

96



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON

“PROYECTO DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA
DE AIRE ACONDICIONADO”

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTAN:

CARLOS SAMUEL SÁNCHEZ DEL PINO
OSCAR ANTONIO SÁNCHEZ DEL PINO

ASESOR:

ING. ADRIAN PAREDES ROMERO



MÉXICO

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

OSCAR ANTONIO SÁNCHEZ DEL PINO
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 12 de noviembre del año en curso, presentada por Carlos Samuel Sánchez del Pino y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. ADRIÁN PAREDES ROMERO pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado "PROYECTO DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 26 de noviembre del 2000
LA DIRECTORA


ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ





- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- C p Asesor de Tesis.

LTG/AR/11a.
X

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

**CARLOS SAMUEL SÁNCHEZ DEL PINO
PRESENTE.**

En contestación a la solicitud de fecha 12 de noviembre del año en curso, presentada por Oscar Antonio Sánchez del Pino y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. ADRIÁN PAREDES ROMERO pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado "PROYECTO DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO", con fundamento en el punto 8 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, México, 26 de noviembre de 2001
LA DIRECTORA

L. M. G.
ARQ. LILIA TURCOTT GONZALEZ



CB

- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/IIa.

X

RECEBIDO
FALLA DE ORIGEN



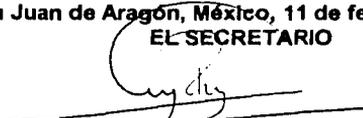
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 11 de febrero del año en curso, por la que se comunica que los alumnos ÓSCAR ANTONIO SÁNCHEZ DEL PINO y CARLOS SAMUEL SÁNCHEZ DEL PINO, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, han concluido su trabajo de investigación intitulado "PROYECTO DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

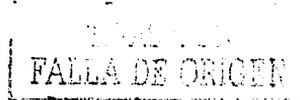
Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 11 de febrero del 2002
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/RCC/vr



AGRADECIMIENTOS

DE CARLOS SAMUEL Y OSCAR ANTONIO:

GRACIAS MAMÁ POR TODO EL APOYO QUE NOS HAS BRINDADO, NO SOLO PARA EDUCARNOS, SINO HASTA PARA OBTENER ESTE TÍTULO Y TAMBIÉN POR TU AMOR Y CARIÑO, QUE NOS BRINDAS CADA DÍA.

PARA NUESTRAS ESPOSAS E HIJOS, POR COMPRENDER EL TIEMPO QUE NO PUDIMOS DEDICARLES POR ELABORAR ESTA TESIS.

AL INGENIERO ADRIAN PAREDES ROMERO:
POR EL GRAN APOYO Y TIEMPO QUE NOS DEDICO PARA PREPARAR ESTA TESIS.

AL INGENIERO SÉRGIO GALICIA RANGEL:
POR SU ORIENTACIÓN Y AYUDA INCONDICIONAL.

AL INGENIERO JOSÉ LUIS GARCÍA ESPINOZA:
POR CONTAR SIEMPRE CON SU AYUDA.

AL INGENIERO JESÚS NÚÑEZ VALADEZ Y
AL INGENIERO ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA:
POR DEDICAR SU VALIOSO TIEMPO EN LA REVISIÓN Y CORRECCIÓN DE ESTA TESIS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE

Título de la tesis.....	1
Objetivo General.....	1
Objetivos Particulares.....	1
Marco Teórico.....	2
Justificación del Tema.....	2
Introducción.....	2
Capítulo I Principios de la refrigeración.	
I.1.- Conceptos Básicos.....	4
I.2.- Sistemas de Refrigeración.....	12
Capítulo II Sistema de refrigeración.	
II.1.- Refrigerantes.....	17
II.2.- Compresores.....	19
II.3.- Condensadores.....	22
II.4.- Evaporadores.....	30
Capítulo III Sistemas de Control.	
III.1- Controles de refrigerantes.....	35
III.2.- Controles eléctricos.....	39
Capítulo IV Accesorios	
IV.1.- Tuberías, uniones y accesorios.....	46
IV.2.- Lubricación.....	47
IV.3.- Descongelación.....	58
IV.4.- Motores impulsores de los compresores.....	62
Capítulo V Acondicionamiento de aire.	
V.1.- Sistemas de acondicionamiento de aire.....	71
Capítulo VI Análisis del entorno del Laboratorio.	
VI.1.- Análisis del Local.....	98
VI.2.- Análisis de las variables.....	98
Capítulo VII Cálculo y Selección de una Unidad de aire acondicionado para el Laboratorio de Electrónica.	
VII.1.- Análisis y memoria de cálculo.....	110
VII.2.- Selección del equipo.....	125
VII.3.- Instalación y arranque del equipo.....	129
VII.4.- Mantenimiento.....	135
Conclusiones.....	141
Fuentes de Consulta.....	142
Glosario de Términos.....	144
Apéndice (tablas de consulta).....	148

**TESIS CON
VALIA DE ORIGEN**

TITULO DE LA TESIS

"PROYECTO DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO".

OBJETIVO GENERAL

- 1.- Mejorar el ambiente en un Laboratorio de Electrónica, utilizando un Sistema de aire acondicionado.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Investigar de acuerdo al espacio del Laboratorio, características físicas, características ambientales, ubicación física y personal humano que asiste, la mejor forma de regular la temperatura para acondicionar el lugar.
- 2.- Mejorar el ambiente, para que los alumnos y maestros tengan un ambiente propicio para poder trabajar conjuntamente.
- 3.- Proponer el Sistema de aire acondicionado más conveniente para el Laboratorio.
- 4.- Demostrar por medio de un prototipo a escala, los sistemas básicos en los que se basa el acondicionamiento de aire.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MARCO TEÓRICO

En la antigüedad cuando aún no se había inventado la refrigeración, el hombre utilizaba para enfriar el ambiente o conservar alimentos, medios naturales como lo son ; el hielo, el agua helada . Así el uso de estos medios nos proporcionó el primer sistema de enfriamiento. La producción de frío depende de unos cuantos principios básicos, tales como el hecho de que el calor siempre fluye de un cuerpo caliente a uno frío y nunca a la inversa. Una máquina produce frío gracias a que un líquido puede ser evaporado a diferentes temperaturas cambiando la presión que se ejerce sobre él. El agua o cualquier otro líquido pueden usarse como refrigerante, pero los líquidos que hierven a bajas temperaturas constituyen el medio más deseable para remover calor.

JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Existen muchos equipos modernos para acondicionamiento de aire, presentaremos ventajas y desventajas de varios de ellos para poder elegir entre esta variedad cual es el que más conviene de acuerdo a su operación y mantenimiento, así como su costo y estar en posibilidad de obtener un servicio sin problemas.

INTRODUCCIÓN

Antes del advenimiento de la refrigeración mecánica, el agua se mantenía fresca almacenándola en vasijas de barro semiporosas de manera que el agua se filtre hacia afuera y se evapore. La evaporación se llevaba el calor y enfriaba agua. Este sistema fue usado por los egipcios y por los indios del suroeste de Estados Unidos. El hielo natural proveniente de lagos y ríos a menudo se cortaba durante el invierno y se almacenaba en cuevas, en fosas recubiertas de paja y en edificios aislados con aserrín. Los romanos llevaban la nieve en paquetes desde los alpes hasta Roma, para enfriar las bebidas del emperador. Aunque todos estos métodos se valen de fenómenos naturales, se utilizaron para mantener una temperatura baja en un espacio o un producto y pueden ser llamados con propiedad refrigeración. El calor siempre fluye de una sustancia caliente hacia una fría, o de los productos almacenados en un refrigerador hacia el hielo, al absorber esta energía térmica, el hielo se funde convirtiéndose en agua. El agua fluye por gravedad hacia fuera de la hielera o refrigerador, llevándose con ella el calor. Hoy día la refrigeración es producida por:

- 1) El uso del hielo natural o manufacturado.
- 2) Sistemas de vapor-compresión, con uno o más refrigerantes.
- 3) Sistemas de absorción, que usan uno o más de varios refrigerantes.

- 4) Sistemas de vacío que usan uno de los diversos medios de reducir la presión hasta cerca del cero absoluto.
- 5) Un proceso termoelectrico en que se aplica flujo de corriente directa a través de termocoples (todavía en etapa de desarrollo).

Capítulo I Principios de la refrigeración.

I.1. -Conceptos Básicos.

El acondicionamiento del aire tiene como importancia el Confort Humano, así como la Conservación de productos. Ésta necesidad acompaña a la humanidad desde sus inicios habiendo procurado satisfacerla en lo posible y por algún medio de acuerdo al avance tecnológico de control de la época. El desarrollo tecnológico de la ventilación y calefacción para acondicionar el aire se tuvo en el siglo diecinueve, época de invención de los ventiladores, calderas y radiadores llegando a ser de uso común. Lo más relevante fue el desarrollo que condujo a la conversión gradual de carbón combustible a gas y aceite.

En 1844 el Doctor John Gorrie descubrió su máquina de refrigeración, que fue la primera máquina comercial en el mundo, la cual servía para refrigeración y aire acondicionado. En 1911 Willis H. Carrier presentó su famoso trabajo sobre las propiedades del aire, siendo la base para la primera Carta Psicométrica, en donde desarrolló la primera máquina centrífuga de refrigeración e investigó los sistemas de inducción para edificios con muchas oficinas, hoteles, departamentos y hospitales. Hacia el final de la década de 1920 apareció el primer acondicionador de aire autocontenido, siendo un importante logro técnico por ser el primer intento de la industria hacia los productos paquete que serían fabricados en masa, probados y operados en fábricas antes de venderse al usuario.

La refrigeración, es la ciencia de producir y mantener temperaturas por debajo de la temperatura atmosférica circundante. Esto significa la remoción del calor de la sustancia por enfriar. Como sabemos el calor siempre pasa del cuerpo más caliente al más frío, hasta que ambos estén a la misma temperatura, el mantenimiento de las sustancias perecederas a las temperaturas requeridas se hace por medio de la refrigeración, así como muchos espacios de trabajo humano en oficinas y edificios fabriles, tienen aire acondicionado y una unidad de refrigeración es el corazón del sistema

Por lo tanto, podemos decir la producción de frío depende de unos cuantos principios simples tales como el hecho de que el calor siempre fluye de un cuerpo más caliente al más frío y nunca a la inversa. Como este ejemplo, podemos mencionar el uso del hielo natural y el agua fría para remover calor, proporcionó el primer sistema de enfriamiento, así la evaporación superficial mantenía fresca el agua en los antiguos sacos o bolsas de lona para agua, como en la figura que se muestra.



ESTE CON
FALLA DE ORIGEN

Una máquina produce frío, gracias a que un líquido puede ser evaporado a diferentes temperaturas cambiando la presión sobre él. El agua o cualquier otro líquido, puede usarse como refrigerante, sin embargo los líquidos que hierven a bajas temperaturas, constituyen el medio más deseable para remover calor.

Muchos líquidos, hierven a temperaturas por debajo de cero a presión atmosférica, este descubrimiento, fue el auge de los refrigerantes seguros, por ejemplo en 1930 se desarrolló el Freón (fluorocarbón) como refrigerante comercial, en 1931 se introdujo el Freón-12 permitiendo usos en donde otros materiales flamables o tóxicos son peligrosos y en la década anterior se desarrollan los refrigerantes conocidos como ecológicos que evitan daños a la capa de ozono por no contener fluorocarbón como en los freones.

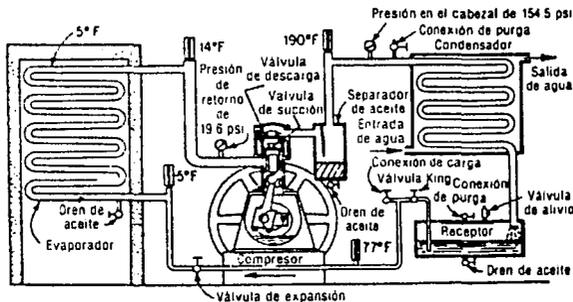
REFRIGERANTE

- cloruro de metilo
- freón-12
- amoniaco
- bióxido de carbono

HIERVE A MENOS

- 11°F.
- 22°F.
- 28°F.
- 109°F.

Un sistema de compresión de vapor, como el de la siguiente figura, produce enfriamiento en diversas formas, la más común es convertir un fluido en gas por expansión, de manera que extraiga el calor del espacio por enfriarse al cambiar de estado. Se necesita un compresor para remover el gas del espacio enfriado de

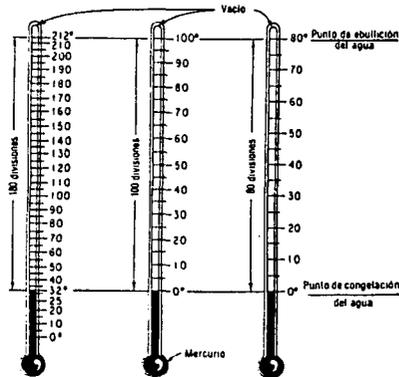


Sistema básico de refrigeración con compresor.

forma que pueda continuar la evaporación, y también para elevar la presión del gas, a fin de que pueda condensarse y hacerse líquido a través de los medios disponibles de condensación tales como el agua o el aire, y dirigirlo otra vez hacia los serpentines de expansión para repetir el proceso.

El calor es una forma de energía, una propiedad bien definida y medible de toda la materia. El total de calor depende del tipo y cantidad de sustancia. El calor no

puede destruirse pero puede ser transferido de una sustancia caliente a otra más fría, basado en la ciencia de refrigeración.



Tres de las muchas escalas termométricas para medir la intensidad del calor

En la figura mostrada, la temperatura es la medida de la intensidad o nivel del calor, la unidad de temperatura usada más común es el grado Fahrenheit (°F). Un grado Fahrenheit es 1/180 de la diferencia entre el punto de ebullición del agua y el punto de fusión del hielo bajo presión atmosférica estándar. En la escala Fahrenheit, el punto de ebullición del agua está a los 212° y el punto de fusión del hielo está a 32°. Otra escala de temperatura es la Centígrada o Celsius, en la que el punto de fusión del hielo es 0° y el punto de ebullición es 100°, la

Reaumur, en la que el punto de fusión del hielo es 0° y el punto de ebullición del agua es 80°, hay otras escalas para medir la intensidad de calor, como la British Thermal Unit (Unidad Térmica Británica), más conocida por su abreviatura Btu es la cantidad de energía para elevar la temperatura de una libra de agua un grado Fahrenheit. A su vez si la temperatura de una libra de agua se reduce un grado Fahrenheit, es que se le ha quitado 1Btu de energía térmica. Normalmente se utiliza el Btu medio, que es 1/180 del calor requerido para elevar la temperatura de una libra de agua desde 32 a 212°F a una presión atmosférica constante de 14.696 libras por pulgada absoluta (psia).

El calor específico de una sustancia, es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de una libra de esa sustancia, en un grado Fahrenheit. Puesto que se requiere 1Btu para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua, el calor específico del agua es 1.

El calor sensible, es el calor que se agrega o se quita a una sustancia y que puede medirse por medio de un cambio en la temperatura de la misma. El calor latente es el calor que se agrega o se quita a una sustancia para producir un cambio de estado sin cambio de temperatura. Todas las sustancias pueden existir en tres diferentes condiciones o estados; sólido, líquido y gaseoso o de vapor.

El calor latente de fusión, es la cantidad de calor necesaria para hacer que una sustancia pase del estado sólido al líquido, normalmente se expresa en Btu por libra, el calor latente de evaporación, es la cantidad de calor necesaria para convertir una sustancia del estado líquido, al estado de vapor o gas y se expresa en Btu por libra, el calor latente de condensación es la cantidad de calor que debe

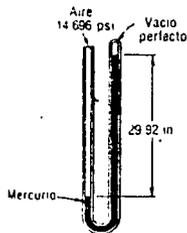
TESIS COM
FALLA DE ORIGEN

quitarse a un vapor para convertirlo en líquido y es el mismo que el calor latente de evaporación. Cuando solo se eleva su temperatura y su estado no se altera, una sustancia tendrá una capacidad relativamente pequeña para absorber calor en su punto de ebullición, una sustancia tiene su mayor capacidad para absorber calor, llamado calor latente de evaporación, puesto que al aumentar la presión se eleva el punto o temperatura de ebullición (temperatura a la que un líquido se evapora) y al disminuir la presión ese punto baja, era natural recurriera primero a una reducción de la presión por debajo de la atmosférica en los intentos por hacer que algunos de los líquidos mejor conocidos hirvieran a una temperatura lo suficientemente baja para producir enfriamiento artificial. En los términos más simples la energía, es la capacidad para desarrollar trabajos, puede existir en diversas formas tales como la energía térmica, mecánica, química o eléctrica y puede cambiarse de una forma a otra, por ejemplo la energía química almacenada en una batería se convierte en energía eléctrica que fluye por el circuito que enciende una lámpara (energía luminaria y energía térmica) o hacer girar un motor (energía mecánica), aunque puede ser cambiada de una forma a otra, la energía no puede crearse ni destruirse así que siempre se aplican las mismas relaciones de transformación de la energía.

La refrigeración, es el proceso de transferir calor de un área a otra, puesto que el calor es una de las formas más comunes de energía, (todas las otras formas de energía pueden convertirse eternamente en energía térmica), comprender bien algunas de las leyes físicas básicas de la energía, ayuda a comprender la refrigeración independientemente de su forma o fuente, toda la energía que entra en un sistema de refrigeración, debe al final estar balanceada con la que sale de el. En un sistema de circulación de salmuera, la energía eléctrica se convierte en energía mecánica en un motor, usada para impulsar una bomba de circulación, toda la energía mecánica que se usa para hacer circular la salmuera contra la fricción de la tubería para vencer la caída de presión, etc., se convierte en energía térmica, en un sistema que use ventiladores impulsados por motor para hacer circular el aire, la energía empleada para hacer funcionar los ventiladores se convierte íntegramente en energía térmica. El gas refrigerante que fluye a través de una línea de succión, crea una pequeña cantidad de energía térmica, para superar la fricción de la tubería y para hacer que otro gas fluya por la misma, esto está representado por la caída de presión en la tubería y es proporcional a la velocidad del gas, las lámparas en cualquier espacio refrigerado, representan 3.4 btu de calor por cada watt de energía eléctrica consumida, estos no son sino unos cuantos ejemplos de la energía térmica que penetra en un sistema. Hay que agregarlos al calor removido del aire o de otras sustancias que vayan a enfriarse, se sabe que todos los cuerpos están constituidos por un gran número de pequeñas partículas denominadas moléculas, las moléculas en constante movimiento, vibrando de un lado a otro, cuanto más rápido se muevan, más caliente estará el cuerpo en la escala de Fahrenheit, 459.8 °F bajo cero (-460 °F), y se conoce como el cero absoluto, en la escala Celsius el cero absoluto está a 273.2°C en este punto no existe absolutamente vibración de las moléculas, en consecuencia no hay calor, de acuerdo con la teoría cinética del calor, los fenómenos del calor son el resultado de la energía vibratoria de las moléculas de

cualquier sustancia, en la medida en que se agrega calor a una sustancia, se produce el que las moléculas se muevan más rápidamente conforme el contenido de calor y la temperatura suben, si se añade suficiente calor, la actividad molecular aumenta hasta que hace que el hielo se convierte en agua, si se continua agregando calor al líquido, la temperatura y la actividad molecular siguen aumentando, hasta alcanzar el punto de ebullición, la gran cantidad de calor que se necesita para iniciar esta acción de ebullición (o la conservación de un líquido en vapor) es el calor latente de evaporación, ésta es la base de la refrigeración mecánica. Todos los líquidos tienen un punto de ebullición determinado para una presión determinada, en otras palabras todos los fluidos se comportan como el agua, que cuando se encuentran en estado líquido se evapora tan pronto como se le agrega calor, y como el agua, si se hallan en estado de vapor se condensan al quitárseles calor a una temperatura conocida como temperatura de saturación, en consecuencia la temperatura de saturación de cualquier fluido depende de la presión sobre el, si la presión aumenta, aumentará también el punto de ebullición, si la presión disminuye, el punto de ebullición bajará.

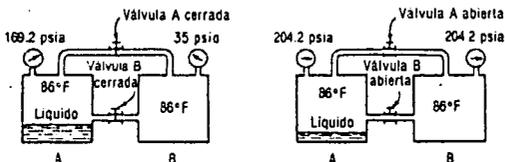
Los sistemas de refrigeración, utilizan líquidos con punto de ebullición que pueden estar muy por debajo de 0 °F y cuyo puntos de ebullición a diferentes presiones (o características de presión-temperatura) son bien conocidos, puesto que la presión puede controlarse, la temperatura también. Presión absoluta (psia) es la presión en libras por pulgada cuadrada, por arriba de un vacío completo. Presión manométrica (psig) es la presión en libras por pulgada cuadrada por arriba de la presión atmosférica normal de 14.696 psi, que se muestra a continuación:



La presión atmosférica soporta una columna de mercurio de 29.92 pulgadas de altura al nivel del mar.

la ley de Dalton de las presiones parciales establece, que si una mezcla de gases o vapores esta encerrada en un recipiente, cada gas ejercerá su propia presión sobre el recipiente en forma enteramente independiente de los otros, en consecuencia, la presión absoluta total será igual a la suma de las presiones (ver la figura de la siguiente página) parciales ejercidas por cada uno de los gases, para cada gas existe una temperatura por arriba de la cual no puede ser licuado, independientemente de la presión, a esa temperatura se le llama crítica, la presión crítica es la presión que produce la licuefacción a la temperatura crítica, una tonelada de refrigeración equivale a la cantidad de calor que se necesita para fundir una tonelada de hielo en 24 horas, así cada refrigerante tiene una temperatura de ebullición determinada a una presión determinada y se pueden usar presiones manométricas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Cada uno de los vapores o gases en un recipiente cerrado ejerce su propia presión, y cada presión es independiente de las otras

EL CICLO IDEAL (CARNOT) DE REFRIGERACIÓN

En el análisis termodinámico se usa ampliamente el criterio de Carnot (Ciclo de Carnot) como una norma de comparación contra el rendimiento de una máquina generadora de energía (turbina o motor). Para efectos de comparación con el criterio de Carnot, se considera al sistema ideal de refrigeración constituido como una máquina de calor invertido o bomba térmica.

El criterio en esta forma convencional presupone dos niveles de temperatura constante para cambio de calor y dos procesos adiabáticos reversibles, para ninguno de los cuales es posible su realización completa. No obstante se presenta aquí por la importancia que tienen como una medida del rendimiento máximo.

La eficiencia de Carnot para una máquina térmica esta expresada como:

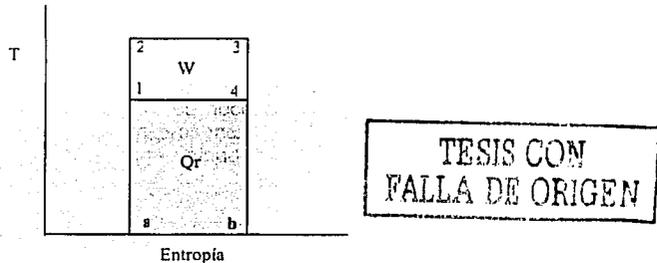
$$\text{Eficiencia} = \frac{Q_c - Q_r}{Q_c} = \frac{T_c - T_r}{T_c}$$

Donde T_c = temperatura mayor del sistema;
 Q_c = calor intercambiado a T_c ;
 T_r = temperatura menor en el sistema;
 Q_r = calor intercambiado a T_r .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los valores de Q_c y Q_r pueden expresarse en cualesquier unidades consistentes y T_c y T_r están expresadas en grados absolutos, grados Fahrenheit + 460 = grados Rankine.

El ciclo puede mostrarse ventajosamente, en un plano temperatura-entropía. Este plano es muy conveniente para la representación, ya que en este plano las áreas representan magnitudes de intercambio de calor. En la siguiente figura para una máquina térmica, el calor agregado (Q_c) desde 2 a 3 está representado por el área



Ciclo de Carnot ideal para potencia o refrigeración)

a 2 3 b, y la trayectoria de la expansión adiabática reversible con caída de temperatura de T_c a T_r está mostrada de 3 a 4 (no por un área).

El calor rechazado (Q_r) está representado por el área 4 b a 1. La trayectoria de 1 a 2 representa la compresión adiabática-reversible de la temperatura T_r a T_c . En un ciclo de potencia el trabajo producido (W) es igual a la diferencia entre el calor agregado y el calor rechazado, o

$$W = Q_c - Q_r$$

En consecuencia el área de trabajo es 1 2 3 4.

Para refrigeración el proceso es invertido; se agrega calor a la temperatura más baja T_r en la cantidad Q_r , está representado por el área 1 4 b a. La temperatura del ciclo es elevada por la compresión siguiendo la trayectoria 4 a 3. El calor es rechazado a la temperatura máxima T_c en una cantidad igual a Q_c y está representado por el área: 3, 2, a, b.

El trabajo que debe ser proporcionado por una fuente externa es $-(Q_r - Q_c)$ y está representado por el área; 3, 2, 1, 4.

Para los sistemas de refrigeración (bomba térmica), la eficiencia convencional tiene significado, siendo conveniente introducir el término coeficiente de economía (CP). El coeficiente de economía para cualquier sistema de refrigeración, sea ideal

o real, está expresado como la refrigeración producida, dividida por el trabajo necesario para producirla. Así

$$CP = \frac{Q_r}{W}$$

En base de Carnot (ideal) Q_r/W aparece como

$$\begin{aligned} CP &= \frac{Q_r}{Q_c - Q_r} \\ &= \frac{T_r}{T_c - T_r} \end{aligned}$$

Cualesquier unidades de energía consistentes, se pueden usar para Q_c y Q_r , y W puede estar en Btu o mas comúnmente en Btu por libra.

I.2. -Sistemas de Refrigeración.

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Hoy día la refrigeración es producida por ; el uso de hielo natural o manufacturado, sistemas de vapor-compresión, con uno o más de los muchos refrigerantes, sistemas de absorción que usan uno o más de varios refrigerantes, sistemas de vacío que usan uno de los diversos medios de reducir la presión hasta cerca del cero absoluto, un proceso termo eléctrico, en que se aplica un flujo de corrientes directa a través de termocoples (todavía en etapa de desarrollo). En este capítulo nos ocuparemos de esos sistemas.

USO DEL HIELO

Antes del advenimiento de la refrigeración mecánica, el agua se mantenía fresca almacenándola en vasijas de barro semiporosas de manera que el agua se filtre hacia fuera y se evapore. La evaporación se llevaba el calor y enfriaba el agua. Este sistema fue usado por los egipcios y por los indios del suroeste de Estados Unidos.

El calor siempre fluye de una sustancia caliente hacia una fría, o de los productos almacenados en un refrigerador hacia el hielo. Al absorber esta energía térmica, el hielo se funde convirtiéndose en agua. El agua fluye por gravedad hacia fuera de la hielera o refrigerador, llevándose con ella el calor latente de fusión.

La adición de sal hace bajar el punto de congelación del agua o el punto de fusión del hielo a cerca de 6°F y ha sido usado de manera amplia para el embarque y almacenamiento de alimento congelados.

Las llamadas mezclas frigoríficas, son sustancias usadas en métodos de laboratorio para producir una caída de temperatura. Probablemente el ejemplo más común de una mezcla frigorífica es el hielo o la nieve con la sal.

Agregando 10% de sal (NaCl), en peso, el agua, hace bajar su punto de congelación de 32 a 18.7°F . En consecuencia, agregando este porcentaje de sal a la nieve o al hielo finalmente divididos, se hará que estos regresen al estado líquido a cualquier temperatura por encima de 18.7°F .

REFRIGERACIÓN MECÁNICA

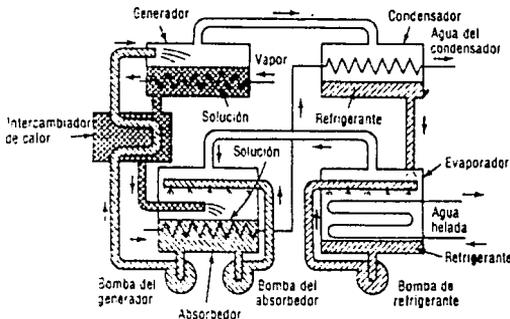
La refrigeración Mecánica es posible debido a que un líquido volátil, llamado refrigerante, hervirá bajo las condiciones apropiadas y al hacerlo absorberá calor de los objetos que lo rodean. El efecto real de refrigeración o enfriamiento es producido por el refrigerante en ebullición al convertirse en vapor, no por la máquina.

El compresor y su motor, el condensador, el receptor, la tubería y otros componentes, son meramente dispositivos de reclamo y control. Permite coleccionar el refrigerante para volverlo a usar y controlarlo de acuerdo con las necesidades del sistema.

Los componentes de un sistema, de refrigeración por compresión, son un compresor, un condensador, un receptor de líquido, una válvula de expansión y serpentines evaporadores o de enfriamiento. El refrigerante fluye desde la válvula de expansión hacia los serpentines evaporadores, donde absorbe el calor y se convierte en gas o vapor. Luego fluye hacia el compresor, donde es comprimido a la presión del condensador. En el condensador pierde calor y el vapor refrigerante se convierte en líquido, fluye entonces hacia el receptor, éste va hacia la válvula de expansión para reanudar el ciclo. El refrigerante está a baja presión desde la válvula de expansión, a través del evaporador y hasta la succión del compresor. A esta porción del sistema se le llama "lado de baja". El receptor de líquido y la línea de líquido hasta la válvula de expansión. A esta porción se le llama "lado de alta". La presión de ambos lados de los sistemas varía de acuerdo con; el refrigerante usado, la temperatura requerida en el evaporador, y la temperatura del medio de condensación.

SISTEMAS DE ABSORCIÓN

Un sistema de absorción, utiliza la capacidad de una sustancia (el absorbente) para aspirar volúmenes, relativamente grandes, del vapor de otras sustancias, por lo común un líquido (el refrigerante). El absorbente tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de vapor cuando está frío y de liberarlas cuando está caliente. Uno de los primeros, y todavía el más ampliamente usado es el sistema de refrigeración por absorción, es el sistema que se vale del agua como absorbente y del amoníaco como refrigerante.



Ciclo de absorción que usa una solución de bromuro de litio en el absorbedor, se basa en las características de absorción de líquidos y utiliza el calor como fuerza para mover el sistema.

En un sistema de absorción, como se muestra en esta figura, el aumento en la presión es producido por medio de calor suministrado por el vapor circulante, o algún otro gas caliente adecuado, o un fluido caliente a través de un serpentín o tubería. El generador-absorbedor hace el trabajo de un compresor en el que el absorbedor reemplaza la carrera de succión y el generador la carrera de compresión.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Las partes esenciales de un sistema de absorción son el compresor, el condensador, la válvula de expansión y los serpentines evaporadores. Las partes esenciales de un sistema de absorción son; el condensador, la válvula de expansión, los serpentines evaporadores, el absorbedor y el generador. En ambos sistemas el condensador, la válvula de expansión y los serpentines evaporadores pueden ser exactamente los mismos. En vez de un compresor, el sistema de absorción usa un absorbedor y un generador, así como una bomba para que el amoniaco circule en agua a través del absorbedor y el generador. En el absorbedor, el vapor de amoniaco que viene del evaporador a baja presión es absorbido en la solución débil y relativamente fría de amoniaco y agua. En el generador se aplica calor a la solución concentrada de amoniaco y agua llevándose parte del amoniaco al condensador. La solución débil de baja concentración, se enfría al volver al absorbedor, mas amoniaco.

El absorbedor ocupa el lugar de la carrera de succión del compresor, aspirando el gas a baja presión que proviene del evaporador. El generador ocupa el lugar de la carrera de compresión, descargando el gas de amoniaco a alta presión y temperatura. Este amoniaco a alta presión pasa después al condensador, donde se convierte en líquido y fluye a través de la válvula de expansión de los serpentines evaporadores, como en un sistema de compresión.

SISTEMAS DE ABSORCIÓN DE BROMURO DE LITIO

Las ventajas que se atribuyen a los sistemas de absorción sobre los sistemas de compresión serian: ahorros en el costo de operación por usar vapor de agua a baja presión y bajo costo en muchos casos el vapor de desperdicio de otros procesos; eliminación de cargas eléctricas pesadas; simplicidad de la operación y de los sistemas de control; arranque y para automáticos; plena eficiencia en todos los rangos de carga reducida; posible instalación en exteriores; economía del área de piso requerida para grandes tonelajes; mantenimiento mínimo debido a que hay menos partes móviles; mínima cantidad de equipo móvil necesario.

Las diversas unidades de un sistema de absorción y sus objetos son:

1. Evaporador o enfriador: Enfría el medio que se desea a través de la evaporación del refrigerante. El agua que está siendo enfriada se hace circular, por un serpentín sumergido en el agua que está siendo evaporada de manera continua en esta unidad.
2. Condensador: Esta unidad licua el vapor de agua que se está extrayendo de la solución refrigerante-agua en el generador. El agua de enfriamiento para el serpentín condensador puede obtenerse de una torre de enfriamiento, un condensador evaporativo o aun de un río o lago fríos, si hay alguno.
3. Absorbedor: Aquí el vapor de agua que viene del evaporador entra en contacto con el refrigerante y es absorbido por éste. La mezcla se llama

"solución débil", puesto que la "solución fuerte" o concentrada que viene del generador es diluida por el agua.

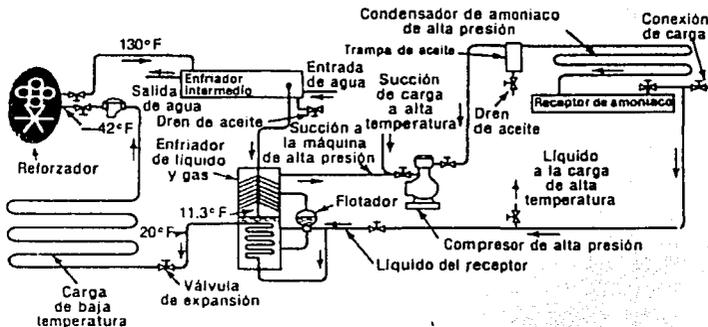
4. **Generador:** Es la parte del sistema en la que se aplica el calor de la operación. En la figura mostrada en la página 15, el calor es aplicado por medio de serpentines de vapor. Pero en algunos diseños el generador puede estar al fuego directo, usando petróleo o gas, según lo que sea económico o conveniente. En el generador, el vapor de agua producido originalmente, después es extraído de la solución en el generador, luego condensado en el condensador para ser reevaporado en el evaporador y finalmente absorbido, por la solución concentrada en el absorbedor.
5. **Purgador:** En vista de que es necesario el alto vacío para una operación efectiva, hay que evitar la presencia de gases no condensables o aire. Por ello, se puede instalar una unidad de purga en la forma de una bomba de vacío o eductor.
6. **Controles y dispositivos de protección:** comprenden un corte por baja temperatura, que detiene la máquina si es que la temperatura del evaporado ha descendido demasiado, e interruptores de flotador para el nivel del líquido, que detienen la operación si el nivel del líquido en el evaporador es anormal, ya sea demasiado alto o demasiado bajo.

SISTEMA DE CHORRO DE VAPOR O VACÍO

La refrigeración por chorro de vapor o vacío, se basa en el principio de que el punto de ebullición del agua desciende al reducir la presión. Si la presión se reduce a cerca de 0 psia, el punto de ebullición se aproxima a 32 °F. Esto permite el rápido preenfriamiento, puesto que el calor es realmente removido al quitar una pequeña cantidad de agua bajo el alto vacío.

CICLO REFORZADO

Un ciclo reforzado como se muestra en la figura siguiente, es una forma eficiente de reducir la temperatura por debajo de cero, lo cual es necesario para los



El sistema de refuerzo produce bajas temperaturas debido a que puede manejar mayor volumen

alimentos de congelación rápida. Una libra de amoníaco a 0 psig tiene un volumen de 18 ft³. Pero si a la misma libra se le baja la presión en 10 in Hg., su volumen aumenta a 26 ft³. A 15 in Hg, el volumen casi se duplica a 36 ft³.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo II Sistema de Refrigeración.

II.1.- Refrigerantes.

Hoy en día, se usan muchas clases de refrigerantes, porque ninguno de ellos es perfecto, se han compilado tablas que muestran las propiedades de cada tipo, tales como los factores de seguridad-toxicidad, propiedades irritantes e inflamabilidad. Los antiguos refrigerantes como el amoniaco, bióxido de carbono y el bióxido de azufre, están siendo reemplazados en los sistemas de acondicionamiento de aire por diversos refrigerantes freón, hechos de hidrocarburos. Un refrigerante es una substancia empleada para transmitir calor en un sistema de refrigeración, recoge calor por evaporación a baja presión y temperatura y lo cede condensándose a presión y temperatura más elevada. Se deben considerar muchos puntos, he aquí las características más importantes.

- 1) Puesto que la refrigeración tiene lugar por la evaporación de un líquido, un refrigerante debe ser volátil o sea, susceptible de ser evaporado.
- 2) El calor latente de evaporación, debe ser lo suficientemente alto para que la circulación de una cantidad mínima de refrigerante logre el resultado deseado.
- 3) La seguridad de su uso en determinadas condiciones de operación es importante, los refrigerantes no deben arder ni apoyar la combustión ni ser explosivos.
- 4) El refrigerante debe ser inocuo para la gente y debe tener un olor que delate su presencia, las fugas deben ser detectables por medio de pruebas simples.
- 5) El costo del refrigerante debe ser razonable y que se pueda obtener en suficientes cantidades para su uso comercial.
- 6) El refrigerante debe ser estable, sin tendencia a descomponerse en las condiciones de operación.
- 7) No debe tener un efecto perjudicial en los metales, o en los lubricantes usados en los compresores y otros componentes
- 8) El refrigerante debe tener presiones de evaporación y condensación razonables
- 9) Debe producir la máxima refrigeración posible para el volumen manejado por el compresor.
- 10) Con una potencia mínima, se debe lograr la compresión a la temperatura de condensación.
- 11) La temperatura crítica debe quedar muy por arriba de la temperatura de condensación.

El calor es transmitido de un nivel térmico inferior a otro superior aumentando la presión sobre el refrigerante en estado de vapor, esto se puede hacer debido a que la temperatura a la que cualquier vapor está saturado (temperatura a la que el vapor se condensa cuando se le quita calor) depende de la presión de vapor, en consecuencia, cuanto más alta sea la presión, mayor será la temperatura de presión. Se puede usar agua como refrigerante en algunos tipos de sistemas de refrigeración, estos son normalmente los sistemas en los que la temperatura requerida está arriba de los 35° F, para que se evapore el agua se debe mantener

un alto vacío. Si el refrigerante no tiene olor, pueden existir fugas en el sistema y escaparse el gas y solo se notaría cuando el sistema dejara de trabajar adecuadamente. La temperatura crítica de un refrigerante, es como cuando cualquier gas o vapor tiene una temperatura máxima en la que puede pasar al estado líquido por condensación, arriba de ésta temperatura permanece en estado gaseoso sin importar la presión que se le aplique.

Estabilidad significa, que el refrigerante permanece en su forma química original bajo las condiciones impuestas por la operación, los refrigerantes son compuestos químicos de dos o más elementos, por ejemplo, el amoniaco es una combinación química de nitrógeno e hidrógeno (NH₃) y constituye un buen refrigerante. Todos los refrigerantes, se comparan uno con otro sobre la base de tonelada estándar, esto es sobre la base de estas temperaturas.

- 1) Temperatura de entrada al evaporador de 77° F.
- 2) Temperatura de salida del evaporador de 5° F.
- 3) Temperatura de salida del condensador de 86° F.

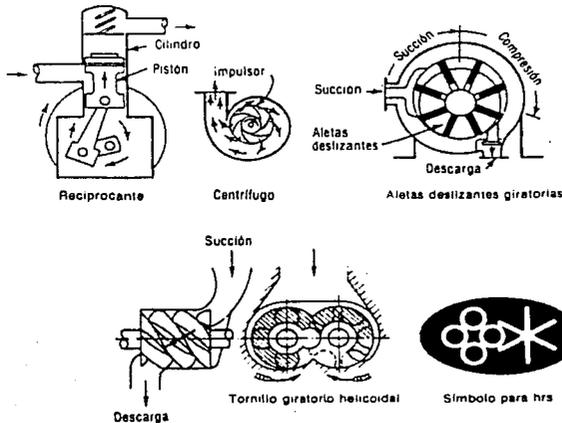
Depende del refrigerante, el diseño del compresor, cuando el volumen del gas del refrigerante por libra a la presión del lado de baja presión del ciclo, además el calor latente de evaporación por libra de refrigerante debe ser grande, entonces solo se necesita una cantidad mínima para bombearse a lo largo del ciclo y producir el efecto requerido.

Las propiedades de cualquier sustancia son, las que la caracterizan el peso, la densidad, el punto de ebullición, el de congelado o la presión de condensación, dadas para una presión y una temperatura establecidas.

Cualquier refrigerante que exista como líquido, bajo la presión atmosférica y temperatura normales, se debe evaporar en un evaporador que tenga una presión por debajo de la atmosférica, o sea, un vacío y se les llama en ocasiones refrigerantes de vacío. Un hidrocarburo (o halocarburo) es parte de un grupo de refrigerantes nuevos, que han sido desarrollados a partir de 1925, para eliminar los efectos irritantes o tóxicos de refrigeración, como el amoniaco y el dióxido de azufre y las altas presiones de condensación que se requieren con el dióxido de carbono. El Freón es el nombre comercial de los refrigerantes fabricados por la Freón Products Division of E.I. du Pont de Nemours y Company, como fueron los primeros en desarrollar y poner en el mercado este refrigerante sintético, la palabra freón, hoy es un nombre con que se designan todos los refrigerantes de este tipo, los refrigerantes nunca deben mezclarse en un sistema en operación, las mezclas de diferentes refrigerantes de halocarburos se hacen algunas veces con fines especiales, pero nunca se hacen en el campo, ya que la mezcla resultante puede tener características de presión-temperatura enteramente distintas a las de sus componentes.

II.2.-Compresores.

El compresor, es el corazón de cualquier ciclo de compresión de vapor, hoy en día existen cuatro tipos básicos: Reciprocante, Centrífugo, Rotatorio de Aletas Deslizantes (rsv) y el más reciente de Tornillo Giratorio Helicoidal (hrs). Ésta última máquina, combina las mejores características de las unidades reciprocantes y de las centrífugas y se eliminan los inconvenientes de ambas. Los compresores herméticamente sellados, tienen un elemento de compresión y el motor de impulso sellados en un solo alojamiento, por lo tanto no necesitan sello para la flecha, en muchos diseños, el motor eléctrico es enfriado por el refrigerante que fluye a través del motor, las máquinas reciprocantes que actualmente se fabrican son más pequeñas, ligeras, de mayor velocidad y son accionadas por motor de hasta 3600 r/min, en tanto que las centrífugas suelen ser mas grandes, accionadas por motor eléctrico o por motor de combustión interna y llega a enfriar salmuera a menos 150° F. Un compresor se usa por una razón, recupera el líquido expandido con el fin de poder usarse muchas veces, si un tanque de amoniaco se expandiera dentro de los serpentines de enfriamiento y se descarga en la atmósfera, producirá el mismo efecto refrigerante, pero se necesitará reponer el tanque de refrigerante cada vez que éste se agotara. Las diferencias básicas entre los cuatro tipos de compresores (ver la siguiente figura).



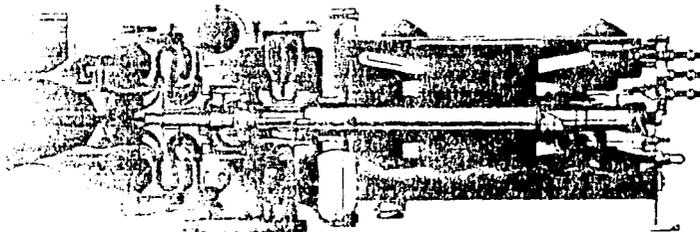
Cuatro tipos de compresores usados en un sistema de refrigeración de compresión de vapor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.2.1. TIPOS DE COMPRESORES

COMPRESOR RECIPROCANTE: Consiste en una o más combinaciones de pistones y cilindros, el pistón o émbolo se desplaza con movimiento recíprocante para tirar del gas de succión hacia el cilindro en una carrera y a la vez comprimirlo y descargarlo en el condensador en la carrera de retorno.

COMPRESOR CENTRIFUGO: Es el que tiene un impulsor de alta velocidad de una o varias etapas, para establecer suficiente fuerza centrífuga dentro de una carcasa circular, para elevar la presión del gas refrigerante hasta el nivel de condensación. En la actualidad se utilizan por su gran capacidad y para temperaturas muy bajas, pueden soportar variaciones de carga con eficiencia en todas las condiciones de carga dentro de su rango de operación, ya que su construcción es similar a las bombas centrífugas, donde el gas que llega entra por el ojo del impulsor (ver figura de abajo) y es arrojado por fuerza centrífuga hacia la periferia del impulsor, eso hace que las aspas del impulsor impriman al gas una gran velocidad y produzca la presión, después del impulsor el gas pasa por las aletas del difusor, o por una voluta, donde parte de la energía cinética se convierte en presión.



