe de tener la facilidad de comprimirse y expandirse, a diferentes temperaturas según el diseño del equipo .

Las características de los refrigerantes son importantes en lo que respecta al equipo a utilizar y a la aplicación que vaya a tener, y esto determinara el refrigerante a utilizar.

Los refrigerantes están constituidos de diferentes materias, tales como agua, amonio, éter, de estos simples hasta los más compuestos como los

clorofluocarbónicos .

Los refrigerantes deben absorber calor, pero aparte de esta característica deben de tener otras como seguridad, condensación, evaporización que son otras condiciones o factores que debe poseer. Algunas condiciones/características de los refrigerantes son:

1. Alta seguridad, es decir, no inflamable, no tóxico, no irritante, no corrosivo esto es para proteger a las personas encargadas en manipular estos elementos y a las instalaciones y equipos en sí.
2. Baja temperatura de ebullición, para evaporarse con facilidad ante las condiciones requeridas.
3. Alto calor latente de vaporización, o sea cuanto mayor sea el calor latente de vaporización, mayor será el calor absorbido por kilogramo o libra de refrigerante.
4. Químicamente estable, que sea capaz de poder cambiar de estado para poder recircular en el sistema.
5. Temperatura y presión crítica, considerar estos parámetros para la condensación.
6. Fácil detección de fugas, para evitar pérdidas del mismo o contaminación del sistema.
7. Los refrigerantes deben de ser insolubles con el aceite lubricante de los compresores, para no evitar la función de lubricación.
8. Bajo punto de congelación, para no formar hielo o escarcha en el evaporador.
9. Buena fluidez y baja viscosidad.
10. Económico.

Estas pueden ser unas características de refrigerantes pero, para cada aplicación y sistema, tiene sus características específicas. Por ejemplo los refrigerantes como el amonio tiene alto calor latente pero ofrecen poca seguridad, mientras los R12, R22 que son los más utilizados son más seguros aunque ofrezcan menos calor latente. Una desventaja de estos refrigerantes es que destruyen la capa de ozono de la atmósfera por tener moléculas de cloro, en su composición, lo que constituye una amenaza para la humanidad, por lo que la producción mundial de ellos viene reduciéndose y los viene a desplazar los refrigerantes ecológicos o alternativos como el 134-a (Que son los fluorocarbonos o sea los que no tienen cloro).