El motor del compresor centrifugo hermético es enfriado por el refrigerante que fluye a través del motor. (Cortesía de Carrier Corp.)

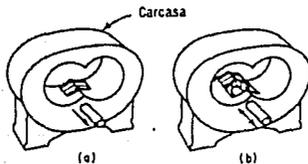
COMPRESOR ROTATORIO: (de aspas o aletas deslizantes), Es una unidad de desplazamiento positivo en la que se atrapa un cierto volumen de gas, se comprime y se arroja fuera de la máquina. Existen dos tipos básicos: El tipo rodillo no tiene aspas solo el rotor localizado excéntricamente de manera que al ir dando vuelta hace contacto con el cilindro, también tiene un divisor empujado por un resorte, que separa las cámaras de succión y de descarga. El de aletas deslizantes aquí es diferente, se tiene un rotor que da vueltas alrededor de su propio eje, pero el eje del cilindro y el eje del rotor no coinciden, estos compresores se fabrican con dos o más aletas corredizas o deslizantes la fuerza centrífuga las presiona contra la pared del cilindro.

COMPRESOR DE TORNILLO GIRATORIO HELICOIDAL: Es la unidad de desplazamiento positivo, se utilizó por primera vez en refrigeración hacia finales de los años 50, por su relativa simplicidad es cada vez más aceptado y consta básicamente de dos rotores ranurados o perfilados helicoidalmente, uno macho (con lóbulos) y el otro hembra (ranuras), en un alojamiento estacionario con lumbreras de succión y descarga. Para sellar los lóbulos, en la mayor parte de los diseños se bombean el aceite y el refrigerante juntos. Una válvula deslizante que se desliza axialmente en el alojamiento proporciona desplazamiento variable en el compresor para satisfacer las necesidades de carga.

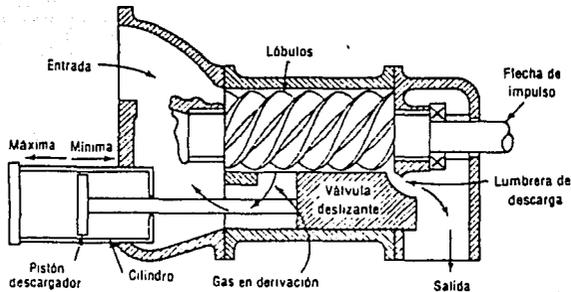
Los compresores primitivos de refrigeración, se construyeron siguiendo el modelo de las máquinas de vapor de aquel tiempo, eran compresores horizontales con grandes cilindros, normalmente con pistones de gran diámetro y velocidades por debajo de las 100 revoluciones por minuto. Con el advenimiento de eficientes motores eléctricos de alta velocidad se inició la evolución de compresores más pequeños de alta velocidad.

EL COMPRESOR MAS MODERNO (el tornillo giratorio helicoidal hrs).

Éste tipo de compresor es conocido también como tipo Lysholm (ver siguiente figura), y se acerca mucho al ideal, actualmente supera a los otros diseños.



Válvula deslizante para control de capacidad



Operación de la válvula deslizante

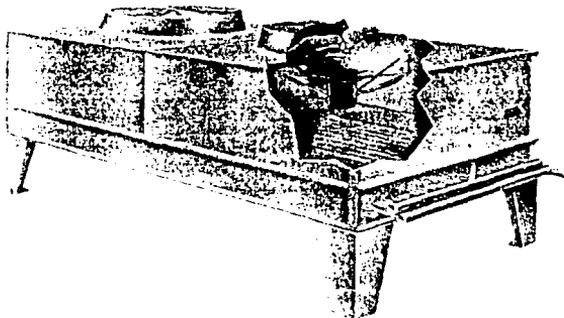
La válvula deslizante del hrs es accionada hidráulicamente para regular la capacidad del compresor.

El rotor macho tiene cuatro lóbulos, el hembra seis, en consecuencia el rotor macho gira un 50% más rápido, el rotor hembra sirve principalmente como miembro giratorio sellante conforme el gas se mueve a través de la máquina en una dirección axial, normalmente la entrada está en la parte superior de uno de los extremos y la salida de descarga está en la parte inferior del otro. En el extremo de entrada al ejercer tracción el lóbulo macho sobre el lóbulo hembra, el vacío atrae el gas de la entrada y lo mete a través de la abertura de entrada y una lumbrera en la placa de entrada.

También existen los Compresores Herméticos, éste compresor tiene un motor eléctrico y un compresor construidos dentro de un alojamiento integral semejante al de los refrigeradores caseros, el motor y el compresor tienen árbol y rodamientos iguales, el motor es enfriado generalmente por el gas de succión (refrigerante), que pasa por los devanados del motor eléctrico, pero también puede ser enfriado por agua. Pueden ser sellados y se requiere que las unidades se envíen a la fábrica para darles servicio o accesibles y se permite darles servicio en el lugar de trabajo

II.3 CONDENSADORES

Los ordenadores son esenciales ya que remueven el sobrecalentamiento del refrigerante producido por el compresor y así licuan el refrigerante para otro ciclo a través del sistema. El condensador es el punto final para evacuar el calor del sistema de refrigeración. Con el fin de efectuar una operación confiable y eficiente deben conocerse los que actualmente se utilizan. Son seis tipos: 1) el de concha y tubos; 2) el de concha y serpentín; 3) el de tubos dobles; 4) el atmosférico; 5) el evaporativo y 6) el enfriado por aire. (como en la figura de abajo).



Condensador enfriado por aire. El aire entra por abajo y sale por el ventilador en la parte de arriba. Los Compartimientos de los ventiladores con venturi y con pantallas y separados, aseguran el máximo flujo de aire y la mayor disipación de calor.

CONCEPTOS BÁSICOS

Toda la energía absorbida por el sistema de refrigeración, más el calor equivalente de la energía mecánica requerida para hacer funcionar el sistema, debe eliminarse por el condensador. Por cada 200 Btu/min absorbidos por el evaporador, hasta 300 Btu/min deben ser disipados por el condensador. Esto depende de las presiones de succión y descarga y del tipo de refrigerante. El sistema promedio se diseña para disipar 250 Btu/min por cada 200 Btu de efecto de refrigeración.

Algunos de los puntos que deben tomarse en cuenta al seleccionar un condensador para un sistema de refrigeración son los siguientes:

El condensador debe tener suficiente superficie de transmisión de calor para pasar el vapor alimentado al estado líquido. Esto se realiza a una presión y a una temperatura de operación razonables. El condensador debe tener también suficiente volumen para almacenar el vapor bombeado por el compresor. Antes de condensarse, el vapor ocupa un volumen definido; éste puede disminuir al elevarse la presión, pero un aumento origina un incremento en la potencia necesaria para hacer funcionar el sistema. Si un condensador tiene suficiente superficie, normalmente tendrá también suficiente volumen. Debe tenerse cuidado al seleccionar los condensadores, con superficie con aletas. La superficie con aletas, puede indicar bastante área para la disipación de calor sin proporcionar suficiente volumen. El condensador debe también tener espacio amplio para separar el líquido condensado del vapor y drenarlo al receptor del líquido.

CONDENSADORES HORIZONTALES DE CONCHA Y TUBOS.

Un condensador de concha y tubos consta de una concha o coraza, cabezales de tubos y tubos, cajas de agua y conexiones de refrigerante. En los tamaños más pequeños las conchas pueden ser de material estándar, pero en los tamaños mayores se usan conchas soldadas. Los cabezales de tubos, normalmente de 1 o $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor, son soldados a la concha y perforados para recibir tubos. Se insertan tubos mandrilados o pulidos en sus respectivos extremos a través de los agujeros del cabezal de tubos y luego se rolan o se sueldan para proporcionar una unión a prueba de fuga de gas. El gas refrigerante fluye dentro de la concha y alrededor de los tubos, mientras que el agua lo hace por dentro de los tubos. Un condensador horizontal está equipado con cajas de agua encerradas y va montado en una posición horizontal. Unas pantallas y empaquetaduras en las cajas de agua encerrada, producen que el agua pase varias veces por el condensador. Esto permite que el agua más fría entre por la parte inferior del condensador, pase varias veces por la parte superior antes de abandonarlo. El resultado es un mayor incremento en la temperatura del agua con una disminución correspondiente en la cantidad del agua necesaria. El gas refrigerante caliente que proviene del compresor, entra por la parte superior del condensador y es contenido por la concha o tanque. El refrigerante se condensa en la parte exterior de los tubos y cae al fondo del tanque por donde sale, en algunos sistemas hacia un receptor, que proporciona espacio de almacenamiento para el refrigerante

líquido. Después de que el agua fluye por los tubos del condensador, entra en los cabezales de los extremos del condensador; éstos la dirigen para que fluya de nuevo dos o tres veces.

Las desventajas de los condensadores horizontales de concha y tubos son;

- 1) deben de ponerse fuera de servicio para su limpieza;
- 2) las cargas de fricción en el bombeo del agua pueden ser grandes y
- 3) puede necesitarse una limpieza frecuente con el fin de mantener su eficiencia, debido a que los tubos son más chicos.

En el condensador horizontal de concha y tubos debe ponerse una válvula reguladora de agua debiendo colocarse en el lado de salida del condensador, para asegurar que todos los tubos estén llenos de agua siempre. Si se colocara en el lado de entrada, el sifoneo o el drenaje permitiría algunas veces, que unos tubos estuvieran parcialmente. Lo que aumentaría los problemas de incrustación y corrosión de los tubos. La conexión de entrada de agua en un condensador de este tipo, debe hacerse siempre en la parte inferior, de modo que el agua mas fría esté en contacto con el refrigerante mas frío, con esto se logrará la ventaja del principio de contraflujo y producirá una presión de condensación mas baja.

CONDENSADORES VERTICALES DE CONCHA Y TUBOS.

Este tipo de condensador se yergue sobre un extremo. El agua se distribuye en el cabezal entero y entra a cada tubo a través de un agitador, para distribuir el agua uniformemente contra el lado interior de las paredes de tubos, donde fluye hacia abajo por gravedad. Algunas ventajas son:

- 1) gran capacidad instalada en un área de piso reducida
- 2) se requieren bajas cargas para el bombeo
- 3) buen espacio de separación entre gas y líquido
- 4) conexiones simples de purga
- 5) la limpieza de los tubos es posible sin detener el flujo de agua (lo que permite utilizar agua con un poco de suciedad) y
- 6) capacidad para soportar sobrecargas al aumentar el volumen de agua sin aumento en la carga de fricción de la bomba.

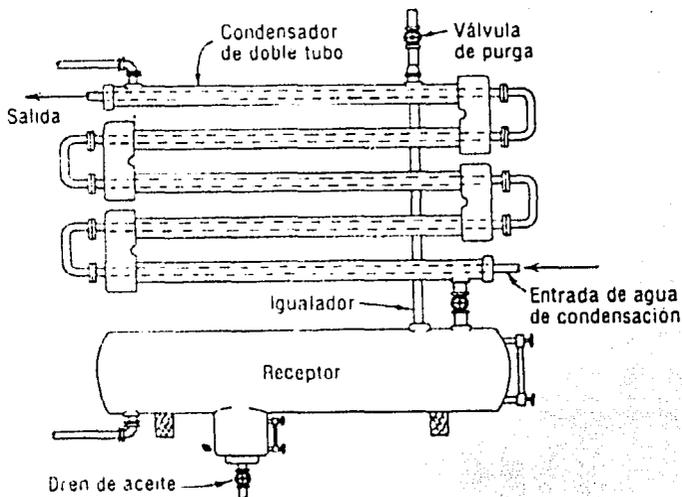
Las desventajas de estos condensadores son las siguientes:

- 1) Las instalaciones interiores tienden a formar vapor en épocas frías;
- 2) El condensador debe montarse sobre un resumidero abierto de recolección de agua y
- 3) Se deben hacer circular cantidades de agua relativamente grandes debido a que el paso simple de ésta, limita el aumento de la temperatura del agua. La diferencia entre el condensador de concha y tubos y el de concha y serpentín es que este último se usa mas bien en unidades de baja presión y pequeño tonelaje. Consta de una concha que contiene un serpentín para

circulación del agua. No tiene cabezas desmontables y el lado del agua del serpentín puede limpiarse solo con productos químicos. En caso de una fuga en el serpentín, el banco entero tiene que ser reemplazado.

CONDENSADORES DE DOBLE TUBO

Un condensador de doble tubo tiene el tubo de agua de condensación dentro del tubo de refrigerante (como en la siguiente figura).



El condensador de doble tubo tiene un serpentín continuo: el refrigerante pasa por el lado externo y el agua de enfriamiento, por el lado interno.

El refrigerante fluye en el espacio entre los tubos, mientras que el agua se bombea por dentro de los tubos interiores. El agua fluye en dirección opuesta al refrigerante, es decir con el agua más fría en contacto con refrigerante más frío y agua más caliente con refrigerante más caliente. Puesto que con el amoníaco no puede usarse tubería de cobre, este tipo de condensador se hace de tubería de acero para amoníaco, normalmente con tubo de $1 \frac{1}{4}$ de pulgada dentro de tubo de 2 pulgadas.

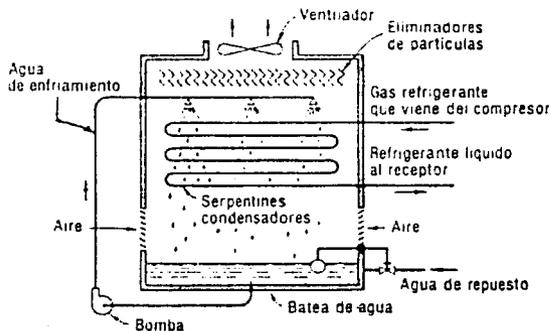
Las ventajas de estos condensadores es que, aunque el principio de contraflujo que se utiliza en los condensadores de tubo aprovecha el agua disponible, crecen las probabilidades de fuga debido a tantas uniones y conexiones que se requiere en las instalaciones grandes. Estos condensadores son difíciles de limpiar y no

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

proporcionan suficiente espacio para la separación de gas y líquido. Por estas razones no se utilizan en las grandes instalaciones modernas. Algunas unidades pequeñas, se usan en instalaciones mas nuevas, pero deben limpiarse químicamente. En caso de fuga, la unidad debe reemplazarse por completo.

CONDENSADOR EVAPORATIVO

Un condensador evaporativo, como el de la figura que se muestra abajo, combina las funciones de una torre de enfriamiento y un condensador. Consta de una carcasa que encierra un ventilador o sección sopladora, eliminadores de agua, serpentín de condensación de refrigerante, batea de agua, válvula de flotador y bomba de rociado, fuera de la carcasa. La bomba de rociado hace circular el agua de la batea colectora, que está en el fondo de la unidad, la envía a las toberas sobre el serpentín de refrigerante. Los ventiladores hacen pasar aire a través del serpentín y a través del agua que esta rociando sobre el serpentín. El calor del refrigerante es transmitido a través del serpentín metálico, al agua que pasa sobre el serpentín. El aire remueve el calor del agua, evaporando una porción de ésta. Los eliminadores evitan que las gotitas de agua sean sacadas por el aire.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El condensador evaporativo es compacto, altamente eficiente y muy popular en la actualidad.

Un serpentín de subenfriamiento, es un serpentín auxiliar chocado debajo del serpentín principal. El refrigerante líquido se drena del condensador hacia el receptor y luego se entuba a través del serpentín de subenfriamiento, hacia el equipo del lado de baja. Este serpentín disminuye el calor del refrigerante líquido y ayuda a reducir el volumen del gas residual.

Un serpentín de sobrecalentamiento, es un serpentín separado, usado en alguna unidades para remover el calor de la compresión del gas refrigerante antes de entrar al serpentín rociado. Este serpentín esta diseñado para remover suficiente calor para reducir la temperatura del refrigerante, hasta acercarse a la temperatura

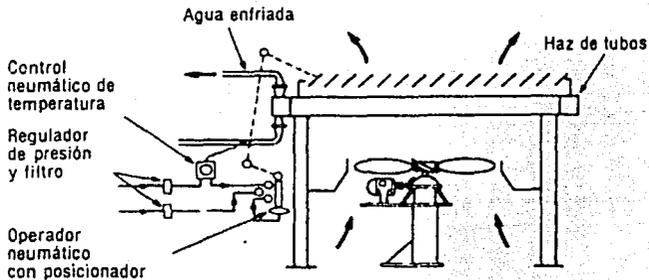
de condensación, ya que ayuda a reducir la incrustación del serpentín rociado y reduce la humedad relativa del aire que abandona la unidad. La capacidad de un condensador evaporativo, depende de la cantidad de superficie del serpentín, de la cantidad de aire que fluye sobre el serpentín y de la temperatura de bulbo húmedo del aire que entra en la unidad. El calor total que debe ser disipado, depende de la temperatura de bulbo húmedo. Representa la suma del calor sensible y el calor latente en el aire a determinada temperatura de bulbo húmedo. Si se calcula la temperatura de bulbo húmedo que entra y del que deja el condensador, se puede determinar el contenido de calor en estos dos puntos. El aumento en el calor total, se debe al calor cedido por el refrigerante en condensación y representará la capacidad del condensador. Cuanto mas baja sea la temperatura de bulbo húmedo del aire que entra, mayor será la capacidad del condensador. Una línea de purga, es un pequeño tubo que va de la descarga de la bomba, directamente al drenaje. Puesto que un condensador evaporativo evapora grandes cantidades de agua, el agua que se va quedando empieza a aumentar su concentración en sales y sólidos. Si se deja que se acumulen, se agravará el problema de incrustación. La línea de purga asegura que suficiente agua, será bombeada al drenaje, para evitar que la concentración llegue a ser demasiado alta. Esta idea es similar a la línea de purga continua, que se usa en las calderas. Los condensadores evaporativos se pueden obtener ahora hasta con diez circuitos separados de serpentines. Se les utiliza en los supermercados y operaciones similares, en donde se usan varias unidades compresoras para los mostradores de carne, legumbres, productos lácteos, etc.

Si se recurre a un condensador con un circuito separado por cada unidad, el costo inicial se reduce y cada sistema está separado.

CONDENSADORES ENFRIADOS POR AIRE

Casi todas las unidades con potencia de fracción de caballo, están equipadas con condensadores enfriados por aire. Es un ahorro que no necesiten tuberías de agua como los condensadores enfriados por agua. En años recientes el mayor costo del agua, las tarifas crecientes por drenaje y eliminación y las restricciones en el uso del agua han hecho populares a los grandes condensadores enfriados por aire.

Los intercambiadores de calor enfriados por aire, son tan comunes como el radiador de un automóvil. Consisten en un grupo de tubos con aletas, que van rolados o soldados en los cabezales, como en la siguiente figura. El aire ambiental se mueve a través del grupo de tubos, por medio de un ventilador de tiro forzado o inducido, o aun por tiro natural. El fluido caliente, que circula por los tubos, cede parte de su calor al aire, que luego es expulsado hacia la atmósfera o alrededor de la circunferencia de la unidad.



Condensador enfriado por aire para instalación en exteriores.
(Cortesía de Power magazine).

La ventaja principal de este condensador es que siempre existe aire, mientras que el agua, no siempre se consigue. Usar el aire, suprime también el costo del espacio que se requiere para las torres de enfriamiento, bombas de agua, equipo de tratamiento, productos químicos y tubería.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la figura que se muestra a continuación, se muestra el tamaño que alcanzan las unidades enfriadoras en un paquete completo, con compresores centrifugos y condensadores enfriados por aire para instalarse en exteriores, en azoteas de las fábricas, o en cualquier lugar.



Sistema de agua helada enfriado por aire. Tiene un compresor centrifugo, viene en un paquete completo, listo para conectarse en exteriores. (Cortesía de Trane Company)

En los condensadores de concha y serpentín y ciertos tipos de doble tubo, se pueden limpiar únicamente haciendo circular por ellos ácidos u otras sustancias químicas. Esto puede hacerse constantemente, con solo agregar una pequeña cantidad de sustancia química al agua, mientras está la unidad en operación. O bien, puede sacarse de servicio la unidad mientras se hace circular una fuerte solución durante un tiempo corto. Los condensadores de concha y tubos casi siempre se limpian mecánicamente, esto es, haciendo girar una herramienta limpiadora o empujando un raspador del tamaño adecuado o un cepillo a través de los tubos. Los condensadores verticales de concha y tubos se pueden limpiar mientras están en operación, pero los tipos horizontales deben ponerse fuera de servicio y desmontarse los cabezales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

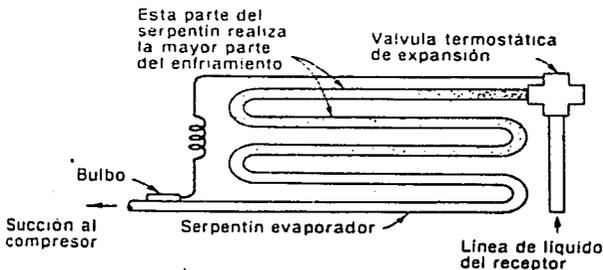
II.4 EVAPADORES

Los cuatro componentes fundamentales (sin contar los mecanismos de transmisión) de un sistema de refrigeración son: el compresor, el condensador, el evaporador y el dispositivo de expansión. El evaporador que es un intercambiador de calor, tiene la importante función de transmitir el calor de la sustancia que se está enfriando (alimentos, líquidos, etc.). Para enfriarse, el evaporador está donde se realiza el enfriamiento, en las cámaras frías, etc. A continuación veremos los diferentes tipos de evaporadores que se usan en la actualidad y su principio básico.

Como el nombre lo indica, esta es la parte del sistema en donde se evapora el refrigerante líquido. Algunas veces se le llama serpentín de enfriamiento, unidad enfriadora, serpentín congelador, enfriador de líquido, etc. Pero sin importar el nombre, la parte del sistema donde el refrigerante líquido se convierte en vapor por absorción de calor, es un evaporador. Aunque algunas veces es un aparato muy simple, constituye la parte más importante del sistema. Cualquier sistema de refrigeración se diseña, se instala y se opera con el único fin de quitar calor a una sustancia. Debido a que este calor debe ser absorbido por el evaporador, la eficiencia del sistema depende del diseño apropiado y la adecuada operación del evaporador.

Los dos principales tipos de evaporador, según el líquido alimentado son; los evaporadores secos y los inundados.

Un evaporador inundado tiene un arreglo con un tanque o un tambor de pulso (acumulador) localizado arriba del serpentín, de modo que el interior del evaporador esté lleno de refrigerante. Un serpentín de expansión seco, como el de la figura mostrada abajo, no está propiamente seco sino que tiene un dispositivo de control de refrigerante que admite solo el refrigerante líquido que puede ser completamente evaporado mientras alcanza la salida del serpentín. Así los refrigerantes dejan el serpentín como vapor seco.



El serpentín evaporador de superficie primaria es de tubería desnuda.

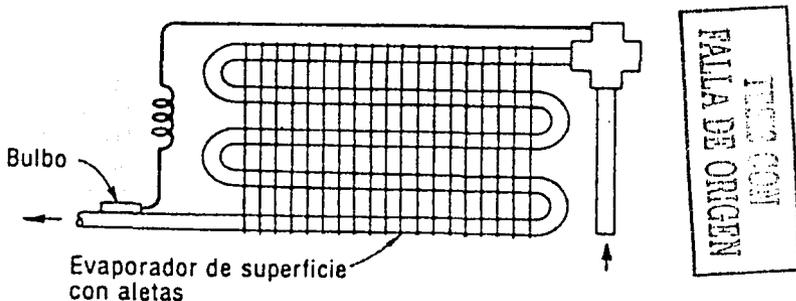
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los tres principales requisitos que deben considerarse en el diseño y la selección de evaporadores son:

- 1) El evaporador debe tener suficiente superficie para absorber la carga térmica sin una diferencia excesiva de temperatura entre el refrigerante y la sustancia por enfriarse.
- 2) El evaporador debe proporcionar suficiente espacio para el refrigerante líquido y también un espacio adecuado para que el vapor de refrigerante se separe del líquido.
- 3) Debe proporcionar espacio para la circulación de refrigerante sin excesiva caída de presión entre la entrada y la salida.

Existen dos tipos de superficie en los evaporadores, los de superficie primaria y los de superficie extendida.

Los primeros, están constituidos por tubos o por tubería desnuda como en la figura anterior. Los evaporadores de superficie extendida o evaporadores de serpentín con aletas, como en la figura mostrada abajo, agregan a los tubos o tubería desnuda extensiones de la superficie hechas con láminas metálicas en forma de discos o corrugaciones fundidas o maquinadas.

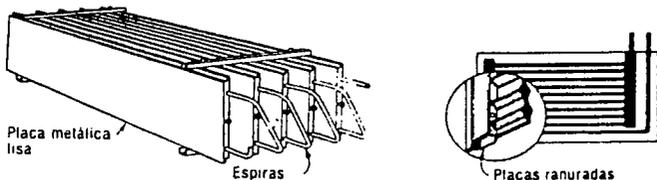


Diseño básico del serpentín evaporador de superficie extendida con aletas.

Los evaporadores de serpentín con aletas o de superficie extendida, presentan una superficie mucho mayor a la sustancia que va a enfriarse, que los serpentines de tubo desnudo o de superficie primaria. Los serpentines con aletas restringen su uso al enfriamiento del aire u otros gases. Los evaporadores del tipo de aletas pueden estar hechos de tubos de cobre o de bronce, con aletas fijas de material similar o diferente. Las hileras de tubos suelen alternarse para proporcionar así mas superficie para que el aire pase sobre los serpentines.

OTRAS CLASIFICACIONES

Un serpentín de placas como el de la figura mostrada abajo, está hecho de placas de metal suave, con espiras de tubería soldadas entre pares de placas, también se hacen pares de placas ranuradas soldadas una con otra de manera que las ranuras formen un canal para el refrigerante. Se usan con mayor frecuencia como serpentines de anaquel en congeladores. El refrigerante frío se hace circular por los canales y el producto a congelar se coloca entre las placas.



Los evaporadores de serpentín de placas se fabrican en diseños de placa lisa o de placa ranurada.

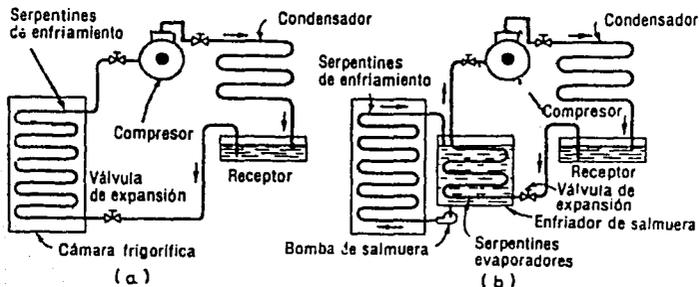
El evaporador de concha y tubos usado en los sistemas de acondicionamiento de aire, es un tipo de evaporador. Esta unidad es, en apariencia, similar al condensador de concha y tubos y otros intercambiadores de calor. Sirve para enfriar agua que luego se hace circular por las unidades de enfriamiento de aire.

En este diseño, el agua fluye por los tubos del enfriador, mientras que el líquido refrigerante que rodea la parte externa de los tubos, se evapora al absorber el calor del agua.

Un serpentín con cabezal, tiene varios tramos de tubo en paralelo con los extremos conectados a un tubo mayor, o cabezal. Esto proporciona la ventaja de tener mayor superficie y un gran volumen de refrigerante sin la desventaja de los serpentines largos y la alta velocidad.

Un sistema de serpentín de expansión directa, es un método directo de refrigeración, en el que el evaporador está en contacto directo con el material o el espacio refrigerado, o se localiza en los pasajes de circulación de aire que comunican con tales espacios. El evaporador de un sistema directo, puede incluir cualquier recipiente de transmisión de calor, como serpentines de tubos, enfriadores de concha y tubos, serpentines con aletas, o cualquier aparato en el que un refrigerante primario, como el amoníaco, freón o bióxido de carbono, se hace circular y se evapora, con la finalidad de enfriar material en contacto directo con el lado opuesto de la superficie de transmisión de calor.

En contraste con esto, se encuentra el sistema indirecto como en la figura siguiente (b), el refrigerante se evapora en los serpentines del evaporador, que están en un tanque de salmuera. El refrigerante secundario de salmuera, circula luego hacia los serpentines de la caja de almacenamiento en frío para llevar al cabo el enfriamiento en lugar de los serpentines que contienen el refrigerante. La distinción entre un sistema de expansión directa y otro sistema, no está en el tamaño o la forma del aparato de transmisión de calor, sino en el proceso para efectuar la transmisión de calor, por medio del proceso de calor latente a través de la evaporación de un refrigerante primario en lugar del proceso de calor sensible con un refrigerante secundario.



Evaporador de expansión directa a) comparado con el sistema indirecto b).

Un enfriador Baudelot, es un tipo de evaporador que enfría líquido hasta cerca del punto de congelación. Los modelos primitivos tenían una serie de tubos, uno arriba del otro. El líquido por enfriarse fluía en una delgada película sobre el lado externo, y el refrigerante circulaba por dentro de los tubos. Los modelos más recientes usan placas de acero inoxidable, corrugadas y estampadas como en la figura de la página anterior, con las corrugaciones formando canales para el refrigerante.

La superficie de acero inoxidable, proporciona un dispositivo sanitario, fácil de limpiar. También se proporciona una superficie continua, ofreciendo por lo tanto un mejor control de la distribución del líquido. Cualquier congelación que pudiese ocurrir no tendría lugar sobre la placa.

El enfriador inundado, tiene el refrigerante en el área de la concha que rodea a los tubos, y el enfriador de expansión seca lo tiene en los tubos y el fluido a enfriarse se bombea a través de la concha.

Los enfriadores inundados, pueden diseñarse para que el fluido que se va a enfriar pase varias veces y así se aumente el rango de enfriamiento. La alta velocidad en

TEST DON
 FALLA DE ORIGEN

los tubos aumenta la capacidad de transmisión de calor. Los enfriadores de expansión seca, tienen menor pérdida por fricción, carga de refrigerante mas simple y tubos que no están sujetos a congelación o ruptura. La transmisión general de calor es mas baja, pero el costo real de ambos enfriadores ya instalados es aproximadamente el mismo.

La capacidad de transmisión de calor de un serpentín, se expresa evaporador se expresa normalmente en Btu por pie cuadrado de superficie por hora por grado de diferencia de temperatura entre el refrigerante y la sustancia que se va a enfriar. Esto se denomina coeficiente U de transmisión de calor. La capacidad para transmitir calor variará dependiendo de:

- 1) La diferencia de temperatura,
- 2) El método para alimentar el serpentín,
- 3) La sustancia que se va a enfriar
- 4) La velocidad con que la sustancia pasa por la superficie del serpentín, y la velocidad del refrigerante del mismo,
- 5) La relativa limpieza de ambas superficies.

Los valores del coeficiente U de transmisión de calor pueden variar como:

Enfriador de agua de concha y tubos inundado.....	50-150
Enfriador de salmuera de concha y tubos inundado...	30-100
Enfriador de agua de concha y tubos de expansión	
Seca, freón en tubos, agua en la concha.....	50-115
Enfriador Baudelot, inundado, agua.....	100-200
Enfriador Baudelot, expansión, seca.....	60-150
Enfriador de doble tubo, agua.....	50-150
Enfriador de doble tubo, salmuera.....	50-125
Enfriador de concha y serpentín.....	10-25
Enfriador de agua de concha y tubos, tipo rocío.....	150-250

Debemos saber que tipo de refrigerante se debe utilizar en los evaporadores. Cuando el refrigerante es amoniaco, lo mas útil es el acero. Pero para el freón-12 o para el dióxido de azufre, generalmente se selecciona tubería de cobre. El cobre no solo es un mejor transmisor de calor, sino que la tubería de cobre es mas fácil de instalar. Recordemos que el cobre no está permitido en un sistema de amoniaco, debido a que juntos provocan una acción química dañina.

Capítulo III Sistemas de Control.

III.1-Controles de refrigerantes.

Los controles de refrigerantes, son dispositivos cuya finalidad es controlar el flujo de refrigerantes en diversos puntos a lo largo del ciclo de refrigeración. A diferencia de las antiguas plantas, en donde se usaban principalmente controles manuales, en la actualidad muchos sistemas industriales de refrigeración, similares al refrigerador doméstico, están automatizados.

Si el operador no comprende los conceptos básicos y las funciones de los componentes de control, se pueden producir problemas costosos.

Los siete puntos donde se usan controles de refrigerante son los siguientes:

VÁLVULAS DE EXPANSIÓN

"Expansión" es el término con que generalmente en la industria, se designa cualquier dispositivo que dosifique o regule el flujo de refrigerante líquido hacia un evaporador. Tiene dos propósitos:

- 1) reducir la presión del refrigerante líquido y
- 2) regula el flujo de refrigerante hacia el evaporador. Por esta razón divide los lados de alta y de baja presión de sistema.

Existen seis tipos básicos :

- 1) tubos capilares; 2) válvulas manuales de expansión; 3) válvulas automáticas de expansión; 4) válvulas termostáticas de expansión; 5) flotadores del lado de baja y 6) flotadores del lado de alta.

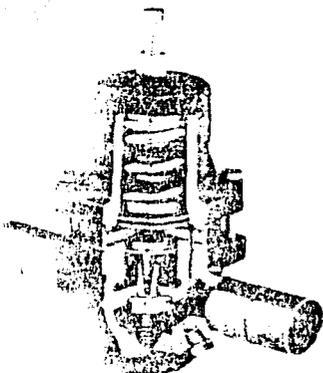
VÁLVULA MANUAL DE EXPANSIÓN

Es una válvula del tipo de globo, con un asiento de aguja en los diámetros menores y un asiento cónico tipo tapón en los mayores. Las ventajas principales de una válvula manual de expansión son su simplicidad y su bajo costo inicial.

VÁLVULA AUTOMÁTICA DE EXPANSIÓN

La válvula automática de expansión, es un dispositivo reductor de presión. Es accionado por la presión del refrigerante en el evaporador y determina la temperatura a la que mantiene constante, puesto que es la presión del refrigerante

en el evaporador, la que determina la temperatura en el mismo (ver siguiente figura). Es una válvula accionada por fuelle o diafragma, con la presión del evaporador actuando debajo del diafragma y la presión atmosférica, más, la presión del evaporador actuando debajo del diafragma y la presión atmosférica, más, la presión del resorte ajustable actuando en el lado superior del mismo diafragma.



Válvula automática de expansión.

Una válvula automática de expansión debe ajustarse para evitar que se sobrealimente condiciones de carga baja y, en consecuencia, no se alimente lo suficiente en condiciones de carga alta. Si la carga térmica baja rápidamente, la presión en la evaporación cae repentinamente, abriendo la válvula de nuevo completamente, al tratar de elevar la presión en el evaporador a la presión de ajuste de la válvula.

VÁLVULA TERMOSTÁTICA DE EXPANSIÓN

Es básicamente una válvula automática de expansión, con el agregado de un dispositivo para corregir la velocidad de alimentación de la válvula, de manera que corresponda a la carga en el evaporador.

VÁLVULAS DE FLOTADOR

Los dos tipos de válvulas de flotador, son las válvulas de flotador del lado de alta y las del lado de baja. Se llaman así debido a su ubicación en las porciones de alta o baja presión en los sistemas de refrigeración.

INTERRUPTOR DE FLOTADOR

Un interruptor de flotador, es un dispositivo de control de nivel de líquido, que usa el ascenso o descenso de la bola flotadora para accionar contactos eléctricos. Los contactos, a su vez, energizan o desenergizan uno o más circuitos eléctricos. Se pueden usar: 1) para mantener un nivel de líquido en el sistema de evaporador inundado; 2) para evitar pérdida de sello de líquido en los receptores grandes debido a demandas repentinas de carga; 3) como controles de la bomba del acumulador o de resumidero o 4) como dispositivo para accionar un circuito de alarma (luz, timbre, corneta, etc.) en una altura predeterminada alta o baja del nivel del líquido.

El típico sistema de evaporador inundado, está provisto de un interruptor de flotador y también de una válvula de solenoide para el líquido, un filtro y una válvula manual de expansión.

VÁLVULAS DE SOLENOIDE

Una válvula de solenoide, a veces llamado válvula magnética, es una válvula de cierre o apertura por disparo activada por una bobina, el cambio magnético atrae una armadura corrediza en el núcleo de la bobina. Por medio de un vástago o pasador de válvula unido al núcleo, la válvula está abierta. La desenergización de la bobina, destruye el campo magnético y el núcleo cae por su propio peso, cerrando la válvula.

Las válvulas de solenoide, se dividen en dos tipos generales: las de acción directa y las accionadas por piloto. El primer tipo se abre cuando el núcleo o buzo jala el perno o el vástago de la válvula y lo separa del asiento de la misma.

La válvula de solenoide accionada por piloto, no abre directamente, sino que primero abre una puerta piloto que alivia la presión en la parte superior del pasador o vástago de la válvula, desbalanceando las presiones que actúan sobre el asiento de la válvula.

Un sistema operado en forma completamente manual, no siempre está provisto de las válvulas de solenoide; pero una planta automática o semiautomática puede tener muchas válvulas de solenoide en muchas funciones. Puesto que se trata básicamente de una válvula de abrir y cerrar, accionada eléctricamente, puede accionarse por medio de un dispositivo, o una combinación de dispositivos sensores para mantener la temperatura, la presión, el nivel, etc. Las válvulas de solenoide se pueden instalar en líneas principales de líquido y alambrarse de manera que detenga el flujo de refrigerante cuando el compresor se detiene. Esto evita sobrealimentar el evaporador durante el ciclo no operativo. Pueden instalarse en las líneas de líquido y controlarse, por medio de un interruptor de presión, para detener el flujo de refrigerante líquido cuando la presión de succión sube a un punto en que sobrecargaría al motor. Pueden instalarse en las líneas de líquido y controlarse por medio de un interruptor de presión, para detener el flujo de refrigerante líquido cuando la presión de succión, sube a un punto en que sobrecargaría al motor. Pueden instalarse en líneas de líquido y controlarse por medio de un termostato, para interrumpir el flujo de refrigerante líquido cuando se haya alcanzado la temperatura baja deseada.

1.- Al instalar una válvula de solenoide, nos debemos asegurar que el flujo de fluido siga la misma dirección que la flecha en el cuerpo de la válvula.

2.- Nunca hay que conectar una válvula de solenoide, directamente a las terminales de un motor. El fuerte jalón de corrientes para arrancar el motor puede bajar el voltaje lo suficiente para evitar que la válvula abra.

Las precauciones que son necesarias al seleccionar la alimentación de energía de una válvula, son:

Verificar que el voltaje de la fuente de energía, no varíe más que la cantidad que permite el fabricante de la válvula; casi siempre ésta es 10% mayor o menos que el voltaje, que puede ocurrir durante el arranque, alambrando la válvula en un circuito separado.

Si, la mayoría de los fabricantes recomienda un filtro con cada válvula, aunque puede haber un filtro maestro en alguna parte del sistema. Debemos asegurarnos de que el filtro, tiene la capacidad suficiente para evitar la restricción del flujo a través de la válvula de solenoide. Instalar siempre un filtro antes de la válvula de solenoide es recomendable.

Un vástago de operación manual en una válvula de solenoide, permite abrir la válvula a mano, si el circuito de la bobina no está en operación, o si se quema la bobina de la válvula. El vástago se usa sólo en caso de emergencia y normalmente no interfiere con la operación de la válvula. Esta válvula protege el motor del compresor contra la sobrecarga causada por las cargas aumentadas repentinamente, o debidas a la descongelación, a un producto caliente etc.

REGULADORES DE PRESIÓN

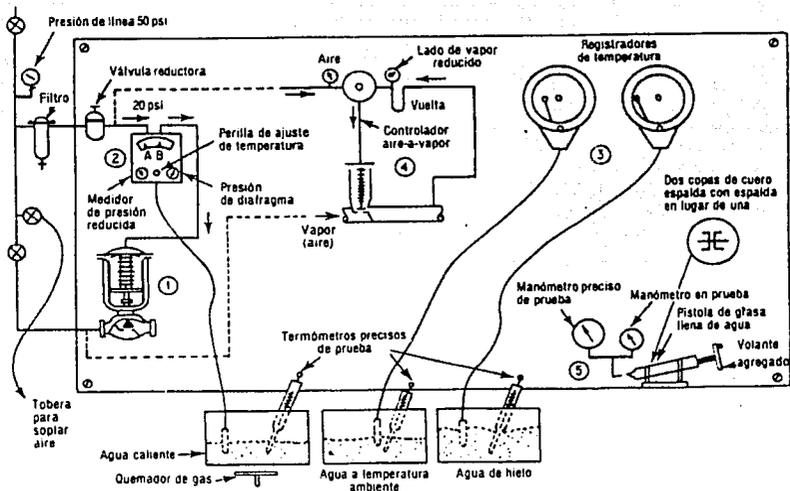
Los reguladores de la línea de succión, regulan la presión en esta línea para satisfacer los requisitos de carga o la capacidad de los compresores. Dos clases importantes son 1) regulador de presión en el evaporador o válvula de control de presión de retorno que controla la presión en el evaporador y 2) la válvula de retención de succión que controla la presión de succión en el compresor.

Una válvula reguladora de presión de evaporador, puede usarse para mantener una temperatura especificada dentro de límites muy estrechos, haciendo uso de un piloto accionado por temperatura, conectado a la conexión externa de piloto de una válvula reguladora de presión de evaporador.

PRUEBA DE LOS CONTROLES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La siguiente figura, muestra un panel espacial de pruebas construido por George Griffel, jefe de una planta de productos lácteos de Nueva York, este panel verifica los siguiente (los números se refieren a los del diagrama): 1) Válvulas de vapor accionadas por presión y controladas por temperatura; 2) Controladores de temperatura; 3) Registradores de temperatura y termómetros; 4) Válvulas de vapor accionadas por presión y controladas por presión y 5) Medidores de presión.

Una válvula controladora de temperatura está marcada con el 1) en el diagrama,



como es una válvula se instala y es controlada por un controlador de temperatura; 2) note que el controlador tiene dos agujas, señaladas como A y B. La aguja con A conecta a un bulbo de temperatura. La aguja B se fija manualmente a la temperatura a que se desea que funcione el controlador. Cuando éste se halla en operación, abre una válvula para admitir aire en la válvula 1), cuando la aguja AA cae por debajo de la posición de B, es cortado el suministro de aire a la válvula 1), se suelta la presión del diafragma de la válvula 1), y la válvula se abre para permitir el flujo pleno.

III.2.- Controles eléctricos.

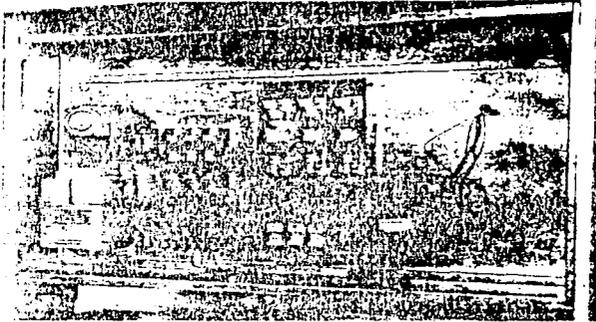
Los controles eléctricos, son dispositivos que encierran o abren los circuitos eléctricos, que echan a andar o detienen el sistema entero. Controlan el flujo en alguna parte del sistema, cambian la capacidad de los compresores, proporcionan descongelación automática y transfieren líquido de una parte a otra del sistema; además, realizan otras funciones en la operación automática de una planta de refrigeración. Los controles eléctricos comprenden los interruptores de flotador, interruptores de presión, termostatos, relés y sus combinaciones.

CONTROLES AUTOMÁTICOS

Describe el control de una moderna unidad condensadora grande.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

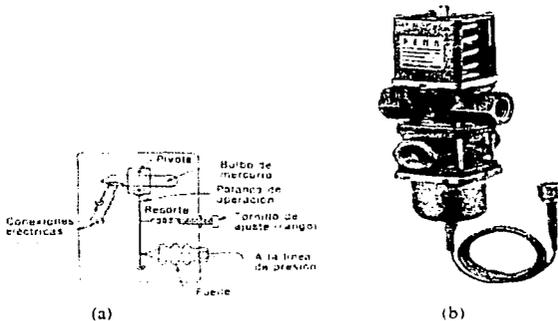
Los controles de una unidad condensadora grande, en cualquier fabricación, (figura mostrada a continuación) son un cúmulo de dispositivos, que proporcionan el circuito completo de control requerido por un sistema de refrigeración o de acondicionamiento de aire. Esto incluye tanto el lado de alta como el lado de baja. ¿Por qué se instala el circuito de control para el sistema en la unidad condensadora? Se debe a que la mayor parte de las necesidades de potencia se encuentran dentro de esa unidad, que incluye a los motores del compresor y del ventilador del condensador.