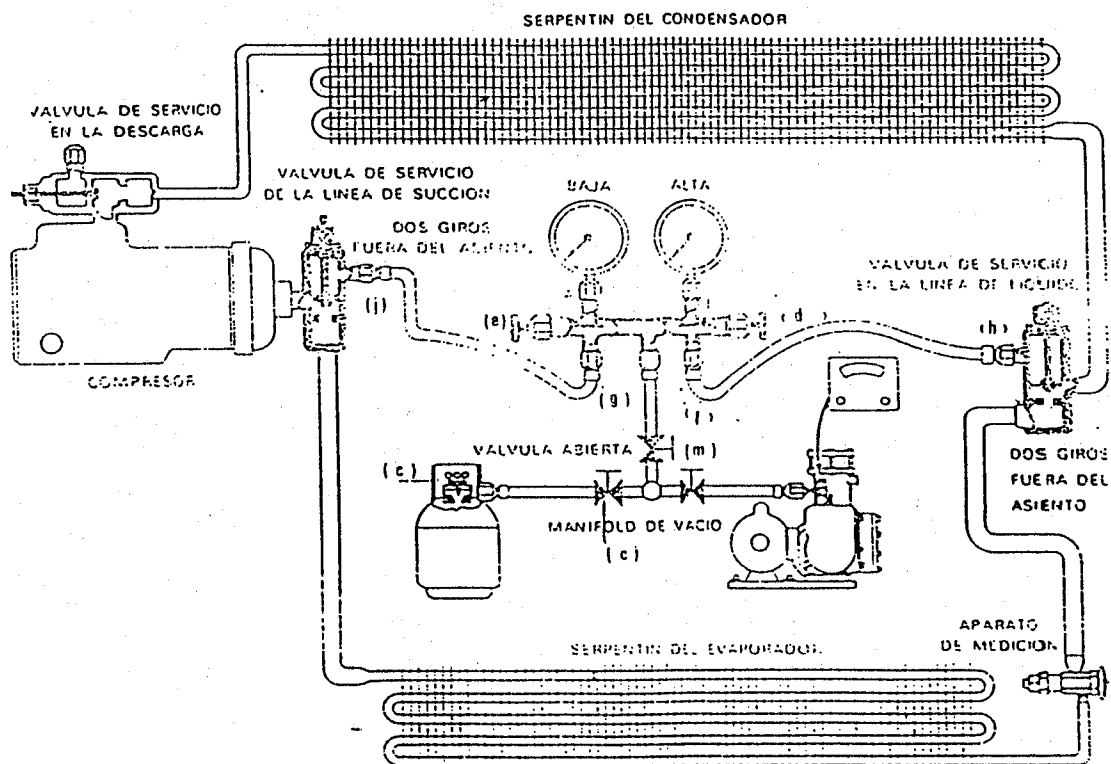


Figura No.7 Carga de refrigerante

Botero, Camilo. Manual de refrigeración y a/a. p. 113

4. APLICABILIDAD DEL SISTEMA DE A/A EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA

4.1. Aplicación del sistema de A/A en una planta farmacéutica

El aire acondicionado es un sistema que ayuda a mantener y conservar los productos, al enfriamiento de recintos destinados a almacenar materia prima en diversas condiciones (líquidos, gaseosos o sólidos), para deshumidificación del aire en fases especiales de acondicionamiento del aire.

El aire acondicionado en ABBOTT Laboratorios se utiliza para lograr efectos de :

- ✓ comodidad del ambiente
- ✓ propiciar condiciones de humedad para la ejecución de los procesos.

4.2. Descripción del sistema utilizado

El sistema de refrigeración de ABBOTT es de tipo indirecto; es decir, que el refrigerante Freón- 12 no tiene contacto directo con el área que se va acondicionar por posibles fugas que pudiesen existir en el sistema y puedan dañar los procesos o productos, sino que absorbe el calor que contenga el agua y la prepara para acondicionar el área destinada.

El sistema de A/A consta de: chiller´s, manejadoras, bombas de agua, filtros, ducteria, dampers y mecanismos que conducen el aire al área de utilización.

El origen del proceso de refrigeración comienza en los chiller's que es una unidad constituida con un evaporador, un condensador y un compresor. En el cual en el evaporador circula Freón-12 a baja presión y temperatura, producido por la restricción que se ha dado por la válvula de expansión y es allí donde se absorbe el calor que pueda contener el agua.

El freón-12 es comprimido y entra al condensador el cual se utiliza para rechazar el calor existente en el circuito. El agua a baja temperatura es bombeada a las manejadoras donde por medio de un serpentín prepara el aire que se utilizará para llegar a las condiciones de humedad y temperatura.

4.3. Parámetros que deben manejarse en el sistema

El A/A es el control de factores que afectan las condiciones atmosféricas que rodean al ser humano dentro de una estructura, tales factores son: temperatura, humedad, polvo y olores.

Para llegar a obtener los resultados deseados y conservar/mantener los procesos o productos en un área donde se necesiten condiciones de humedad específicas, es necesario considerar los parámetros siguientes:

4.3.1. Presión

Mantener la presión adecuada en las áreas acondicionadas. Hay que diferenciar la presión positiva con respecto a otras áreas, hay actividades que requieren tener presión positiva en sus procesos, por ejemplo un área estéril. Logrando optimizar accesorios como codos, filtros, pre-filtros, elementos que restringen la presión adecuada de caudal de aire.

4.3.2. Temperatura

Controlar la temperatura existente en el ambiente y la temperatura a la cual se suministra el aire. Esto se puede lograr diseñando el sistema según su aplicación y necesidades. Por ejemplo, cuando se requiere aire húmedo hay que humidificarlo o si es el contrario hay que deshumidificarlo, con los distintos mecanismos como serpentines, aletas, válvulas de control, timers.