Controles de unidad condensadora grande que incluye medidores de tiempo, fusibles, y contactos de ventilador y compresor (Cortesía de Bohn Heat Transfer Division)

CONTROLADORES DE PRESIÓN

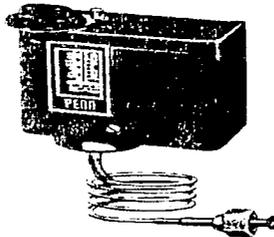
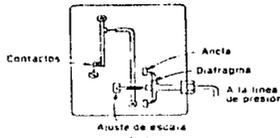
Los tres tipos básicos de controladores de presión, clasificados según sus elementos de potencia son: 1) de fuelle; 2) de diafragma y 3) de tubo de Bourdon. El controlador de presión de fuelle (figura siguiente (a) y (b)) es un



TESIS
 CON
 FALLA DE ORIGEN

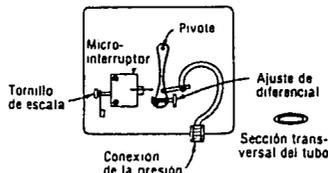
fuelle flexible conectado a la línea que se controla. La presión en la línea tiende a expandir el fuelle, pero se le opone un resorte con un tornillo de ajuste. El movimiento del fuelle es transmitido por un mecanismo que abre o cierra los contactos eléctricos.

El controlador de diafragma mostrado en la siguiente figura (a y b) está provista de un diafragma flexible que desempeña la misma función que el fuelle. Puesto que el movimiento del diafragma es limitado, se necesitan palancas grandes para proporcionar movimientos suficientes que accione el mecanismo de conexión eléctrica.



(a) y (b) EL controlador de diafragma tiene un diafragma flexible. (Cortesía de Jonson Control, Inc.)

El controlador de tubo de Bourdon (figura mostrada abajo) consiste en un tubo de sección transversal ovalado y curvado, anclado firmemente en un extremo y libre para acercarse o alejarse del mecanismo de conexión en el otro extremo. Está equipado con mecanismos para abrir o cerrar los contactos eléctricos o inclinar un bulbo de mercurio en relación con la presión en el interior del tubo.



El controlador de tubo de Bourdon está provisto de un tubo ovalado curvo.

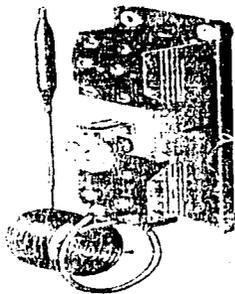
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONTROLADORES DE TEMPERATURA

¿En que se parecen los controladores de temperatura (termostatos) y los controladores de presión?

Muchos termostatos están diseñados en torno a los tres mismos elementos básicos de potencia (fuelle, diafragma y tubo Bourdon) que se emplean en los controladores de presión. Aunque controlan a partir de una temperatura variable, en lugar de la presión, la fuerza controladora es la presión creada en el elemento sensible por un fluido con relaciones definidas de presión-temperatura.

Un termostato bimetalico (ver la figura siguiente), es un dispositivo sensor de temperatura hecho de una tira delgada doble de dos metales disimilares con diferentes coeficientes de expansión térmica. Al cambiar la temperatura, la diferencia de expansión crea una deflexión o acción de doblamiento que abre o cierra los contactos eléctricos. La tira bimetalica puede ser recta, en forma de U o de espiral para aumentar la sensibilidad.



(a) y (b) . El termostato bimetalico es un dispositivo sensor de temperatura. (Cortesía de Jonson Control Inc.)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¿Qué se entiende por amplitud y diferencial de un controlador de presión o de temperatura?

La amplitud de un controlador, es la temperatura o presión promedio a las que funciona el controlador. Puede ajustarse dentro de ciertos límites, si se cambia la tensión del resorte de amplitud. El diferencial de cualquier controlador es la diferencia de los puntos de corte y de conexión. El ajuste también puede ser para cualquier rango dado, dentro de los límites del control.

¿Qué es un termostato de bulbo remoto?

Es un termostato con el bulbo sensor conectado al control por medio de un tramo de tubo capilar. Esto permite, que el control pueda situarse a cierta distancia de la sustancia que se controla (fuera del cuarto que va a ser refrigerado). Los controles, están equipados con unos 57 pies de tubería y pueden agregárseles otros tramos según se aprecia en la figura anterior (b).

Los tres tipos de termostatos de bulbo remoto, de acuerdo con el llenado del bulbo y donde se usa cada uno son: 1) el de llenado limitado (para trabajar a bajas temperaturas), 2) el de llenado de alta temperatura y 3) el de llenado de ambiente cruzado. El primer tipo se emplea, cuando el bulbo sensor está siempre a menor temperatura que el fuelle, pues de ser así el líquido permanece en el bulbo y transmite al fuelle la presión apropiada. La cantidad de llenado es tal que, a una temperatura elevada, el líquido se evapora por completo. Un aumento ulterior no creará suficiente presión para dañar el control.

CORTES

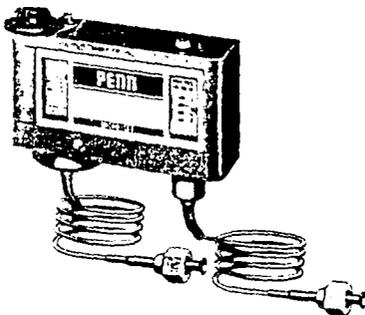
Un corte de alta presión, es un dispositivo de control de presión usado como control de seguridad en la línea de descarga de un compresor y un grupo de compresores. En caso de falla del condensador, o en otras condiciones de operación, que hagan que la presión de descarga se eleve por arriba del punto establecido, el corte de alta presión abre el circuito de control del motor del compresor para evitar un aumento ulterior de la presión. El control puede alambrarse también para hacer funcionar un circuito de alarma.

Un corte de baja presión, es un tipo similar de controlador de presión. Está dispuesto de modo que se abran los contactos cuando la presión baja de determinado punto. Algunas veces se usa como controlador de seguridad, para evitar que la presión de la succión baje a un punto que la relación de compresión fuese demasiado grande para el diseño del compresor. También evita que la presión de succión despenda a un punto donde se ocasione algún daño por baja temperatura, como podría ser la congelación de un enfriador de agua. Este corte se usa con frecuencia, como el dispositivo que detiene al compresor cuando la presión, (y en consecuencia la temperatura) ha satisfecho las condiciones establecidas. Estos controles tienen también amplitud y diferencial ajustables.

DISPOSITIVOS DE CONTROL

¿Qué significan las siglas SPST, SPDT, DPST, DPDT cuando están en las especificaciones de un control?

SPST significan un polo, un tiro (single pole throw); este dispositivo de control, tiene un solo juego de contactos y abre o cierra esos contactos únicamente en respuesta a los cambios de temperatura o presión. SPDT significa un polo, doble tiro (single pole double throw); este dispositivo de control, tiene un solo contacto movable, que se mueve entre dos puntos de contacto, cerrando un circuito y abriendo otro. DPST doble polo, un tiro (double pole single throw); este dispositivo de control tiene dos juegos de contactos, puede alambrarse a dos circuitos diferentes, o puede abrir dos líneas de un circuito. Trabaja sólo para abrir o cerrar circuitos según los cambios de temperatura o presión. DPDT significa doble polo doble tiro (double pole double throw); este control es semejante al SPDT, pero tiene dos juegos de contactos para controlar dos circuitos. La figura siguiente es un control SPST.



El SPST abre o cierra según los cambios de temperatura o presión. (Cortesía de Jonson Control, Inc.)

CONTROLADORES DE PRESIÓN

Los controladores de presión de restablecimiento automático, se pueden adquirir en varias amplitudes de presión y están arreglados para que, cuando se abren los contactos por un aumento o una caída de presión mayor que el punto de ajuste, sean puestos manualmente en su posición de cerrados.

Los automáticos, son aquellos que regresan automáticamente a la posición de cerrados, cuando la presión regresa a las condiciones de operación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En términos generales, cuando se va a usar un controlador de presión como el controlador, se escoge controlador de restablecimiento automático. Si el controlador se va a usar como dispositivo de seguridad, debe elegirse un controlador de restablecimiento manual.

¿Qué es un control flotante?

A veces se instala un controlador de presión o temperatura, para controlar un motor de compuertas, una válvula motorizada, un control de capacidad, etc., de modo que se energice un circuito para abrir las compuertas con un aumento en la temperatura o cierre las compuertas con una caída de temperatura, pero sin hacer nada si la temperatura permanece entre los puntos de ajuste.

¿Qué es un controlador diferencial?

Un controlador diferencial, se usa donde es necesario mantener una diferencia determinada de presión o temperatura entre dos tuberías, procesos o espacios.

INTERRUPTORES DE FLOTADOR

Un interruptor de flotador, es un dispositivo eléctrico de control, diseñado para abrir o cerrar circuitos eléctricos en respuesta al ascenso o descenso del nivel de líquido en un recipiente. En los modernos sistemas de refrigeración tienen muchos usos: 1) acciona válvulas de solenoide de líquido para mantener el nivel del mismo en el acumulador de la succión de un serpentín; 2) controla la operación de las bombas de transferencia en las trampas de líquido en la succión; 3) sirve de control de operación para algunos tipos de sistemas de retorno de líquido; 4) para controlar bombas de resumidero y 5) acciona luces de alarma o dispositivo de señales.

Capítulo IV Accesorios.

IV.1.-Tuberías, uniones y otros accesorios.

La tubería, las conexiones y los accesorios de cualquier sistema de refrigeración, son vitales para la operación eficiente del compresor, el condensador, el evaporador y la válvula de expansión. Las conexiones correctas que aquí se dan .

CAÍDA DE PRESIÓN

Cuando más alta sea la velocidad a través de la tubería, mayor será la caída de presión. Todas las líneas por las que pasa un flujo tienen una caída de presión, que depende del tamaño y longitud del tubo, además del número de vueltas en el sistema. Si la tubería está dimensionada en forma incorrecta, o si se meten muchas vueltas en la línea larga que esté subdimensionada, la caída de presión puede ser tan grande, que haga que el sistema no funcione bien.

La caída de presión en la línea de succión entre el evaporador y el compresor, produce una presión menor dentro del compresor que en el evaporador y se mantiene todo el tiempo.

La caída de presión entre el compresor y el condensador, significa que se debe mantener una presión mayor dentro del compresor durante la descarga, que la que se tiene en el condensador.

CLASES DE TUBERÍA Y MATERIALES

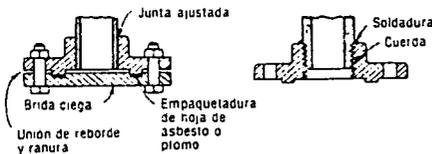
En las primeras instalaciones de plantas R-12, se usaba tubería de acero sin costura y con bridas soldadas, o juntas con empaquetadura. Esto era lo común en las plantas que usaban amoníaco, dióxido de carbono, dióxido de azufre, etc. Pero debido a las fugas provocadas por la acción solvente y las características de R-12, actualmente se utiliza tubería de cobre sin costura con juntas soldadas o con brida.

Los materiales para tubería de refrigerantes, salmuera y agua incluye el acero, el hierro maleable, el hierro fundido, el cobre y el bronce.

Se usan tuberías de hierro en los sistemas de amoníaco; las tuberías de cobre tipos K y L se usan para halocarburos.

UNIONES DE TUBERÍAS Y RECEPTOR

¿Qué clase de uniones de tuberías se usa en la conexión de tubería de halocarburos?



Las uniones de reborde y ranura, soldadas y de ajuste se usan en tuberías para Freón.

Véase la figura mostrada arriba. Cuando se necesitan juntas o uniones con bridas, se usa el tipo de reborde y ranura con empaquetadura metálica o de asbesto comprimido. Las empaquetaduras impregnadas con aceite, grafito, etc., no son satisfactorias porque el freón 12 disuelve estas sustancias y se producen fugas. Se deben evitar las uniones de tubo roscadas, pero si es indispensable se sueldan perfectamente después de armarse.

Un receptor líquido, desempeña las siguientes funciones: 1) almacena el refrigerante no usado que regresa del condensador; 2) almacena el refrigerante cuando se vacía el evaporado, por la válvula de expansión; 3) almacena el exceso de refrigerante en el sistema y 4) proporciona un lugar para almacenar refrigerante cuando se vacía el evaporador, durante las operaciones de mantenimiento. El receptor debe tener una línea de retorno del condensador, una válvula de alivio y una línea igualadora a la parte superior del condensador. Esta línea de ventilación, iguala la presión en el condensador y en el receptor, de modo que el refrigerante condensado, fluya del condensador al receptor. La línea de líquido, se extiende dentro del receptor unas cuantas pulgadas arriba del fondo, de manera que no recoja mugre ni el aceite que se asienta. Una mirilla de vidrio, muestra el nivel de líquido en todo momento. Un dren de aceite en el fondo del receptor, sirve para sacar el aceite que es arrastrado por el refrigerante.

IV.2.-Lubricación.

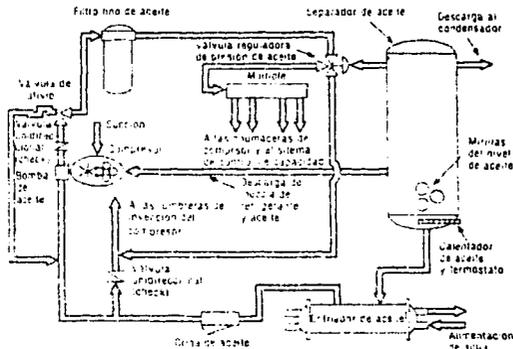
El aceite para lubricar maquinaria de refrigeración debe permanecer fluido a las más bajas temperaturas de operación del sistema. Igualmente importantes son la acción y los efectos de los lubricantes sobre los componentes que no requieren lubricación. Porque el aceite, en cualquier parte de un sistema de enfriamiento, cuando no se mezcla con el refrigerante, tiende a reducir la eficiencia de la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

refrigeración. Y la congelación resultante hace que se deposite una película de aceite en las superficies internas formando un aislamiento que impide sacar calor del medio que se enfriará.

SISTEMAS DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación con aceite del moderno compresor helicoidal de tornillo giratorio como el de la figura siguiente.

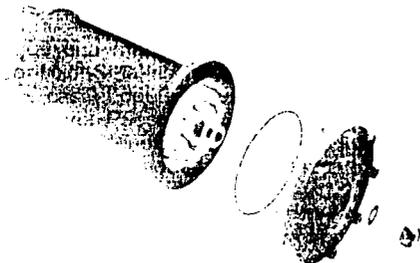


El sistema de lubricación del moderno compresor helicoidal de tornillo giratorio tiene criba, separador y filtro de aceite para evitar sustancias abrasivas en los tornillos. (Cortesía de Sullair Refrigeration Inc.)

Una bomba de aceite, accionada por el compresor, alimenta la chumacera de manguito, la chumacera de empuje, el sello de la flecha y el sistema hidráulico de control de capacidad, con una pequeña cantidad de aceite. La mayor parte del aceite, después de pasar por el filtro, es inyectada dentro del compresor por el diferencial de presión del gas, para lubricar y sellar los rotores, enfriar el refrigerante durante la compresión y también reducir el nivel de ruido.

Esta inyección directa de aceite, por diferencial de presión entre el separador y la lumbrera de inyección, permite el uso de una bomba menor, más silenciosa y confiable.

El enfriamiento de aceite, se logra por medio de enfriadores simples o dobles que usan agua o refrigerante como enfriador. Un filtro de aceite a la salida del enfriador protege la bomba de aceite y los rotores del compresor. Todo el aceite de la



El filtro de aceite del compresor hrs tiene un elemento no colapsable de 15 micras del tipo "colcha".

bomba pasa a través de un filtro tipo cobertor, de 15 micras (siguiente figura) para proporcionarle larga vida a las chumaceras del compresor. Durante los momentos que no trabaje, la temperatura del aceite en el sumidero separado, es mantenida de modo automático por un calentador eléctrico controlado termostáticamente, para evitar la condensación del refrigerante.

SISTEMAS DE SALPICADO

¿Cómo se lubrican las partes móviles de los viejos compresores de refrigeración? El aceite del cárter del compresor las lubrica adecuadamente. En un compresor recíprocante, una bomba de aceite de tipo de engranes, accionada por el cigüeñal y las bielas, a las chumaceras del cigüeñal y de los muñones del mismo. El aceite salpicado por la acción del cigüeñal, lubrica las paredes de los cilindros y los pistones. Las válvulas del compresor y las válvulas automáticas del sistema, reciben algo de aceite de cárter que es arrastrado por el refrigerante. Los problemas son, lubricar todas las partes del compresor y hacer circular suficiente aceite por el sistema para suministrar una película de aceite en todas las partes de la válvula que trabajan. Debe controlarse el aceite que circula, pues de lo contrario se congestiónarán el condensador, el receptor y el evaporador.

En la lubricación por salpicado, el aceite lubricante es arrojado a todas las chumaceras, por medio del cigüeñal y las bielas que se sumergen en el aceite que contiene el carácter. Parte del aceite salpicado cae en los bolsillos que proporcionan el aceite para las chumaceras principales, las del perno del pistón y el sello del árbol. Las bielas de algunas máquinas pequeñas tienen cucharones y válvulas unidireccionales. La velocidad con que los extremos grandes de las bielas se sumergen en el aceite, lo forzan hacia las chumaceras de los muñones y a las de los pernos de los pistones, a través de tubos que se extienden a lo largo de las bielas. Puesto que la apropiada lubricación de las partes salpicadas por el aceite dependen de las cantidades de aceite salpicado por el cigüeñal, las bielas y otras partes móviles, es importante mantener el nivel correcto de aceite. Si el nivel de aceite es tan bajo que las partes móviles no llegan, o sólo pueden sumergirse en el ligeramente, no habrá suficiente salpicado de aceite. Si el nivel es demasiado alto, habrá un batido excesivo de aceite, alta temperatura, fugas y elevado consumo. Cuando esto ocurre, puede llegar tanto aceite a las paredes de los cilindros de las máquinas verticales que pueden pasar grandes cantidades de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

lubricante al lado de altas del sistema. La mayor parte de las máquinas lubricadas por salpicado, están provistas de mirillas para verificar el nivel de aceite.

Cuanto más alto sea el nivel de aceite, mayor será la cantidad de aceite salpicado sobre las paredes de los cilindros y los pistones. Este exceso de aceite, es llevado a través de las válvulas de descarga, en donde el vapor de refrigerante lo introduce al sistema.

Una señal que indica el nivel de aceite demasiado alto en el cárter, es un grueso recubrimiento de aceite en la parte superior del pistón cuando se quita la cabeza del cilindro. El aceite que llega al evaporador, se asienta en el fondo y debe ser drenado de cuando en cuando. No todos los sistemas de baja presión tienen trampas de aceite. El aceite que llega al evaporador es separado del vapor de succión por medio de un dren y así fluye de nuevo al cárter.

SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN FORZADA

El sistema de alimentación forzada, es una bomba de engranes movida por una flecha, suministra aceite a presión a las chumaceras del perno de los pistones y a los muñones del cigüeñal, así como al sello del árbol. Una porción del aceite descargado por la bomba, es derivada a un filtro, del cual regresa directamente al cárter. El aceite del sello de la flecha y del filtro lubrica las chumaceras principales. Un lubricador mecánico de alimentación forzada accionado por el árbol proporciona a cada cilindro, aceite lubricante por medio de una tubería que va a los cilindros.

Las ventajas de un sistema de alimentación forzada son: 1) la posibilidad de tener un preciso control de la distribución de aceite. La cantidad alimentada al lado de alta está predeterminada para evitar las variaciones que ocurren con el sistema de salpicado; 2) se forma menos espuma en el aceite en cada ciclo de arranque.

LUBRICACIÓN DE CILINDROS

Se lubrican los cilindros en los compresores de refrigeración. Los cilindros de la mayor parte de los compresores verticales están abiertos hacia el cárter. El aceite lubricante que escapa de las chumaceras principales y la de los pernos de las bielas, es arrojado hacia las paredes del cilindro por la acción centrífuga del cigüeñal. El aceite también es salpicado por las bielas que pasan por el aceite del cárter. El que va a dar a los cilindros, es llevado a la parte superior de las paredes por la acción recíprocante de los anillos de los pistones. La cantidad de aceite así suministrada a los cilindros de los compresores de pequeño y mayor tamaño es suficiente. Para mantener en un mínimo el aceite que alcance a llegar a la parte superior de los cilindros, se usan anillo de pistón de control de aceite. Estos anillos hacen que escurra otra vez parte del aceite de nuevo al cárter.

Los cilindros de los compresores horizontales, reciben su alimentación completa del aceite lubricante de los lubricadores mecánicos de alimentación forzada.

El aceite que se alimenta a los cilindros, por cualquiera de los métodos, debe mantenerse en el mínimo necesario como protección contra el desgaste.

LUBRICACIÓN DE COMPRESOR

Las precauciones que se debe tener con el aceite lubricante antes de hacer funcionar un compresor, son las siguientes:

Asegurarse de que, la bomba de aceite este trabajando adecuadamente cuando el compresor arranque. La presión manométrica del aceite puede ser tan elevada como la presión de succión en cuanto al compresor llega a su velocidad de trabajo. Entonces se ajusta para regular la presión del aceite lubricante.

Una dificultad común causada por la sobre-expansión es el refrigerante que se regresa al compresor. Si el refrigerante líquido llega al cárter, se evapora o hierve rápidamente con el aceite y arrastra parte de este, pasando por los anillos del pistón con el vapor. Esto priva al cárter de aceite lubricante

La presión reducida en el cárter al comienzo de cada ciclo, siempre produce algo de espuma; la cantidad depende del refrigerante empleado. El cloruro de metilo o el freón-12 formaron más espuma que el dióxido de azufre o el amoniaco debido a que el aceite es más soluble. Al ir disminuyendo la presión, miles de pequeñas burbujas, se forman en todo el cuerpo del aceite en el cárter.

Las chumaceras del compresor se aceitan por medio de: 1) aceitado por circulación 2) aceitado por salpicado y 3) aceitado por cadena o anillo. En todos estos sistemas se usa el mismo aceite una y otra vez. Un método más viejo es el aceitado con lubricadores mecánicos de alimentación forzado o por aceiteras de goteo. Las chumaceras exteriores de algunos compresores son aceitadas por cadena o anillo. Un anillo o cadena montan en el muñón y se sumergen en un recipiente de aceite en el pedestal de la chumacera. La rotación del muñón hace que el anillo o la cadena gire y suba el aceite hasta el muñón. Las ranuras causan la apropiada distribución del aceite en toda la longitud de la chumacera. El nivel de aceite debe de ser lo suficientemente alto para que el anillo lo recoja. Si el nivel es demasiado alto, el aceite se saldrá por los extremos de la chumacera.

Las causas del consumo excesivo de aceite son muchas; algunas semejantes a la de un motor de automóvil cuando desperdicia aceite, busque pistones, anillos y cilindros desgastados; depósitos abrasivos, anillos pegados; aceite lubricante inapropiado un nivel de aceite demasiado alto en el cárter; un aceite demasiado ligero o aceite arrastrado por el refrigerante y sacado por el sistema. El aceite se pierde cuando hay una espumación violenta al cambiar rápidamente la presión del retorno. El aceite absorbe algo de vapor de refrigerante, aumentando la cantidad

con la presión. Si la presión se reduce demasiado bruscamente, el vapor absorbido es soltado tan rápidamente, que el aceite puede ser francamente forzado a salir del cárter. En sistemas que tienen una línea igualadora de presión entre el cárter y la línea de succión, el aceite puede ser expulsado por el vapor a alta presión que se filtra y pasa por los pistones.

PROBLEMAS DE LOS LUBRICANTES

¿Qué problemas causa el aceite en el evaporador?

El aceite en el evaporador de cualquier tipo de sistema de refrigeración, tiende a engrosar la capa en el interior de las paredes del evaporador. Eso reduce la transmisión de calor a través de los tubos. Cuanto menos sea la temperatura en el evaporador, mayor será la tendencia del aceite a congelarse. A menudo se separa la cera del aceite a muy bajas temperaturas. El aceite que se mezcla con el refrigerante también cambia la temperatura de ebullición, y le ocasiona mas trabajo al compresor.

La velocidad de oxidación, depende directamente de la cantidad de aire presente y su grado de mezcla con el aceite, de la temperatura de la naturaleza de la combinación y de la resistencia del aceite a la oxidación. Se produce poca oxidación en los compresores verticales que tienen cárteres cerrados.

En los compresores de cruceta grande, el aceite caliente se mezcla con el aire. En este caso, se debe de usar un aceite químicamente estable que resista la oxidación .

El lodo se puede producir por la reacción química entre el aceite de algunas cales de refrigerantes, o por el sobrecalentamiento, debido a una temperatura excesivamente alta en el compresor. La temperatura puede ser producida por válvulas que fugan, por sobrecargar el sistema, por enfriamiento inadecuado o por que el aceite sea demasiado viejo.

Los depósitos pueden ser producidos por usar aceite con un punto de fluencia demasiado alto, o que contenga excesiva cera, por sobrelubricacion, o utilizar inapropiadamente el separador de aceite. Los depósitos son costosos ya que forman una capa aislante dentro de la tubería, que reduce la eficiencia de la refrigeración. El lodo puede evitar que la válvula reguladora trabaje bien. Si hay depósitos, revise si el compresor se ha sobrecalentado. Un aceite de mala calidad puede producir lodos.

Para quitar el agua y la mugre al aceite lubricante se usa un separador de aceite. Limpiarlo regularmente; un separador sucio es casi tan malo como no tener.

Revisar visualmente la alimentación de los lubricadores cada hora que el compresor esté trabajando.

Los compresores se lubrican por salpicado, asegurarse de escoger un aceite de viscosidad suficientemente alta, para evitar el consumo excesivo de aceite a la temperatura de compresión. El aceite demasiado ligero pasa por los anillos del pistón y se mezcla con el refrigerante. Procurar que el aceite sea estable y resistente a la oxidación. Esto evita la formación de carbón y de goma y evita que se tapen los pasos de aceite.

CARACTERÍSTICAS DE LOS LUBRICANTES

Las características específicas varían con cada refrigerante pero algunas son comunes a todos ellos.

Lo indispensable es que estén libres de agua; la razón es que el agua vuelve corrosiva a la mayor parte de los refrigerantes, otra es que la humedad arrastrada hasta la válvula de expansión se congelará restringiendo el flujo. Si la humedad se congela en los serpentines del evaporador, un ahogamiento parcial o total arruinará la eficiencia. El punto de fluencia del aceite debe estar por debajo de la temperatura a la cual se expone. El aceite no debe depositar cera y debe separarse fácilmente de refrigerante. Un aceite simplemente nafténico completamente destilado, del que se haya filtrado todos los rastros de cera y de humedad, es lo mejor. Para el trabajo a baja temperatura, se necesita un aceite filtrado de solventes y del más alto índice de viscosidad que sea posible, con un punto de fluencia bajo. Y por último, el aceite no debe evaporarse fácilmente a las temperaturas de compresión.

Los lubricantes de petróleo, se clasifican de acuerdo con sus servicios más comunes: 1) aceites de circulación; 2) aceites de engranes; 3) aceites de motor o maquinaria; 4) aceites de calidad para refrigeración; 5) aceites para husillos; 6) aceites para cilindros de vapor y 7) lubricantes de cables de alambre. También se clasifican de acuerdo con sus propiedades: 1) grasas con base de calcio, sodio, aluminio, litio o bario y 2) lubricantes sólidos o sintéticos.

La lubricación reduce la fricción, introduciendo una película de aceite entre las superficies, para separarlas completamente. La única fricción proviene del movimiento dentro del fluido aceitoso, lo que hace que el fluido se divida en dos capas. La capa superior se adhiere a la superficie del árbol superior, y la capa inferior se adhiere a la superficie inferior, o sea la chumacera. Cada capa viaja a una velocidad más baja y comparte las capas que quedan.

Las pruebas que hacen a los aceites de lubricación son: 1) viscosidad; 2) punto de ignición y punto de ignición momentánea, 3) punto de fluencia, 4) contenido residual de carbón; 5) emulsificación y desemulsibilidad y 6) punto de fisión o goteo.

La viscosidad muestra cuan espeso sea un aceite, o sea la cantidad de tiempo que necesita una cantidad de aceite para fluir a través de un orificio estándar a una temperatura dada. Una viscosidad de 120 segundos Saybolt a 100° f significa que una muestra de aceite requerirá 120 segundos a 100°f para pasar por el orificio. Si la viscosidad fuera de 200, por ejemplo, esto demostraría que el aceite es casi el doble de espeso, ya que le tomaría 200 segundos el fluir por el mismo agujero. Puesto que la viscosidad cambia con la temperatura, la proporción del cambio denota un índice de viscosidad: cuanto más alto sea el índice de viscosidad, menor efecto tendrá el cambio de temperatura a la fluidez del aceite lubricante .

El punto de fluencia muestra la fluidez que puede tener un aceite lubricante a muy bajas temperaturas; cuanto más baja sea la viscosidad de un aceite, más bajo será su punto de fluencia, esto es al seleccionar el aceite de calidad. En las tuberías de pequeño diámetro, el aceite que tenga un punto de fluencia demasiado alto podría congelarse durante un paro nocturno, lo que ocasionaría que las chumaceras tuvieran muy poco aceite al arrancar a la mañana siguiente.

El punto de ignición momentánea es la temperatura a la que el vapor que se forma por calentamiento se encienden momentáneamente al contacto de una flama. El punto de ignición es la temperatura a la que el vapor sostiene la combustión. Estas características son importantes en el aceite del compresor o donde el aceite se vaya a usar a altas temperaturas. El punto de ignición momentánea de los mejores aceites lubricantes anda alrededor de los 300° F.

De aceite el punto oscuro, es la temperatura a la que la cera comienza a separarse del aceite. La cera se separa del aceite, en forma de cristales separados, adelgazando con ello al aceite. Al formarse esos cristales, su color blanco opaco le dan al aceite, una apariencia nebulosa casi transparente aunque muchos aceites tienen un tono amarillento; algunos son casi blanco agua.

Todos los refrigerantes de halocarburos, adelgazan mucho el aceite lubricante. Esto significa que con ellos se debe emplear un aceite más pesado. El adelgazamiento del aceite lubricante por los refrigerantes de halocarburos, produce también en los puntos de fluencia y el punto oscuro. Los refrigerantes como el bióxido de azufre, el amoniaco y el bióxido de carbono no producen un efecto de adelgazamiento sobre el aceite.

Un aceite lubricante para un sistema de bióxido de carbono, tiene como característica la viscosidad, para este sistema varía de SAE 20 a SAE 40. estos aceites son normalmente un grado mas pesados que los usados en el sistema de amoniaco. En donde la separación sea buena, se pueden usar aceites estándar para compresor o para motor independientemente del punto de fluencia. Pero si el aceite se arrastra hasta el evaporador, se necesita un aceite para refrigeración libre de humedad y de cera.

LUBRICACIÓN DE COMPRESOR CENTRÍFUGO

¿ Que cuidado debe tenerse en la lubricación de sistemas centrífugos?

Se recomienda el aceite de turbina de alto grado para lubricación del compresor. En caso de duda consulte al fabricante de su máquina. Normalmente es más conveniente sólo cuando la máquina esté funcionando sin sobrecargar el sistema de aceite. El nivel de aceite baja cuando se hace circular a este durante el arranque, pero bajo las condiciones normales de operación la carga de aceite aumenta del 5 al 7% en volumen al absorber refrigerante.

En las condiciones normales de operación, encontrará útiles estas sugerencias: 1) cambie la carga de aceite una vez al año; 2) en cualquier ocasión en la que se saque toda o parte de la carga de aceite, reemplácela con aceite fresco de una recipiente cerrado; 3) después de los paros de más de un mes, desmonte las cubiertas de las chumaceras y agregue un cuarto de aceite a cada una antes de echar a andar la máquina; 4) cambie el filtro de aceite periódicamente, basándose en la operación y condición del filtro de aceite y 5) cambie por lo menos una vez al año revise y limpie la coladera de aceite.

Subir la temperatura de la máquina o caliente artificialmente la máquina hasta que la temperatura del enfriador sea de 75° F. Esto corresponde a la presión atmosférica para el freón-11. Dren la bomba y las cámaras atmosféricas de flotador. Esto hace salir prácticamente todo el aceite. La porción de la carga que permanece en los huecos de las chumaceras y el recipiente del sello, se utiliza para mantener las chumaceras en buen estado y actúa como sello.

MANTENIMIENTO DE LUBRICANTES

Mantenga los recipientes de aceite a la temperatura ambiente, por lo menos durante 24 horas antes de abrirlos para presecar las cualidades que le da el estar libre de humedad al lubricante. Use pequeñas latas selladas si es posible de manera que cada una pueda vaciarse integralmente en el compresor. El aceite de un tambor que ya ha sido abierto y resellado está, a menudo, contaminado por la humedad del aire que entra en el tambor. Una forma de ahorrar el aceite que queda después de llenar un compresor, pasándolo inmediatamente después a una botella mas pequeña. Asegúrese de que no hay espacio para el aire antes de volver a sellar. Lo mejor es usar ese aceite para algún otro fin y utilizar sólo aceite fresco para el compresor.

De 150 accidentes estudiados por la Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company, 11 fallas fueron causadas por bajo nivel de aceite, 8 por aceite sucio o por tubería tapada, 6 por falla de lubricador, 5 por una fuga de aceite en el sello o en algún otro punto y 2 por alguna válvula cerrada en línea de aceite.

Una alimentación de lubricante mal protegida, casi seguramente se contaminará con polvo o con mugre. Nadie en la planta necesita que los peligros de la mugre en los aceites lubricantes y en las grasas le perjudiquen.

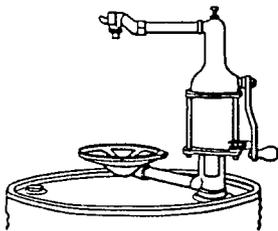
El almacenamiento a la intemperie (figura mostrada abajo) nunca es bueno. Las marcas y señales de fábrica, así como las etiquetas se deslavan o se borran. Se pone en peligro el suministro futuro sin tener necesidad y facilitar la contaminación del lubricante. La temperatura cambia de estación a estación y puede producir tracciones y expansiones que ocasionen fugas o infiltraciones en las costuras del recipiente.



El almacenamiento a la intemperie, nunca es recomendable facilita la contaminación del contenido del tambor por la humedad del exterior, como se muestra en estas tres ilustraciones.

La contaminación por humedad, es muy probable en el almacenamiento a la intemperie. El agua de la lluvia se junta con facilidad en la tapa (primer esquema). Gradualmente se va metiendo por los bordes debido a la respiración del tambor durante los períodos alternos de frío y de calor.

Cuatro recomendaciones importantes para el almacenamiento al intemperie son: 1) al menos temporalmente cuente un cobertizo contra la intemperie; 2) póngase los tambores de manera que no puedan respirar por la boca; 3) asegúrese de que las tapas estén bien apretadas antes de mover los tambores y 4) antes de abrirlos, limpie y seque escrupulosamente las tapas así como las superficies circundantes.



La bomba de tambor operada a mano evita la contaminación.

Transferencia del aceite de un recipiente, (tambor) a un surtidor sin más que una bomba de tambor accionada a mano (siguiente figura). Tal bomba es una del tipo de alimentación positiva capaz de proporcionar cantidades mediadas de aceite.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

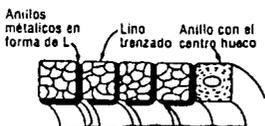
SELLOS PARA EL SISTEMA

¿Cómo se evita que el refrigerante o el aceite se fuguen de un sistema de refrigeración y cómo se impide que se introduzca el aire?

Se usan empaques del tipo embutido, los empaques metálicos, los flotantes y los sellos mecánicos para sellar entre las flechas recipientes y giratorias y el cárter. Las empaquetaduras se usan para sellar las bridas y otros puntos de las tuberías.

EMPAQUETADURA TIPO EMBUTIDO

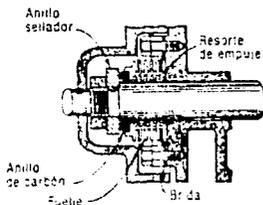
En la siguiente figura, los anillos metálicos suaves en forma de L ajustan entre los anillos hidráulicos de lino a prueba de agua. El lino lleva un saturante (lubricación) y proporciona resiliencia. Un anillo extremo hueco en el centro hecho de tela enrollada y hule actúa como una junta de expansión-compresión.



Los juegos de empaques tipo embutido vienen en muchas combinaciones.

SELLOS MECÁNICOS TIPO FACIAL

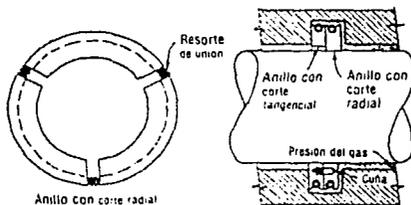
En la siguiente figura, éste es el tipo de sello fuelle metálico. El fuelle va montado y sellado en el alojamiento de un extremo, se apoya contra un hombro en la flecha giratoria. El empuje viene de la acción de resorte del fuelle, respaldada por el resorte de carga. Esto mantiene constante al empuje bajo los cambios de presión. Entonces la salida de potencia de flecha, no varía con los cambios de presión dentro del sistema. El fuelle, debe resistir los esfuerzos de torsión al tiempo, que evita que la cara selladora dé vuelta junto con la flecha.



El sello tipo fuelle metálico es común principalmente en los compresores mas pequeños de refrigeración.

ANILLO DE FLOTACIÓN LIBRE

Ver figura de abajo. La mayor parte de los empaques de anillos metálicos de flotación libre, tienen dos anillos segmentados. Cada juego se mantiene unido por medio de un resorte tipo liga o collar extendido, alrededor de una ranura exterior. Un anillo está dividido tangencialmente a la barra, el otro esta dividido radialmente, y cada anillo tiene una finalidad diferente. La sección de sellado la efectúa el anillo tangencial; al aplicar presión, los segmentos son empujados contra la caja y deslizan uno sobre otro agarrando la barra más y más fuerte. El anillo dividido radialmente, conocido como el anillo que cubre, evita que los gases pasen al anillo de sello. Es todo lo que hace, pero sin él sello metálico no funcionaría.



Los juegos de empaque de anillos flotantes se usan en los grandes compresores recíprocos.

IV.3.-Descongelación.

Algunos métodos de descongelación son: 1) calefacción con resistencia eléctrica; 2) gas caliente con ciclo invertido de refrigerante; 3) uso de aire caliente y 4) uso de agua.

EFFECTO DEL CONGELAMIENTO

Ya que el hielo (frost) actúa como un aislamiento, desperdicia energía y causa un desgaste innecesario en la maquinaria. Por ejemplo, supongamos que un cuarto frío o cámara frigorífica tiene 1000 ft² de tubo de 2 in de diámetro de serpentines de expansión directa y que ha sido calculado con un coeficiente de transmisión de calor del aire tranquilo a la superficie de evaporación de 2 btu/ft²(hr9°/F). La temperatura en la cámara es de 30° F y el refrigerante esta a 5° F. La capacidad de refrigeración en estas condiciones sería $1000 \times 2 \times 25 / 12000 = 4.16$ toneladas. Si el serpentín está cubierto con una capa de 2 in de hielo (frost) fino, seco, el coeficiente puede llegar a bajar hasta 0.9 Btu/hr. Así, la capacidad del serpentín se reduce de un 50 a un 60%.

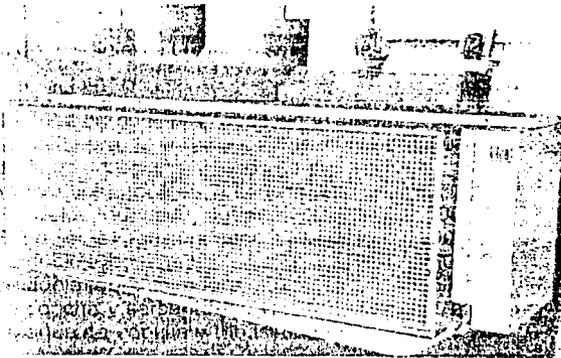
TESIS
FALLA DE ORIGEN

El efecto de aislamiento de hielo varía. El hielo puro es más o menos 20% más efectivo que el corcho usado para aislamiento.

Normalmente, el hielo que está ligeramente debajo de los 32° F (punto de congelación) es casi hielo sólido. Esto dificulta que se funda. A temperaturas muy por debajo de cero, el hielo adquiere un estado ligero y fofo; se forma rápidamente pero puede fundirse también rápidamente. Se sabe que el hielo puede ser tanto que su peso haga caer los serpentines del evaporador y causar daños serios.

El hielo puede quitarse de los serpentines del evaporador, deteniendo la compresión hasta que el hielo se funda. Los refrigeradores domésticos a menudo se descongelan así, se apaga el interruptor y se abre la puerta. A menudo se colocan charolas de agua caliente para ayudar a la fusión. Este método requiere mucho tiempo y no es práctico para sistemas comerciales, ya que algunas sustancias o productos se pueden echar a perder.

CALEFACCIÓN CON RESISTENCIA ELÉCTRICA

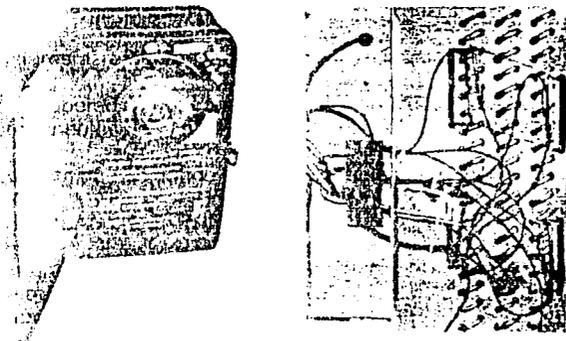


Unidad enfriadora de descongelación eléctrica para enfriadores comerciales de bajas temperaturas o para congeladores en el rango de tamaños medios. (Cortesía de Bohn Heat Transfer División).

En la figura mostrada, esta unidad enfriadora tiene un sistema moderno de descongelación eléctrica, diseñado para enfriadores o congeladores comerciales de baja temperatura, en el rango de los tamaños medianos, en donde se mantienen temperaturas entre -30 y $+34$ °F en la cámara. Un nuevo diseño de calentado de aletas, pone el elemento calefactor más adentro de la cara del serpentín para mejorar la transmisión de calor, este método requiere menos tiempo de descongelación y menos kilowatts. Con seis aletas por pulgada, esta enfriadora se puede usar en cuartos en donde se esperan cargas de hielo ligeras o medianas. Para pesadas cargas, de hielo se usan cuatro aletas por pulgada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La siguiente figura (a) es el control de tiempo del sistema de refrigeración, y la figura (b) muestra los controles del evaporador de baja temperatura. Incluyen el bloque, calentadores tubulares del evaporador de bajas temperaturas, termostato de terminación del ventilador de descongelamiento de dilatación y el interruptor límite del calentador.

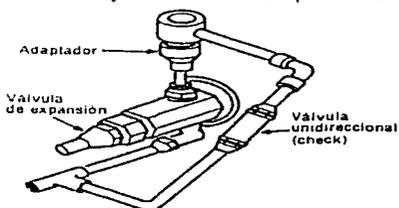


(a) medidor de tiempo de descongelación eléctrica de un sistema de refrigeración y (b) controles de baja temperatura de evaporador de la unidad. Cortesía de Bohn Heat Transfer División.)

MÉTODO DE GAS CALIENTE

¿Pueden las unidades enfriadoras del tipo de descongelación eléctrica, como la mostrada anteriormente, descongelarse por medio de gas caliente?

Si, se construyen unidades evaporadoras similares para descongelamiento por



La desviación de la línea de líquido es para descongelar en ciclo invertido con gas caliente. (Cortesía de Bohn Transfer División.)

medio del sistema convencional de gas caliente con tres tubos. El fabricante proporciona juegos prefabricados de tubería y otros accesorios del evaporador. En la figura de la derecha se muestran armados los componentes de la derivación de línea de líquido, usando también para evaporadores múltiples conectados a una unidad condensadora.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A su vez, bombear refrigerante caliente de la línea de descarga del compresor en los serpentines (durante un tiempo corto) no causa que las temperaturas de los productos se eleven tan rápidamente. Partir el hielo con un cincel suave y un martillo o rasparlo con una barra o un cepillo metálico, es trabajo muy duro y con frecuencia se dañan los serpentines. Retirar el aceite del interior de los serpentines a veces se hace mejor con un dren de aceite en el punto más bajo de cada serpentín, pero ocasiona que el serpentín debe ser calentado y el aceite drenarse cuando se requiera.

IV.4.-Motores impulsores de los compresores.

Los motores eléctricos, son muy usados en los sistemas de refrigeración por su confiabilidad, economía y facilidad de operación. Los motores y las turbinas de vapor se usan también en áreas de bajo costo de combustible, o donde se utiliza el vapor en el proceso de producción. Estas máquinas toman el vapor a la presión de la caldera, envían una descarga reducida al sistema del proceso.

REQUISITOS PRINCIPALES

Los tres requisitos principales, al seleccionar una fuente de potencia para hacer trabajar el compresor, en un sistema de refrigeración son : 1) la confiabilidad. El sistema de refrigeración normalmente protege bienes cuyo calor es muchas veces el costo del sistema mismo, así que el sistema tiene que ser confiable; 2) es la economía, tanto en costo inicial, como en costo de operación. Este incluye los costos de mantenimiento y reparación ya que ellos serán un concepto recurrente durante la vida del sistema; 3) para un motor o impulsor de compresor es la simplicidad, esto significa que el motor debe ser fácil de manejar, de manera y de reparar. Cuanto mas se entienda el funcionamiento del equipo será mejor operado.

Las características, que han hecho a los motores eléctricos (ver la figura siguiente) tan usados para mover compresores de refrigeración son tres, economía, razonable y simplicidad de operación, han conducido a la amplia adaptación de los motores eléctricos para compresores de refrigeración. La confiabilidad de operación ha sido diseñada y construida en los motores de todos los tamaños y tipos. Los sistemas de potencia, han sido integrados de manera que los paros de corriente del pasado, ocurran de manera poco frecuente y sólo durante periodos cortos. Los motores eléctricos trabajarán durante largos periodos con un mínimo de atención, si se mantienen limpios y secos. Los requisitos de espacio, son pequeños en relación con la potencia necesaria y existen varios tipos de motores, que se pueden aprovechar para satisfacer los requerimientos de los diferentes sistemas.



Los motores eléctricos pueden estar, como éste, conectados por banda V a los compresores de refrigeración, directamente

TIPOS BÁSICOS

Los motores eléctricos para compresores se dividen en monofásicos y polifásicos. Casi todos los compresores de 1 hp o menos (de fracción hp) son monofásicos, aunque se pueden obtener motores monofásicos hasta de 5 hp. Para aplicaciones especiales, los motores polifásicos se pueden conseguir también

en tamaños de fracción de hp y casi todas las unidades de 5 hp o más son de motor polifásico.

La diferencia entre los motores monofásicos y los polifásicos, son que. (Ver figura siguiente) un motor monofásico tiene únicamente un devanado en el que fluye la corriente alterna, para producir un campo magnético que cambia de polaridad pero no gira. Esto es, no tiene un par de arranque y tiende a actuar como un motor de un solo cilindro en punto muerto. Si se aplica un par auxiliar ligero, el motor arrancará en cualquier dirección y acelerará pronto hasta la velocidad normal. Casi todos los motores monofásicos de inducción tienen medios auxiliares de arranque. Los motores polifásicos de inducción, tienen medios auxiliares de arranque. Los motores polifásicos tienen dos o más devanados (uno por cada fase) distribuidos uniformemente en la circunferencia del estator. La corriente alterna que fluye por estas bobinas produce un campo magnético, que gira al ir cambiando la corriente alterna tanto en fuerza como en dirección. Este campo magnético rotatorio, por atracción magnética, jala con él al rotor a lo largo de la circunferencia, desarrollando un par.

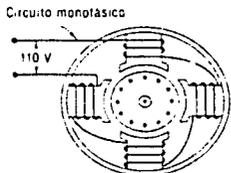


Diagrama esquemático de los devanados de un motor eléctrico monofásico.

En la siguiente figura. El motor de jaula de ardilla tiene dos partes principales: el estator, llamado a veces campo, contenido en el armazón estacionario; el rotor,

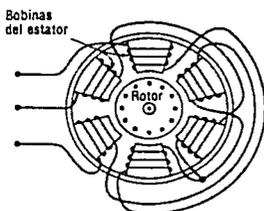


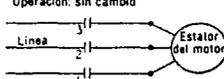
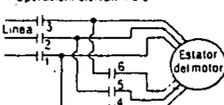
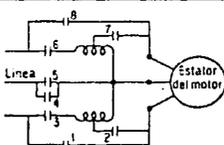
Diagrama esquemático de los devanados de un motor eléctrico trifásico.

llamado a veces en forma incorrecta armadura, montado en el árbol de motor y libre para girar. Estos términos (rotor y estator) son mas precisos cuando se refieren a equipo de corriente alterna, puesto que algunas unidades grandes tienen un campo revolvente y una armadura estacionaria. El estator de un motor polifásico, tiene un devanado separado para cada fase metido entre las

laminaciones de hierro que forman el estator, con cada devanado conectado a un alambre del circuito de alimentación. El rotor del motor de jaula de ardilla consiste en laminaciones de hierro, montadas a presión sobre el árbol del motor y ranuras para recibir los devanados o conductores de jaula de ardilla. Todos los devanados del rotor están conectados, tanto mecánico como eléctricamente, por anillos en los extremos. Un campo magnético rotatorio, es generado en las laminaciones del estator. Este campo tiene una polaridad definida, según la dirección momentánea del flujo de corriente, esto crea una corriente inducida en el rotor, siguen este campo a una velocidad que se aproxima a la velocidad sincrónica. Se requiere cierto corrimiento; esto es el rotor debe ir un poco atrás del campo rotatorio en cierto porcentaje para poder desarrollar potencia.

CORRIENTE DE ARRANQUE

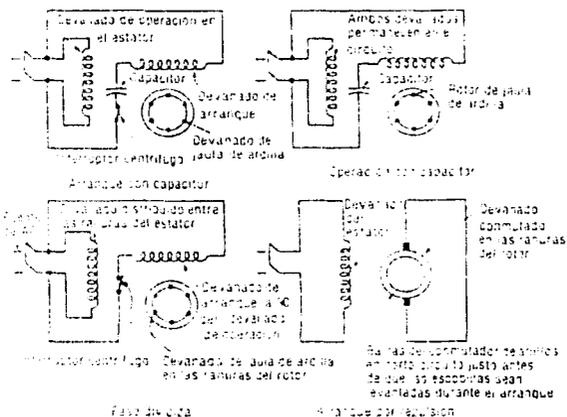
Todos los motores de jaula de ardilla se pueden arrancar aplicándole el voltaje de línea a los devanados del motor, a través de interruptores manuales o magnéticos. En los motores grandes, la corriente de arranque puede ser bastante alta y a veces se requiere, de algún tipo de equipo de arranque de voltaje reducido por la autoridad pública (figura siguiente).

Método de arranque	Diagrama de arranque Conexiones primarias
<p>1 arranque a pleno voltaje</p> <p>Debe usarse siempre el arranque a pleno voltaje a menos que: 1) la capacidad limitada del sistema de potencia requiere arranque con kva reducidos, o 2) se necesite incrementar el par en el arranque.</p>	<p>Arranque: cierran 1-2-3 Operación: sin cambio</p> 
<p>2 arranque con parte del devanado</p> <p>El arranque con parte del devanado no requiere autotransformador, reactor o resistor y usa un simple interruptor. Se puede conseguir en dos o más pasos de arranque, según el tamaño, velocidad y voltaje del motor.</p>	<p>Arranque cierran 1-2-3 Operación: cierran 4-5-6</p> 
<p>3 arranque con autotransformador (transición abierta)</p> <p>Conectado durante el arranque, el autotransformador reduce el voltaje en el motor. Abre el circuito durante la transición a pleno voltaje, algunas veces origina pulsaciones objetables en la línea.</p>	 <p>Arranque: cierran 2-3-5-6-7 Operación: abren 2-3-5-6-7, cierran 1-4-8</p>

Tres diferentes devanados de arranque de grandes motores eléctricos trifásicos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Véase la figura siguiente. Los cuatro tipos principales de motores monofásicos son: 1) el de arranque con capacitor; 2) el de operación con capacitor; 3) el de fase dividida y 4) el de arranque por repulsión. Una vez alcanzada su plena velocidad, todos ellos trabajan como motores de inducción. En un motor de arranque con capacitor el estator contiene un devanado auxiliar y un interruptor centrífugo en serie con el capacitor. Durante el arranque el capacitor mantiene la corriente del devanado auxiliar lo suficientemente fuera de fase como para crear un bajo par de arranque. Cuando el rotor alcanza mas o menos el 75% de su velocidad, el interruptor centrífugo abre el circuito auxiliar.



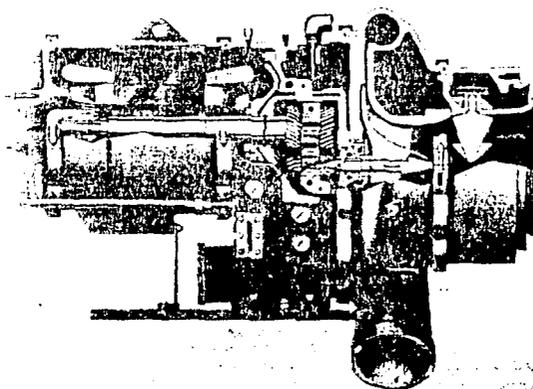
Devanados de arranque de cuatro tipos de motores eléctricos monofásicos.

En el motor de operación con capacitor, el capacitor y el devanado auxiliar permanece siempre dentro del circuito. Esto lo convierte en un tipo de motor de dos fases, que es más tranquilo y vibra menos que el de fase dividida.

Los motores de fase dividida construyen el diseño más simple de motores monofásicos, pero tienen un bajo par de arranque y elevada corriente durante el mismo. Se aplica a ventiladores pequeños y objetos similares. Los motores de fase dividida, tienen un rotor de jaula de ardilla y dos devanados de estator, separados 90° eléctricos. Los devanados de los polos auxiliares quedan a la mitad entre los polos del devanado principal, y el devanado está diseñado de modo que la corriente esté fuera de fase en relación con el devanado principal.

Este diferencial es suficiente para crear un campo magnético semejante al del motor de dos fases. Más o menos 75% de la plena velocidad, el interruptor centrífugo abre el circuito del embobinado auxiliar o de arranque.

El motor de arranque por repulsión, algunas veces llamado motor de inducción o repulsión, puesto que trabaja con un motor de inducción a plena velocidad, tiene bobinas devanadas en el rotor, cuyas terminales se sacan a un conmutador. Las escobillas en conmutación, son colocadas de manera que el campo magnético inducido en las bobinas del rotor, tienen la misma polaridad que las bobinas del campo estator. En consecuencia es repelido por el campo del estator, haciendo que gire el rotor. Las barras del conmutador, se ponen en corto alrededor al llegar al 75% de velocidad plena, y el motor trabaja como un motor de inducción. Los motores de repulsión, se emplean en donde sea necesarios pares de arranque elevados.



El motor eléctrico herméticamente sellado está en la misma carcasa con el compresor centrífugo de un solo paso y el refrigerante lo enfría. (Cortesía de Carrier Corporation.)

Un motor herméticamente sellado, o unidad hermética (ver figura de arriba) cuando se aplica a impulsar el compresor, puede incluir uno o cualquiera de los motores de inducción, completamente sellados dentro de una caja o carcasa. No se pueden cerrar o abrir contactos colocados dentro de la carcasa, porque el arqueo o chisporroteo de los contactos, podría causar la descomposición del aceite o del refrigerante. Se usan reles de arranque que son accionados por el pulso de arranque. En el arranque, el pulso de corriente es lo suficiente fuerte y cierra contacto magnético, que concreta el devanado de arranque al circuito. En la medida que aumenta la velocidad del motor, disminuye la corriente hasta que el

contador abre y saca del circuito a la bobina de arranque. Este relé está montado abre y saca de la caja sellada. Las terminales son llevadas al exterior a través de bujes aislados sellados a presión.

La diferencia básica entre los motores de jaula de ardilla y los de rotor devanado, está en la construcción del rotor. Ambos diseños usan el mismo estator. La resistencia en un devanado de rotor, tiene un efecto directo en las características de operación del motor. Alto par y baja corriente de arranque exige un devanado o corrimiento a plena carga que exige para tener una alta eficiencia de operación, una baja resistencia que puede ser controlada para satisfacer las condiciones de operación. Al aumentar las resistencias del rotor, el motor desarrollará el máximo para de arranque con la mínima corriente de arranque.

Cuando se aumenta la velocidad del rotor, la resistencia se reduce hasta que los devanados del rotor se ponen en corto y el motor trabaja como un motor de inducción de jaula de ardilla. Al variar la resistencia del rotor, la velocidad del motor se puede reducir en forma controlada a un 50% de su velocidad plena. Los motores de rotor devanado se utilizan frecuentemente en donde se necesita la variación de velocidad.

Un motor síncrono, es el que gira a la misma velocidad que el alternador, que alimenta su corriente o en una relación definida con esa velocidad. La velocidad está determinada por la frecuencia del circuito de alimentación y el número de polos en el rotor, por la frecuencia del circuito de alimentación construidos y el número de polos en el rotor y con base en la fórmula con que están construidos los motores en el rango de 2 polos (3600r/min. a 60 ciclos) hasta 100 polos (72r/min. a 60 ciclos). La construcción difiere de la de los motores de inducción principalmente, en que el rotor tiene un número de bobinas devanadas aisladas sobre piezas polares. Estas bobinas se conectan a una fuente separada de corriente directa, alimentada normalmente por un juego motorgenerador (excitador), que crea alternamente polos norte-sur en el rotor cuando se le aplica la corriente directa. Las cargas polares, contienen también devanados amortiguadores, semejantes a los devanados de jaula de ardilla de un motor de inducción. El motor síncrono se arranca aplicando primero corriente alterna a los devanados del estator. Esto crea inmediatamente un campo magnético revolvente como en un motor de inducción. Este campo revolvente reacciona con los devanados de jaula de ardilla del rotor, haciendo que el motor gire y suba su velocidad hasta cerca de la velocidad sincrónica. En este momento es aplicada la corriente directa a las bobinas del rotor creando polos alternos norte-sur que se mantienen al paso con el campo magnético revolvente del estator.

El par de arranque (breakaway), es el desarrollado por el motor en el instante del arranque; el par de aceleración es el desarrollado entre el reposo y ajuste sincrónico; el par mínimo de torsión de ajuste sincrónico (pull-in torque) es el desarrollado entre la velocidad con corrimiento y la velocidad sincrónica; el par síncrono es el que existe durante la operación; el par motor crítico o límite (pull-out-torque) es el desarrollado cuando el motor es sacado de paso a causa de la

sobrecarga. A no ser que estén especialmente diseñados, los motores síncronos tiene un bajo par de arranque.

VENTAJAS DE LOS MOTORES SINCRONOS

Los motores síncronos proporcionan una operación eficiente a velocidades desde 3600 hasta 60 r/min. Pueden estar montados directamente en el árbol de cargas de baja velocidad, eliminando bandas de transmisión, dispositivos reductores de velocidad, eliminando bandas de transmisión, dispositivos reductores de velocidad y espacio de piso. Su eficiencia a baja velocidad es más alta que la de los motores de inducción, y su velocidad es constante independientemente de las variaciones de carga, se pueden usar para elevar el factor de potencia en una planta. Este puede ser una característica importante si la autoridad pública impone una multa por bajo factor de potencia.

CARCAZA DE MOTOR

Los tipos de carcasa comprenden: 1) A prueba de goteo, que es la menos costosa de limpiar, para instalaciones en interiores. Definido por el National Electrical Manufacturers Association (NEMA) como un motor que tenga aberturas de ventilación, construidas de manera que las partículas que caigan sobre la máquina en cualquier ángulo no mayor que 15° respecto a la vertical, no puedan entrar a la máquina directamente o correr sobre superficies horizontales; 2) A prueba de salpicadura para mayor protección, diseñado de manera que las gotas de líquido o de partículas sólidas, que caigan sobre la unidad viniendo hacia ella en línea recta o en ángulo no menor de 100° respecto a la vertical, no puedan entrar directamente o correr a lo largo de superficies horizontales; 3) Protegido contra intemperie, el cual tiene aberturas laterales a través de las cuales el aire viaja hacia arriba, para entrar en el espacio de arriba del estator. El ventilador del rotor jala el aire desde esta cámara a través de los devanados del motor. El aire caliente es descargado a través de ventilación que circula por un ventilador dentro de la caja del motor, o por un soplador externo separado. Este tipo de cajas se usa cuando no se puede conseguir aire limpio donde se sitúe el motor; 4) Unidad totalmente cerrado. Este tipo se usa, donde haya atmósfera polvosa o en instalaciones a la intemperie. El mantenimiento es menor y la confiabilidad mayor, por lo que el costo inicial, no es un factor de importancia y 5) A prueba de explosión, para soportar la expansión interna de un gas o vapor determinados y para evitar la ignición de cualquier gas o vapor alrededor del motor. Para datos más detallados, se puede consultar el National Electrical Code, artículo 500.

CAMBIO DE ROTACIÓN

Para cambiar la rotación de un motor trifásico, se intercambian dos cualesquiera de las tres terminales. En un motor de dos fases se deben cambiar las conexiones en una de las fases. Los motores monofásicos de arranque por repulsión se

invierten corriendo las escobillas a las marcas que hay en el motor. En otros tipos de motores monofásicos se pueden cambiar las conexiones internas del circuito de arranque. Debe seguirse el consejo de los fabricantes.

MANTENIMIENTO NECESARIO

Debe revisarse si están quemados los contactos del arrancador y cambiarlos si es necesario. Se abre el arrancador y se observa cuidadosamente si hay conexiones flojas o sueltas.

¿Qué atención se debe prestar a los motores grandes de los compresores centrífugos en la revisión programada de mantenimiento?

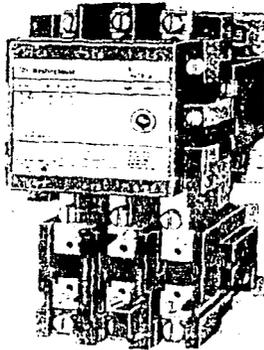
Se quitan a los motores los materiales extraños. Si los rodamientos son lubricados por aceite, se drena todo el aceite usado y se reemplaza con nuevo. Se revisa el juego en el extremo, como indicación del desgaste de la chumacera o rodamiento de empuje. En los motores de velocidad variable, se revisa el controlador de tambor para una operación suave. Hay que asegurarse de revisar los elementos de resistencia, para ver si hay conexiones flojas o sueltas. Hay que revisar el conjunto del motor del compresor en las máquinas selladas herméticamente. Se debe revisar el rodamiento de empuje y el apoyo del muñón del árbol para ver si la holgura y el desgaste son apropiados. Se revisa también el aislamiento de los devanados del motor.

TIPOS DE TRANSMISIONES O IMPULSORES

Se usan diferentes métodos para conectar el motor y las cargas. Cuando la velocidad del motor es mayor que la velocidad de la máquina accionada se usan bandas planas, bandas V, cadenas transmisoras o reductores de engranes. Cuando la velocidad de la máquina impulsada es mayor que la velocidad del motor, como en el caso de los compresores centrífugos, se usa un aumentador de velocidad de engranes. En el rango medio de velocidades, de 600 a 1800r/min., se usan motores de inducción conectadas directamente a la prolongación del árbol o cigüeñal del compresor o de la máquina que se impulsa.

CONTROLES DE MOTOR

¿Cuál es el propósito de los controles de motor (Figura siguiente) para los equipos de refrigeración y acondicionamiento de aire?



El interruptor del arrancador y de control del motor admite energía eléctrica en el motor a la capacidad apropiada.

Los propósitos básicos son cinco: 1) admitir energía eléctrica en el motor a la capacidad apropiada; 2) protección contra cualquier posible falla en el sistema eléctrico, que pudiera causar una fuerte y súbita entrada de corriente; 3) evitar el sobrecalentamiento del motor mientras está en operación; 4) regular la velocidad del motor y 5) retirar la energía eléctrica cuando ya no haya necesidad de ella.

¿Son usados siempre como motores primarios en sistemas de refrigeración, los motores de combustión interna?

Los motores de diesel o de gasolina, se instalan todavía para la operación en zonas donde este tipo de combustible, se puede obtener a bajo costo. Estos motores también, proporcionan la capacidad directa que se necesita a través de la variación de velocidad, dentro de los límites de operación del motor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo V Acondicionamiento de aire.

V.1.- Sistemas de acondicionamiento de aire.

Son diez los factores que afectan tanto a las condiciones físicas como químicas de la atmósfera, dentro de una estructura y que pueden controlarse por medio de sistema de acondicionamiento de aire. Ellos son la temperatura, la humedad, el movimiento del aire, la distribución del mismo, la presión del aire, el polvo, las bacterias, los olores, los gases tóxicos y la ionización. Estas funciones se conocen como las siglas HVAC (heating, ventilating, air conditioning).

CONCEPTOS BÁSICOS

Un grupo de factores complejos afectan la carga de acondicionamiento, a saber : 1) la transmisión de calor, 2) la radiación o efecto solar, 3) las personas (figura de abajo), 4) las luces y el equipo de energía, 5) el aire de ventilación o la infiltración, 6) la carga de producto y 7) los factores diversos.



El acondicionador de aire en un cuarto en el vigésimo piso de un hotel enfría o calienta el cuarto al gusto del huésped ajustando por medio de una perilla. La unidad es alimentada por un sistema enfriamiento calefacción de zonas situado en el sótano.

La transmisión de calor es el flujo de calor a través de muros, pisos, ventanas, techos y azoteas. Se debe a una diferencia de temperaturas entre el espacio interior con aire acondicionado y la atmósfera exterior. El calor fluye hacia adentro, es cuando la temperatura en el exterior es mayor. Este calor no deseado hay que eliminarlo por medio de aire frío.

Las condiciones meteorológicas, constituyen la mayor parte de la carga de transmisión de calor en los espacios acondicionados. Las oficinas meteorológicas hacen sus pronósticos de acuerdo con la información valorable en su ramo. Un ingeniero de operación se vale de los pronósticos para planear las operaciones que siguen. Al aislar los espacios o las construcciones contra las cargas de transmisión, aminora las cargas sobre el equipo de acondicionamiento de aire.

Las ventanas expuestas a la luz solar transmiten la mayor parte de la radiación solar. Ésta, a su vez, es absorbida por los muebles, los pisos, los tapices, etc. La radiación se puede reducir con persianas o cortinas, con cornisas o con pintura de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

color claro sobre el lado exterior de los muros del edificio. Pintar los techos con aluminio, o rociarlos con agua durante los ratos de sol reduce la radiación.

Los lugares grandes, como los teatros, que se llenan rápidamente de gente pueden contribuir, a que la carga térmica se eleve en forma aguda. El área que vaya a enfriarse debe ser llevada a la temperatura apropiada antes de que llegue el público. Es mucho más fácil mantener las condiciones, después de un periodo de preenfriamiento que reducir las condiciones activando un sistema después de que la gente haya llegado.

Las luces agregan muy poco calor a los espacios ordinarios, pero las luces de los mostradores en los almacenes y la iluminación propia de esos locales constituyen una gran parte de la carga. La carga de alumbrado puede estimarse con mediciones o multiplicando los watts totales por 3.4.

La infiltración de aire o la ventilación representan un factor importante en la carga. Dependen de las condiciones climáticas, la carga por personas, la construcción del edificio. La hermeticidad de las puertas y ventanas son medidas preventivas importantes.

El aire puro y seco es una mezcla de oxígeno y nitrógeno, más pequeñas cantidades de gases raros, como el argón. El aire que nos rodea también contiene humedad en cantidades variables. El aire que va a quedar acondicionado puede ser designados como una mezcla de aire y vapor de agua.

Se relacionan a través de las propiedades básicas del vapor. Para cualquier temperatura de la mezcla aire-agua, cada pie cúbico de aire soporta un peso determinado de vapor de agua: esto es su punto de rocío a la temperatura de saturación.

Cuando la temperatura del aire está por arriba de la temperatura de saturación, el vapor de agua está sobrecalentando, y esto hace que el aire sea capaz de contener mayor peso de agua. Este grado de saturación de agua se grafica como humedad porcentual o porcentaje de humedad relativa.

Para cada presión hay una temperatura (la de saturación) a la que va el vapor de agua comienza a evaporarse o condensarse. Digamos que 1 ft³ de aire húmedo a 70° F contiene 0.0004 lb de humedad. Pero el mismo aire puede contener 0.0011lb. de vapor de agua. La razón es que el vapor está sobrecalentado. En este caso, 70 - 40 = 30° F de sobrecalentamiento.

Debido a que el pie cúbico de aire del problema anterior, contiene menos humedad de la que es capaz de contener, hay humedad relativa. En este caso tenemos 0.004 lb de humedad cuando podríamos tener hasta 0.0011 lb de vapor de agua. Así, la proporción es de 4 a 11, o sea 36% de humedad relativa. Esta se basa en el volumen, o sea los pies cúbicos de aire húmedo.

Si tomamos la mezcla, con 0.004 lb de humedad en un pie cúbico y la enfriamos a 40° F, retendrá toda la humedad que 1 ft³ puede contener a esa temperatura. Entonces decimos que tiene el 100% de humedad relativa, porque la mezcla está completamente saturada. Si la mezcla se enfría todavía más, algo de vapor se condensará y saldrá de la mezcla en forma de agua. En este caso, la condensación comenzará a 40° F, temperatura del punto de rocío. Así pues, el punto de rocío de cualquier mezcla de aire y vapor de agua, depende de la cantidad de humedad presente.

CARTA PSICROMÉTRICA

Para tomar la temperatura de bulbo húmedo, usted necesita un termómetro de bulbo húmedo y una carta psicrométrica. El termómetro tiene un bulbo que está cubierto con una caperuzita de seda mojada y que se coloca en la corriente de aire. El termómetro muestra la temperatura de bulbo húmedo y nos dice la cantidad de humedad en el aire. Luego, revisando en una carta psicrométrica, conocemos las otras cosas que es preciso saber.

En caso del aire completamente seco el calor sensible sería el calor total. Para el vapor de agua sólo su calor total sería su calor sensible más su calor latente. El calor total depende de la temperatura de bulbo seco y el calor latente depende del punto de rocío.

Debido a que las mezclas de aire húmedos siguen siempre las mismas reglas, una carta psicrométrica tiene graficadas sus diferentes condiciones. Esto ahorra tiempo en los cálculos. La carta muestra el porcentaje de humedad (algunas cartas indican la humedad relativa), las temperaturas de bulbo húmedo y de bulbo seco y el punto de rocío.

Muestra una carta psicrométrica.

Las líneas de temperatura de punto de rocío constante son horizontales. Las líneas de temperatura de bulbo húmedo constante van bajando hacia la derecha. Las líneas de porcentaje de humedad constante son curvas. Antes de usar la carta, se deben conocer dos de los valores arriba. Los dos restantes se pueden encontrar en la carta.

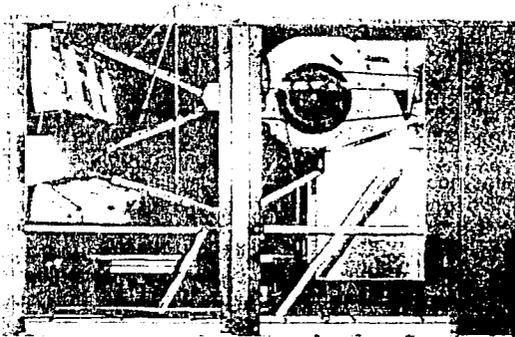
La carta puede usarse para determinar las temperaturas resultantes de bulbo húmedo y de punto de rocío de una mezcla de dos corrientes de aire con diferentes condiciones entre sí.

Además de proporcionar las propiedades del aire, la carta sirve para trazar los ciclos de acondicionamientos de aire. Los procesos en que intervienen calentamiento o refrigeración y humidificación o deshumidificación se pueden seguir con claridad en la carta. Al hacer el trazo de cualquier proceso, y no olvide que la temperatura de punto de rocío es constante, en la medida que no haya

cambio en la humedad del aire. En consecuencia, el calentamiento del aire sin cambiar su contenido de humedad, tiene lugar a lo largo de la línea horizontal de punto de rocío constante. La línea de punto de rocío está determinada por la condición inicial del aire.

UNIDADES PAQUETE

(Figura siguiente). Esta enfriadora de tres pasos, completamente empaquetada, viene en capacidades hasta de 1250 toneladas. El gas refrigerante del evaporador es jalado dentro de la primera etapa del compresor. El primer impulsor acelera el gas, aumentando su temperatura y su presión. El gas que se libera en la primera etapa, se mezcla con el gas refrigerante del enfriador, del lado de baja presión del economizador de dos pasos. Este proceso de mezclado hace bajar la entalpía, de la mezcla de gases, que entra a la segunda etapa del compresor. El segundo impulsor acelera el gas, lo cual aumenta aún más su temperatura y su presión.



Sistema enfriador de líquido de compresor centrífugo de tres etapas. (Cortesía de The Trane Corp.)

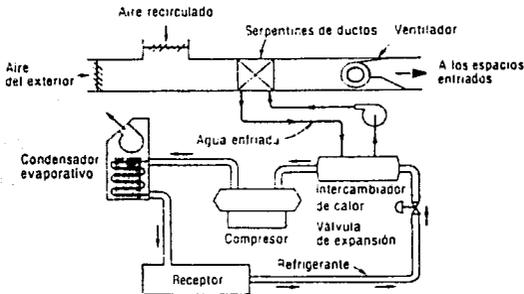
El gas que se libera en la segunda etapa, se mezcla con gas refrigerante enfriado del lado de alta presión del economizador, de dos pasos o etapas. Este proceso de mezclado hace bajar la entalpía de la mezcla de gases que entra a la tercera etapa. El tercer impulso acelera el gas, aumentando así su temperatura y su presión y luego descarga en el condensador.

El gas refrigerante entra al condensador, en donde el calor de la carga de enfriamiento y el debido a la compresión, son transferidos al circuito de agua del condensador. Esta transferencia enfría y condensa al gas refrigerante.

El panel de control de estado sólido es completamente automático, modula la capacidad de la máquina, detectando la temperatura del agua de enfriamiento, que sale y se combina con los controles de seguridad y de operación.

CICLO DE COMPRESIÓN

(Ver la siguiente figura). El ciclo de compresión sigue siendo el tipo más conocido de refrigeración para acondicionamiento de aire. Las partes esenciales del sistema de compresión son: el compresor, el condensador, el receptor, la válvula de expansión y el evaporador o serpentín de expansión. Los compresores pueden ser de tornillo giratorio helicoidal, recíprocos o centrífugos y pueden estar impulsados por motores eléctricos, por turbinas o por motores de combustión interna. Los sistemas grandes, a menudo se valen de una combinación de unidades, para obtener la mejor eficiencia en la gama de cargas.



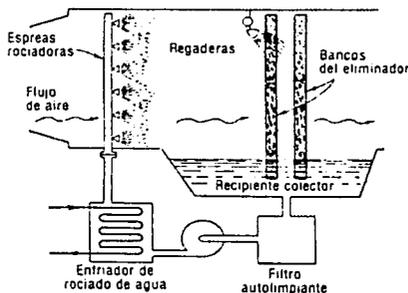
El ciclo de compresión de vapor para sistemas de acondicionamiento de aire maneja la mayoría de nuestras cargas de enfriamiento y es uno de los sistemas más eficientes.

Los costos de operación del ciclo de compresión, lo convierten en el favorito de las plantas cuyos costos de combustible son altos. Los refrigerantes, se pueden condensar, por medio de agua o aire a alguna temperatura práctica, digamos 180° F. Esto permite emplear condensadores enfriadores por agua de concha y tubos. El agua que ingresa en el proceso puede graduarse para enfriamiento libre.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ENFRIAMIENTO POR ROCIADO

En la figura siguiente, una unidad de enfriamiento por rociado, es el único sistema capaz de humidificar y limpiar el aire además de controlar a la vez su temperatura. El diagrama de ciclo aquí mostrado incluye las partes básicas de una unidad de rociado. Los atomizadores de alta eficiente, generan un banco de neblina en la toma de aire. Para una mayor acción humidificadora, se usan dos o más bancos de rociadores.

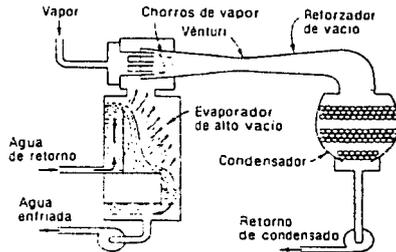


El sistema de enfriamiento por rociado se basa en el principio de que el aire puede ser enfriado o deshumidificado cuando se rocía con un líquido adecuado.

Puesto que la eficacia depende, del mezclado íntimo del aire y del vapor de agua, la velocidad del aire a través de la cámara de rociado, se mantiene entre 350 y 600 ft/min, y la trayectoria en la que el aire viaja es larga. La sección de rociado es seguida por los eliminadores de humedad montados en bancos. Estos constan de placas mojadas, colocadas cerca entre sí. Otro método de asegurar el contacto íntimo, entre el aire y el agua, hace uso de extensas superficies mojadas. Otro método hace uso del agua de rociado, distribuida por acción capilar a través de piezas de fibra de vidrio. El aire que pasa a través de la masa de fibras, completamente empapadas, entra en estrecho contacto con el agua, a lo largo de una prolongada trayectoria. El resultado es una humidificación de alta eficiencia, a expensas de mayor resistencia al paso del aire. Esta construcción actúa también como un filtro viscoso para eliminar el aire que pasa. El enfriamiento con serpentín se puede combinar con equipo de rociado, o manejar completamente el trabajo de enfriamiento y humidificación. Cuando no son factibles, ni el enfriamiento del aire ni las ducterías extensas, el equipo centralizado de refrigeración puede suministrar en un enfriador a las unidades remotas del serpentín.

ENFRIAMIENTO POR CHORRO

(Ver la figura de abajo). El enfriamiento por chorro, usa agua como refrigerante para un sistema de serpentín. Sus ventajas principales son, el refrigerante barato y la completa seguridad, en caso de que el ciclo tenga fuga. Debido a que se necesita un alto vacío para evaporar el agua, el aparato usual emplea eyectores de chorro de vapor. Puesto que el condensador debe manejar vapor de agua comprimido y el vapor de operación, las necesidades de agua de enfriamiento es abundante, el vapor es barato y los requisitos de temperatura del refrigerante son bastante moderados.



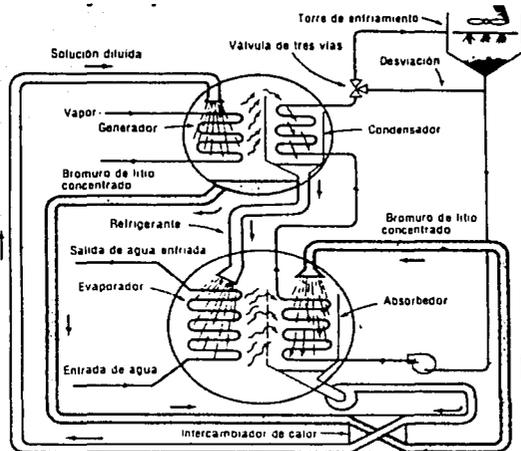
El sistema de enfriamiento por chorro emplea eyectores de chorro de vapor y agua para refrigeración.

El ciclo de enfriamiento por chorro utiliza una cámara de vacío para hacer hervir parte del agua que entra a una baja temperatura. Puesto que no hay entrada de calor en esta parte del ciclo, el calor latente de evaporación (unos 1050 btu/lb en este caso), es alimentado con el calor sensible del agua que no se evapora. La temperatura final del agua enfriada está restringida a 35 °F o más por las limitaciones prácticas del vacío. En el diagrama de la unidad que aquí se muestra, el alto vacío es generado por los eyectores de vapor, que jalan la humedad evaporada de la parte superior de la cámara de vacío. El agua evaporada y el vapor del eyector, descargan un condensador normal de concha y tubos. Puesto que el condensador, debe absorber la energía total del eyector de presión relativamente alta, el agua de enfriamiento del condensador de valor necesita ser bastante abundante. Además, tener alto vacío significa un alto consumo de vapor debido a los eyectores. Estas condiciones se reflejan en costos de operación más elevados.

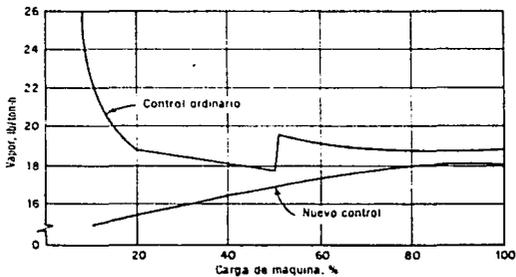
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SISTEMA DE ABSORCIÓN

(Ver figura siguiente). Un sistema de absorción, se basa en las características de los sorbentes líquidos y utiliza calor como su fuerza de impulso. Como no se requiere una fuente de calor de alto nivel, el ciclo encuentra una utilidad especial donde se puede disponer de vapor a baja presión o calor de desperdicio de algún proceso.



(a)



(b)

EL sistema de absorción a) usa calor en lugar del trabajo mecánico para cambiar la presión del refrigerante. El esquema b) muestra la comparación del vapor requerido por diversas cargas de máquina por medio del control convencional y por medio del nuevo método de control desarrollado en años recientes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se trata de un viejo principio que está encontrando, cada vez mayor aplicación desde la instrucción de unidades de gran capacidad. Las unidades, requieren considerables cantidades de flujo de agua de enfriamiento y muestran su mejor eficiencia relativa de operación a plena carga. Las unidades de absorción para los sistemas modernos, incluyen un generador y condensador en una sola concha, un evaporador y absorbedor en otra, y las bombas para la solución y el evaporador montadas a bajo de las dos conchas o tanques. Se usa la sal de bromuro de litio, como solvente en muchas unidades. En éstas, el agua actúa como refrigerante. El punto de ebullición del bromuro de litio es tan elevado, que se comporta en la práctica como una sustancia no volátil. En el ciclo anterior no hay evaporación de absorbente en el generador, ni hay arrastre de vapor del absorbente hacia el condensador. La entrada de calor en el ciclo, puede provenir del vapor a baja presión (5 a 15 psig.) o de otros fluidos con nivel térmico semejante. Este factor, abre muchas oportunidades para la utilización del vapor del proceso o del calor de desperdicio (una ventaja única para las plantas industriales).

La refrigeración por absorción, ha resultado ser tan práctica y económica, que estas máquinas representan más de la cuarta parte de los equipos de refrigeración vendidos con una capacidad de 100 toneladas o más. Los refinamientos en el diseño, han superado casi todas las limitaciones. La excepción principal, la constituye la necesidad de una desviación separada para torre de enfriamiento (Figura de la página anterior) y se ha desarrollado recientemente una válvula para el control de la temperatura del agua de condensación.

En la misma figura a), los sistemas de absorción corrientes, requieren una temperatura del agua externa para el condensador de unos 85° F, para evitar que se salga la solución y que el ciclo de operación, llegue a tener arrastres en el rango de sobreconcentración. En consecuencia, se necesita la desviación para conseguir una temperatura constante del agua que entra. La válvula de controles de dos o de tres vías, ha sido instalada en donde no puede congelarse y quede accesible para su reparación y calibración.

Al tratar de estabilizar su ciclo, una máquina de absorción puede llegar a tener variaciones locas, si el punto de ajuste de los arrastres de la desviación de la torre, se sale de calibración y si la temperatura del agua del condensador, comienza a fluctuar. Así, la desviación de la torre y la válvula de vapor se "alocan" una contra la otra y la fuente de vapor, es presionada fuertemente para permanecer estable.

Si se eliminase el requisito de una temperatura fija del agua del condensador, la solución absorbente podría enfriarse cuando bajara la temperatura del agua de la torre. La solución enfriadora, más la solución concentrada y caliente.

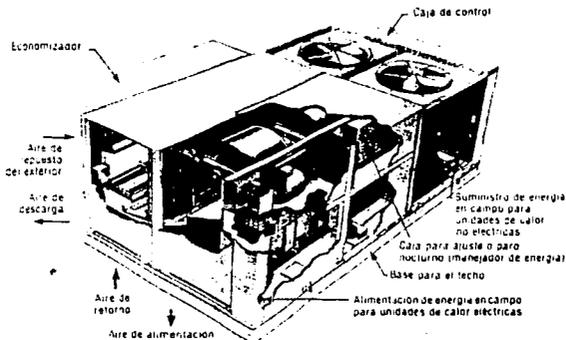
Y este nuevo sistema de control, hace precisamente eso. Hoy día, estas nuevas máquinas de absorción en tamaños de 100 a 1,120 toneladas, usan agua de condensador no controlada, a una temperatura de 55° F para mejorar la capacidad con carga parcial y reducir los costos iniciales y de operación del equipo. Un sistema de control de concentración de tres pasos, reemplaza la desviación y la válvula. Ahora bien, con sólo detectar las temperaturas de la solución y los niveles de agua refrigerante en forma continua, el sistema puede corregir rápidamente el desbalanceo del ciclo bombeado refrigerante dentro de la solución.

CALENTADORES-ENFRIADORES

Las bombas de calor, son una rama especial del ciclo de compresión, usadas en el sistema de acondicionamiento de aire para todo el año de la planta. Durante el ciclo de enfriamiento, la bomba de calor trabaja como en un ciclo de refrigeración por compresión simple. Cuando se necesita calor, se invierten las funciones de los condensadores y el evaporador-intercambiador de calor. Reorientando los flujos, el condensador enfriado por aire, se convierte en el evaporador y recoge el calor de aire exterior. Extraer calor del aire exterior a 0° F requiere una mayor caída de presión en el refrigerante. Las nuevas unidades, incluyen a menudo un segundo compresor para el calentamiento. De nuevo, los compresores centrifugos pueden manejar la carga base, con unidades recíprocantes alimentando la segunda etapa de compresión. Una bomba de calor paquete, reduce el costo de instalación y permite su uso en operaciones de enfriamiento, localizando desperdicio de calor. En la mayoría de las plantas, las bombas de calor son económicas, cuando la planta tiene que atender simultáneamente calefacción y enfriamiento. Con frecuencia se pueden bombear Btu de un área a otra para una reducción de la carga de aire acondicionado.

CALENTADOR-ENFRIADOR DE AZOTEA

(Figura siguiente). Esta unidad de azotea de 20 a 30 toneladas tiene controles de estado sólido, alimentación vertical de aire, ya viene alambrada y cargada en la fábrica, no requiere montaje en campo. Simplemente se conectan los ductos, la energía en campo y el alambrado de control. La unidad central de procesamiento



El calentador enfriador de estado sólido para azotea tiene controles de estado sólido, descongelación automática y un calentador de respaldo, de resistencia eléctrica. (Cortesía de Carrier Corporation).

es un tablero de la lógica del sistema, que recibe señales de entrada de diversos

sensores de temperatura y reacciona ante las diversas demandas del espacio acondicionado; pone a la unidad en los modos apropiados de operación, para minimizar la utilización de la energía.

Se pueden disponer de dos pasos de refrigeración y hasta de cuatro pasos para calefacción. No hay desperdicio pues los calentadores eléctricos entran en la demanda del espacio acondicionado. La integración general del sistema de refrigeración y calefacción, se logra mediante el panel de lógica. Coordina la operación del economizador opcional y los paquetes de administración de energía para asegurar la eficiencia y bienestar máximos.

El panel de lógica no requiere calibración. Todo el circuito está encerrado y protegido; su alimentación de energía interna proporciona un rendimiento estable aún cuando fluctuase el voltaje de entrada de energía de la unidad. La temperatura ambiente de operación varía entre - 40 y + 150°F (- 40 a 65°C).

El circuito de descongelación trabaja en conexión con el sistema dual de refrigeración. Los circuitos gemelos de descongelación están interconectados de manera que no puedan descongelar al mismo tiempo, permitiendo así a uno de los circuitos seguir proporcionando calor al interior de los periodos de descongelación.

SISTEMAS CENTRALES DE ACONDICIONAMIENTO

Sistema central de acondicionamiento de aire, este tipo de sistema tiene todo el equipo principal (filtros, lavadores de aire ventiladores y maquinaria de refrigeración), en un espacio localizado fuera del área acondicionada. Los ductos distribuyen a los espacios deseados el aire acondicionado.

Algunas ventajas de un sistema central de acondicionamiento de aire; 1) el espacio ocupado por el equipo, no necesita ser tan valioso como los espacios acondicionados; 2) para una gran carga de acondicionamiento, el equipo cuesta menos; 3) el mantenimiento y la inspección de un sistema central, no molesta a los que están en las áreas acondicionadas; 4) el aire de descarga puede hacerse retornar y volverse a usar parcialmente, con los consabidos ahorros en calefacción y refrigeración.

La temperatura es mantenida en un nivel establecido, agradable, agregando o quitando calor. Para hacerlo, emplean dos intercambiadores de calor (uno para calefacción en invierno y otro para refrigeración en verano). El medio para la calefacción, puede ser el agua caliente o el gas de escape de una combustión. El vapor o el agua caliente, fluyen a través de los serpentines colocados en la corriente del aire que se pretende calentar. La temperatura se regula como de costumbre: se controla la temperatura del vapor o del agua en el serpentín, por medio de un termostato. Otra forma de regularla, es pasar aire no acondicionado después de la compuerta, haciendo que se mezcle el aire caliente con el no caliente. El medio de refrigeración es el agua helada, la salmuera o un refrigerante

de expansión directa. El enfriamiento, también se consigue haciendo pasar aire no acondicionado a través de rociadores de agua fría. El aire del exterior es calentado por medio de serpentines de vapor, luego es humidificado o deshumidificado, según se necesite. Después de lavarlo, se le distribuye por medio de un ventilador a través de los ductos.