4.3.3. Movimiento de aire

Renovación del aire contaminado o viciado, filtración de aire en las áreas vecinas al lugar de acondicionamiento y controlar los olores. El movimiento de aire tiene que ver mucho con la comodidad y su velocidad de introducción al recinto o área de aplicación es muy importante también los filtros y rejillas y cualquier accesorio mecánico que interfiera en el paso del A/A, disminuye su eficiencia de velocidad, pero se logran controlar otros factores como limpieza de aire. Al mayor movimiento de aire hay descenso de temperatura.

4.3.4. Humedad relativa

El porcentaje de humedad relativa que se necesita en el área de trabajo. Para elaborar los procesos farmacéuticos se recomienda que el porcentaje de HR este por debajo de 40%. El contenido de humedad del aire se indica por la sensación de sequedad en el invierno o pegajosidad en el verano.

4.4 Requerimientos del sistema de A/A en una planta farmacéutica según control de medicamento, certificaciones de calidad y las buenas prácticas de manufactura

Crear las condiciones de humedad en una planta farmacéutica para poder llevar a cabo la fabricación de medicamentos es parte de un sistema de A/A, y de conformidad con la ley que deben cumplir con los reglamentos que exijan las autoridades del Ministerio de Salud, a través del Departamento de Registro y Control de medicamentos, Sección de Supervisión.

En las actividades de manufactura de Laboratorios ABBOTT, deben proporcionarse las condiciones de trabajo necesarias para fabricar los medicamentos que son igual o menor al 40% de humedad relativa. Puesto que se manejan materiales y procesos, que necesitan estar en una ventilación apta para no dañarlos o estropearlos. El aire inyectado puede ser 100% aire fresco o una mezcla de aire fresco o renovado con aire reciclado del propio local, dependiendo de las condiciones de operación que se tenga en la planta farmacéutica que algunas veces permiten o no la recirculación, tomando en cuenta si se controla adecuadamente la contaminación de polvo y gases.

Los sistemas de filtración de aire deben incluir pre-filtros y filtros para lograr pureza del aire en un rango de 85% - 95% (deben de presentarse planos de aire en el Departamento de Registro y Control de medicamentos para su autorización). La importancia de tener los planos actuales de un sistema de A/A es porque facilitan su mantenimiento, para tener una base fundamentada de localización de mecanismos y ver si cumple con los requisitos. Esto se hace importante en cualquier proceso de ingeniería.

Un sistema de A/A requiere para su buen funcionamiento que se tenga control sobre éste y se logre de él los mayores beneficios, al más bajo costo, con un mantenimiento programado al equipo.

Laboratorios ABBOTT es una empresa que se dedica a la fabricación de productos farmacéuticos y para llevar a cabo tales procesos es necesario contar con la aprobación de normas legales que tienen que ver con la higiene y seguridad de los productos y que deben cumplirse para poder fabricarlos. Estas normas legales son verificadas por el Ministerio de Salud cada 5 años y ,éste es el encargado de velar por que se cumplan y así poder fabricarlos.

Esta organización debe cumplir con normas del FDA (Food and Drug Administration) que garanticen la calidad de sus productos, para que estos puedan salir a un mercado internacional. Estas normas se convierten en certificaciones de calidad que van juntamente con el producto que se está entregando. Para cumplir con estas normas es necesario cierta calidad en el sistema de A/A, por lo cual la empresa debe realizar un esfuerzo integral entre: administradores, operarios, equipo, máquinas, instalación y la reacción. Estos elementos deben servir para obtener la satisfacción de lograr los objetivos fijados. Esto se debe que en una planta el sistema de A/A es más funcional, de los procesos de manufactura, se hace necesario controlar sus parámetros con el fin de mejorar o conservar los gastos dentro de lo establecido.

Para esta organización su misión es proveer productos que presten un buen servicio a la salud mundial, de alta calidad y a un costo favorable.

4.5. Estudio de capacidad del sistema vrs. cargas que se aplican

La medida de la capacidad del sistema de A/A radica en el compresor si es de tipo directo o en la manejadora si es de tipo indirecto; pues estos elementos proporcionan una cantidad de trabajo, para el ingeniero de planta. El interés fundamental de cualquier máquina es saber si cumple con las especificaciones del proceso actual y si cumplir en ampliaciones futuras.

El control del sistema de A/A depende del operador de cuarto de máquinas, quién es el encargado de llevar los consumos de: combustibles, ajustes, calibraciones de instrumentos, control del sistema de tratamiento de agua y mantenimiento de sus partes. También se puede recurrir a asesoría externa. Es importante que se realicen manuales de operación para que el personal sepa claramente lo que dice el fabricante y para que sirvan de inducción al personal nuevo. A continuación se analiza un equipo farmacéutico de tipo indirecto, con datos de placa y consumos basándose en cálculos:

Equipo Chiller No. 1

Presión de descarga: 150 psi, presión de succión 62 psi, presión de aceite 95 Psi. Marca York Division, Penna

Máxima presión: 300 psi. Rango de temperatura del refrigerante -20°F hasta 300°F. Modelo 1967. Evaporador presión 23 Psi. Temp. 40°F

Equipo Chiller No. 2

Presión de descarga 180 psi, presión de succión 60 psi, presión de aceite 90 psi.

Marca York Division, Penna . Modelo 1967

Máxima Presión 300 psi. Rango de temperatura del refrigerante -20°F hasta 300°F. Evaporador presión 32 Psi. Temperatura 50°F

Bomba de alimentación succión 11.5 psi. descarga 40 psi.

Los parámetros de los chiller´s varían según las condiciones climatológicas y de trabajo que tengan.

La capacidad del sistema de A/A comienza en las manejadoras, en las cuales se procesa el volumen del aire por unidad de tiempo que se lleva a determinado lugar, a través de los ductos del sistema.

Manejadora No. 1. área 16.67 pies², Velocidad 355 pies/minuto, CFM 5917.87 pies³/min Temp. De suministro 20°C. Humedad Relativa 38%

Manejadora No.2. área 8.50 pies², Velocidad 40 pies/minuto, CFM 340 pies³/min, Temperatura de suministro 15°C Humedad Relativa 38% CFM

Totales 6,257.87 pies³/min. Humedad Relativa 38%.

Con los datos anteriores se determina que este equipo cumple con las especificaciones de procesos para elaborar medicamentos que necesitan humedad relativa menor 40%. Para ello debe usarse limpiador de cerdas para el condensador y limpiar los filtros de admisión del aire atmosférico de la manejadora dos ya que restringe la velocidad de admisión.

Para analizar las distintas etapas en los refrigerantes en el circuito de A/A, hay tablas que según la presión que tenga en determinado punto le corresponde una temperatura dada.

4.6. Aplicación de criterios de optimización de energía

A continuación se presenta una lista de comprobación para la búsqueda de oportunidades de conservación de energía. Este listado permitirá través de un análisis sencillo, determinar los aspectos principales a los que deben ser dirigidos los esfuerzos para tener, desde el principio, perspectivas para lograr el éxito.

1. Aislar con el espesor óptimo los ductos de aire acondicionado y cuartos de refrigeración.
2. Ajustar la temperatura del agua de enfriamiento del condensador a la más baja, según el diseño del equipo.
3. Verificar que la operación de descongelamiento de los evaporadores se efectúe periódica y eficientemente.
4. Evitar que los condensadores estén ubicados en lugares con poca ventilación o muy calientes.
5. Mantener el compresor con un nivel óptimo de aceite y cargar regularmente para su operación, el compresor debe operarse dentro de los límites correctos de temperatura, presión y electricidad (datos del fabricante).
6. Localizar y reparar fugas de aceite en el compresor y fugas de refrigerante en las líneas de distribución.
7. Verificar carga del refrigerante.
8. Registrar las presiones y las temperaturas de succión y de descarga periódicamente y verificarlas con las del diseño.