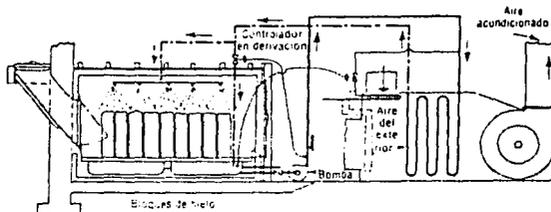
En muchos sistemas. El aire que retorna del espacio acondicionado, se mezcla con aire fresco de entrada. En la mayoría de los sistemas, cierta cantidad de aire es sacado del sistema y repuesto con aire fresco. El aire ya balanceado, se hace circular de nuevo por el acondicionador. Se vuelve a enfriar o recalentar y a humidificar o deshumidificar. En los sistemas en los que el aire contaminado es muy ligero, el que se hace recircular no se limpia, si no que se mezcla con aire nuevo que está limpio antes de entrar al sistema. Cuando la contaminación es fuerte, se trata tanto el aire fresco como el recirculado. En algunos sistemas, aún el aire desperdiciado debe limpiarse antes de que pueda ser descargado en la atmósfera. El aire fresco, es tomado del espacio exterior para reemplazar al que hace salir del sistema. El grado de frescura puede variar ampliamente; puede ser menos puro que el que se descarga del sistema de acondicionamiento. Por lo tanto, la limpieza es importante.

MEZCLA DE AIRE

Para mezcla de aire, un lavador de aire al frente del ventilador de suministro es "puenteado" cuando hay tiempo caluroso. El ventilador de suministro descarga a través de un ducto dividido; en la parte superior, hay un serpentín de calefacción y en la de abajo un serpentín de refrigeración. El aire que sale de esos serpentines va a cámaras separadas, con ramales de ductos que parten cada cámara. Los ductos para aire caliente y frío corren juntos. En cada salida, hay un control de compuertas de dobles hojas para mezclado, un termostato del espacio acondicionado u otro dispositivo de control. Este mezcla al aire caliente y el aire frío en las proporciones necesarias, para dar las condiciones deseadas en cada espacio. Durante el invierno, este sistema no usa un refrigerante en el serpentín de enfriamiento; en el verano no hay calor en el serpentín de calefacción. Como el aire que deja la cámara caliente, puede tener un alto contenido de humedad relativa, quizá no logre compensarse con aire frío casi saturado. Se puede lograr un control más estrecho sobre la humedad relativa, colocando un recalentador en una cámara de aire frío para el servicio en verano.

ACONDICIONAMIENTO CON HIELO

(Figura siguiente). En este sistema, el enfriamiento es realizado por la fusión del hielo. Es un método práctico para el acondicionamiento de aire para iglesias, teatros y locales públicos que tienen pocas horas de operación y cargas pico relativamente altas. Puesto que la inversión en equipo de refrigeración mecánica es costosa en el caso de cortos periodos, el hielo satisface tal necesidad. Una pequeña cantidad de él en un tanque de refrigeración de agua puede ayudar a la refrigeración a una velocidad rápida.



El sistema de hielo para acondicionamiento de aire utiliza bloques de hielo como medio de refrigeración.

EXTRACCIÓN DE OLORES

Los seres humanos: 1) consumen oxígeno en el metabolismo, 2) exhalan bióxido de carbono, un producto residual del metabolismo, 3) aumentan la temperatura de bulbo seco del aire, debido a que la energía liberada durante el metabolismo se pierde parcialmente como calor, 4) elevan la humedad del aire debido a la evaporación de las superficies de sus cuerpos y a través de la respiración, 5) arrojan olores al aire, 6) disminuyen el número de iones pequeños en una unidad de volumen de aire.

El carbón activado, el agente filtrado del aire que se emplea en las máscaras de gas, extrae los olores de las operaciones normales comerciales y de manufactura. Cuando se usa para purificar aire recirculado, con la recuperación de aire con carbón activado, evita la necesidad de aire nuevo del exterior. El carbón activado viene en latas o paneles. Ambos tipos son colocados en ductos, cajas o plenum. Las unidades de recuperación de aire deben estar protegidas siempre por filtros de polvo del tipo seco, para evitar que el carbón se tapone. El carbón se coloca tanto en los ductos de retorno de las zonas acondicionadas, o en las ventilas de descarga de las cocinas, etc. Así se evita descargar los malos olores en el vecindario. La extracción de olores, polvo, vapores, polen y otros contaminantes caen dentro de la purificación del aire. En general, esto se hace colocando filtros, carbón activado, lavadores en la corriente de aire.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los olores en las áreas acondicionadas pueden ser originados por fugas de refrigerante, fugas de salmuera, que no haya trampa en el dren, que va al drenaje de los lavadores de aire, una superficie sucia del serpentín de enfriamiento o por unidades que producen olores localizadas cerca de la toma de aire.

Para obtener un control bacteriológico, así como de la temperatura y humedad del aire, todo en una simple unidad, los hospitales, los laboratorios de investigación médica, procesadora de alimentos tienen una unidad que va vertiendo en el aire una solución altamente bacteriostática que elimina al 95% de las bacterias.

MANTENIMIENTO DE LA HUMEDAD RELATIVA (RH)

El control de la humedad relativa, es esencial para mantener condiciones agradables de trabajo, el funcionamiento apropiado de la máquina y de los productos manufacturados, así como el uso de energía.

Los tres medios básicos para la humidificación son el vapor, la bandeja evaporativa y el rociado de agua que se emplea en fábricas y oficinas. Un cuarto medio lo encontramos en los humidificadores de elemento mojado, usado principalmente en residencias privadas.

La humidificación por rociado, es el proceso de agregar humedad al aire haciéndolo pasar a través de rociadores de agua (lavadores). El calor sensible del aire se convierte en calor latente, que suministra el calor necesario para evaporar parte del agua. Aunque la temperatura de bulbo seco del aire puede ir hacia abajo, el calor total del aire no cambia (sólo cambia las proporciones de calor sensible y calor latente).

El aire fluye a través de los filtros, que separan el polvo de la corriente de aire luego por los chorros de agua que separan las impurezas restantes por el arrastre del lavado.

La figura de la página 87, es un controlador electrónico de humedad con circuitos de estado sólido. Monitorea de manera automática, las condiciones en el área que hay que humidificar o en el sistema de ductos y transmite el más ligero cambio al panel electrónico de control. Estos datos, transmitidos como variaciones de voltaje, modulan automáticamente la salida del humidificador (0 a 100%) para proporcionar la humedad deseada. Los ajustes de control para el humidistato o los ajustes no autorizados.

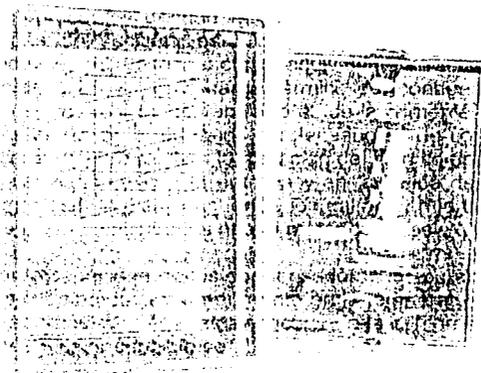
ELIMINACIÓN DE POLVO

Los dispositivos empleados para la purificación del aire son: 1) colectores centrífugos; 2) lavadores de aire; 3) filtros de tipo seco; 4) filtros viscosos para operación manual; 5) filtros viscosos para operación automática; 6) precipitadores electrostáticos; 7) equipo de absorción. Los colectores centrífugos eliminan los contaminantes pesados arrastrados por el aire, por ejemplo, el desperdicio de las máquinas cortadoras de madera, el escape de las máquinas de sopleteado y esmerilado con arena, las cenizas volátiles. Los lavadores de aire son bancos de

toberas rociadoras, que detienen las partículas intrusas. Los limpiadores tienen grandes superficies, que son lavadas constantemente por toberas rociadoras. Las impurezas son removidas por el chorro. Los filtros de tipo seco son de tipo desechables o semipermanentes. Los tipos desechables, se tiran cuando se saturan con las impurezas arrastradas por el aire atmosférico. Los filtros semipermanentes se limpian y se usan de nuevo varias veces. Los filtros viscosos están hechos de lana o de fibra, de malla de alambre, de metal perforado y están tratados con un aceite pegajoso, que captura y retiene partículas que fluyen junto con el aire. Los precipitadores electrostáticos, detienen las partículas arrastradas por el aire bajo la influencia de un campo eléctrico de alto voltaje. Las partículas se cargan e ionizan y se precipitarán cuando entran en contacto con un electrodo de polaridad contraria. El equipo de absorción sirve para absorber olores, gases orgánicos y vapores.

PLANEACIÓN DEL SISTEMA

Un sistema de acondicionamiento de aire de alta velocidad (Figura siguiente). Para ahorrar espacio y costo de instalación, el aire puede ser forzado a través de ductos relativamente pequeños a altas velocidades. En este caso, el aire



El humidistato monitorea en forma automática las condiciones en el área que se va a humidificar. (Cortesía de Armstrong International)

acondicionado a alta velocidad, actúa como un chorro para inducir el aire del cuarto con el aire acondicionado que entra. La mezcla, pasa sobre un serpentín de calefacción o enfriamiento, para el acondicionamiento final. La alimentación de agua y las líneas de retorno que conducen a esos serpentines corren paralelas a los conductores de aire, los cuales van por los muros exteriores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los acondicionadores de cuartos provistos de equipo de refrigeración dentro de un cuarto, se pueden usar para calefacción durante los meses de invierno. En esas condiciones, el serpentín de refrigeración, se convierte en el condensador y el condensador actúa como evaporador. En esta forma la unidad absorbe calor del aire exterior y alimenta aire a un nivel más elevado de temperatura dentro del cuarto. Es similar a la operación de una bomba de calor.

La capacidad se controla por medio de válvulas descargadoras o de desviación. La mayor parte de los compresores tienen dos o tres pasos; o si existen más de un compresor, se pueden parar o echar a andar en cierto orden para que proporcionen la capacidad requerida.

La vibración en la ductería se puede minimizar, instalando todo el equipo de acondicionamiento de aire sobre aisladores de vibración. Se separan los cimientos del equipo de la construcción principal. Se instalan forros que absorban el sonido dentro de los ductos y en los difusores de aire y se mantienen estos últimos apretados contra los ductos para evitar las fugas de aire; las fugas intensifican el ruido del sistema. Los difusores de aire colocados en el techo son más silenciosos que los colocados en las paredes, aun si la salida de pared está localizada cerca del techo. Con la separación de los ductos de alimentación y retorno, se evita el ruido del paso del aire de un área a otra. Cuando los ductos pasen a través de muros, hay que aislarlos en los puntos de cruce para evitar que los muros recojan ruidos. Los ductos de construcción, flotan y también eliminan el ruido. Evitar que los codos y ramificaciones queden demasiado cerca de las salidas de ventilación.

Para evitar los chiflones en los espacios acondicionados, se usan difusores de techo con compuertas de rejilla en la parte de abajo. Con este sistema, la velocidad del aire se puede aproximar a los 3000 ft/min y ser difundido con muy poco ruido independientemente de las máquinas, columnas y otros obstáculos.

Para obtener los mejores resultados, el control debe estar en el espacio que tengan más ocupantes. Un solo espacio grande puede necesitar varios controles.

Los grandes techos y azoteas planas se riegan con un chorro o regaderas para interceptar los rayos solares antes de que lleguen al techo. Las toberas o regaderas se controlan termostáticamente, mientras que los aspersores giratorios no utilizan termostato ni alambrado eléctrico. Las ventajas de un techo regado radican en que los pisos superiores, que el sol calienta, están más fríos y se necesita hasta 20% menos acondicionamiento de aire en los espacios afectados directamente. Un techo regado se enfría en dos formas: 1) las gotas de agua interceptan el calor del sol antes de que éste pegue directamente contra la azotea y 2) la película de agua en el techo se evapora, extrayendo calor del mismo y de los espacios inferiores. Los techos regados son mucho mas frescos que los inundados.

CÁLCULOS PARA LOCALIZAR PROBLEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

La mayoría de esos sistemas, tiene un enfriador de agua en el que el refrigerante se expande en un serpentín. El agua pasa a través del enfriador. Pero se puede aplicar el mismo método en un enfriador de tipo inundado. La capacidad se calcula, en consecuencia, así:

$$C = 0.042 \times \text{gal/min} \times t_a$$

Donde C = toneladas de refrigeración

gal/min = galones de agua enfriada que circula por minuto

t_a = diferencia de temperatura ($^{\circ}\text{F}$) entre las lecturas manométricas de succión y descarga de la bomba de circulación. Esto proporciona la carga de la bomba en pies. Consulte la curva característica para su bomba y lea el número de gal/min que corresponde a esa carga.

EJEMPLO: un compresor enfría 100 gal/min de agua en una gama de temperatura de 20°F . ¿Cuál es la capacidad del compresor con esta carga?

SOLUCIÓN: Use la primera ecuación de arriba

$$C = 0.042 \times 100 \times 20 = 84 \text{ toneladas}$$

TABLA 1
LISTA DE REVISIÓN RÁPIDA DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA
ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE

CONCEPTO	AMPLITUD
Refri. de entrada del agua de condensación	60-95°F
Refri. de salida del agua de condensación	85-115° F
Aumento de la temperatura del agua en el condensador	15-25°F
Presión en la cabeza para Freón-12	100-150psig
Presión de succión para Freón-12	25-50psig
Refri. del aire que entra al refrigera de enfriamiento	75-90 °F
Caída de refri. A través del refrigera de enfriamiento	12-25 °F
refri. Del aire que sale del refrigera de enfriamiento	50-70°F
Aire que circula por tonelada de refrigeración	300-600cfm
refri. Ambiente para lograr un enfriamiento agradable	70-86°F
Agua de condensación	3-5 gpm per ton
refri. Del agua enfriada que entra a los enfriadores	50-65°F
refri. Del agua enfriada que sale de los enfriadores	40-50°F

La capacidad general de los sistemas de expansión directa puede ser calculada en tres formas: 1) medición del calor total disipado del aire que pasa a través del serpentín, 2) medición del calor sensible produce un cambio en la temperatura del aire, mientras que el calor latente proviene de la humedad de aire que se condensa. El método 2 es igualmente bueno tanto para sistemas directos como indirectos.

Para calcular el calor total extraído al aire que pasa por un serpentín, se usa esta ecuación:

$$H = 4.5 \times \text{ft}^3/\text{min} \times \text{ha}$$

donde H = calor total que se le quita al aire, Btu/h

Ft³/min = pies cúbicos por minuto del aire que pasa por el serpentín

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ha = diferencia de entalpías entre el aire que entra y que sale, Btu/lb.

La entalpía del aire se obtiene con una carta psicométrica. Se lee la entalpía a la temperatura de bulbo húmedo del aire, no a la de bulbo seco. Una vez calculado el calor total quitado por el refrigerante, se convierte a toneladas de refrigeración dividiendo entre 12000 btu/(h)(ton). Si las temperaturas de bulbo húmedo están por arriba o por debajo de las tablas, consulte un libro de referencia como la Guía ASHRAE.

EJEMPLO: El aire llega a un serpentín a una temperatura de bulbo húmedo de 80° F y sale de allí a 70°F. ¿Cuál es el tonelaje del compresor cuando fluyen 1000 ft³/min por el serpentín?

SOLUCIÓN: La diferencia de calor total, usando valores de la tabla 17-2, es 42.64 - 33.51 = 9.13Btu / lb. Al emplear esta en la ecuación para encontrar el calor total eliminado,

$H = 4.5 \times 1000 \times 9.13 = 41085 \text{ Btu/h}$. Esto es, $41085/12000 = 3.43$ tonelada de refrigeración.

TABLA 2
ENTALPIA DEL AIRE HÚMEDO

TEMP. DE BULBO HÚMEDO, °F	ENTALPIA Btu/lb
68	31.92
69	32.71
70	33.51
71	34.33
72	35.17
73	36.03
74	36.91
75	37.81
76	38.73
77	39.67
78	40.64
79	41.63
80	42.64
81	43.67
82	44.72
83	45.80
84	46.91
85	48.04

Para medir la velocidad del aire en un sistema de acondicionamiento de aire, se usa un medidor si es posible, ya que da lectura de velocidad directamente. Se convierte a ft³/min multiplicando la velocidad promedio (obtenida con mediciones

TECE CON
FALLA DE ORIGEN

en diversos puntos del área transversal del ducto) por el área del ducto en pies cuadrados. Se puede usar también un tubo pitot, para obtener la velocidad del aire; esto es práctico cuando la abertura de un ducto no es accesible, pero cuando se hacen las mediciones hay que estar seguro de seguir las instrucciones que vienen con esos instrumentos.

El calor transferido al agua de condensación se calcula a partir de:

$$H = 500X \text{ gal/min} \times t_a$$

Donde h = calor transferido al agua del condensador, Btu/h

Gal/min = galones de agua que pasan a través del condensador por minuto

Ta = aumento de temperatura (°F) del agua a través del condensador.

Deduzca el 10% del calor calculado, para obtener el calor real transferido debido a que mucho de este calor en el agua del condensador es lo que se conoce como "calor de compresión". Este es el calor debido al trabajo que el compresor realiza para elevar la presión de un vapor. Divide el resultado entre 12 000 para convertir la capacidad térmica en toneladas de refrigeración.

Además, si el compresor es de tipo hermético y tiene el devanado del motor enfriado por el gas de succión, este calor también es llevado al agua del condensador. Deduzca, en consecuencia, el equivalente en Btu del calor del motor (o los hp del motor X 2544) de la carga térmica del condensador. Trate en la misma forma de los motores de los ventiladores de la corriente de aire. Recuerde que estos cálculos sirven para todos los condensadores de concha y tubos. Use un flexómetro o un barril para realizar la medición del flujo con precisión por medio de un barril, instale manómetro a la entrada y en la salida de lecturas por 2.31 para hallar la carga total en pies. Encuentre los gal/min en la curva característica de su bomba, después de calcular los hp del motor como se explicó anteriormente.

Se puede calcular la capacidad de los condensadores evaporativos por el método anterior, pero ahora tratamos con un aumento en la temperatura del aire en lugar de un descenso, además, se debe restar el calor de la compresión (10%) el calor eléctrico, si lo hay. El calor sensible se obtiene a partir de :

$$H_a = 1.1 \times \text{ft}^3 / \text{min.} \times t_a$$

Donde ha = calor sensible total quitado al aire, Btu/ h

Ft³/min = ft³ de aire enfriado por minuto por medio del refrigerante

Ta = diferencia de temperatura entre el aire que llega y el que sale del serpentín, en °F

El calor latente total se calcula a partir de

$$H_1 = 8750 \times \text{gal} / \text{h}$$

Donde h_1 = calor latente total quitado al aire. Btu/h
Gal/h = galones de humedad condensada del aire por hora

Se suman el calor sensible y el calor latente para encontrar la cantidad de calor que absorbe el serpentín del aire.

EJEMPLO: ¿Cuál es la capacidad de refrigeración de una unidad que usa 30 gal/min de agua para la condensación cuando el aumento de temperatura a través del condensador es de 20°F?

SOLUCIÓN: Usando el método 2, $h = 500 \times 30 \times 20 = 300\,000$ Btu/h. Restando 10% del calor de compresión, la cantidad de calor liberado al agua de enfriamiento es de 270 000 Btu/h. El tonelaje es de $270\,000 / 12\,000 = 22.5$ toneladas.

ARRANQUE DE SISTEMAS DE COMPRESORES CENTRÍFUGOS PARA ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Existen diversos tipos de sistemas y controles pero estos son los pasos básicos para el arranque: 1) revisar los niveles de aceite en el compresor, el mecanismo, los engranes y los coples para asegurar de que todo está en orden, 2) arranque el flujo de agua del condensador. Asegurarse de evitar el golpe de ariete en el sistema, 3) hacer funcionar la circulación de salmuera en el enfriador de salmuera. De nuevo, evitar el golpe de ariete, 4) verificar la presión de aire de los controles accionados por aire, si los hay, 5) activar la purga para sacar el aire de la máquina. Hacer esto siempre antes de arrancar, 6) cerrar las compuertas de succión sólo en la medida que sea necesario para el accionamiento del motor sincrónico, 7) calentar la turbina en las máquinas accionadas por turbinas. Asegurarse de drenar escrupulosamente el sistema antes de echar a andar la turbina, 8) cerrar el círculo de retención para los controles de seguridad si es necesario para el arranque, 9) acelerar la máquina a su máxima velocidad y asegurarse de que los medidores de presión de aceite para sello marquen la presión correcta de aceite, 10) abrir el suministro de aire para el controlador en el caso de las máquinas controladas automáticamente, 11) abrir la válvula de alimentación en la línea de agua para el enfriador de aceite en la unidad para los engranes impulsores y reductores, 12) si la máquina pulsa (oscila) trabaje alta velocidad. Esto acelera la purga.

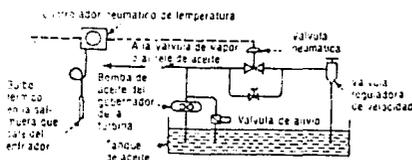
CONTROLES MANUALES Y AUTOMÁTICOS

Se dispone de tres métodos para controlar manualmente la capacidad de un compresor centrífugo: 1) variar la velocidad del compresor, 2) estrangular la succión del compresor o 3) aumentar la presión de descarga del compresor. El primer método es el más eficiente, el tercero el menos eficiente.

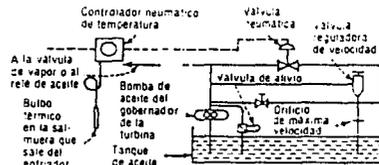
Se puede cambiar la velocidad en el motor, siempre y cuando sea motor eléctrico o de turbina, excepto en el caso de los motores de velocidad constante, que usan deslizamiento magnético o acoplamiento hidráulico. La compuerta estranguladora en la conexión de succión del enfriador sirve para controlar la compuerta de succión. Estrangular la succión, aumenta el rango de presión en el cual compresor debe manejar el vapor de refrigerante. Puesto que la máquina tiene una curva característica plana, los límites de presión contra el que alimenta están limitados por la velocidad de operación; así que la estrangulación de la succión es un buen método de control. Consume un poco más de energía con cargas parciales, pero proporcionan una operación estable (sin pulsos) con cargas más bajas que el control de velocidad variable. Algunas máquinas están equipadas con controles de velocidad variable y de compuerta.

El control de agua del condensador no se usa mucho, pero tiene sus puntos buenos para máquinas, que toman el agua para la condensación de fuentes urbanas municipales o de otras fuentes o de otras fuentes de elevado costo. Cuando se estrangula el flujo del agua del condensador, se obtiene la misma acción que se obtendría con una compuerta de succión. En algunos trabajos, la velocidad variable quizá no sea lo suficientemente baja para satisfacer las necesidades de operación. En esos casos, se puede estrangular el agua del condensador y llevar la velocidad del compresor al rango de control.

Las figuras siguientes, muestran los arreglos para control automático de velocidad variable de las unidades movidas por turbina. Los sistemas, ajustan de manera automática la velocidad del compresor, para mantener constante la temperatura de la salmuera alimentada. Una elevación o una caída en esa temperatura se valen del controlador para alimentar aire o sangrarlo de una válvula neumática en el sistema del gobernador de la turbina. Esta válvula abre o cierra la de vapor del gobernador, para aumentar o disminuir la velocidad de la turbina.



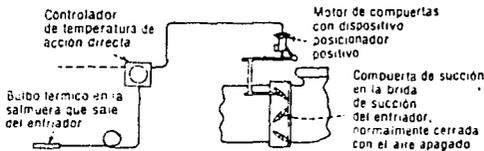
Control automático de velocidad variable para compresor movido por turbina.



Otro sistema para compresor movido por turbina con velocidad variable automática.

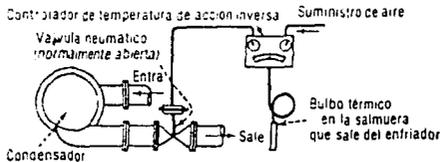
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La figura de abajo, muestra un control automático de compuerta. El controlador de temperatura, regula el grado de estrangulamiento de la compuerta, alimentado o sacando aire del motor neumático de compuerta. El control de agua del



El sistema automático de control por compuertas regula el estrangulamiento en la succión.

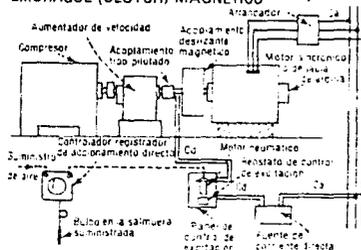
condensador (figura siguiente) usa una válvula de diafragma en la descarga del agua. La válvula es puesta en posición automáticamente ante los cambios en la temperatura de la salmuera alimentada. Un controlador de temperatura de acción inversa, alimenta o saca aire del diafragma de la válvula.



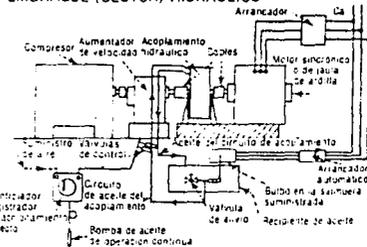
El control automático del agua del condensador utiliza una válvula de diafragma.

La figura mostrada a continuación, muestra los métodos de control, para las unidades accionadas por motor con embargues magnéticos o hidráulicos.

EMBRAGUE (CLUTCH) MAGNÉTICO



EMBRAGUE (CLUTCH) HIDRÁULICO



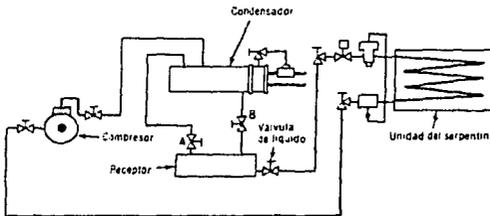
Los controles automáticos de velocidad variable de los compresores centrífugos accionados por motor eléctrico usan el tipo de acoplamiento que aquí se muestra. El bulbo sensor de temperatura en la descarga del enfriador de salmuera acciona el control para cambiar la velocidad cuando sea necesario.

TRIS CON
FALLA DE OMBEN

En máquinas pequeñas, un reóstato de control de excitación, utilizando un embargue magnético, está en la fuente de corriente directa para deslizar los coples. Las unidades mayores lo tienen en el circuito de campo del conjunto motor-generador.

Si el control de baja presión detiene la máquina antes de que la presión de succión caiga a 2 psig, con la mano, sostener el control hasta que se alcance ese nivel. La presión subirá después de que el compresor se detenga haciendo que el refrigerante hierva y salga del aceite del cárter.

Esperar varios minutos; luego accionar a mano el interruptor de baja presión y baje la presión a 2 psig de nuevo. Repetir la maniobra mientras sea necesario hasta que la presión se estabilice en 2 psig. Esto hace salir del aceite, a todo el líquido refrigerante en el compresor o de las trampas en el sistema. Si no se pueden alcanzar las 2 psig, vea si hay retrofugas en la descarga, que normalmente proviene de las válvulas de la cabeza del compresor. Cerrar luego las válvulas A y B (figura mostrada abajo) para aislar el líquido en el receptor hasta que se vuelva a necesitar en la estación siguiente.



Al parar por cambio de estación, cierre las válvulas A y B para encerrar el refrigerante en el receptor.

PERIODOS DE PARO DE LAS UNIDADES CENTRÍFUGAS DE REFRIGERACIÓN

Existen dos tipos de periodos de paro: 1) el paro provisional, cuando la máquina debe estar lista para usarse en el momento que se quiera y 2) el paro prolongado, cuando la máquina está lista fuera de servicio por una temporada.

PARO ESTACIONAL DEL SISTEMA

Nunca se debe apagar simplemente el interruptor, olvidándose del equipo hasta que se acerque la siguiente primavera y vaya a necesitarse. Éstas son diez cosas que hay que hacer: 1) revisar si el sistema tiene fuga o infiltraciones, 2) vaciar el sistema, 3) drenar el agua de enfriamiento, 4) desprender la incrustación, 5)

limpiar los tubos, 6) aflojar las bandas, 7) limpiar el cárter, 8) renovar el aceite del cárter, 9) limpiar el infiltro de la succión 10) desconectar el circuito de arranque.

Un sistema se vacía tan pronto el sistema haya sido probado en materia de fugas e infiltraciones (aplique por lo menos 50 psi) y esté hermético, se lo puede vaciar. Esto significa encerrar todo el refrigerante en el receptor o en el condensador si no hay un receptor instalado. Esto evita la pérdida de refrigerante durante la temporada de paro, y también impide que se forme una presión excesiva en el lado de baja, si hay un serpentín de calefacción cerca del evaporador. La alta presión puede romper el sello del compresor.

Hay que cerrar la válvula principal de líquido; luego ponga el termostato del cuarto a una temperatura lo suficientemente baja para hacer que abra la válvula de solenoide. Asegurarse de que el ventilador esté funcionando durante esta operación. En muchos sistemas la válvula de solenoide es energizada desde el lado de carga del arrancador del ventilador para evitar errores. Echar a andar el compresor y hacerlo trabajar hasta que hierva y se evapore todo el líquido del evaporador, así como el de la línea de líquido.

La atención se le debe dar prestar al condensador de concha y tubos. Cerrar el suministro de agua, drene el lado de agua, desmonte los cabezales e inspeccione los tubos. Si hay incrustaciones, limpiar los tubos con un cepillo de alambre de un tamaño adecuado para que ajuste bien.

PRECAUCIÓN: No hay que rayar los tubos, ya que ahí comenzará la erosión que puede producir la falla del tubo.

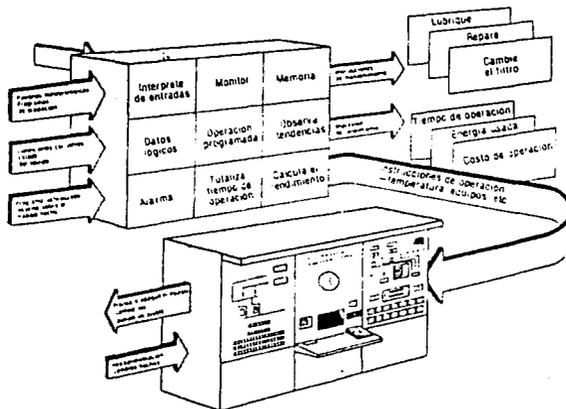
Si un cepillo de alambre no quita la costra, aplique un buen solvente industrial de incrustación. La mayoría de esos solventes son ácidos inhibidos. Observe las instrucciones del fabricante y asegúrese de realizar un lavado neutralizante con una solución alcalina después de hacer la limpieza con ácido. La sosa es una buena fuente alcalina. Enjuagar el condensador una vez más con agua limpia.

Los cabezales pueden atornillarse de nuevo, pero hay que dejar fuera los tapones de drenaje. Desarmar y limpiar completamente la válvula reguladora de agua. Tener cuidado de cerrar la conexión de gas a la válvula antes de comenzar a trabajar en ella. Quitar el volante de la válvula de cierre de agua o trábelo para que no lo abran por error.

CONTROL COMPUTARIZADO PARA SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

La figura siguiente muestra de manera esquemática un centro computarizado de control. Las funciones de la computadora y el centro de control usual se combinan en un paquete, pero se indican por separado para mayor claridad. La memoria de la computadora (detalles dados en Estándar Instrumentation Questions and Answers) almacena los registros meteorológicos locales, el calendario y los programas esperados de operación del edificio o construcción.

Con base en los datos de su memoria, la computadora toma en cuenta las condiciones meteorológicas del momento, así como las condiciones del interior, para determinar las temperaturas óptimas de suministro y los flujos para la



Moderno centro de control por computadora para los sistemas de acondicionamiento de aire hoy en día.

operación del sistema al más bajo costo.

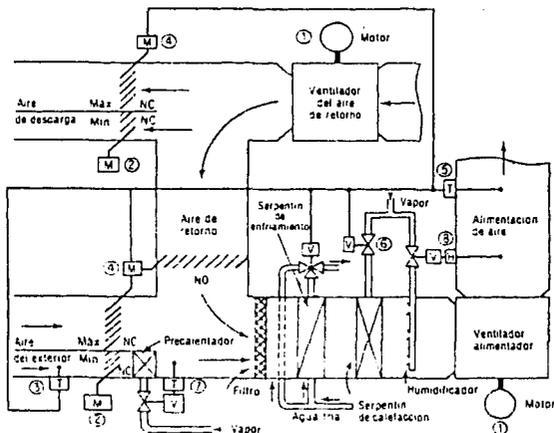
La operación del equipo sigue un procedimiento determinado de antemano, almacenado también en la memoria. Las revisiones de programa, los cambios deseados en la condición de los espacios, los informes de reparación de equipos, son alimentados de manera continua a la computadora para poner al corriente su programación.

Las salidas de la computadora incluyen las instrucciones de mantenimiento basadas en el tiempo de operación o en eficiencia en decadencia.

TEDE
FALLA DE ORIGN

¿Cómo arranca la computadora el sistema manejador de aire?

Un interruptor en el centro de control echa a andar los ventiladores de alimentación y retorno 8 figura siguiente (1), abrir al mínimo las compuertas de aire del exterior y de descarga (2) y activar el sistema de control. El controlador de aire exterior (3) es un dispositivo de encendido y apagado que cierra las compuertas de aire de máximo (4) siempre y cuando el aire del exterior no proporcione enfriamiento.



El sistema automático para el manejo del aire puede satisfacer las necesidades de ventilación.

Un controlador de temperatura (5) mantiene la temperatura de alimentación. En verano controla el agua fría. Cuando la temperatura del exterior cae por debajo del punto de ajuste de controlador del exterior, las compuertas de máximo y de retorno cambian para alimentar el controlador. El aire del exterior y el de retorno se mezclan para conservar la temperatura hasta que las compuertas de máximo se cierran de nuevo.

Una caída ulterior de temperatura abre la válvula de vapor (6). El controlador de precalentamiento (7) envía vapor al serpentín de precalentamiento cuando haya peligro de congelación. El controlador de humedad (8) agrega humedad en invierno por medio de chorros de vapor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo VI Análisis del Laboratorio y su entorno.

VI.1 ANÁLISIS DEL LOCAL.

La función principal del acondicionamiento de aire, es mantener dentro de un espacio determinado, condiciones de confort, o bien las necesarias para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación. Para conseguirlo, debe instalarse un equipo acondicionador de capacidad adecuada y mantener su control durante todo el año. La capacidad del equipo se determina de la máxima carga real o efectiva; el tipo de control a utilizar dependerá de las condiciones que deben mantenerse, durante las cargas máxima y parcial. Generalmente, es imposible medir las cargas reales máxima o parcial en un espacio dado, por lo que es preciso hacer un cálculo a la estima de dichas cargas.

Antes de hacer la estimación de la carga es necesario realizar un estudio completo que garantice la exactitud de evaluación de las componentes de carga. Si se examinan minuciosamente las condiciones del local y de la carga real instantánea, podrá proyectarse un sistema económico, de funciones del local y de la carga real instantánea, podrá proyectarse un sistema económico, de funcionamiento uniforme y exento de averías. "Ganancia o pérdida de calor", es la cantidad instantánea de calor añadida o eliminada por el equipo. La ganancia instantánea y la carga real rara vez serán iguales debido a la inercia térmica o efecto de almacenamiento o acumulación de calor en las estructuras del edificio, que rodean el espacio acondicionado. Se utilizará el Manual de Aire Acondicionado (Carrier) que contiene los datos que servirán para el cálculo aproximado de la ganancia o pérdida instantánea de calor, y forma de aplicar los factores de almacenamiento a las correspondientes ganancias de calor que dan lugar a la carga real o efectiva. También relaciona directamente, el cálculo de la carga con la selección del equipo. Proporciona el procedimiento para establecer los criterios que satisfacen las condiciones exigidas, en un determinado proyecto.

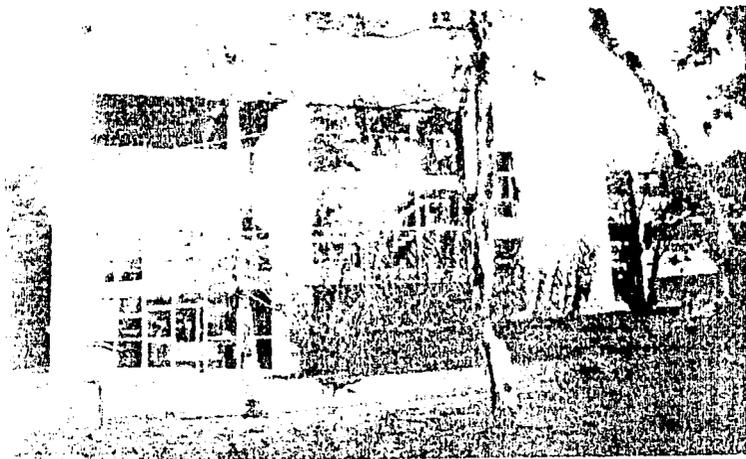
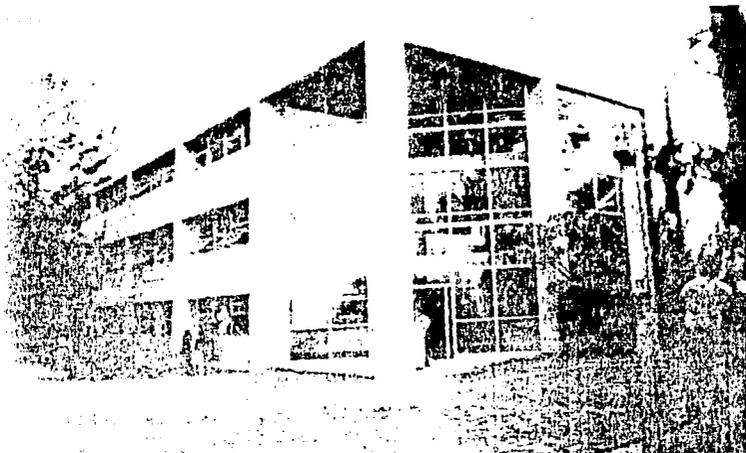
VI.2.- ANÁLISIS DE LAS VARIABLES.

CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL Y FUENTES DE CARGA TÉRMICA

Para una estimación realista de las cargas de refrigeración y de calefacción, es requisito fundamental el estudio riguroso de las componentes de carga en el espacio que va a ser acondicionado. Es indispensable en la estimación que el estudio sea preciso y completo, no debiendo subestimarse su importancia. Forman parte de este estudio, los planos de detalles mecánicos y arquitectónicos, croquis sobre el terreno y en algunos casos, fotografías de aspectos importantes del local. En todo caso deben considerarse los siguientes aspectos físicos:

- 1.- Orientación del laboratorio.- Situación del local a acondicionar con respecto a:
 - a) Puntos cardinales: efectos de sol y viento.

VISTA EXTERIOR DEL EDIFICIO DEL LABORATORIO (OESTE)

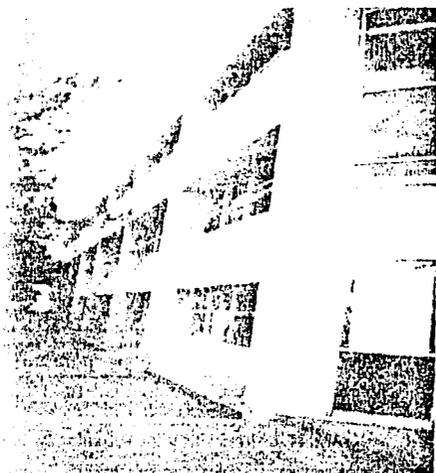


TESIS
FALLA DE CHOZEN

VISTA EXTERIOR DEL EDIFICIO DEL LABORATORIO (ESTE)

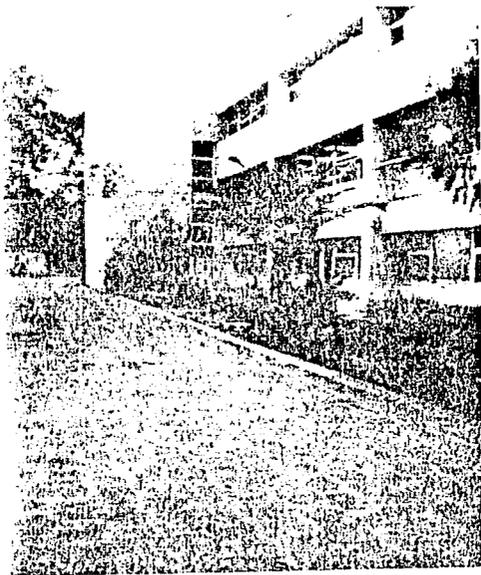
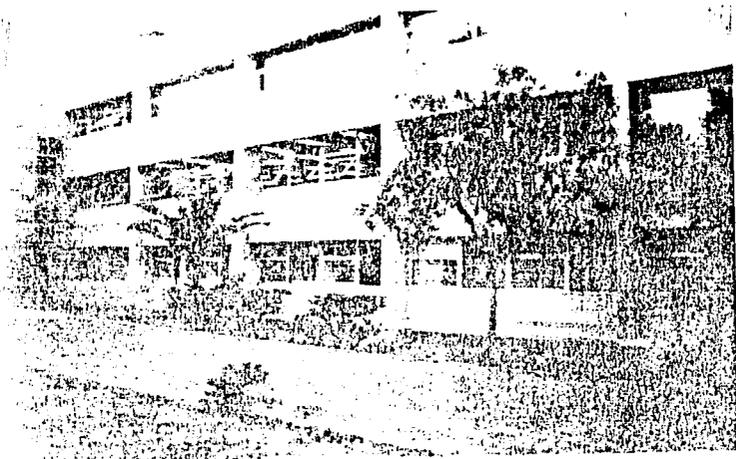


VISTA EXTERIOR DEL EDIFICIO DEL LABORATORIO (NORTE)



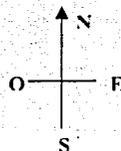
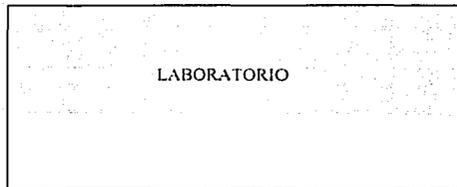
UNIVERSIDAD
FACULTAD DE CIENCIAS
FALLE DE OQUEEN

VISTA EXTERIOR DEL EDIFICIO DEL LABORATORIO (SUR)

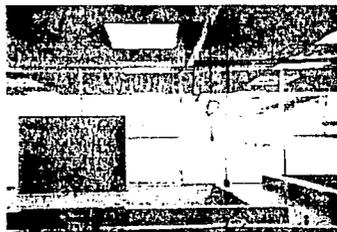
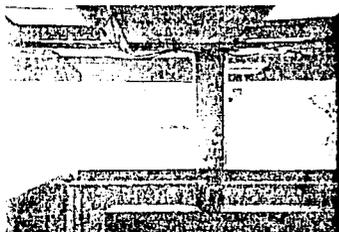
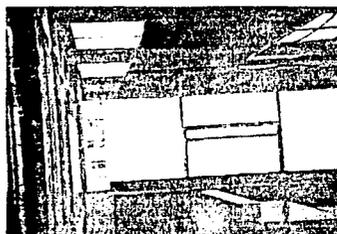
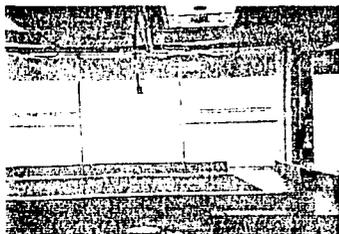


TECNICO
FALLA DE CEMENTO

En la siguiente figura se muestra un croquis del laboratorio y su orientación.

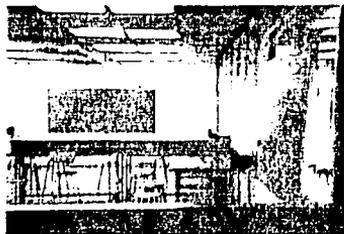
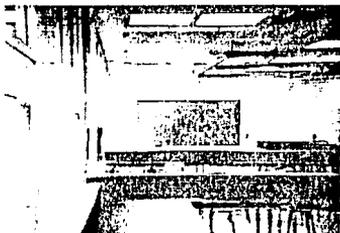


PARED SUR

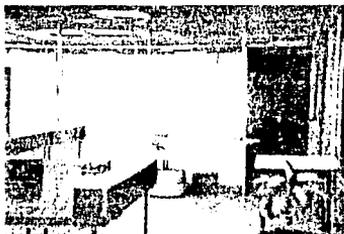
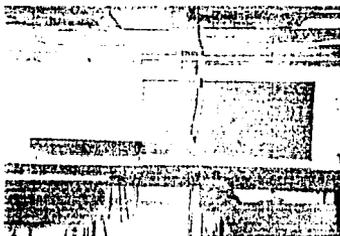


LABORATORIO
SALA DE ORIGEN

PARED OESTE

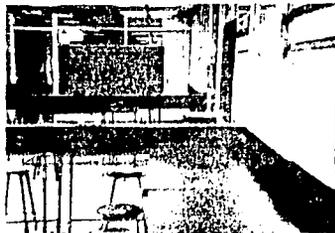


PARED NORTE

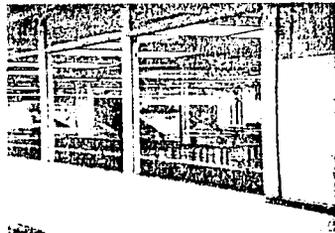
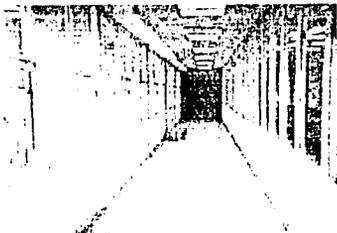


TRINIDAD
FALLA DE CALLEN

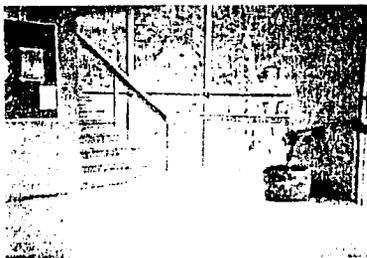
PARED ESTE



PASILLO ADYACENTE



ENTRADA DEL PASILLO POR LAS ESCALERAS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

b) Superficies reflectantes: agua, arena, lugares de estacionamiento, etc.