9. Remover la suciedad de la superficie del serpentín del condensador y evaporador, lavándolo con agua o aire a presión.
10. Verificar el tratamiento adecuado del agua que se utiliza para el enfriamiento.
11. Encender los equipos en las primeras horas del día.
12. Mantener las áreas acondicionadas cerradas, para evitar contaminación de otros lugares.
13. Verificar el mantenimiento y evaluar su frecuencia de realización.
14. Chequear cada cierto tiempo (mensual) el nivel de ventilación del área a la cual se suministra el servicio, para verificar si se cumple con normas establecidas tanto internamente como externamente.
15. Evitar en el diseño sean colocados accesorios que obstaculicen o restrinjan la velocidad o el movimiento del A/A (optimizarlo). (fig. No.8)
16. Limpiar los filtros y pre-filtros de los sistemas de A/A trimestralmente, según el área o lugar de trabajo.
17. Revisar amperajes de los motores del compresor-condensador semanalmente.

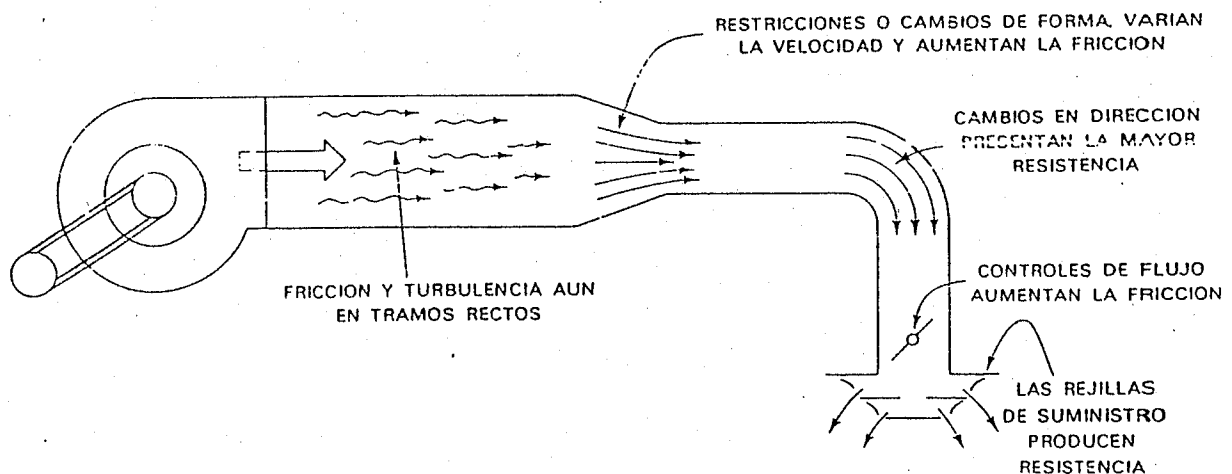


Figura No. 8 Optimización de la energía

Botero, Camilo. Manual de refrigeración y a/a. p. 477

CONCLUSIONES

1. En las plantas farmacéuticas ocurren pérdidas innecesarias en su sistema de aire implican gastos que aumentan los costos de los procesos, por lo que es importante controlar en el sistema los siguientes aspectos:
 - los parámetros adecuados para la elaboración de sus procesos y
 - velar por el buen funcionamiento del equipo y accesorios que se utilicen, para ofrecer un mejor servicio a los consumidores de este sistema de energía e incurrir en una reducción de costos.
2. Para el manejo/uso del sistema A/A, la Gerencia de Ingeniería de Planta debe estar consciente de las formas de ahorro de energía que pueden conseguirse aplicando criterios de optimización y las transmita a los operadores y usuarios.
3. La aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura, Certificaciones de Calidad y sistemas de control, Normas ISO 9000, requieren que los servicios del sistema de A/A de una planta farmacéutica sean proporcionados con la eficiencia y calidad adecuados.
4. La limpieza a los elementos de intercambio de calor (serpentines) y el cambio de filtros de aire, hace más efectivo el suministro de aire.

5. Es importante registrar las mediciones en hojas de control del sistema como la humedad relativa, presiones del compresor, temperatura del aire de suministro y volumen del aire, para que sirvan de referencia para la elaboración de los procesos y con ello verificar el buen funcionamiento del sistema.

6. Los sistemas de filtración de aire para la elaboración de medicamentos deben incluir prefiltros y filtros para lograr la pureza del aire en un rango de 85%-95%, requisito que debe cumplirse en el Departamento de Control de Medicamentos, para su autorización. Cuando es un área estéril se debe utilizar filtros 99.97% de pureza; es decir, filtros absolutos o hepa, en estas áreas debe prevalecer presión positiva.

7. El nivel de ventilación se define por el número de cambios por hora, que resulta de dividir la cantidad de aire inyectada al local (CFM), entre el volumen del local.

RECOMENDACIONES

1. Que el departamento de Mantenimiento/Manufactura/Control de Calidad guíe y supervise que las actividades para controlar el sistema de A/A, se lleven a cabo, para alargar la vida útil de las máquinas. También que en los procesos llenen los requisitos de normas establecidas.
2. Apoyar a instituciones gubernamentales o privadas que se dedican a asesorar al sector industrial, manufacturero, eléctrico, etc. Como por ejemplo: INTECAP, AGG (Asociación de Gerentes de Guatemala), OCCT (Organización para la Cultura de la Calidad Total). Estas que son instituciones que se preocupan por las empresas, ya que buscan una superación nacional e integral.
3. Proveer a los operadores del sistema de A/A el entrenamiento necesario para actualizar sus conocimientos de operación del sistema por medio de: seminarios, cursos de capacitación, videos, visitas a otras industrias, etc.
4. Conocer los tipos de instrumentos para medir parámetros en el sistema de A/A en una planta farmacéutica e instruir al personal en su utilización para controlar más adecuadamente el consumo de este sistema.

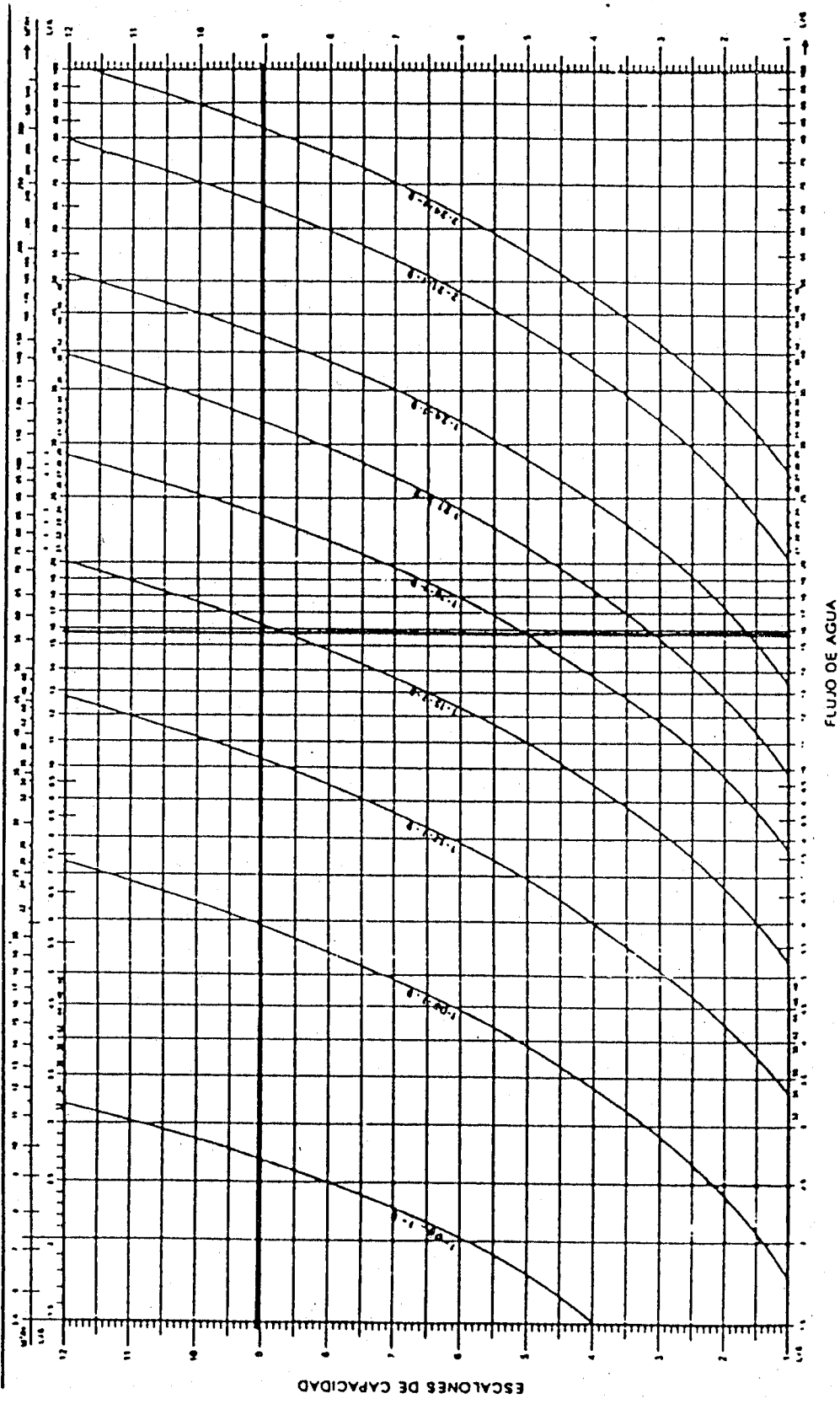
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALARCÓN, Creus **Tratado Práctico de Refrigeración Automática** 11^a. Edición (Alfaomega Boixareu, Marcombo, 1996). Pág. 36-38
2. CARRIER, **Manual A/A** , (International Limited, Marcombo Barcelona 1996). Pág 7
3. CÓDIGO DE E.E.U.U. **REGLAMENTOS FEDERALES Buenas prácticas de manufactura.**(vigentes para productos farmacéuticos.1998) Pág. 54
4. INTECAP **Proyecto de cooperación técnica de formación profesional.** (Internacional (1992), Cursos para instructores de formación profesional.) Pág. 12