En nuestro caso en particular no existen

c) Estructuras permanentes próximas: efectos de sombra.

En nuestro caso en particular no existen.

2.- Destino del local: oficina, hospital, local de ventas, fábrica, taller de montaje, etc.

Para este caso en particular, se trata de un laboratorio de electrónica, en el que no es necesario tener un control de calidad del aire suministrado.

3.- Dimensiones del local o locales: largo, ancho y altura.

Alto = 2.72 mts. Largo = 14.85 mts. Ancho = 9.29 mts.

4.- Altura del techo: de suelo a suelo, de suelo a techo, espacio entre el cielo raso y las vigas.

Altura del suelo al techo = 2.72 mts.

5.- Columnas y vigas.

6.- Materiales de construcción: materiales y espesor de paredes, techos, suelos y tabiques y su posición relativa en la estructura.

Está formado por paredes de ladrillo hueco de 10 cm. de espesor.

Ventanas de vidrio de 6 mm. de espesor.

Pared de cemento de 15 cm. de espesor.

Piso y techo de cemento cubierto con losetas de 15 cm. de espesor.

7.- Condiciones del ambiente circundante: color exterior de las paredes y techumbre, sombra proyectada por edificios adyacentes y luz solar. Áticos: ventilados o sin ventilar por gravedad o ventilación forzada. Espacios circundantes acondicionados o no; temperatura de los no acondicionados, tales como salas de calderas, cocinas, etc. Suelo sobre tierra, levantado o sótano.

El laboratorio está rodeado por tres cubículos en la pared este, dos cubículos en la pared oeste, un pasillo por la pared norte, y la pared sur está expuesta al exterior. Por la parte de arriba hay un salón parecido al laboratorio, y finalmente por la parte de abajo también hay un salón parecido al laboratorio que estamos analizando.

- 8.- Ventanas: dimensiones y situación, marcos de madera o metal, cristal simple o múltiple, tipo de persiana, dimensiones de los salientes de las ventanas y distancia del marco de la ventana a la cara exterior de la pared.

Las ventanas tienen un marco de aluminio de aproximadamente 10 cm. de espesor, los vidrios son de 6 mm. de espesor, en el capítulo siguiente se analizará el tamaño de las ventanas.

- 9.- Puertas: situación, tipo, dimensiones y frecuencia de empleo.

Hay 4 puertas de madera, tres están regularmente cerradas y una se utiliza para la entrada de los alumnos al laboratorio.

- 10.- Escaleras, ascensores y escaleras mecánicas: situación, temperatura del espacio adyacente si no está acondicionado. Potencia de los motores, ventilados o no.

No existen para nuestro caso en particular.

- 11.- Ocupantes: número, tiempo de ocupación, naturaleza de su actividad, alguna concentración especial.
Algunas veces es preciso estimar los ocupantes a base de metros cuadrados por persona o por medio de circulación.

El máximo de alumnos que concurren al laboratorio es de 75, de los cuales 55 están sentados y 20 de pie.

- 12.- Alumbrado: potencia en la hora punta. Tipo: incandescente, fluorescente, directo o indirecto.

Si el alumbrado es indirecto deben ser previstos el tipo de ventilación que tiene y el sistema de salida y alimentación del aire.

Si se carece de información exacta se recurre a hacer un cálculo de la iluminación en vatios por metro cuadrado.

Tenemos en el laboratorio 128 tubos de luz fluorescente de 20 watts cada uno.

- 13.- Motores: situación, potencia nominal y empleo. Este último dato es muy importante y debe valorarse cuidadosamente.

No existen motores.

- 14.- Utensilios, maquinaria comercial, equipo electrónico:

El material que se tiene en el laboratorio es el siguiente:

INSTRUMENTOS	CANTIDAD
OSCILOSCOPIOS	12
GENERADOR DE FUNCIONES	12
FUENTE DE PODER	12
Multímetro	12
ANALIZADOR LÓGICO	2
CAFETERA	1
LÁMPARA CON LUPA	1

- 15.- Ventilación: metros cúbicos por persona o por metro cuadrado (de acuerdo con el cliente). Excesivo humo u olores. Extractores de humos: tipo, tamaño, velocidad, caudal.

Es un espacio en el que está prohibido fumar, por lo que no es necesario instalar extractores ni tener una sección separada para este fin.

- 16.- Almacenamiento térmico: comprende el horario de acondicionamiento del sistema (12,16 ó 24 horas al día) con especificación de las condiciones punta exteriores, variación de las condiciones punta exteriores, variación admisible de temperatura en el espacio durante el día, alfombras en el suelo, naturaleza de los materiales superficiales que rodean el espacio acondicionado.

Las luces se encienden únicamente cuando se utiliza el laboratorio.

- 17.- Funcionamiento continuo o intermitente: si el sistema debe funcionar cada día laborable durante la temporada de refrigeración o solamente en ocasiones, como ocurre en las iglesias y salas de baile. Si el funcionamiento es intermitente hay que determinar el tiempo disponible para la refrigeración previa o preenfriamiento.

El equipo funcionará únicamente durante los periodos de mayor calor.

SITUACIÓN DEL EQUIPO Y SERVICIOS

El análisis del local, debe incluir también la información, que permita al ingeniero seleccionar la instalación del equipo y planificar los sistemas de distribución de aire y agua. A continuación se da una guía general para obtener esta información:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 1.- Espacios disponibles: situación de los huecos de escalera, de ascensor, chimeneas en desuso, huecos de conductos, montacargas etcétera, y espacios para unidades de ventilación, máquinas de refrigeración, torres de enfriamiento, bombas y servicios.

El sistema de aire acondicionado deberá instalarse en una de las ventanas de la pared sur, ya que es el único lugar disponible.

- 2.- Posibles obstrucciones: situación de las conducciones eléctricas, cañerías o interferencias en general que pueden estar situadas en el trazado de los conductos.

No se utilizarán ductos para este proyecto.

- 3.- Situación de los tabiques y cortafuegos: se requieren registros o llaves de húmero.
- 4.- Situación de las entradas de aire exterior en relación con la calle, otros edificios, dirección del viento, suciedad y desvío de contaminadores nocivos.

No existen entradas de aire del exterior.

- 5.- Suministro de energía eléctrica: situación capacidad, limitaciones de corriente, tensión, fases y frecuencias, tres o cuatro hilos y forma de incrementar la energía en caso necesario.

En un cubículo adyacente se encuentran dos sistemas de aire acondicionado y se puede ramificar la corriente eléctrica para nuestro sistema.

- 6.- Suministro de agua: situación, dimensiones de tuberías, capacidad, presión, temperatura máxima.

No es necesario el suministro de agua.

- 7.- Suministro de vapor: situación, dimensiones de tuberías, capacidad, temperatura, presión, tipo de sistemas de retorno.
- 8.- Refrigeración: salmuera o agua fría (si la suministra el cliente): tipo de sistema, capacidad, temperatura, caudal, presión.

- 9.- Características arquitectónicas del local: para seleccionar las salidas de aire que se va a impulsar.

Únicamente se podrá seleccionar la pared sur para las salidas de aire, debido a que es la única que esta expuesta al exterior.

- 10.- Equipo y conductos de aire existentes: para su posible empleo.

Hay dos equipos de aire acondicionado en un cubículo adyacente, sin embargo no usan conductos de aire.

- 11.- Desagües: situación y capacidad, disposición de la red de drenaje

No es necesario desagüe.

- 15.- Accesibilidad del equipo al lugar del montaje: ascensores, escaleras, puertas, acceso desde la calle.

Como el laboratorio se encuentra en el segundo piso del edificio, donde está localizado el lugar de montaje, solo tendrá acceso utilizando escaleras.

Capítulo VII Cálculo y selección de una Unidad de aire acondicionado para el Laboratorio de Electrónica.

VII.1.-Análisis y memoria de cálculo.

ESTIMACIÓN DE LA CARGA DEL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

La estimación de la carga sirve de base para seleccionar el equipo de acondicionamiento. Debe tenerse en cuenta el calor procedente del exterior en un "día de proyecto", lo mismo que el calor que se genera en el interior del local. Por definición "día de proyecto" es aquel en que:

- 1.- Las temperaturas de los termómetros seco y húmedo alcanzan el máximo simultáneamente ("Condiciones de proyecto").
- 2.- Apenas existe niebla en el aire que reduzca la radiación solar. (Ganancias por insolación de las superficies de vidrio)
- 3.- Todas las cargas internas son normales (Ganancias interiores y ganancias debidas a la instalación).

La hora de carga máxima puede establecerse generalmente por simple examen de las condiciones del local; no obstante, en algunos casos deben hacerse estimaciones a diversas horas del día.

En realidad, rara vez ocurre que todas las cargas alcancen su máximo a la misma hora. Para obtener resultados reales deben aplicarse varios factores de diversidad a algunos de los componentes de la carga.

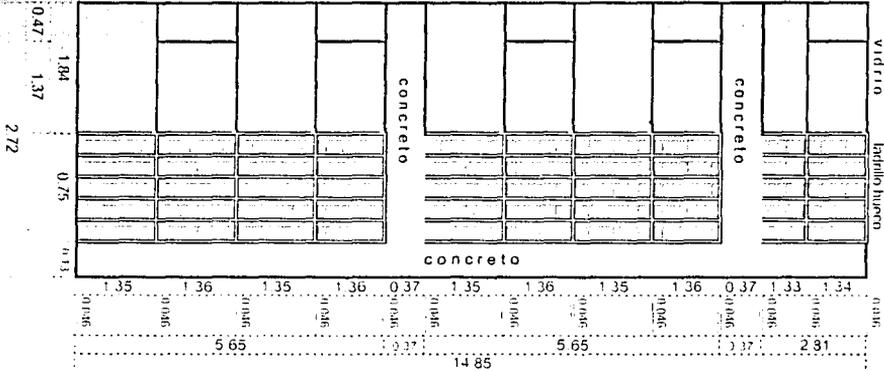
La ventilación y las infiltraciones de aire también se deben estimar.

CARGAS EXTERIORES

Las cargas exteriores consisten en:

- 1.- Rayos del sol que entran por las ventanas.- Ver tabla 15 y tabla 16 (que se encuentran en el apéndice). Estas tablas proporcionan los datos para conocer la carga solar a través del cristal. La ganancia de calor solar suele reducirse por medio de pantallas en el interior o exterior de las ventanas: los factores de amortiguamiento están contenidos en la tabla 16. Debe tenerse en cuenta que toda, o parte de la ventana puede estar sombreada por los salientes o por edificios próximos. El gráfico 1 y la tabla 18, proporciona un medio fácil para determinar la extensión de la sombra que es proyectada en la ventana a una hora determinada. Una gran parte de la ganancia de calor solar es energía radiante y será almacenada parcialmente. Determinar la carga real de refrigeración impuesta al equilibrio de acondicionamiento de aire. Estos factores de almacenamiento se aplican a las ganancias máximas de calor solar.

**CALCULO DEL PROYECTO
PARED SUR**



PARED SUR

$$\begin{aligned}
 A_1 &= b \times h = 1.84 \times 5.65 &= 10.3960 \text{ m}^2 \\
 A_2 &= b \times h = 1.84 \times 5.65 &= 10.3960 \text{ m}^2 \\
 A_3 &= b \times h = 1.84 \times 2.81 &= 5.1667 \text{ m}^2 \\
 \text{Área total de vidrios} &= A_1 + A_2 + A_3 &= \underline{25.9587 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

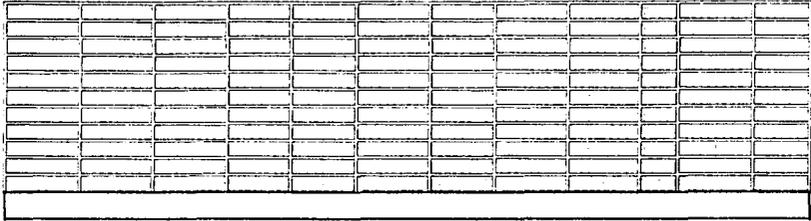
$$\begin{aligned}
 A_1 &= b \times h = 0.75 \times 5.65 &= 4.2375 \text{ m}^2 \\
 A_2 &= b \times h = 0.75 \times 5.65 &= 4.2375 \text{ m}^2 \\
 A_3 &= b \times h = 0.75 \times 2.81 &= 2.1060 \text{ m}^2 \\
 \text{Área total de bardas} &= A_1 + A_2 + A_3 &= \underline{10.5810 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_1 &= b \times h = 0.13 \times 14.85 &= 1.9302 \text{ m}^2 \\
 A_2 &= b \times h = 0.75 \times 2.59 &= 0.9583 \text{ m}^2 \\
 A_3 &= b \times h = 0.75 \times 2.59 &= 0.9583 \text{ m}^2 \\
 \text{Área total de concreto} &= A_1 + A_2 + A_3 &= \underline{3.8468 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

$$\underline{\text{Área total} = 40.3866 \text{ m}^2}$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PARED OESTE



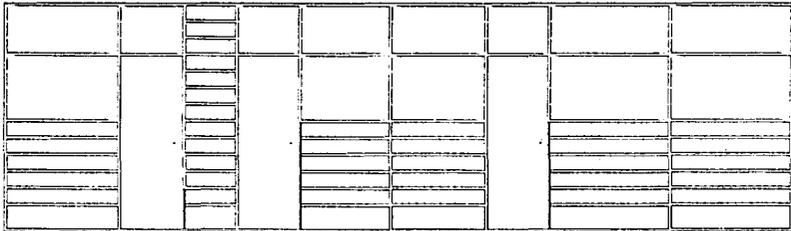
PARED OESTE

$$\text{Área total de bardas} = A_1 = b \times h = 9.29 \times 2.59 = 24.0611 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total de concreto} = A_1 = b \times h = 9.29 \times 0.13 = 1.2077 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = \underline{25.2688 \text{ m}^2}$$

PARED ESTE



PARED ESTE

$$A_1 = b \times h = 1.37 \times 1.84 = 2.5208 \text{ m}^2$$

$$A_2 = b \times h = 0.89 \times 0.42 = 0.3738 \text{ m}^2$$

$$A_3 = b \times h = 0.89 \times 0.42 = 0.3738 \text{ m}^2$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$A_4 = b \times h = 2.14 \times 1.84 = 3.9284 \text{ m}^2$$

$$A_5 = b \times h = 0.89 \times 0.42 = 0.3738 \text{ m}^2$$

$$A_6 = b \times h = 3.01 \times 1.84 = 5.5384 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total de vidrios} = A_1 \text{ a } A_6 = 13.1090 \text{ m}^2$$

$$A_1 = b \times h = 1.37 \times 0.75 = 1.0275 \text{ m}^2$$

$$A_2 = b \times h = 0.10 \times 2.72 = 0.2720 \text{ m}^2$$

$$A_3 = b \times h = 2.14 \times 0.75 = 1.6013 \text{ m}^2$$

$$A_4 = b \times h = 3.01 \times 0.75 = 2.2575 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total de bardas} = A_1 \text{ a } A_4 = 5.1583 \text{ m}^2$$

$$A_1 = b \times h = 0.89 \times 2.30 = 2.0470 \text{ m}^2$$

$$A_2 = b \times h = 0.89 \times 2.30 = 2.0470 \text{ m}^2$$

$$A_3 = b \times h = 0.89 \times 2.30 = 2.0470 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total de puertas} = A_1 + A_2 + A_3 = 6.1410 \text{ m}^2$$

$$A_1 = b \times h = 1.37 \times 0.13 = 0.1781 \text{ m}^2$$

$$A_2 = b \times h = 2.14 \times 0.13 = 0.2776 \text{ m}^2$$

$$A_3 = b \times h = 3.01 \times 0.13 = 0.3913 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total de concreto} = A_1 + A_2 + A_3 = 0.8470 \text{ m}^2$$

$$\underline{\text{Área total}} = 25.2552 \text{ m}^2$$

DIA DE PROYECTO.

Se tiene que para la Ciudad de México los meses de mayor calor son julio y agosto, con una temperatura máxima exterior promedio de 35° y ubicada a 20° Latitud Norte, por lo tanto se tomará el valor del 23 de agosto a las doce horas para el cálculo de la carga de refrigeración.

De la tabla 4 del Manual de Carrier para condiciones de proyecto recomendado, para ambiente interior invierno-verano son:

26° C y Humedad Relativa = 50 – 45%

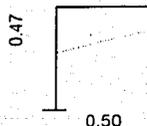
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CÁLCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN

1.- Rayos de sol que inciden sobre paredes y techo.

La ventana que esta al sur es la única por la que entran Rayos solares.

Largo de la marquesina = 50 cm.
Alto de la marquesina = 47 cm.
Ancho del marco metálico = 7.5 cm.



Para el mes de agosto, latitud 20°, obtenemos de la tabla 18:

Azimet del sol : 180°

Altitud del sol : 71°

Del gráfico 1 la sombra que se proyecta sobre la ventana sur es de:

Sombra lateral = 0

Sombra vertical = $(5.5) \times (0.50 + 0.075) + (0.47) = 3.6325$ m.

Debido a que el área de los vidrios de la ventana, por donde entra el sol, mide de alto 1.84 metros, está cubierta por la sombra de 3.63 metros que proyecta la marquesina, por lo que se deduce entonces, que para esta época no hay ganancia por insolación.

3.- Temperatura del aire exterior.- Una temperatura del exterior más alta que la del interior hace que el calor fluya a través de las ventanas, tabiques y suelos. Las diferencias de temperatura que se utilizan para estimar el flujo de calor a través de estas estructuras están reseñadas al final de cada tabla.

PARED SUR.

Fórmula de ganancia: $Q = U \times \text{Área} \times \Delta T$; donde $\Delta T = 35^\circ - 26^\circ = 9^\circ \text{C}$

Donde u es el factor de transmisión de calor en $\text{Btu}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$.

Área de la superficie en m^2 .

ΔT es la diferencia de temperaturas en $^\circ\text{C}$.

Para la barda de ladrillo, tenemos (tomando valores de la tabla 34).

Resistencia superficie interior = 140×10^{-3}

Resistencia de ladrillo hueco de 10 cm. = 228×10^{-3}

Resistencia superficie exterior = 52×10^{-3}

Resistencia total = 420×10^{-3}

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$U = 1/R = 1000 / 420 = 2.38 \quad \text{Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{ladrillo}} = U_{\text{ladrillo}} \times \text{Área} \times \Delta T = 2.38 \times 10.5810 \times 9 = \underline{226.62 \text{ Kcal / h}}$$

Para concreto, tenemos (tomando valores de la tabla 34)

$$\begin{aligned} \text{Resistencia superficie interior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Mortero de concreto} &= 160 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia superficie exterior} &= \underline{52 \times 10^{-3}} \\ \text{Resistencia total} &= 352 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$U = 1/R = 1000 / 352 = 2.84 \quad \text{Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{concreto}} = U_{\text{concreto}} \times \text{Área} \times \Delta T = 2.84 \times 3.84 \times 9 = \underline{98.15 \text{ Kcal / h}}$$

Para vidrios, tenemos (tomando valores de la tabla 4-17 Lewis)

$$U_{\text{vidrio}} = 6.0658 \quad \text{Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{vidrio}} = U_{\text{vidrio}} \times \text{Área} \times \Delta T = 6.06 \times 25.95 \times 9 = \underline{1415.31 \text{ Kcal / h}}$$

$$Q_{\text{total sur}} = Q_{\text{ladrillo}} + Q_{\text{concreto}} + Q_{\text{vidrio}} = 226.62 + 98.15 + 1415.31$$

$$Q_{\text{total sur}} = \underline{1,740.08 \text{ Kcal / h}}$$

PARED NORTE.

Fórmula de ganancia $Q = U \times \text{Área} \times \Delta T$; donde $\Delta T = 3^\circ\text{C}$

Para la barda de ladrillo, tenemos (tomando valores de la tabla 34)

$$\begin{aligned} \text{Resistencia superficie interior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia de ladrillo hueco de 10 cm.} &= 228 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia superficie exterior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia total} &= 508 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$U = 1/R = 1000 / 508 = 1.96 \quad \text{Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{ladrillo}} = U_{\text{ladrillo}} \times \text{Área} \times \Delta T = 1.96 \times 10.46 \times 3 = \underline{61.50 \text{ Kcal / h}}$$

Para concreto tenemos, (tomando valores de la tabla 34)

$$\begin{aligned} \text{Resistencia superficie interior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Mortero de concreto} &= 160 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia superficie exterior} &= \underline{140 \times 10^{-3}} \\ \text{Resistencia total} &= 440 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$U = 1/R = 1000 / 440 = 2.27 \quad \text{Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{concreto}} = U_{\text{concreto}} \times \text{Área} \times \Delta T = 2.27 \times 1.81 \times 3 = \underline{12.37 \text{ Kcal / h}}$$

Para vidrios, tenemos (tomando valores de la tabla 4-17 Lewis)

$$U_{\text{vidrio}} = 6.0658 \text{ Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{vidrio}} = U_{\text{vidrio}} \times \text{Área} \times \Delta T = 6.06 \times 26.10 \times 3 = \underline{474.49 \text{ Kcal / h}}$$

Para puertas, tenemos (tomando valores de la tabla 4-17 Lewis)

$$U_{\text{madera}} = 2.3424 \text{ Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{madera}} = U_{\text{madera}} \times \text{Área} \times \Delta T = 2.34 \times 2.00 \times 3 = \underline{14.07 \text{ Kcal / h}}$$

$$Q_{\text{total norte}} = Q_{\text{ladrillo}} + Q_{\text{concreto}} + Q_{\text{vidrio}} + Q_{\text{madera}} = 61.50 + 12.37 + 474.49 + 14.07$$

$$Q_{\text{total norte}} = \underline{562.43 \text{ Kcal / h}}$$

PARED OESTE.

Fórmula de ganancia $Q = U \times \text{Área} \times \Delta T$; Donde $\Delta T = 3^\circ \text{C}$

Para la barda de ladrillo, tenemos (tomando valores de la tabla 34)

$$\begin{aligned} \text{Resistencia superficie interior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia de ladrillo hueco de 10 cm.} &= 228 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia superficie exterior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia total} &= 508 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$U = 1/R = 1000 / 508 = 1.96 \quad \text{Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{ladrillo}} = U_{\text{ladrillo}} \times \text{Área} \times \Delta T = 1.96 \times 24.06 \times 3 = \underline{141.47 \text{ Kcal / h.}}$$

Para concreto, tenemos (tomando valores de la tabla 34)

$$\begin{aligned} \text{Resistencia superficie interior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Mortero de concreto} &= 160 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia superficie exterior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia total} &= 440 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$U = 1/R = 1000 / 440 = 2.27 \text{ Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{concreto}} = U_{\text{concreto}} \times \text{Área} \times \Delta T = 2.27 \times 1.20 \times 3 = \underline{8.17 \text{ Kcal / h}}$$

$$Q_{\text{total oeste}} = Q_{\text{ladrillo}} + Q_{\text{concreto}} = 141.47 + 8.17$$

$$Q_{\text{total oeste}} = \underline{149.64 \text{ Kcal / h}}$$

PARED ESTE.

Fórmula de ganancia $Q = U \times \text{Área} \times \Delta T$; Donde $\Delta T = 3^\circ \text{C}$
Para la barda de ladrillo, (tomando valores de la tabla 34)

$$\begin{aligned} \text{Resistencia superficie interior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia de ladrillo hueco de 10 cm.} &= 228 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia superficie exterior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia total} &= 508 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$U = 1/R = 1000 / 508 = 1.96 \text{ Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{ladrillo}} = U_{\text{ladrillo}} \times \text{Área} \times \Delta T = 1.96 \times 5.15 \times 3 = 30.28 \text{ Kcal / h}$$

Para concreto, tenemos (tomando valores de la tabla 34)

$$\begin{aligned} \text{Resistencia superficie interior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Mortero de concreto} &= 160 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia superficie exterior} &= 140 \times 10^{-3} \\ \text{Resistencia total} &= 440 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$U = 1/R = 1000 / 440 = 2.27 \text{ Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{concreto}} = U_{\text{concreto}} \times \text{Área} \times \Delta T = 2.27 \times 0.84 \times 3 = 5.72 \text{ Kcal / h}$$

Para vidrios, tenemos (tomando valores de la tabla 4-17 Lewis)

$$U_{\text{vidrio}} = 6.0658 \text{ Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{vidrio}} = U_{\text{vidrio}} \times \text{Área} \times \Delta T = 6.06 \times 13.10 \times 3 = 238.15 \text{ Kcal / h}$$

Para puertas, tenemos (tomando valores de la tabla 4-17 Lewis)

$$U_{\text{madera}} = 2.3424 \text{ Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{madera}} = U_{\text{madera}} \times \text{Área} \times \Delta T = 2.34 \times 6.14 \times 3 = 43.10 \text{ Kcal / h}$$

$$Q_{\text{total este}} = Q_{\text{ladrillo}} + Q_{\text{concreto}} + Q_{\text{vidrio}} + Q_{\text{madera}} = 61.50 + 12.37 + 474.49 + 14.07$$

$$Q_{\text{total este}} = \underline{317.25 \text{ Kcal / h}}$$

TECHO Y SUELO.

Fórmula de ganancia $Q = U \times \text{Área} \times \Delta T$; Donde $\Delta T = 3^\circ \text{C}$

Para concreto de 15 cm de espesor, tenemos (tomando valores de la tabla 29)

$$U_{\text{concreto}} = 2.78 \text{ Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$\text{Área}_{\text{techo}} = 14.85 \times 9.29 = 137.95 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{techo concreto}} = U_{\text{concreto}} \times \text{Área} \times \Delta T = 2.78 \times 137.95 \times 3 = 1,150.50 \text{ Kcal / h}$$

Fórmula de ganancia $Q = U \times \text{Área} \times \Delta T$; Donde $\Delta T = 3^\circ \text{C}$

Para concreto de 15 cm de espesor, tenemos (tomando valores de la tabla 29)

$$U_{\text{suelo concreto}} = 2.78 \text{ Kcal / h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

$$\text{Área}_{\text{techo}} = 14.85 \times 9.29 = 137.95 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{suelo concreto}} = U_{\text{concreto}} \times \text{Área} \times \Delta T = 2.78 \times 137.95 \times 3 = 1,150.50 \text{ Kcal / h}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{total sur}} + Q_{\text{total norte}} + Q_{\text{total oeste}} + Q_{\text{total este}} + Q_{\text{techo}} + Q_{\text{suelo}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 1,740.08 + 562.43 + 149.64 + 317.25 + 1,150.50 + 1,150.50$$

$$\underline{Q_{\text{TOTAL}} = 5,071.12 \text{ Kcal / h}}$$

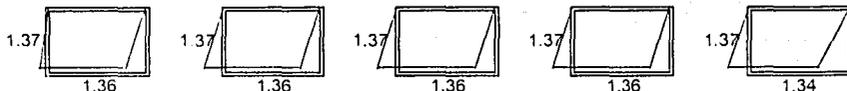
3.- Presión del vapor de agua.- Una elevada presión de vapor de agua alrededor del espacio acondicionado, hace que el vapor fluya a través de los materiales que construyen el edificio. Esta carga sólo es apréciable en los casos de bajo punto de rocío interior.

En los casos donde lo que se busca es el confort esta carga se desprecia.

4.- Viento que sopla contra una pared del edificio.- El viento hace que el aire exterior, con mayor temperatura y contenido de humedad, se infiltra a través de las rendijas de puertas y ventanas, con lo que resulta una ganancia de calor latente y sensible. Toda o parte de esta infiltración puede anularse por el aire que se introduce a través del aparato de acondicionamiento a efectos de ventilación.

VIENTO QUE SOPLA CONTRA UNA PARED DEL LABORATORIO (SUR).

Viento promedio = 25 Km / h



Conversión para tomar en cuenta la velocidad del viento (tabla 25 / 12 = 2.08).

$$\begin{aligned} \text{Área de las ventanas} &= (1.37 \times 1.36) \times 4 = 7.45 \text{ m}^2 \\ &= (1.37 \times 1.34) = 1.83 \text{ m}^2 \\ \text{total del área} &= 9.28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Porcentaje de la superficie que puede ser abierta

$$= \frac{\text{Área de las ventanas que pueden ser abiertas}}{\text{Área total de ventanas}} = \frac{9.28}{25.96} = 35.78 \%$$

De la tabla 41 a) se toma el valor de la ventana tipo "A" al 40% que es = 18.

Infiltración por las ventanas = Área de la ventana x 18 x 2.08

$$= 9.28 \times 18 \times 2.08 = \underline{347.44 \text{ m}^3 / \text{h}}$$

5.- Aire exterior necesario para la ventilación. Generalmente, se necesita aire exterior para renovar el interior y suprimir olores. Este aire de ventilación impone al equipo de acondicionamiento una carga de enfriamiento y de deshumectación, ya que hay que sustraer calor o humedad, o ambos. La mayoría de equipos de acondicionamiento permiten desviar al aire exterior de la superficie de enfriamiento. Este aire exterior desviado constituye una carga en el espacio acondicionado, análoga a la infiltración; en vez de introducirse por las rendijas de las ventanas, entra en el local por el conducto de aire. La cantidad de aire exterior desviado depende del tipo de aparato que se utiliza.

AIRE EXTERIOR NECESARIO PARA LA VENTILACIÓN

Área a acondicionar $P_{ISO} = 137.95 \text{ m}^2$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\text{Densidad de ocupación por persona} = \frac{\text{número de personas}}{\text{Área de piso}}$$

Tomando valores de la tabla 45

$$\text{Opción Caudal recomendado} = 1,275 \text{ m}^3 / \text{h.}$$

$$\text{Opción Caudal mínimo} = 975 \text{ m}^3 / \text{h.}$$

Como no hay fumadores en el área que se va a acondicionar se puede tomar la Opción de Caudal mínimo = 975 m³ / h.

Las mencionadas cargas constituyen, en conjunto, a la parte de carga impuesta al equipo acondicionador, que se origina en el exterior, y común a todas las instalaciones.

CARGAS INTERNAS

La carga interna o calor generado en el local depende de la aplicación. En cada caso habrá que aplicar a todas las cargas internas el correspondiente factor de diversidad y empleo. Lo mismo que la ganancia de calor solar, algunas ganancias internas consisten en calor radiado que es parcialmente almacenado y, por tanto, reducen la carga impuesta al equipo acondicionador.

Generalmente, las ganancias internas provienen de algunas (o todas) de las siguientes fuentes:

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

Calor generado por personas (de la tabla 48 de Carrier)

	Calor Sensible	Calor Latente
60 personas sentadas	54	46
15 personas de pie	54	59

$$\text{Ganancia de calor sensible} = (60 \times 54) + (15 \times 54) = 4,050 \text{ Kcal / h}$$

$$\text{Ganancia de calor latente} = (60 \times 46) + (15 \times 59) = 3,645 \text{ Kcal / h}$$

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

Alumbrado, lámparas con tubo fluorescente (de la tabla 48 de Carrier)

hay 32 cubos con 4 tubos, lo que nos da 128 tubos, de 20 watts cada uno donde se toma un 25 % más debido a la resistencia reguladora = 1.25

ganancia sensible en K cal / h = (Potencia en watts) x (1.25) x (0.86)

$$Q_{TOTAL \text{ alumbrado}} = (128 \times 20) \times (1.25) \times (0.86)$$

$$\underline{Q_{TOTAL \text{ alumbrado}} = 2,752 \text{ Kcal / h}}$$

3.- Utensilios. – Los restaurantes, hospitales, salas, laboratorios y determinados establecimientos (salones de belleza), tienen aparatos eléctricos, de gas o de vapor que desprenden calor. En los casos en que tienen una envoltura disipadora térmicamente eficiente la ganancia de calor se reduce sensiblemente.

Cargas internas por equipo

	Unidad	watts	total
Osciloscopio	12	100	1,200
Generador de Funciones	12	28	336
Fuentes de Poder	12	50	600
Multímetro	12	30	360
Analizador Lógico	02	100	200
Cafetera	01	1,090	1,090
Lámpara con Lupa	01	60	60
			3,846

1 Kw = 14.31 calorías por minuto

$$\text{Calorías por Minuto} = (3,846) \times (14.31) = 55,036.26$$

$$Q_{TOTAL \text{ equipo}} = 55,036.26 \times (60 / 1000)$$

$$\underline{Q_{TOTAL \text{ equipo}} = 3,302.17 \text{ Kcal / h}}$$

4.- Máquinas eléctricas de calcular.- Consultar los datos de fábrica para valorar la ganancia de calor procedente de las máquinas eléctricas de calcular. Como normalmente todas las máquinas no se usarán simultáneamente, habrá que aplicar un factor de empleo o diversidad a la ganancia de calor a plena carga.

Estas máquinas pueden estar también cubiertas o tener refrigeración interna parcial, lo cual reduce la carga impuesta al equipo de acondicionamiento.

En este caso no se tienen máquinas eléctricas de calcular.

5.- Motores eléctricos.- Los motores eléctricos constituyen una carga muy importante en las instalaciones industriales, por lo que debe hacerse un cuidadoso análisis respecto a las horas de trabajo y su capacidad antes de hacer una estimación de la carga. Frecuentemente no constituye problema la medida de esta carga en las instalaciones existentes, y debe hacerse siempre que sea posible.

En este caso no se tienen motores eléctricos.

6.- Tuberías y depósitos de agua caliente.- Las tuberías de agua caliente o de vapor que pasan por el espacio acondicionado, lo mismo que los depósitos de agua caliente, aportan calor. En muchas aplicaciones industriales estos depósitos son abiertos, por lo que se produce evaporación de agua dentro de local.

En este caso no se tienen tuberías ni depósitos de agua caliente.

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

En este caso no se tienen ganancias por diversas fuentes de calor.

Además de las ganancias de calor que tienen sus orígenes en el exterior o en el interior del espacio acondicionado, el propio equipo de acondicionamiento y el sistema de conductos, producen una ganancia o pérdida de calor. Los ventiladores y bombas que se utilizan para distribuir el aire o el agua en el sistema generan calor; también se añade calor cuando los conductos de impulsión de aire o de retorno atraviesan espacios más calientes. En los conductos de impulsión pueden producirse fugas de aire frío y en los de retorno fugas de aire caliente. El método para evaluar las ganancias de calor debidas a estas fuentes se valoran en tanto por ciento de la carga de calor sensible, de calor latente y de calor total.

CALCULO DE LA CARGA DE CALEFACCIÓN

La valoración de la carga de calefacción sirve de base para seleccionar el equipo de calefacción. Normalmente se calcula dicha carga considerando las temperaturas invernales que se producen generalmente de noche; por este motivo no se toman en consideración las ganancias de calor producidas por fuentes internas (personas, alumbrado, etc.). Esta evaluación debe tener en cuenta las

pérdidas de calor a través de las paredes del edificio que rodean los espacios acondicionados u el calor necesario para compensar las entradas de aire exterior, producidas por infiltración o necesarias para la ventilación.

Otro factor a tener en cuenta en la valoración de la carga de calefacción es la variación de temperatura. Cuando se admite que la temperatura en el interior del local puede descender algunos grados durante periodos de la carga de proyecto, se podrá reducir la capacidad de los equipos de calefacción. Naturalmente, esto sólo es aplicable a las instalaciones de funcionamiento continuo.

La carga total de refrigeración será:

Ganancia por temperatura exterior	= 5,071.12
Ganancia generada por los ocupantes	= 4,050.00
Ganancia generada por alumbrado	= 2,752.00
Ganancia generada por el equipo	= 3,302.17

$$Q_{TOTAL} = 15,175.29 \text{ Kcal / h}$$

$$Q_{TOTAL} = (15,175.29) \times (3.968) = 60,215.55 \text{ Btu / h}$$

$$Q_{TOTAL} = (60,215.55) \times (1 / 12,000) = \underline{5.01 \text{ T. R.}} \text{ (Toneladas de refrigeración)}$$

Si consideramos que a la hora máxima de carga, que sería a las doce del día, el alumbrado del laboratorio se encontraría apagado se podría eliminar ésta carga, lo que nos daría una carga total de :

$$Q_{TOTAL} = 12,423.29 \text{ Kcal / h}$$

$$Q_{TOTAL} = 49,295.61 \text{ Btu / h}$$

$$Q_{TOTAL} = 4,10 \text{ T. R. (Toneladas de refrigeración)}$$

De este modo se podría comprar un equipo de menor capacidad.

VII.2.- Selección del equipo.

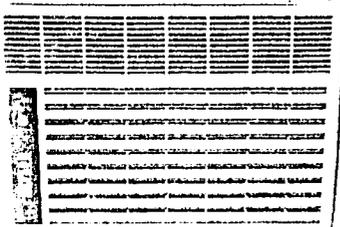
Después de hacer la evaluación de la carga, debe elegirse el equipo cuya capacidad sea suficiente para neutralizar esta carga. El aire impulsado hacia el espacio acondicionado debe tener las condiciones necesarias para satisfacer las cargas de calor que han sido estimadas.

Se necesita un equipo que pueda satisfacer las siguientes necesidades:

- 1.- $60.215.55 \text{ Btu} / \text{h} = 5.01 \text{ T. R.}$ (Toneladas de refrigeración)
- 2.- Caudal mínimo necesario para la ventilación = $975 \text{ m}^3 / \text{h}$.
- 3.- Infiltraciones debidas al aire exterior = $347.44 \text{ m}^3 / \text{h}$.

A continuación se muestran algunos equipos Carrier que se pueden ocupar para satisfacer las necesidades de acondicionamiento de aire.

EFICIENCIA Y AHORRO DE ENERGIA



Este es un equipo de ventana que resultaría ideal y que llenaría los requisitos que se necesitan, para el acondicionamiento del Laboratorio, pero en este caso, se necesitarían dos unidades, lo que nos daría una capacidad de $65,000 \text{ Btu} / \text{h}$, y un volumen de aire de $1,335 \text{ m}^3 / \text{h}$.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para este tipo de equipo, necesitaríamos cinco unidades, lo que haría mas costoso su instalación, dándonos una capacidad de refrigeración de 62,500 Btu/ h, y un volumen de aire de 1900.

EFICACIA Y AHORRO DE ENERGIA

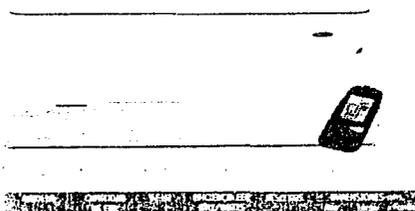


- Capacidad
- Consumo energético
- Volumen de aire
- Nivel de ruido
- Control de temperatura
- Control de humedad
- Control de calidad del aire
- Control de seguridad
- Control de mantenimiento



El siguiente equipo es del tipo de minisplit. Tiene una capacidad de 30,000 Btu / h.

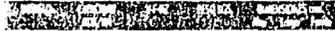
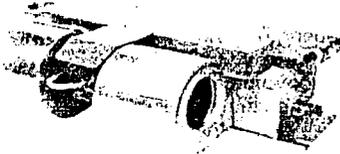
SILENCIO Y VERSATILIDAD



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Este es un equipo central, que viene en tres tipos: una interior y dos exteriores.

TECNOLOGIA Y VANGUARDIA



EL CLIMA DEL MUNDO

CARRIER MEXICO, S.A. DE C.V.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este equipo llenaría los requisitos que se necesitan, con el inconveniente de que es un equipo, que debe instalarse en la azotea y se conecta con ductos hacia el área acondicionada.

50 TJ 3-6 Toneladas



Este equipo es un tipo de unidad de aire acondicionado que se instala en la azotea y se conecta con ductos hacia el área acondicionada.

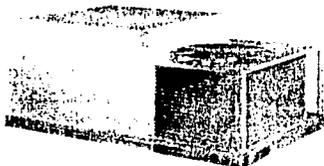
Este equipo es un tipo de unidad de aire acondicionado que se instala en la azotea y se conecta con ductos hacia el área acondicionada.

Este equipo es un tipo de unidad de aire acondicionado que se instala en la azotea y se conecta con ductos hacia el área acondicionada.

Este equipo es un tipo de unidad de aire acondicionado que se instala en la azotea y se conecta con ductos hacia el área acondicionada.

Este equipo es un tipo de unidad de aire acondicionado que se instala en la azotea y se conecta con ductos hacia el área acondicionada.

Este equipo es un tipo de unidad de aire acondicionado que se instala en la azotea y se conecta con ductos hacia el área acondicionada.



RANGOS DE CAPACIDAD

UNIDAD	CM	CAP. REFR.	FEET
50 TJ	1200	36500	8.7
004	1500	47000	8.9
005	2000	57000	8.5
007	2400	70000	8.9

Nomenclatura numérica Modelos 50 TJ

50 TJ 004 Z 5 0 1 AA

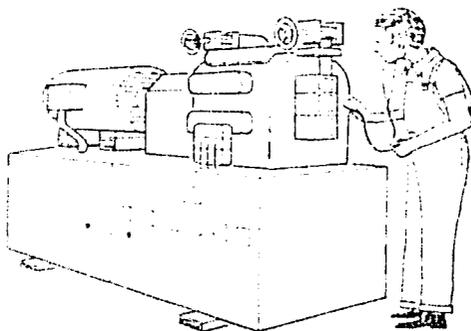
Este equipo es un tipo de unidad de aire acondicionado que se instala en la azotea y se conecta con ductos hacia el área acondicionada.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

VII.3.- Instalación y arranque del equipo.

OPERACIÓN

Así como el médico puede diagnosticar las enfermedades de un paciente revisando los signos vitales del cuerpo, como la temperatura, la presión de la sangre, el pulso, etc., también el operador eficaz, que conoce los conceptos básicos, diagnostica las fallas de los sistemas de refrigeración por medio de las indicaciones de los instrumentos como se muestra en la siguiente figura.



Los operadores eficientes pueden diagnosticar las deficiencias del equipo y evitar así muchos paros costosos.

Por lo tanto hablaremos de la purga del sistema, de la carga y descarga de refrigerante, del arranque y paro, la eliminación de humedad y el mantenimiento adecuado y eficaz.

LECTURAS DE TERMÓMETROS Y MANÓMETROS.

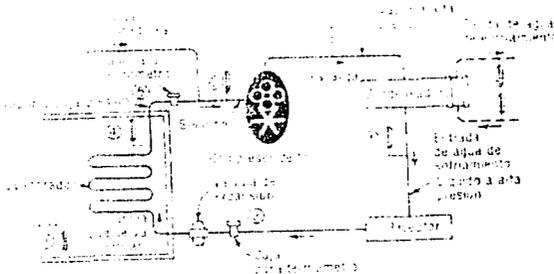
En las plantas pequeñas con un compresor y un evaporador, el operador llega a familiarizarse con la mejor presión de succión para trabajar y la distancia que debe extenderse la congelación a lo largo de la línea de succión al compresor.

Algunos operadores raspan el hielo de la línea de salida del evaporador y hacen la prueba del dedo pegado, si el dedo se pega al tubo, ello significa que está pasando por el tubo refrigerante saturado, y si no se pega es que el refrigerante está saliendo del evaporador en estado de sobrecalentamiento, ambos métodos son muy primitivos.

Una respuesta mejor es colocar el termómetro 4 (como en la figura siguiente) a la salida del evaporador, si hay muchos serpentines u otros evaporadores se colocan

TEST CON
FALLA DE ORIGEN

cazoletas de medición en todos los puntos importantes donde las líneas secundarias de succión se conectan con el cabezal principal de succión. Se hace el esquema de un sistema típico de amoniaco, que indica dónde se necesitan termómetros para una operación eficiente por lo que se necesita termómetros o al menos cajas para los mismos, así como en la siguiente figura



Se necesitan termómetros en todos los lugares indicados para una operación eficiente.

1. La línea de refrigerante que sale del condensador.
2. La línea de líquido antes de la válvula de expansión.
3. El espacio o la sustancia que se va a enfriar.
4. La salida del evaporador.
5. Todos los puntos importantes en donde las líneas secundarias de succión se conectan con el cabezal principal de succión.
6. La línea principal de succión.
7. La línea de descarga del compresor.