BIBLIOGRAFÍA

1. ALARCÓN, Creus. Tratado práctico de refrigeración automática Alfaomega Boixareu, Marcombo,1996.
2. BOTERO, Camilo. Manual de refrigeración A/A , Prentice-Hall, 1986
3. CARRIER, Manual A/A , International Limited, Marcombo. Barcelona (1996)
4. CÓDIGO de E.E.U.U. reglamentos federales. Buenas prácticas de manufactura. Vigentes para productos farmacéuticos.1998
5. INTECAP. Proyecto de cooperación técnica de formación profesional. Internacional (1992). Cursos para instructores de formación profesional.

KAFE SELECCION DE TORRES DE ENFRIAMIENTO



TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO = 19°C

ESCALONES DE CAPACIDAD

t ri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	19.6	20.0	20.4	20.7	21.0	21.3	21.5	21.7	21.9	22.0	22.2	22.3
25	19.7	20.2	20.7	21.0	21.4	21.7	22.0	22.2	22.4	22.6	22.8	22.9
26	19.8	20.3	20.9	21.3	21.8	22.1	22.5	22.7	23.0	23.2	23.4	23.5
27	19.9	20.5	21.1	21.6	22.1	22.5	22.9	23.2	23.5	23.7	23.9	24.1
28	20.0	20.7	21.3	21.9	22.5	22.9	23.3	23.7	24.0	24.3	24.5	24.7
29	20.1	20.8	21.6	22.2	22.8	23.3	23.8	24.1	24.5	24.8	25.1	25.3
30	20.2	21.0	21.8	22.4	23.1	23.7	24.2	24.6	25.0	25.3	25.6	25.9
31	20.2	21.1	22.0	22.7	23.4	24.0	24.6	25.0	25.5	25.8	26.2	26.5
32	20.3	21.2	22.1	22.9	23.7	24.4	25.0	25.5	25.9	26.3	26.7	27.1
33	20.4	21.4	22.3	23.2	24.0	24.7	25.4	25.9	26.4	26.8	27.2	27.6
34	20.5	21.5	22.5	23.4	24.3	25.0	25.7	26.3	26.8	27.3	27.7	28.1

ABB Sistemas, S.A.