En la figura de arriba el termómetro 1 muestra la temperatura del refrigerante que sale del condensador, si es que el condensador necesita limpieza, si la bomba de circulación está funcionando bien, si la torre de enfriamiento o la fosa de rociado está manejando la carga y si la distribución del agua sobre las superficies de condensación es uniforme.

No debe haber mucho aumento de temperatura entre la salida del condensador y la válvula de expansión, el aumento debe ser lo más pequeño que sea posible, para revisar esto no se necesita un termómetro permanente en la línea de líquido antes de cada válvula de expansión, pero debe haber una cazoleta para termómetro 2. para que se pueda hacer la lectura cuando uno lo desea.

Para ver la diferencia ideal de temperatura entre el refrigerante y la sustancia que va a ser enfriada, depende de varios factores y lo más importante es la cantidad de superficie en el evaporador cuanto mayor sea el área, menor será la diferencia de temperatura necesaria, el efecto de aislamiento del hielo que se forma en los serpentines de expansión directa y la velocidad del movimiento de la sustancia

TESIS CON
FALLA DE CEEBEN

que rodea al evaporador también afecta a la diferencia de temperatura, los mejores resultados se consiguen en la mayoría de las plantas cuando la diferencia es de unos 10° F, el termómetro 3 en el espacio o sustancia que se desea enfriar da una parte de la diferencia de temperatura y también proporciona una indicación directa de la eficacia del proceso de refrigeración.

El termómetro 6 nos proporciona información que ayuda a operar el compresor a su mayor eficiencia, si llega gas sobrecalentado al compresor, se calentará todavía más por las válvulas calientes, por las paredes y los cilindros que también están calientes, esto significa menos peso por pie cúbico de gas y en consecuencia se reduce la cantidad real de gas enviado al condensador, esto a su vez significa menor efecto refrigerante para una cantidad dada de entrada en el compresor.

No es buena idea la práctica de llevar el vapor saturado al evaporador y a la línea de succión si el evaporador está cerca del compresor, pues se debe permitir algo de sobrecalentamiento, pero como el vapor sobrecalentado casi no tiene utilidad en la disipación de calor la cantidad sobrecalentamiento debe mantenerse baja.

El peso del refrigerante enviado al condensador depende de la densidad del refrigerante, cuanto mayor sea la temperatura menor será la densidad, puesto que el vapor está casi siempre a una temperatura más alta después de entrar al cilindro (60 a 65° F en las condiciones normales de operación) de lo que está en la succión, cualquier cifra basada en ésta podría prestarse a error, un termómetro en la línea de succión nos dice cuánto llegan a estar defectuosas las válvulas de succión del compresor, cualquier fuga de gas a través de las válvulas de succión se calentará en demasía, esto se mostrará con toda claridad por medio de un termómetro colocado cerca del compresor.

El termómetro 7 en la línea de descarga del compresor muestra el calor del refrigerante que el cilindro se dirige hacia el condensador, lo único que puede hacer un operador para controlar esta temperatura, es cerciorarse de que la temperatura del refrigerante que entra al compresor sea la correcta, también debe ver que el refrigerante esté en el estado correcto de saturación o sobrecalentamiento y que el agua de enfriamiento del cilindro esté realizando su trabajo de extraer el calor de la compresión.

Un medidor de presión de descarga muestra la presión soportada en el condensador, en el receptor de líquido y en la tubería desde el compresor hasta las válvulas de expansión, pasando por el condensador y el receptor, y además señala cuándo la presión alcanza un punto peligroso, las causas de ello pueden ser la falta de agua de enfriamiento, que el agua esté demasiado caliente, o una cantidad excesiva de gases no condensables en el sistema, también muestra esta medición cuándo están sucias o tienen incrustaciones las superficies de condensación.

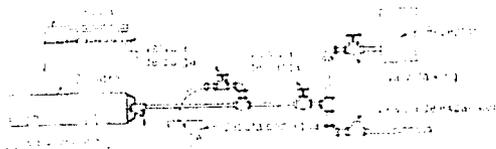
La presión y la temperatura de líquidos no se relacionan estrechamente como las de los vapores saturados, cuanto más se acerque la temperatura del líquido que sale del condensador a la temperatura del vapor saturado en el evaporador, mejor será la eficiencia general.

Para que el operador pueda ver la medición de temperatura a lo largo de la línea de líquido que viene del condensador, le indica dónde se necesita aislamiento, el receptor debe estar aislado si se encuentra en un cuarto de máquinas calientes, si

está en el exterior debe protegerse contra el calor del sol, el receptor nunca debe estar encerrado en lugares como un clóset ni sin ventilación, si una parte de la línea de líquido pasa a través de un lugar en donde la temperatura ambiente sea mayor que la del líquido, la línea debe estar cubierta, la razón es que debe haber un aumento de temperatura lo más pequeño posible entre la salida del condensador y la válvula de expansión.

La conexión de carga está siempre en el lado de alta presión del sistema, esto evita daño al compresor y los "tragos" de líquido, la conexión está cerca del receptor, donde el refrigerante puede almacenarse.

En la siguiente figura la mayor parte de las plantas grandes tienen la carga de amoniaco en la conexión entre la válvula King y la válvula de expansión



Carga de amoniaco en un sistema grande entre la válvula king y la válvula de expansión.

primero hay que subir al extremo del fondo del cilindro $\frac{3}{4}$ in, asegúrese de que el tubo que se mete para vaciar apunte hacia abajo, si la línea y las conexiones de carga están bien apretadas, cierre la válvula king y abra la válvula del cilindro y la válvula de carga, una vez que esté cerrada la válvula king, la presión entre ésta y la válvula de expansión bajará hasta la presión de succión (lado de baja) permitiendo así que el amoniaco líquido fluya dentro del sistema, para cerciorarse de que el cilindro está descargado dentro del sistema, ponga a aquél en la báscula y observe el cambio en el peso, para cargar un sistema con gas en un lugar de amoniaco, voltee el cilindro de manera que el tubo de vaciado apunte hacia arriba.

ARRANQUE Y PARO DE UN SISTEMA

Estos son los cinco pasos importantes para arrancar un sistema.

1. Active el sistema de agua de enfriamiento.
2. Abra la válvula de descarga del compresor.
3. Arranque el compresor.
4. Abra ligeramente la válvula de succión del compresor hasta que la presión en el evaporador descienda a unas 20 psi, luego ábrala completamente.
5. Abra la válvula de líquido y ajuste la válvula de expansión para que dé la presión de succión deseada.

Cuando se arranca un Sistema nuevo de refrigeración, se deben hacer revisiones regulares, a medida en que la planta va entrando en la operación regular, hay que estar revisando los rodamientos o chumaceras, los cilindros, las bombas de aceite, los manómetros, los termómetros, y otros dispositivos para buscar indicios de calentamiento o de problemas. Hay que ajustar las válvulas de los medidores de presión para evitar que las agujas vibren excesivamente. Cerciérese de que la máquina tiene suficiente aceite en el cárter; una o dos pulgadas más son recomendables durante la primer semana de operación en el caso de una máquina nueva. Cambie el aceite cada semana durante el primer mes. Luego abra el cárter y límpielo antes de poner aceite de repuesto.

Pruebe los controles automáticos y los cortes de seguridad. Ajuste las válvulas de flotador o de expansión para balancear la carga; luego ponga el sistema en operación automática. En las condiciones normales de operación el receptor estará a un cuarto o a la mitad de refrigerante líquido. La válvula principal líquido (válvula king) se extiende dentro del receptor, bajo la superficie del líquido, aún cuando el recipiente esté casi vacío. Tenga completamente abierta esta válvula cuando la planta esté funcionando. Abra la válvula de expansión una parte de vuelta: solo lo suficiente para mantener la presión de succión en el punto deseado y para evitar que se acumule hielo en la línea de succión hacia los cilindros del compresor. Sin embargo, el hielo en la trampa de succión no causa problemas.

A continuación se enumeran los pasos más importantes en el paro de un sistema.

1. Cierre la válvula de líquido.
2. Cierre la válvula de succión.
3. Pare el compresor.
4. Cierre la válvula de descarga del compresor y
5. Desactive el sistema de agua de enfriamiento para el equipo.

Cuando una planta ha estado apagada durante cierto tiempo, las presiones de succión pueden alcanzar hasta 50 psi en algunos sistemas de amoníaco y el líquido se puede acumular en los puntos bajos de la línea de succión. Por lo tanto, se debe abrir las válvulas de succión en el compresor lentamente hasta que la línea se vacíe y tenga las presiones normales de trabajo.

Si se baja demasiado la presión de succión, el refrigerante líquido puede llegar a la succión del compresor, donde puede causar daño, observe la formación de hielo en la línea de succión; es un buen indicador para determinar si la presión es correcta.

PURGA DE AIRE Y DE GAS NO CONDENSABLE

Existen cuatro fuentes comunes de gases no condensables en un sistema de refrigeración:

1. La corrosión.
2. descomposición del aceite.
3. descomposición del refrigerante en contacto con impurezas.

4. introducción del aire cuando se opera con vacío o durante los trabajos de mantenimiento.

Una unidad integrada de purga viene normalmente con cada unidad centrifuga. Sus presiones de carga son menos propensas a dar problemas que los compresores reciprocantes. En la mayoría de los trabajos se acostumbra hacer funcionar la unidad de purga antes de arrancar la máquina principal. Esto significa que no deberá manejar gases no condensables.

Mientras que los gases de refrigerantes se condensan y disminuyen de presión y temperatura, los gases no condensables agregan su presión y temperatura al sistema, aumentando con ello la presión del lado de alta y también los costos de energía. La energía desperdiciada es mucha cuando se elevan las presiones. Por ejemplo, tome una planta de amoniaco con una presión de succión de 15 psi y una presión en la cabeza de 215 psi, condiciones que son frecuentes. Esta planta consumiría en promedio 1.85 bhp/ton de hielo producida. Si la presión en la cabeza se reduce a 185 psi, purgando los gases no condensables, la potencia necesaria se reduce a 1.66 bhp/ton de hielo, o sea un ahorro del 11.45% en los costos de energía, sin tomar en cuenta el desperdicio de refrigerante a alta presión ni el desgaste mayor del equipo. Un operador eficiente elimina por medio de purga los gases no condensables del sistema.

El aire u otros gases no condensables causan una presión de condensación excesiva en un sistema de refrigeración. Para sacarlo hay que cerrar la válvula del receptor del condensador. Luego, se hace trabajar el compresor hasta que esté seguro que la mayor parte de la carga de refrigerante ha sido bombeada hacia el receptor del condensador, pero observe el manómetro de alta presión para estar seguro de que la presión de descarga no suba demasiado. Con el compresor apagado, deje fluir el agua a través del condensador y verifique la temperatura del agua de salida. Después de una hora, cuando el agua de enfriamiento debería estar balanceada, observe la presión del condensador. Compárela con los datos en una gráfica que muestre la temperatura del agua del condensador y la correspondiente presión del condensador para el refrigerante. (Todas las plantas deben tener una gráfica como ésta.) Si la presión rebasa los límites normales, purgue el sistema abriendo lentamente en la parte superior del condensador. Observe la presión manométrica y también el olor del gas del condensador para evitar pérdida en el refrigerante. Antes de purgar asegúrese de enfriar el condensador hasta que la presión manométrica sea lo mas baja posible. Los sistemas más grandes tienen purgadores automáticos.

VII.4.- Mantenimiento.

Las cifras de las compañías de seguros muestran que los compresores de refrigeración fallan más por válvulas de descarga con avería que por cualquier otra causa. A continuación se explica como revisar esas válvulas. Las válvulas deben inspeccionarse por lo menos una vez al año. Se pueden detectar fallas en los discos grandes, suspendiendo el disco de una cuerda y golpeándolo con un martillo ligero. Si el disco está sano y el vástago no tiene grietas donde está soldado al disco, éste emitirá normalmente un sonido claro como de campana. Las Máquinas más modernas tienen válvulas de succión del tipo de placa pequeña. Son más fáciles de quitar y reparar. No se deben utilizar válvulas que aparentemente estén en buen estado, deben estar perfectamente bien. Unas cuantas válvulas con fuga cuestan más por la pérdida de refrigeración y potencia en poco tiempo, que un juego completo nuevo de válvulas. La unión entre el cilindro y la cabeza de seguridad debe ser hermético. Se pule la unión con un compuesto muy fino. Al esmerilar, se mantiene girando la cabeza completa toda la vuelta, en vez de pulir hacia atrás y hacia delante, girando medias vueltas o cuartos de vuelta. En algunas válvulas mayores, la superficie de desgaste tiene un ligero radio. Este asiento debe mantenerse angosto. Para pulir se usa un compuesto fino y se da el acabado con aceite ligero de maquinaria. Al esmerilar el anillo de la válvula, en un sujetador magnético en el taller, se consiguen los mejores resultados. Si las válvulas tienen una mancha en la caja de succión, se debe comprobar que las ventilas estén libres. Un resorte soporta el peso del disco y el vástago de la válvula. Se ajusta el resorte para que sostenga la válvula ligeramente fuera de asiento, esto ayuda a que la válvula abra tan pronto se iguales las presiones en el cilindro y en la lumbrera de succión. Luego, la inercia cierra la válvula al final de la carrera de succión. Estas válvulas son difíciles de quitar y sus vástagos algunas veces fallan. Hay que revisar cuidadosamente los vástagos, las cuerdas y las tuercas. Si las cuerdas están barridas, hay que evitar los cortes con herramienta filosa en el vástago de la válvula.

De ciento cincuenta accidentes registrados por la Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Co., sesenta y cinco fueron causados por una válvula, caja de válvulas, etc. ; treinta y seis por los rodamientos; catorce por pistón o anillos; once por el cilindro o la cabeza; siete por la flecha y diecisiete por otros problemas. Las válvulas fallaron por grietas, siendo la incrustación por arrastre, la causa principal. Los rodamientos o chumaceras fallaron principalmente debido a una baja en el nivel de aceite o por suciedad en las tuberías.

A continuación se mencionan los cinco métodos mas comunes para probar las fugas de refrigerante.

1) Prueba de la vela de azufre, 2) prueba del soplete de halógeno, 3) prueba del rastreo de la fuga o del odorante no dañino, 4) prueba del agua y jabón y 5) prueba del succionador de amoniaco.

La prueba de vela de azufre se usa sólo en fugas de amoniaco. Una fuga es indicada por la nube de humo blanco generada cuando los vapores o humos de la vela de azufre entran en contacto con el amoniaco que escapa.

La prueba del soplete halógeno sirve solo para encontrar fugas de refrigerante de halocarburos. La Flama abierta debe usarse cuidadosamente cuando se están probando refrigerantes de este tipo. Si hay en el aire una gas que tenga un compuesto fluorinado, la flama de alta temperatura del soplete hace que el refrigerante se descomponga y forme un haluro volátil. La flama cambia entonces a un color azul o verde brillante cuando el aire contiene aunque sea un porcentaje de apenas 0.01 de Freón.

No hay que respirar los vapores de este soplete porque en contacto con el refrigerante a altas temperaturas se descompone en un gas que contiene fosgeno. Este gas también es semitóxico en pequeñas cantidades y mortal en grandes volúmenes. Utilice la prueba de agua y jabón, si se piensa que existe suficiente contaminación para formar una mezcla inflamable, cuando los sistemas contienen cloruro de metilo, cloruro de metileno, cloruro de etilo o bicloroetileno y hay que probarlos.

El tinte de localización de fugas y algún odorante no dañino se introducen en un sistemas para encontrar fugas.

Enjabonar las partes sospechosas con una solución jabonosa es otra buena manera de localizar fugas. Se usa principalmente en sistemas que contienen bióxido de carbono y los refrigerantes altamente inflamables como el etano, el propano, el butano y el isobutano. La prueba de jabón de amoniaco se usa para sistemas que contienen bióxido de azufre.

A continuación se muestra una guía de las fallas mas frecuentes y su posible corrección:

Falla	Causa probable	Acción recomendada
Problema : El compresor hace ciclos cortos (entra y sale de operación constantemente)		
Operación normal excepto por los paros y arranques frecuentes	Contacto intermitente en el circuito eléctrico de control.	Repáre o reemplace el control eléctrico que tiene falla.
Operación normal excepto por los paros y arranques frecuentes	El diferencial del controlador de baja presión está puesto muy cerrado	Restablezca el diferencial de acuerdo con las condiciones adecuadas de trabajo.
La válvula puede silbar cuando se cierra. También la temperatura.	La válvula de solenoide de la línea de líquido tiene fuga.	Repáre o cambie.
Flujo de aire reducido a. Filtros de aire sucios b. Banda del ventilador rota. c. Tensión de la banda del ventilador mal ajustada.	Evaporador sucio o congelado.	Limpie y descongele el evaporador. Revise los filtros y la transmisión del ventilador.
Presión de descarga excesivamente alta.	Condensación defectuosa.	Revise si falta agua o si hay problema en el condensador evaporativo.
Presión de descarga alta.	Sobrecarga de refrigerante o de gas no condensable.	Saque el exceso de refrigerante o purgue el gas no condensable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Operación normal excepto por los paros y arranques demasados frecuentes en el Interruptor de control de baja presión.	Falta de refrigerante.	Repare la fuga de refrigerante y vuelva a cargar.
Alta presión de descarga.	Válvula reguladora de agua inoperante o restringida por suciedad o temperatura de agua demasiado alta	Limpie y repare la válvula de agua.
Alta presión de descarga.	Tubería de agua restringida o presión demasiado baja en el agua de alimentación.	Verifique la causa y corrijala.
Presión de succión demasiado baja y congelamiento en el filtro	Filtro de la línea de líquido tapado	Limpie el filtro.
El motor arranca y se detiene rápidamente.	Motor con falla	Repare el motor o cámbielo.
El compresor se detiene por el corte de alta presión.	Condensador de concha y tubos con falla, probablemente congestionada.	Limpie los tubos del condensador
El compresor se detiene por el corte de alta presión. a. No hay agua b. Toberas de rociado c. Bomba de agua no trabaja d. Superficie sucia del serpentín e. Entrada o salida de aire obstruida f. Ventilador no trabaja	Operación defectuosa del condensador evaporativo	Verifique la falla y corrija. a. Llene de agua b. Limpie las toberas de rociado c. Repare la bomba defectuosa d. Limpie el serpentín e. Quite la obstrucción f. Repare

Problema: El compresor trabaja sin interrupción

Alta temperatura en el área acondicionada.	Carga excesiva.	Revise si hay excesivo aire de repuesto o infiltración. Revise si el aislamiento del espacio es adecuado.
Baja temperatura en el área acondicionada.	El termostato está ejerciendo su función de control a una temperatura muy baja.	Repare o reemplace el control defectuoso.
Baja temperatura en el área acondicionada.	Contactos "soldados" en los controles eléctricos en el motor.	Repare o reemplace el control defectuoso.
Burbujas en la mirilla	Falta de refrigerante.	Repare fugas y cargue.
Alta presión de descarga	Sobrecarga de refrigerante	Purgue o quite el exceso
Compresor ruidoso o trabajando a una compresión de descarga anormalmente baja o a una presión de succión anormalmente baja.	Las válvulas del compresor no cierran bien	Repare el compresor.
Espacio con aire acondicionado demasiado frío.	Válvula de solenoide para el paro pegada o abierta por el vástago de operación manual.	Repare la válvula o restaure la operación automática.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Problema : El compresor pierde aceite.

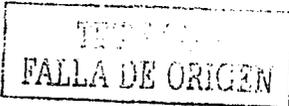
Nivel de aceite demasiado bajo.	Carga insuficiente de aceite.	Agregue suficiente cantidad del aceite adecuado para el compresor.
El nivel del aceite baja gradualmente.	Filtros o válvulas tapados.	Limpie o repare y cambie.
Succión excesivamente fría.	Válvula de expansión o buíbo remoto flojos.	Haga que el buíbo remoto y la línea de succión tengan un buen contacto.
Succión excesivamente fría. Operación ruidosa del compresor.	El líquido se regresa inundando el compresor.	Restablezca y reajuste el sobrecalentamiento o revise el contacto que hace el buíbo remoto.
Arranques y paros demasiados frecuentes del compresor.	Corto-ciclado	Descongele; revise el corte de presión.
Áceite alrededor de la base del compresor y nivel de aceite bajo en el cárter.	Las uniones en el cárter dejan escapar aceite.	Repare la fuga y agregue aceite apropiado para refrigeración.

Problema : El compresor hace mucho ruido.

Pernos de acoplamiento sueltos.	Cople de transmisión del compresor flojo.	Apriete el cople y revise la alineación.
El compresor es detenido por el control de falla de aceite.	Falta de aceite.	Agregue aceite.
Chillido cuando el compresor está trabajando.	Sello seco o escoriado.	Revise el nivel de aceite.
El compresor golpea.	Partes internas del compresor rotas.	Repare el compresor.
Línea de succión anormalmente fría. El compresor golpea.	Líquido inunda el compresor.	Revise y ajuste el sobrecalentamiento. La válvula puede ser demasiado grande o estar suelto el buíbo remoto en la línea de succión. El aire entra demasiado frío al evaporador y por eso no completa la evaporación del líquido.
Línea de succión extraordinariamente fría. El compresor golpea.	Válvula de expansión pegada en posición abierta.	Repare o reemplace.
El compresor o el motor salta sobre la base.	Motor o compresor flojo sobre su base.	Apriete los pernos de sujeción del compresor o el motor.

Problema : Sistema falta de capacidad.

La válvula de expansión silba.	Gas no condensable en la línea de líquido.	Agregue refrigerante.
Cambio de temperatura en la línea de refrigerante a través del filtro o la válvula de solenoide para detención.	Filtro o válvula de solenoide para detención tapados.	Limpie o reemplace.



Flujo de aire reducido.	Hielo o suciedad en el evaporador.	Limpie o descongele el serpentín.
Corto-ciclado u operación continua.	Válvula de expansión pegada u obstruida.	Repáre o cambie la válvula de expansión.
Sobrecalentamiento demasiado elevado.	Excesiva caída de presión en el evaporador.	Revise el sobrecalentamiento y reajuste la válvula termostática de expansión.
Corto-ciclado u operación continua.	Ajuste inapropiado de sobrecalentamiento.	Ajuste la válvula de expansión. Revise el sobrecalentamiento y reajuste la válvula termostática de expansión.
Corto-ciclado u operación continua.	Válvula de expansión inadecuadamente dimensionada.	Reemplace por la válvula correcta.

Problema : Presión de descarga demasiado alta

El agua deja el condensador excesivamente caliente.	Agua del condensador escasa o muy caliente.	Suministre agua adecuada para el enfriamiento, ajuste la válvula reguladora de agua.
El agua sale del condensador excesivamente caliente.	Tubos sucios en el condensador de concha y tubos.	Limpie los tubos.
Poco aire o escaso volumen de agua para el rociado. Superficie Incrustada.	Operación inapropiada del condensador evaporativo.	Corrija el flujo de aire o de agua. Limpie la superficie del serpentín.
Condensador demasiado caliente y excesiva presión de descarga.	Aire o gas no condensable en el sistema.	Purgue.
Condensador demasiado caliente y excesiva presión de descarga.	Sobrecarga de refrigerante.	Quite el exceso o purgue.

Problema : Presión de descarga demasiado baja.

El agua sale del condensador excesivamente fría.	Demasiada agua en el condensador.	Ajuste la válvula reguladora de agua.
Burbujas en la mirilla.	Falta de refrigerante.	Repáre la fuga y cargue.
La presión de succión sube más rápido que 5 lb/min después del paro.	Válvulas de descarga del compresor rotas o con fuga.	Desmunte la cabeza. Revise las válvulas, cambie las que encuentre en malas condiciones.
Baja presión de descarga y alta presión de succión.	Válvula de alivio en paralelo tiene fuga.	Inspeccione la válvula para determinar si es necesario cambiarla.

Problema : Presión de succión demasiado alta.

El compresor opera sin interrupción.	Carga excesiva en el evaporador.	Revise si hay excesiva renovación o infiltración de aire o mal aislamiento de los espacios.
--------------------------------------	----------------------------------	---

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Linea de succión extraordinariamente fría. El líquido inunda el compresor.	Sobrealimentación de la válvula de expansión.	Regule el sobrecalentamiento ajustando la válvula de expansión; compruebe que todo está bien en el bulbo remoto en la línea de succión.
Linea de succión anormalmente fría. El líquido inunda el compresor.	Válvula de expansión pegada o abierta.	Repare o cambie la válvula.
Linea de succión anormalmente fría. El líquido inunda el compresor.	Válvula de expansión demasiado grande.	Verifique la capacidad de la válvula. Cámbiela si es necesario.
Compresor ruidoso	Válvulas rotas en la succión del compresor.	Desmonte la cabeza, examine las válvulas y repare las que estén en malas condiciones.

Problema : Presión de succión demasiado alta.

Burbujas en la mirilla.	Falta de refrigerante.	Repare la fuga y recargue luego el sistema.
Compresor en corto ciclado.	Carga ligera en el evaporador.	No hay suficiente refrigerante verifique y recargue.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Se podría pensar si es necesario y se justifica el análisis exhaustivo que se llevó al cabo para poder determinar el mejor aire acondicionado que conviene instalar en el laboratorio de electrónica, ya que el objetivo principal de este estudio es tener un área de confort para el mejor aprovechamiento del tiempo en que los alumnos se encuentran en el laboratorio.

La respuesta es si, conviene analizar todas la variables que existen en el ámbito del local que se quiere acondicionar, para poder determinar en un momento dado, si es posible adquirir un sistema de aire acondicionado de menor capacidad, que nos pueda dar el mismo servicio, en el caso de que no se cuente con un presupuesto en el cual, el precio sea el problema principal y que esto no afecte la funcionalidad del sistema. En la red de internet, se puede acceder el sitio "Carrier.com", donde viene una guía rápida para poder determinar el aire acondicionado según el área del local que se va a acondicionar, pero esta guía nos proporciona un sistema que se puede considerar sobrado para las condiciones que se requieren, debido principalmente a que no toma en cuenta variables como son: la ubicación del local, latitud, altitud, temperatura, humedad etc. Además de que se pueden poner en práctica otras soluciones, como sería preenfriar el laboratorio, ya que sabemos que si un lugar se enfría, antes de ser utilizado a la hora pico de su carga máxima, como ocurre en un cine o en un teatro, el sistema no se sobrecargará. Por ejemplo, si se pone el termostato a 23° C y se requiere que el local se encuentre a 26° C, cuando el local se utiliza a la carga máxima de refrigeración, el local se encontrará a 26° C aunque el termostato se encuentre a 23° , que es lo que se requiere. O se podrían utilizar varias unidades de aire acondicionado de menor capacidad y utilizarlas como una batería, en la que solo se encendería una unidad cuando se requiera enfriar el laboratorio a su mínima capacidad, y así ir encendiendo las demás cuando sea necesario, hasta llegar a la máxima capacidad, ya que sabemos que generalmente la cargas máximas de las diferentes variables no ocurren al mismo tiempo, es decir por ejemplo, cuando el laboratorio se encuentra a su máxima capacidad de alumnos, que es a las doce del día, las luces se encuentran apagadas, lo que reduce la carga que es requerida.

Todo esto nos lleva a concluir que el estudio completo del laboratorio nos dará una perspectiva del ambiente en un momento determinado, y como tomar decisiones sin afectar el funcionamiento del sistema de aire acondicionado, ya que si es sobrecargado su tiempo de vida será mucho menor, o se le tendrá que dar un mayor mantenimiento, lo que a largo plazo reedituará en un mayor costo.

FUENTES DE CONSULTA

Aire Acondicionado y Refrigeración
Autor : Burgess H. Jennings y Samuel R. Lewis
Editorial : Cia. Editorial Continental S.A.

Conceptos Fundamentales sobre Climatización
Autor : Ramón Blesa
Editorial: Cia. Editorial Continental S.A.

Ingeniería Termodinámica
Autor : Jones y Dugan
Editorial Prentice Hall

Termodinámica
Autor : Cengel y Boles
Editorial : McGraw Hill

Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración
Autor : Goribar
Editorial : Limusa

Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas
Autor : Mataix
Editorial : Harla

Manuales y Normas de Apoyo

Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado
Autor : ASHRAE
Editorial : Prentice Hall

Manual de Aire Acondicionado y Refrigeración
Autor : Carrier Air Conditioning Company, S.A.
Editorial : Marcombo. S.A. de Boixareu Editores

Manual de Instalaciones de Ventilación y Climatización.

Autor : Octavio Blanes

Editorial : Ediciones CEAC

Distribución Geográfica de los principales tipos de climas, temperaturas y precipitación en México.

Autor : I. N. E. G. I.

Normas del Departamento de Ingeniería de diseño. Sección Ingeniería de Aire Acondicionado.

Autor : Petróleos Mexicanos, PEMEX.

GLOSARIO DE TÉRMINOS:

AGUA HELADA: Un medio de enfriamiento que remueve el calor del área por enfriarse y cede en el enfriador.

ANHIDRO: Libre de agua, especialmente agua de cristalización.

BOLSA DE AIRE: Aire atrapado en la tubería, en el equipo etc., como en un radiador de vapor, lo cual evita la máxima transmisión de calor o el aire atrapado en el lado de succión de una bomba, lo que produce pérdida de succión.

CABALLOS DE POTENCIA POR TONELADA: Potencia mecánica en caballos de potencia (hp) dividida entre las toneladas de refrigeración producidas, si se conoce el coeficiente de rendimiento, la potencia por tonelada se puede calcular directamente se divide 12 000 Btu/h entre 2545 Btu/hp-h y el coeficiente de rendimiento.

CALORIA: La cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado Celsius (Centígrados)

CALOR LATENTE DE FUSIÓN: El calor que se agrega o se extrae cuando una sustancia pasa del estado sólido, al estado líquido o del estado líquido al estado sólido, por ejemplo cuando el hielo se funde en un refrigerador, se deben agregar 144 Btu/lb para producir la fusión o cuando el agua se convierte en hielo dentro de un tanques se deben extraer 144 Btu/lb.

CAMA PLENA: Es el comportamiento de aire mantenido a presión, con conexiones a uno o más ductos de distribución.

CARGA DEL ENFRIADOR: Una indicación del número de toneladas que se producen.

COEFICIENTE DE RENDIMIENTO: La relación del efecto refrigerante al trabajo de compresión, un alto coeficiente de rendimiento significa una eficiencia elevada, los coeficientes teóricos varían entre 2.5 y más de 5

CONDICIONES DE TONELADA ESTÁNDAR: Una temperatura de evaporación de 5°F una temperatura de condensación de 86°F, el líquido antes de la válvula de expansión a 77°F y una temperatura de succión del gas de 14°F producen las condiciones de tonelada estándar, las máquinas de refrigeración se clasifican a menudo según las condiciones de tonelada estándar.

CONGELACIÓN: Formación de hielo en un sistema de refrigeración en el dispositivo de expansión, lo que hace importante dicho dispositivo.

DESHIDRATAR: Es remover el agua de cualquier forma de materia.

DESHUMIDIFICAR: Es reducir la cantidad de vapor de agua dentro de cierto espacio.

EFFECTO DE REFRIGERACIÓN: Es la cantidad de calor absorbido en el evaporador, que es la misma que la cantidad de calor removido del espacio que se va a enfriar se mide restando el contenido de calor de 1 lb de refrigerante al entrar en la válvula de expansión del contenido de calor de la misma libra de refrigerante cuando entra al compresor.

ENFRIADOR: Es un intercambiador de calor en que un refrigerante de baja presión hierve o se evapora, absorbiendo así el calor que fue removido del área refrigerada por el medio refrigerante (agua).

ENTALPIA: es el calor total o contenido de calor de una sustancia, expresado en Btu/lb.

EQUIVALENTE MECÁNICO DE CALOR: Un Btu es igual a 778.2 ft-lb de energía mecánica.

FACTOR DE ENFRIAMIENTO DEL VIENTO: Es el efecto de temperatura de la piel expuesta a ciertas temperaturas y velocidades del viento, si la temperatura a la intemperie es de 10° sobre cero. por ejemplo, y el viento está soplando a 20 millas por hora el factor de enfriamiento es de 25° bajo cero.

GRADO DÍA: Es un día determinado el número de grados-día de la calefacción es la diferencia, en grados entre la temperatura media de ese día y 65°F, por ejemplo si la temperatura media de un día es 40°F, el número de grados-día para ese día es de $65 - 40 = 25$ grados-día, por lo tanto cuando la temperatura media es inferior a 65°F, hay tantos grados-día como la diferencia en grados Fahrenheit entre la temperatura media de ese día y 65°F.

HUMEDAD ABSOLUTA: Es el peso del vapor de agua contenido en un volumen unitario, expresado normalmente en grados por pie cúbico (7 000 grados = a lb).

LADO DE ALTA: Es la porción de un sistema de refrigeración que está bajo la presión de descarga o del condensador, se extiende desde la descarga del compresor hasta la entrada de la(s) válvula(s) de expansión.

LADO DE BAJA: Es la porción de un sistema de refrigeración en la que el refrigerante está a baja presión, se extiende desde la salida de la(s) válvula(s) de expansión hasta la entrada de succión del compresor.

LÍNEA DE LÍQUIDO: En la tubería de refrigerante a través de la cual el refrigerante líquido fluye del condensador hacia las válvulas de expansión.

MEDIO REFRIGERANTE O DE ENFRIAMIENTO: (medium), Un fluido empleado para recoger calor y que se haga circular por el intercambiador de calor, donde el calor es removido, un ejemplo de éste el agua y la salmuera.

PRESIÓN EN LA CABEZA O PRINCIPAL: Es la presión en la descarga de un compresor o en el condensador, conocida también como la presión del "lado de alta".

PUNTO DE ROCIO: Es la temperatura a la que el vapor de agua en el aire comienza a condensarse, la temperatura a la que la humedad relativa del aire alcanza a condensarse o la temperatura a la que la humedad relativa del aire alcanza el 100%.

PRESIÓN DE RETORNO: Es otro término para designar la presión de succión.

PRESIÓN DE SUCCIÓN: Es la presión en la succión del compresor o en la salida del evaporador, y se conoce también como succión del "lado de baja".

REFRIGERANTE MANEJADO: Es la cantidad de refrigerante que se hace circular dividiendo 200 Btu/min entre el efecto de refrigeración, en Btu/lb del refrigerante, y se obtiene el número de libras de refrigerante que circula cada minuto.

SALMUERA: En sistemas de refrigeración, cualquier líquido que sea enfriado por el refrigerante y bombeado a través de los serpentines de enfriamiento para recoger calor, no hay de por medio ningún cambio de estado sino sólo temperatura, la salmuera se usa en sistemas indirectos, y el refrigerante se usa en sistemas directos.

SISTEMA INUNDADO DE REFRIGERACIÓN: Es un tipo de sistema en que solo una parte del refrigerante que circula se evapora, quedando el resto separado del vapor y luego vuelto a circular.

TEMPERATURA AMBIENTE: Es la temperatura del aire en determinado espacio, por ejemplo la temperatura en una habitación.

TRABAJO DE COMPRESIÓN: Es la cantidad de calor que se agrega al refrigerante en el compresor, para medirlo, el contenido de calor de 1lb de refrigerante en la succión del compresor se resta al contenido de calor de la misma libra de refrigerante en la descarga del compresor, multiplicando el trabajo del compresor, en Btu/lb por el número de libras de refrigerante que se maneja en una hora y dividiendo entre 2545 Btu/hp-h, se obtiene las exigencias teóricas de potencia.

VACIAR BOMBA: Es la operación por medio de la cual el refrigerante en un sistema cargado se bombea en forma líquida dentro del condensador / receptor.

VOLÁTIL: Se dice a lo que se evapora fácilmente, es una propiedad necesaria en todos los refrigerantes de compresión.

APÉNDICE

TABLA 1. CONDICIONES EXTERIORES DE PROYECTO

Ciudad	Condiciones normales Verano		Variación diurna	Condiciones normales Invierno		Vientos dominantes (km/h)	Altitud	Latitud
	Tempera- tura seca Tdb	Humedad relativa HR		Tdb	Días-grado acumulados			
Albacete	35	36	18	-7	1377	O 12	886	39° 00
Alicante	31	80	13		339	SE 9	7	38° 21
Almería	30	70	8	5	20R	OSO 9	65	36° 51
Ávila	30	41	17	-6	2127	NO 11	1126	40° 39
Batáez	38	47	17	-1	787	NO 7	186	38° 53
Barcelona	31	68	8	2	856	S 8.5	95	41° 24
Bitbao	39	71		0	820		32	43° 18
Burgos	30	42	15	-6	2048	SO 8.5	929	42° 20
Cáceres	39	37	14	-1	1003	NO -	459	39° 29
Cádiz	32	65	12	2	227	SE 20	28	36° 28
Castellón	29	89	9	4	452	NO 3	27	39° 59
Ciudad Real	37	56	20	-4	1312	SO 4	628	38° 59
Córdoba	39	33	17	-1	662	SO 5	128	37° 53
Ciutua	33	63	9	2	827	SO 18	64	43° 22
Cuenca	33	52	19	-7	828	O -	949	40° 05
Gerona	33	6R	10	-3	939	S 5	95	41° 59
Granada	36	49	18	-2	1042	O 4	775	37° 11
Guadalajara	34	37		-4	1469		1017	40° 38
Huelva	31	57	14	1	432	SO -	4	37° 16
Huesca	31	72	15	-5	1353	celma -	4R4	42° 08
Jáen	36	35	14	0	833	SO 5	594	37° 46
Las Palmas	24	66	4	15	0	NE 0	6	28° 11
León	28	45	16	-6	2143	NO 8	904	42° 35
Lérida	33	50	14	-5	1228		323	41° 41
Logroño	33	59	14	-3	1495	NO -	380	42° 28
Lugo	26	67	14	-2	1771	NE 12	465	43° 00
Madrid	34	43	16	-3	1405	NE 10	667	40° 25
Malaga	28	60	6	13	248	S 7	40	36° 43
Murcia	36	59	14	-1	432	SO -	42	37° 59
Orense				-3	907			
Oviedo	26	70		-2	1200	NE -	232	43° 22
Palencia	30	45	16	-6	1781	NE -	734	42° 00
Palma de Mallorca	28	63	8	4	527	vana 9	28	39° 34
Pamplona	32	51	12	-5	1535	N 8	734	42° 00
Pontevedra	27	62	12	0	871	N 12	19	42° 26
Salamanca	34	40	18	-7	1602	O -	803	40° 58
Santander	25	74	7	2	724	O 20	68	43° 28
San Sebastián	22	76	7	-1	913	S 17	181	43° 19
Santa Cruz de Tenante	22	65	8	15	0	N 18	37	28° 78
Segovia	33	35	17	-8	1868	O -	1002	40° 57
Sevilla	40	43	18	1	438	SO -	30	37° 23
Soria	29	45	18	-7	1978	vana 15	1063	41° 46
Tarazona	36	68	7	1	626	S 5	80	41° 07
Teruel	32			-8	1802		315	40° 21
Toledo	34	34	18	-4	158	E 5	540	39° 51
Valencia	32	68	11.4	0	516	O 10	10	38° 29
Valladolid	33	45	13	-5	1709	SO 10	694	41° 39
Vitona	26	70	13	-4	1560	NE -	542	42° 51
Zamora	32	65	18	-6	1501	O 11	649	41° 30
Zaragoza	34	57	14	-3	1151	NO 15	200	41° 39

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 2. CORRECCIONES EN LAS TEMPERATURAS DE PROYECTO EN FUNCIONES DE LA HORA CONSIDERADA

(Para el cálculo de la carga de refrigeración)

INTERVALO DE VARIACION DIARIA DE TEMPERATURA (EN LAS 24 HORAS) * (°C)	TEMPERATURA SECA O HUMEDA	HORA SOLAR											
		8	10	12	14	15	16	18	20	22	24		
5	Seca	- 4,7	- 3,5	- 2,8	- 0,5	C	- 0,5	- 1,1	- 2,7	- 4,7	- 9,0		
	Humeda	- 3,0	- 1,1	- 0,5	C	0	0	- 0,5	- 0,5	- 1,0	- 1,0		
7,5	Seca	- 6,7	- 4,7	- 2,8	- 0,5	C	- 0,5	- 1,1	- 3,2	- 5,2	- 7,2		
	Humeda	- 1,5	- 1,1	- 0,5	C	0	0	- 0,5	- 0,5	- 1,5	- 1,9		
10	Seca	- 7,4	- 5,7	- 2,8	- 0,5	0	- 0,5	- 1,5	- 3,8	- 6,0	- 8,5		
	Humeda	- 2,0	- 1,4	- 0,5	C	0	0	- 0,5	- 0,9	- 1,7	- 2,7		
12,5	Seca	- 8,4	- 5,5	- 2,8	- 0,5	0	- 0,5	- 1,7	- 4,1	- 6,5	- 9,5		
	Humeda	- 2,2	- 1,6	- 0,5	C	0	C	- 0,5	- 1,1	- 1,7	- 2,5		
15	Seca	- 9,4	- 6,5	- 3,0	- 0,5	0	- 0,5	- 1,9	- 4,8	- 7,7	- 10,5		
	Humeda	- 2,4	- 1,7	- 0,5	C	0	0	- 0,5	- 1,3	- 1,8	- 3,0		
17,5	Seca	- 10,5	- 7,0	- 3,5	- 0,5	0	- 0,5	- 2,6	- 5,9	- 8,8	- 12,2		
	Humeda	- 2,9	- 1,8	- 0,7	C	0	0	- 0,5	- 1,7	- 2,4	- 3,3		
20	Seca	- 13,0	- 8,0	- 4,1	- 0,5	0	- 0,5	- 3,4	- 7,5	- 10,5	- 14,8		
	Humeda	- 3,5	- 2,2	- 1,1	C	0	0	- 0,7	- 1,7	- 2,9	- 4,0		
22,5	Seca	- 13,5	- 9,0	- 4,5	- 0,5	0	- 0,5	- 3,9	- 8,0	- 11,7	- 15,5		
	Humeda	- 3,4	- 2,3	- 1,1	C	0	0	- 1,1	- 2,7	- 3,4	- 4,7		
25	Seca	- 14,5	- 9,5	- 4,5	- 1,1	0	- 1,1	- 4,5	- 8,9	- 13,0	- 17,7		
	Humeda	- 3,9	- 2,8	- 1,1	C	0	- 0,8	- 1,1	- 2,2	- 4,5	- 5,5		

* La oscilación diaria de la temperatura seca es la diferencia entre la temperatura más alta y la más baja durante un periodo de 24 horas de un día de proyecto (Ver Tabla 1 para el valor de oscilación diaria para una ciudad particular).
 Escalación: Temperatura de ambiente exterior de proyecto a la hora que se considera = Temperatura de proyecto de la Tabla 1 + factor de corrección de la Tabla 2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 3. CORRECCIONES EN LAS CONDICIONES DE PROYECTO EN FUNCIÓN DEL MES CONSIDERADO
(Para el cálculo de la carga de refrigeración)

INTERVALO DE VARIACIÓN ANUAL DE TEMPERATURA (°C)*	TEMPERATURA SECA O HUMEDA (°C)	MES									
		Marzo	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
35	Seca	-19,0	-12,4	- 7,1	- 2,5	0	0	+ 4,8	+12,2	+22,0	
	Húmeda	-11,1	+ 5,5	+ 2,8	+ 1,1	0	0	+ 2,0	+ 5,9	+15,0	
40	Seca	-14,5	-11,0	- 6,7	- 2,3	0	0	+ 3,4	+ 8,3	+16,5	
	Húmeda	- 8,7	+ 6,5	+ 2,8	+ 1,1	0	0	+ 1,7	+ 4,4	+ 8,0	
35	Seca	-18,0	-15,5	- 6,0	+ 1,8	0	0	+ 3,6	+ 9,0	+15,0	
	Húmeda	- 7,9	+ 5,2	+ 2,8	+ 1,1	0	0	+ 1,7	+ 4,4	+ 7,9	
30	Seca	-14,0	- 0,5	+ 3,0	+ 8	0	0	+ 3,6	+ 9,0	+18,5	
	Húmeda	- 7,8	+ 5,5	+ 2,8	+ 1,1	0	0	+ 1,7	+ 4,4	+ 7,8	
45	Seca	-14,0	+ 0,7	+ 4,5	+ 9	0	0	+ 3,6	+ 9,0	+11,4	
	Húmeda	- 7,5	+ 3,3	+ 2,8	+ 1,1	0	0	+ 1,7	+ 4,4	+ 6,7	
40	Seca	- 7,8	+ 5,5	+ 2,8	+ 0,5	0	0	+ 2,5	+ 6,1	+ 8,3	
	Húmeda	- 2,9	+ 2,1	+ 2,5	0	0	0	+ 0,5	+ 2,3	+ 3,8	
35	Seca	- 5,5	+ 4,0	+ 1,7	+ 0,5	0	0	+ 1,3	+ 3,0	+ 4,3	
	Húmeda	- 2,4	+ 1,8	+ 1,1	0	0	0	+ 0,5	+ 1,9	+ 3,0	
30	Seca	- 1,3	+ 2,8	+ 1,1	+ 0,5	0	0	+ 1,3	+ 2,9	+ 4,5	
	Húmeda	- 1,9	+ 1,7	+ 0,8	0	0	0	+ 0,5	+ 1,4	+ 2,4	
25	Seca	- 1,1	+ 1,1	+ 1,0	+ 0,5	0	0	+ 1,1	+ 1,8	+ 2,2	
	Húmeda	- 1,3	+ 1,0	+ 0,4	0	0	0	+ 0,5	+ 1,0	+ 1,7	

* La oscilación anual de temperaturas es la diferencia entre temperaturas medias de proyecto normales en invierno y verano (Tabla 1)
Ejemplo: Temperatura de ambiente exterior de proyecto - Temperatura del ambiente exterior de la Tabla 1 + corrección de la Tabla 3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 6. MÁXIMAS APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE CRISTAL SENCILLO *

kcal/ (hora) (m²)

LATITUD NORTE	MES	ORIENTACIÓN (LATITUD NORTE)									Horas.	MES	LATITUD SUR
		N**	NE	E	SE	S	SO	O	NO				
0°	Junio	160	423	398	113	38	113	398	423	612	Dicembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	0°	
	Julio y Mayo	130	414	412	141	38	141	412	414	631			
	Agosto y Abril	67	382	442	214	38	214	442	382	664			
	Sept. y Marzo	27	320	452	320	38	320	452	320	678			
	Oct. y Febrero	27	214	447	382	92	382	442	214	664			
	Nov. y Enero	27	141	412	414	161	414	412	141	631			
10°	Junio	108	414	420	149	38	149	420	414	659	Dicembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	10°	
Julio y Mayo	81	401	428	179	38	179	428	401	669				
Agosto y Abril	35	352	442	254	38	254	442	352	678				
Sept. y Marzo	27	279	444	344	75	344	444	279	669				
Oct. y Febrero	27	179	420	404	198	404	420	179	673				
Nov. y Enero	24	100	387	436	287	273	387	100	669				
20°	Junio	76	412	433	198	38	198	433	412	678	Dicembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	20°	
Julio y Mayo	51	374	442	230	38	230	442	374	680				
Agosto y Abril	29	320	447	306	70	306	447	320	669				
Sept. y Marzo	27	235	442	375	176	379	442	235	631				
Oct. y Febrero	24	141	398	432	261	433	398	141	664				
Nov. y Enero	21	70	347	444	382	444	347	70	488				
30°	Junio	54	377	436	244	57	244	436	377	678	Dicembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	30°	
Julio y Mayo	43	355	444	271	81	271	444	355	667				
Agosto y Abril	29	292	447	240	170	149	447	292	637				
Sept. y Marzo	24	244	428	412	284	412	428	244	574				
Oct. y Febrero	21	105	366	442	393	442	366	105	485				
Nov. y Enero	19	43	314	439	443	439	314	43	393				
40°	Junio	46	360	439	301	144	301	439	360	642	Dicembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	40°	
Julio y Mayo	40	344	444	339	187	179	444	344	631				
Agosto y Abril	29	276	439	395	276	396	439	276	580				
Sept. y Marzo	24	157	406	439	279	439	406	157	496				
Oct. y Febrero	19	94	310	442	439	442	310	94	349				
Nov. y Enero	13	32	271	423	450	423	271	32	279				
50°	Junio	43	341	444	366	257	366	444	341	596	Dicembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	50°	
Julio y Mayo	38	317	442	387	287	387	442	317	572				
Agosto y Abril	29	254	428	425	374	425	428	254	501				
Sept. y Marzo	21	157	374	442	428	442	374	157	401				
Oct. y Febrero	13	78	284	425	452	425	284	78	254				
Nov. y Enero	9	24	173	344	414	344	173	24	143				
5	SE	E	NE	N	NO	O	SO	Horas.					

* Valores extraídos de la Tabla 15

** Las aportaciones para los cristales orientados al norte (Latitud Norte) o al sur (Latitud Sur) se constituyen principalmente de radiación difusa, la cual es sensiblemente constante durante todo el día. Los valores indicados son promedios tomados sobre 12 horas (de 6 a 18 horas). Los factores no suman necesariamente en los Estados 7 hasta 11, suponiendo que las aportaciones solares sobre orientaciones Norte (o Sur) son constantes, y se emplean en consecuencia los mismos factores que para el valor luminoso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 9. FACTORES DE ALMACENAMIENTO SOBRE CARGA TÉRMICA. APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO.

Dispositivos con elementos de sombra interiores*
Funcionamiento de 16 horas diarias. Temperatura interior constante**

ORIENTACION (Latitud Norte)	PESO (***) (kg 100 m ² de superficie de suelo)	HORA SOLAR												ORIENTACION (Latitud Sur)					
		MAÑANA						TARDE											
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
NE	750 y más	0,33	0,44	0,58	0,47	0,31	0,25	0,34	0,32	0,48	0,37	0,34	0,16	0,16	0,12	0,09	0,08	0,07	NE
	600	0,51	0,45	0,41	0,36	0,32	0,27	0,22	0,21	0,37	0,36	0,33	0,32	0,31	0,28	0,27	0,26		
	150	0,46	0,77	0,73	0,58	0,34	0,24	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,07	0,04	0,03	0,02		
E	750 y más	0,47	0,43	0,49	0,44	0,34	0,28	0,27	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,15	0,10	0,09	0,08	E	
	600	0,47	0,71	0,80	0,74	0,44	0,42	0,35	0,19	0,18	0,16	0,11	0,09	0,07	0,04	0,03	0,02		
	150	0,47	0,71	0,80	0,74	0,44	0,42	0,35	0,19	0,18	0,16	0,11	0,09	0,07	0,04	0,03	0,02		
SE	750 y más	0,14	0,37	0,55	0,44	0,26	0,24	0,38	0,44	0,33	0,24	0,21	0,19	0,18	0,16	0,13	0,11	SE	
	600	0,11	0,39	0,53	0,44	0,27	0,24	0,41	0,47	0,35	0,24	0,21	0,18	0,15	0,13	0,10	0,09		
	150	0,52	0,31	0,57	0,75	0,84	0,81	0,69	0,50	0,36	0,27	0,17	0,13	0,09	0,05	0,04	0,01		
S	750 y más	0,19	0,18	0,14	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	S	
	600	0,14	0,14	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09		
	150	0,13	0,23	0,44	0,64	0,77	0,84	0,88	0,83	0,74	0,56	0,36	0,24	0,16	0,11	0,08	0,05		0,04
SO	750 y más	0,22	0,21	0,20	0,20	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	SO	
	600	0,20	0,19	0,18	0,17	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14		
	150	0,01	0,08	0,29	0,69	0,78	0,74	0,47	0,47	0,41	0,44	0,39	0,40	0,32	0,19	0,17	0,13		0,08
O	750 y más	0,23	0,23	0,21	0,21	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	O	
	600	0,23	0,21	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14		
	150	0,19	0,30	0,38	0,35	0,26	0,20	0,09	0,19	0,42	0,43	0,41	0,43	0,34	0,20	0,19	0,13		
NO	750 y más	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	NO	
	600	0,18	0,18	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14		
	150	0,19	0,11	0,19	0,21	0,17	0,11	0,10	0,10	0,17	0,39	0,43	0,40	0,39	0,28	0,28	0,19		
N y sombra	750 y más	0,21	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	N y sombra	
	600	0,21	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24		
	150	0,07	0,22	0,45	0,65	0,84	0,92	0,94	0,91	0,87	0,80	0,68	0,59	0,59	0,35	0,33	0,18		

Ecuación Carga de refrigeración kcal/h = [Máxima aportación solar kcal/h m² (Tabla 6)]
+ [superficie cristalizada m²]
+ [latitud de sombra factor de atmósfera etc. (Cap. 4)]

* El peso de almacenamiento (Tabla 7 a la hora cristalizada)

** Estos factores se aplican cuando se mantiene una TEMPERATURA CONSTANTE en el interior del edificio durante el periodo de funcionamiento del equipo. Cuando se permite una variación de temperatura resulta un almacenamiento adicional durante periodos de máxima carga Véase la Tabla 12 para los factores de almacenamiento aplicables.

*** Peso por metro cuadrado de piso

Local con uno o más muros al exterior = $\frac{(\text{Peso de muros exteriores, kg}) \times 1,2}{\text{Superficie del suelo del local, m}^2}$

Local interior (sin muros exteriores) = $\frac{1,2 (\text{peso de techos, suelo y techo, kg})}{\text{Superficie del suelo del local, m}^2}$

Local sin solario (suelo sobre suelo) = $\frac{(\text{Peso del suelo, kg}) + (\text{Peso de muros exteriores, kg}) \times 1,2}{\text{Superficie del suelo del local, m}^2}$

Edificio o zona entera = $\frac{\text{Peso de muros exteriores, techos, pisos, estructura y soportes, kg}}{\text{Superficie de suelo con acondicionamiento de aire, m}^2}$

Si el suelo está recubierto de una alfombra. El peso del suelo debe multiplicarse por 0,50 a fin de compensar el efecto aislante de la alfombra. Los pesos por m² de los tipos de construcción más usuales se encuentran en las Tablas 21 hasta 33.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLE 11. FACTORES DE ALMACENAMIENTO SOBRE CARGA TÉRMICA, APORTACIONES SOLARES
Funcionamiento de 12 horas diarias, Temperatura interior constante***

ORIENTACION (Latitud Norte)	PESO **** (kg por m ² de superficie)	CON PANTALLA INTERIOR*												SIN O CON PANTALLA EXTERIOR**												ORIENTACION (Latitud Norte)
		HORA SOLAR																								
		MAÑANA												TARDE												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
NE	750 y más	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	SE	
	500	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22		
	150	0.22	0.23	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		
E	750 y más	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	E	
	500	0.12	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		
	150	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16		
SE	750 y más	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	SE	
	500	0.22	0.24	0.26	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29		
	150	0.24	0.26	0.28	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31		
S	750 y más	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	S	
	500	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14		
	150	0.12	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		
SO	750 y más	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	SO	
	500	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14		
	150	0.12	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		
O	750 y más	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	O	
	500	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12		
	150	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13		
NO	750 y más	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	NO	
	500	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12		
	150	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13		
N y sombra	750 y más	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S y sombra	
	500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Equation: Cargas de almacenamiento solar

Maxima Aportacion solar local por (Tabla 6)

Superficie de fachada, m²

Factor de sombra: factor de atenuacion etc (Cap 4)

Factor de almacenamiento (Tabla 7 a la hora deseada)

* Elemento de sombra interior es cualquier tipo de objeto que se encuentre dentro de la superficie de fachada.

** Solo recomendable: cualquier ventana sin elementos de sombra interiores, ventanas con elementos de sombra exteriores o sombreadas por elementos de construcion como vidrios descoloridos.

*** Estas tablas se aplican cuando se mantiene una TEMPERATURA CONSTANTE en el interior del edificio durante el periodo de funcionamiento del equipo. Cuando se permite una variacion de temperatura resulta un almacenamiento adicional durante periodos de maxima carga. Véase la Tabla 14 para los factores de almacenamiento globales.

**** Peso por m² de superficie de suelo

Local con uno o dos muros exteriores = $\frac{\text{Peso de muros exteriores (kg)} \times 1.2 (\text{Peso de tabiques, suelo y techo (kg)})}{\text{superficie del suelo del local (m}^2\text{)}}$

Edificio con muros exteriores = $\frac{1.2 (\text{Peso de tabiques, suelo y techo (kg)})}{\text{superficie del suelo del local (m}^2\text{)}}$

Local en sótano (solo sobre suelo) = $\frac{\text{Peso del suelo (kg)} \times (\text{Peso de muros exteriores (kg)} \times 1.2 (\text{Peso de tabiques y techo, kg)})}{\text{superficie de suelo del local (m}^2\text{)}}$

Edificio o zona entera = $\frac{\text{Peso de muros exteriores (kg) + estructura y soportes (kg)}}{\text{superficie de suelo sin equipamiento de aire (m}^2\text{)}}$

5. Si el suelo está revestido de una alfombra. El peso del suelo debe multiplicarse por 0.50 a fin de compensar el efecto aislante de la alfombra. Los pesos por m² de los tipos de construcción más usuales se encuentran en las Tablas 21 hasta 33.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 16. FACTORES TOTALES DE GANANCIA SOLAR A TRAVÉS DEL VIDRIO
(coeficientes globales de insulación con o sin dispositivo de sombra o pantalla)*

Aplicar estos coeficientes a los valores de las tablas 6 y 15
Unidad del viento 8 km/h. Ángulo de incidencia 30°. Con máxima sombra o persiana

TIPO DE VIDRIO	SIN PERSIANA O PANTALLA	PERSIANAS VENEZIANAS INTERIORES *			PERSIANAS VENEZIANAS EXTERIORES		PERSIANA EXTERIOR		CORTINA EXTERIOR DE TELA	
		Listones horizontales u verticales inclinados 45°			Listones horizontales inclinados 45°		Listones inclinados 17° (horizontales) ***		Circulación de aire libre y lateralmente *****	
		Color claro	Color medio	Color oscuro	Color claro	Exterior claro Interior oscuro	Color medio ****	Color oscuro ***	Color claro	Color medio u oscuro
VIDRIO SENCILLO ORDINARIO	0.90	0.56	0.25	0.25	0.15	0.13	0.22	0.12	0.20	0.20
VIDRIO SENCILLO 6 mm	0.84	0.56	0.25	0.24	0.14	0.12	0.21	0.12	0.19	0.24
VIDRIO ABSORBENTE *****										
Coefficiente de absorción 0.42 a 0.48	0.80	0.56	0.27	0.22	0.12	0.11	0.18	0.12	0.16	0.20
Coefficiente de absorción 0.52 a 0.58	0.77	0.53	0.24	0.22	0.11	0.10	0.16	0.13	0.15	0.18
Coefficiente de absorción 0.56 a 0.70	0.42	0.51	0.14	0.16	0.10	0.10	0.14	0.10	0.12	0.14
VIDRIO DOBLE										
Veridos sustancia	0.75	0.54	0.27	0.22	0.14	0.12	0.20	0.14	0.18	0.22
Veridos de 6 mm	0.70	0.52	0.25	0.22	0.12	0.11	0.18	0.12	0.16	0.20
Veridos simples ordinarios	0.70	0.52	0.25	0.22	0.12	0.11	0.18	0.12	0.16	0.20
Verido ext. absorbente de 0.42 a 0.56	0.72	0.36	0.19	0.18	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.17
Verido interior de 6 mm	0.70	0.52	0.25	0.22	0.12	0.11	0.18	0.12	0.16	0.20
Verido ext. absorbente de 0.56 a 0.66	0.70	0.36	0.19	0.18	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.17
VIDRIO TRIPLE										
Veridos ordinarios	0.61	0.48	0.26	0.24	0.12	0.11	0.18	0.12	0.16	0.20
Verido de 6 mm	0.57	0.47	0.22	0.22	0.10	0.10	0.14	0.10	0.14	0.17
VIDRIO PINTADO										
Color claro	0.78									
Color medio	0.70									
Color oscuro	0.61									
GRUPO DE COLOR *****										
Azul	0.61									
Verde oscuro	0.61									
Amarillo	0.61									
Rosa	0.61									
Verde claro	0.61									
Opalescente claro	0.61									
Opalescente oscuro	0.61									

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA 18. ALTURA Y AZIMUT DEL SOL

LATITUD NORTE	HORA SOLAR	21 Enero 2016		27 Marzo 2016		Abril 21		Mayo 21		Junio 21		23 Julio		24 Agosto		22 Sept		23 Oct		21 Nov		22 Dic		HORA SOLAR	
		Alt	Azi	Alt	Azi	Alt	Azi	Alt	Azi	Alt	Azi	Alt	Azi	Alt	Azi	Alt	Azi	Alt	Azi	Alt	Azi	Alt	Azi		
0°	6:00	18	111	18	112	18	110	18	108	18	106	18	104	18	102	18	100	18	98	18	96	18	94	6:00	
	7:00	28	117	27	118	27	116	27	114	27	112	27	110	27	108	27	106	27	104	27	102	27	100	7:00	
	8:00	37	121	36	122	36	120	36	118	36	116	36	114	36	112	36	110	36	108	36	106	36	104	8:00	
	9:00	45	124	44	125	44	123	44	121	44	119	44	117	44	115	44	113	44	111	44	109	44	107	9:00	
	10:00	51	126	50	127	50	125	50	123	50	121	50	119	50	117	50	115	50	113	50	111	50	109	10:00	
	11:00	55	128	54	129	54	127	54	125	54	123	54	121	54	119	54	117	54	115	54	113	54	111	54	109
	12:00	57	129	56	130	56	128	56	126	56	124	56	122	56	120	56	118	56	116	56	114	56	112	56	110
	13:00	57	129	56	130	56	128	56	126	56	124	56	122	56	120	56	118	56	116	56	114	56	112	56	110
	14:00	56	128	55	129	55	127	55	125	55	123	55	121	55	119	55	117	55	115	55	113	55	111	55	109
	15:00	54	126	53	127	53	125	53	123	53	121	53	119	53	117	53	115	53	113	53	111	53	109	53	107
	16:00	50	124	49	125	49	123	49	121	49	119	49	117	49	115	49	113	49	111	49	109	49	107	49	105
	17:00	45	121	44	122	44	120	44	118	44	116	44	114	44	112	44	110	44	108	44	106	44	104	44	102
18:00	40	117	39	118	39	116	39	114	39	112	39	110	39	108	39	106	39	104	39	102	39	100	39	98	
10°	6:00	19	112	19	113	19	111	19	109	19	107	19	105	19	103	19	101	19	99	19	97	19	95	6:00	
	7:00	28	118	27	119	27	117	27	115	27	113	27	111	27	109	27	107	27	105	27	103	27	101	7:00	
	8:00	36	122	35	123	35	121	35	119	35	117	35	115	35	113	35	111	35	109	35	107	35	105	8:00	
	9:00	43	125	42	126	42	124	42	122	42	120	42	118	42	116	42	114	42	112	42	110	42	108	9:00	
	10:00	49	127	48	128	48	126	48	124	48	122	48	120	48	118	48	116	48	114	48	112	48	110	48	108
	11:00	53	129	52	130	52	128	52	126	52	124	52	122	52	120	52	118	52	116	52	114	52	112	52	110
	12:00	55	130	54	131	54	129	54	127	54	125	54	123	54	121	54	119	54	117	54	115	54	113	54	111
	13:00	55	130	54	131	54	129	54	127	54	125	54	123	54	121	54	119	54	117	54	115	54	113	54	111
	14:00	54	129	53	130	53	128	53	126	53	124	53	122	53	120	53	118	53	116	53	114	53	112	53	110
	15:00	52	127	51	128	51	126	51	124	51	122	51	120	51	118	51	116	51	114	51	112	51	110	51	108
	16:00	48	124	47	125	47	123	47	121	47	119	47	117	47	115	47	113	47	111	47	109	47	107	47	105
	17:00	43	120	42	121	42	119	42	117	42	115	42	113	42	111	42	109	42	107	42	105	42	103	42	101
18:00	38	116	37	117	37	115	37	113	37	111	37	109	37	107	37	105	37	103	37	101	37	99	37	97	
20°	6:00	20	113	20	114	20	112	20	110	20	108	20	106	20	104	20	102	20	100	20	98	20	96	6:00	
	7:00	29	119	28	120	28	118	28	116	28	114	28	112	28	110	28	108	28	106	28	104	28	102	7:00	
	8:00	37	123	36	124	36	122	36	120	36	118	36	116	36	114	36	112	36	110	36	108	36	106	8:00	
	9:00	44	126	43	127	43	125	43	123	43	121	43	119	43	117	43	115	43	113	43	111	43	109	43	107
	10:00	49	128	48	129	48	127	48	125	48	123	48	121	48	119	48	117	48	115	48	113	48	111	48	109
	11:00	53	130	52	131	52	129	52	127	52	125	52	123	52	121	52	119	52	117	52	115	52	113	52	111
	12:00	55	131	54	132	54	130	54	128	54	126	54	124	54	122	54	120	54	118	54	116	54	114	54	112
	13:00	55	131	54	132	54	130	54	128	54	126	54	124	54	122	54	120	54	118	54	116	54	114	54	112
	14:00	54	130	53	131	53	129	53	127	53	125	53	123	53	121	53	119	53	117	53	115	53	113	53	111
	15:00	52	128	51	129	51	127	51	125	51	123	51	121	51	119	51	117	51	115	51	113	51	111	51	109
	16:00	48	125	47	126	47	124	47	122	47	120	47	118	47	116	47	114	47	112	47	110	47	108	47	106
	17:00	43	121	42	122	42	120	42	118	42	116	42	114	42	112	42	110	42	108	42	106	42	104	42	102
18:00	38	117	37	118	37	116	37	114	37	112	37	110	37	108	37	106	37	104	37	102	37	100	37	98	
30°	6:00	21	114	21	115	21	113	21	111	21	109	21	107	21	105	21	103	21	101	21	99	21	97	6:00	
	7:00	30	120	29	121	29	119	29	117	29	115	29	113	29	111	29	109	29	107	29	105	29	103	7:00	
	8:00	38	124	37	125	37	123	37	121	37	119	37	117	37	115	37	113	37	111	37	109	37	107	8:00	
	9:00	45	127	44	128	44	126	44	124	44	122	44	120	44	118	44	116	44	114	44	112	44	110	44	108
	10:00	50	129	49	130	49	128	49	126	49	124	49	122	49	120	49	118	49	116	49	114	49	112	49	110
	11:00	54	131	53	132	53	130	53	128	53	126	53	124	53	122	53	120	53	118	53	116	53	114	53	112
	12:00	56	132	55	133	55	131	55	129	55	127	55	125	55	123	55	121	55	119	55	117	55	115	55	113
	13:00	56	132	55	133	55	131	55	129	55	127	55	125	55	123	55	121	55	119	55	117	55	115	55	113
	14:00	55	131	54	132	54	130	54	128	54	126	54	124	54	122	54	120	54	118	54	116	54	114	54	112
	15:00	53	129	52	130	52	128	52	126	52	124	52	122	52	120	52	118	52	116	52	114	52	112	52	110
	16:00	49	126	48	127	48	125	48	123	48	121	48	119	48	117	48	115	48	113	48	111	48	109	48	107
	17:00	44	122	43	123	43	121	43	119	43	117	43	115	43	113	43	111	43	109	43	107	43	105	43	103
18:00	39	118	38	119	38	117	38	115	38	113	38	111	38	109	38	107	38	105	38	103	38	101	38	99	
40°	6:00	22	115	22	116	22	114	22	112	22	110	22	108	22	106	22	104	22	102	22	100	22	98	6:00	
	7:00	31	121	30	122	30	120	30	118	30	116	30	114	30	112	30	110	30	108	30	106	30	104	7:00	
	8:00	39	125																						

TABLA 28. COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN GLOBAL K — TABIQUES DE ALBAÑILERÍA*
VERANO INVIERNO

kcal/h·m²·°C

Los números entre paréntesis corresponden a pesos por m². El peso total por m² es igual a la suma de los valores correspondientes al muro y al revestimiento

PAÑED	ESPESOR (cm) y peso (kg/m ²)	Ningun revestimiento	Ceras con revestimiento	REVESTIMIENTO											
				Revoque de yeso 10 mm (10)	Enlucido 15 mm		Entramado metálico enlucido sobre fierro		Yeso 12 mm o entramado metálico enlucido sobre fierro		Panel aislante sobre enlucido sobre fierro				
					Enlucido de arena (30)	Enlucido ligo (15)	Enlucido ligo arena 20 mm (35)	Enlucido ligo 20 mm (15)	Enlucido de arena 12 mm (25)	Enlucido ligo 12 mm (10)	Panel de 12 mm	Panel de 25 mm (20)			
 ACUMULATIVO HUECO Escuelas Enlucido	7.5 (83)	2.20	Una Dos	1.02 1.71	2.10 2.59	1.85 1.81	1.88 1.12	2.27 2.98	1.27 0.86	1.27 0.68	1.03 0.88	0.78 0.41			
	10 (89)	1.95	Una Dos	1.76 1.31	1.75 1.87	1.71 1.31	1.27 1.22	1.47 0.93	1.47 0.93	1.22 0.88	0.76 0.62	0.71 0.34			
	20 (118)	1.56	Una Dos	1.42 1.37	1.49 1.46	1.42 1.27	1.17 0.87	1.57 0.82	1.57 0.82	1.02 0.78	0.79 0.59	0.48 0.44			
	30 (129)	1.31	Una Dos	1.27 1.21	1.48 1.47	1.32 1.22	1.12 0.81	1.67 0.82	1.67 0.82	1.02 0.75	0.83 0.59	0.48 0.44			
	Cigero	7.5 (71)	1.85	Una Dos	1.48 1.57	1.76 1.71	1.41 1.46	1.32 1.02	2.28 2.68	1.27 0.93	1.27 0.83	1.16 0.83	0.78 0.44		
		10 (83)	1.71	Una Dos	1.42 1.42	1.65 1.56	1.35 1.12	1.22 0.98	1.32 0.83	1.17 0.83	1.07 0.78	0.93 0.62	0.73 0.44		
		20 (115)	1.46	Una Dos	1.15 1.22	1.43 1.37	1.32 1.17	1.07 0.88	1.42 0.78	1.42 0.78	0.98 0.73	0.87 0.58	0.59 0.44		
		30 (120)	1.37	Una Dos	1.22 1.12	1.32 1.27	1.22 1.12	1.02 0.83	1.58 0.78	1.58 0.78	0.98 0.73	0.78 0.59	0.48 0.39		
		Arena y grava	20 (110)	1.93	Una Dos	1.74 1.56	1.92 1.81	1.76 1.51	1.27 1.07	1.37 0.92	1.37 0.92	1.22 0.88	0.98 0.63	0.73 0.51	
			30 (130)	1.85	Una Dos	1.55 1.48	1.74 1.72	1.47 1.42	1.31 1.02	1.27 0.88	1.27 0.88	1.22 0.83	0.93 0.63	0.73 0.44	
			 LADRILLO HUECO Revestimiento	7.5 (73)	2.25	Una Dos	1.93 1.74	2.15 2.04	1.90 1.48	1.51 1.12	1.37 0.96	1.37 0.96	1.12 0.93	1.07 0.88	0.78 0.49
				10 (78)	1.93	Una Dos	1.76 1.56	1.90 1.81	1.71 1.31	1.27 1.02	1.37 0.93	1.37 0.93	1.12 0.88	0.98 0.63	0.78 0.44
15 (112)				1.71	Una Dos	1.51 1.27	1.63 1.56	1.41 1.22	1.12 0.93	1.32 0.88	1.32 0.88	1.07 0.83	0.93 0.61	0.73 0.44	
20 (146)				1.31	Una Dos	1.27 1.27	1.48 1.47	1.27 1.22	1.12 0.98	1.07 0.78	1.07 0.78	1.02 0.78	0.88 0.59	0.48 0.44	
BALDOSA DE YESO con ALVEOS				7.5 (64)	1.81	Una Dos	1.47 1.45	1.71 1.65	1.36 1.42	1.27 2.16	1.27 1.88	1.27 0.88	1.12 1.03	0.92 0.63	0.73 0.44
				10 (63)	1.63	Una Dos	1.42 1.37	1.58 1.53	1.42 1.27	1.17 0.93	1.07 0.83	1.12 0.83	1.07 0.78	0.88 0.59	0.48 0.44
	 BALDOSA DE YESO MECIDA			2.5						2.98 1.67	2.10 1.26				
				5							2.62 1.81				
				6.5							2.88 1.66				

* en áreas — Tabique equivalente a un local de acondicionamiento — Condiciones ambientales kcal/h — (Área m²) × Coeficiente K × (Temperatura exterior — Temperatura interior) × 3.6

* en áreas — Tabique equivalente a una capa de baldosas — Condiciones ambientales kcal/h — (Área m²) × K × (Diferencia real de temperatura) o bien — (Área m²) × K × (Temperatura exterior — Temperatura interior) × 3.6 (°C)

* en el caso en que estos tipos de construcciones están compuestas por un aislante y una capa de yeso véase la tabla 31

TABLA 34. RESISTENCIA TÉRMICA R - MATERIALES DE CONSTRUCCION Y DE AISLAMIENTO
(°C.m²/h kcal)

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	Espesor (mm)	Peso específico (g/cm ³)	RESISTENCIA R	
				Por m. de espesor	Por m. espesor considerado - x 10 ⁴
MATERIAL DE CONSTRUCCION					
PANELES O PLACAS	Fibrocemento		1920	2,0	
	Yeso o cemento		800	7,3	
	Concreto celular		344	16,2	
	Madera		416	19,2	
	Masa de madera. Homogénea u en láminas		476	16,1	
	Fibra de madera comprimida		1040	5,8	
	Madera. Piel o abeto		512	10,0	
PAPEL DE CONSTRUCCION	Papel permeable		-	-	12
	Papel impermeable		-	-	24
	Entonido alásico		-	-	Dispersivo
MOQUETA	Alce, estera o especies duras		720	7,3	
	Pint. alce u especies blandas		512	10,1	
ELEMENTOS DE ALBANILERIA	Ladrillo ordinario		1920	16,4	
	Ladrillo de paramento		2080	9,5	
	Ladrillo hueco:				
	1 alveolo	75	960	-	166
	1 alveolo	100	768	-	228
	2 alveolos	150	960	-	272
	2 alveolos	200	720	-	319
	2 alveolos	250	672	-	415
	3 alveolos	300	640	-	520
	Aglomerado fuerte 3 Alveolos hueco. Arena y grava	75	1214	-	82
		100	1104	-	143
		150	1024	-	184
		200	7624	-	227
		300	1008	-	282
	Hormigón de esencias	75	1008	-	174
		100	960	-	227
		150	864	-	309
		200	816	-	313
		300	648	-	383
	Hormigón ligero (Puzolana ponce, etc.)	75	960	-	260
		100	832	-	358
		200	768	-	410
		300	688	-	415
	Baldosas de yeso				
	Muecas	75	720	-	218
	4 alveolos	75	360	-	277
	3 alveolos	100	608	-	324
Piedra caliza o sílice		2400	0,64		

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TABLA 34. RESISTENCIA TÉRMICA R - MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DE AISLAMIENTO (Cont.)
(°C·m²·h/kcal)

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	Espesor (mm)	Peso específico (kg/m ³)	RESISTENCIA R		
				Por m de espesor	Por el espesor considerado = x 10 ³	
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN						
HORMIGÓN	Mortero de cemento		1856	1,8		
	Tarugos de madera 12,5 % aglomerados con yeso, 87,5 %		816	4,8		
	Hormigones ligeros Ponca, puzolana Celulares Vermiculita, perlita			1900	1,3	
				1600	2,2	
				1200	3,7	
				960	4,7	
			640	6,8		
		400	8,9			
		320	11,3			
	Hormigón de arena y grava o piedra (secado al horno)		2240	6,80		
	Hormigón de arena y grava o piedra (no secado)		2340	6,65		
	Escayota		1856	1,8		
ENLUCIDOS	Cemento		1856	1,8		
	Yeso	ligero		720	5,2	
		ligero sobre entramado metálico		720	5,2	
		perlita		720	5,4	
		arena		1680	1,4	
		arena sobre entramado metálico		1680	1,4	
		arena sobre entramado de madera		1680	4,7	82
		vermiculita		720		
MATERIALES PARA TECHUMBRES	Placas de fibrocemento		1920		43	
	Asfalto		1120		20	
	Baldosas de asfalto		1120		98	
	Revestimiento de terrazo o azotea		1120	7,2		
	Tejas planas		3216		10	
	Metal en chapa		640	Despreciable	193	
MATERIALES DE REVESTIMIENTO (superficies planas)	Madera espesor sencillo				378	
	Madera espesor doble				261	
	Madera sobre panel aislante 10 mm				287	
	Fibrocemento 6 mm. Con recubrimiento				43	
	Enlucido de asfalto				30	
	Baldosa de asfalto 12 mm				298	
	Planchas 25 x 200				112	
	Planchas biseladas con recubrimiento 13 x 200				166	
	Planchas biseladas con recubrimiento 20 x 250				216	
	Contraplacado con recubrimiento 10 mm				121	
Vidrio de caudal				30		
REVESTIMIENTO DEL SUELO	Losas de asfalto		1920	2,4		
	Algodón y amoníaco de caucho				426	
	Baldosas cerámicas				252	
	Baldosas de caucho			0,65		
	Fletero	400		17,9		
	Adobes				12,3	
	Lindero	1280		3,2		
	Soporte de contraplacado	844		10,7		
	Baldosas de caucho o plástico	1280		1,2		
	Terrazote	2240		0,45		
	Soporte de madera	512		10,3		
	Parquet de madera dura	720		7,4		

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	Espesor (mm)	Peso específico (kg/m ³)	RESISTENCIA R	
				Por m de espesor	Por el espesor considerado $\times 10^{-4}$

MATERIALES AISLANTES

COLCHÓN O ALMOHADILLADO *	Fibra de algodón		13 - 23	21,0	
	Lana mineral fibrosa (de roca, escorias o vidrio)		24 - 64	29,8	
	Fibra de madera Fibra de madera con varias capas unidas con gresas y expandidas		53 - 58 24 - 32	32,2 29,8	
PANELES Y LOSAS	Fibra de vidrio		152	32,2	
	Fibra de madera o de caña				
	Losas acústicas		358	19,5	
	Revestimiento interior (losas entramado pavimento)		240	22,8	
	Subtejado Impregnado o entucido		120	21,2	
	Espuma de vidrio		144	20,1	
	Panel de corcho (sin aglomerante)		104 - 128	29,0	
	Sedas de cardo (aglutinante de asfalto)		136	24,2	
	Espuma de plástico		24	27,0	
	Virutas de madera (en paneles prefabricados)		352	14,7	
MATERIALES DE RELLENO	Papel macerado o pulpa		40 - 56	26,4	
	Fibra de madera (sacchara o pino)		32 - 56	26,0	
	Lana mineral (roca, escorias o vidrio)		32 - 80	24,8	
	Serria o virutas de madera		128 - 240	17,9	
	Vermiculita expandida		112	16,4	
AISLAMIENTO PARA TECHUMBRES	Todos los tipos		250	22,0	
	Prefabricado para utilización en subtejado				

AIRE

LÁMINA DE AIRE	Posición	Flujo de calor				
	horizontal	ascendente (invierno)	20 - 100		174	
	"	" (verano)	20 - 100		160	
	"	descendente (invierno)	30		208	
	"	"	40		236	
	"	"	100		252	
	"	"	200		258	
	"	" (verano)	20		174	
	"	"	40		191	
	"	"	100		203	
	inclinación de 45°	ascendente (invierno)	20 - 100		185	
	"	descendente (verano)	20 - 100		183	
	vertical	horizontal (invierno)	20 - 100		199	
	"	" (verano)	20 - 100		176	
	CONVECCIÓN	Posición horizontal	Flujo de calor ascendente	---	---	125
		inclinación 45°	"	---	---	127
vertical		horizontal	---	---	140	
inclinación 45°		descendente	---	---	158	
horizontal		"	---	---	160	
Aire quieto						
Viento de 29 km/h	Todas las posiciones (invierno)	Todas las direcciones			35	
Viento de 12 km/h	Todas las posiciones (verano)	Todas las direcciones			37	

* Incluidas las capas eventuales de papel sobre una o dos caras. Si el aislamiento delimita una lámina de aire véase Tabla 31.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TAIOLA 41. INILTRACIONES POR LAS PUERTAS Y VENTANAS EN VERANO*

Velocidad del viento: 12 Km/h **

TAOLA 41 - VENTANAS A BATIENTES ***

DESIGNACION	m ³ /h POR m ² DE ABERTURA									
	Porcentaje de la superficie que puede ser abierta									
	0 %	25 %	33 %	40 %	45 %	50 %	60 %	66 %	75 %	100 %
Ventana tipo A	4,0	13,2	-	18,0	-	-	-	26,5	-	47,4
Ventana tipo B	-	7,1	-	-	-	10,0	13,5	-	-	-
Ventana tipo C	-	-	5,1	-	-	9,0	-	-	-	11,5
Ventana tipo D	-	-	-	-	4,2	-	-	5,9	7,1	-
Ventana tipo E	5,0	10,5	-	15,0	-	-	-	22,0	-	40,0

TAOLA 43 - VENTANAS DE GUILLOTINA ***

DESIGNACION	m ³ /h POR m ² DE ABERTURA					
	Pequeña 76 x 180 cm			Grande 140 x 245 cm		
	Sin burlete de estanqueidad	Con burlete de estanqueidad	Doble ventana	Sin burlete de estanqueidad	Con burlete de estanqueidad	Doble ventana
Marco madera	2,8	4,8	4,0	5,0	3,1	2,4
Marco madera mal ajustado	22,0	4,8	11,0	14,0	4,4	7,0
Marco metálico	14,4	6,4	7,3	9,3	4,0	4,4



Tipo 1



Tipo 2



Tipo 3



Tipo 4



Tipo 5

DIFFERENTES TIPOS DE VENTANAS
(ver el dibujo en el exterior)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 41. INFILTRACIONES POR LAS PUERTAS Y VENTANAS EN VERANO * (Cont.)
Velocidad del viento: 12 km/h **

TABLA 41 a. PUERTAS EN UNA FACHADA O EN DOS FACHADAS ADYACENTES

DESIGNACIÓN	m ³ /h por m ² de superficie ****		m ³ /h	
	No utilizada	Utilización media	Constantemente abierta	
			Sin vestíbulo	Con vestíbulo
Puerta giratoria - funcionamiento normal	14,5	95	-	-
baterías abiertas	-	-	2040	1550
Puerta de cristal - Rendida 5 mm	82,0	183	1190	850
Puerta de madera (2,1 x 0,9 m)	18,0	119	1190	850
Piscina puerta de fábrica	14,0	119	-	-
Puerta de garaje o de carga	36,5	82	-	-
Redes de garaje	36,5	124	-	-

TABLA 41 b. PUERTAS DE UN BATIENTE EN MUROS ABUESTOS

Duración de la abertura de la segunda puerta (%)	m ³ /h POR PAH DE PUERTAS					
	Duración de la abertura de la primera puerta (%)					
	10	25	50	75	100	
10	170	425	850	1275	1700	
25	425	1063	2125	3188	4250	
50	850	2126	4250	6376	8500	
75	1275	3189	6375	9564	12750	
100	1700	4250	8500	12750	17000	

TABLA 41 c. PUERTAS

APLICACIÓN	m ³ /h POR OCUPANTE Y POR PUERTA		
	Puerta giratoria de 180 cm	Puerta con un batiente	
		Sin vestíbulo	Con vestíbulo
Banco	11,0	13,6	10,2
Barbacoa	6,8	8,5	6,5
Confitería	9,3	11,9	9,0
Tienda de tabaco o estanco	34,0	51,0	38,2
Tienda o pucio único a	11,0	13,6	10,2
Tienda de confección (mujeres)	3,4	4,2	3,2
Farmacia	9,3	11,9	9,0
Sala de hospital	-	5,9	4,4
Salón de té	6,8	8,5	6,5
Tienda de confección (hombres)	4,6	6,3	4,8
Restaurante	3,4	4,2	3,2
Zapatería	4,6	5,9	4,4

* Todos los valores de la tabla 41 están estables, dos suponiendo que la dirección del viento es normal a la puerta o la ventana. Si la dirección del viento es oblicua multiplicar estos valores por 0,60 y considerar el área total de las puertas y ventanas en la fachada expuesta.

** Estos valores tienen en cuenta una velocidad del viento de 12 km/h. Para velocidades diferentes multiplicar por el cociente de la velocidad dividida por 12.

*** Ten en cuenta las infiltraciones eventuales por el bastidor o chasis.

**** En el caso de empleo permanente de la puerta, la presencia de un vestíbulo permite disminuir las infiltraciones en una proporción que puede llegar al 33%. Por el contrario, la eficacia de un vestíbulo es casi nula cuando la utilización es intensa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 45. CAUDALES DE AIRE EXTERIOR

APLICACION	NUMERO DE FUMADORES	m ³ /h POR PERSONA		m ³ /h por m ² de superficie de suelo Mínima *
		Recomendada	Mínima *	
Apartamento { Normal Lujo	Pequeño	34	25	-
	Muy pequeño	51	42	6,0
	Pequeño	17	13	-
	Grande	25	17	-
	Muy pequeño	17	13	-
Bolsa	Muy grande	85	51	-
Bar	Grande	51	42	-
Corredores (insulación o extracción)	-	-	-	4,6
Grandes almacenes	Pequeño	13	8,5	0,9
Sala de consejo	Muy grande	85	51	-
Farmacia ***	Grande	17	13	-
Fábrica : : : .	Ninguno	17	13	1,8
Precio único	Ninguno	13	8,5	-
Sala de funeraria	Ninguno	17	13	-
Garaje **	-	-	-	18,3
Hospital { Quirófano : : : . Habitación privada Sala común	Ninguno	-	-	36,6
	Ninguno	51	42	6,0
	Ninguno	34	25	-
	Grande	51	42	4,0
	Grande	-	-	73,0
Cocina { Restaurante *** Privada	-	-	-	36,6
Laboratorio ***	Pequeño	34	25	-
Sala de conferencias	Muy grande	85	51	22,8
Despacho { Común Privado	Pequeño	25	17	-
	Ninguno	42	25	4,6
	Grande	51	42	4,6
Restaurante { Cafetería *** Comedor ***	Grande	20	17	-
	Grande	25	20	-
Aula **	Ninguno	-	-	-
Tienda al detall	Ninguno	17	13	-
Tienda o sala de cine **	Ninguno	13	8,5	-
Tienda o sala de cine	Pequeño	25	17	-
Curtina de asno ** (Extracción)	-	-	-	36,6

* Cuando se utilizan los mínimos, adoptar el valor mayor

** Prestar los reglamentos eventuales

*** Puede estar determinado por el caudal extraído

**** Comparar estos valores a no ser que los caudales no estén determinados por la presencia de otras fuentes de contaminación o por la reglamentación

***** Se recomienda el funcionamiento con una fracción total para evitar los riesgos de explosión debidos a los anestésicos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 48. GANANCIAS DEBIDAS A LOS OCUPANTES

GRADO DE ACTIVIDAD	TIPO DE APLICACIÓN	Metabolismo hombre adulto (kcal/h)	Metabolismo medio (kcal/h)	TEMPERATURA SECA DEL LOCAL (°C)									
				22		27		31		34		37	
				kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h	
				Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes
Sentado, en reposo	Teatro, escuela primaria	98	88	44	44	26	26	33	33	11	26	45	23
Sentado, trabajo poco ligero	Escuela secundaria	113	94	45	47	41	32	34	44	20	42	48	32
Empleado oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	126											
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	129	113	43	48	43	43	34	36	47	42	51	42
Sentado, de pie	Farmacia	129											
De pie, marcha lenta	Banco	134	128	45	51	46	38	41	51	44	43	53	52
Sentado	Restaurante **	126	129	46	51	35	44	41	58	37	44	47	48
Trabajo ligero en el frente de taller	Fábrica, trabajo ligero	202	189	49	141	55	134	62	127	54	113	52	61
Baño o stanza	Sala de baño	237	212	57	114	47	132	67	145	62	122	103	113
Marcha, 5 km/h	Fábrica, trabajo bastante pesado	232	232	56	164	74	178	83	148	76	150	176	134
Trabajo pesado	Pista de bowling ***	316	345	113	352	117	248	122	342	133	233	132	213

* El metabolismo medio corresponde a un grupo compuesto de niños y de niños de ambos sexos, en las proporciones normales. Este índice se ha obtenido a base de las hipótesis siguientes:

Metabolismo mujer adulta = Metabolismo hombre adulto × 0,85
Metabolismo niño = Metabolismo hombre adulto × 0,75

** Estos valores comprenden una carga de 13 kcal/h (50% calor sensible y 50% calor latente) por ocupante, para tener en cuenta el calor desprendido por los dispositivos.

*** Bowling = Asistir una persona por pista jugando, y todos las otras sensibles (100 kcal/h) o de pie (139 kcal/h).

TABLA 49. GANANCIAS DEBIDAS AL ALUMBRADO

TIPO	GANANCIAS SENSIBLES * kcal/h
Fluorescente	Potencia útil vatios × 1,25 ** × 0,86
Incandescente	Potencia útil vatios × 0,86

* Ganancias reales debidas al alumbrado de acuerdo con las tablas 12 y 13

** Este 25 % suplementario corresponde a la potencia absorbida en la resistencia reguladora.

TECIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 4-16. COEFICIENTES DE TRANSMISION (U) PARA PUERTAS DE MADERA SOLIDA

Esesor nominal (plg)	Esesor real (plg)	$U^* \dagger$ puerta expuesta	$U^* \dagger$ puerta con vidrio guardapuerta
1	$2\frac{1}{2}$	0.64	0.37
$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	0.55	0.34
$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	0.49	0.32
$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	0.48	0.31
2	$1\frac{1}{2}$	0.43	0.28
$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	0.36	0.20
3	$2\frac{1}{2}$	0.31	0.23

* Calculado usando $k = 1.10$ (para la madera); $f_1 = 1.48$; $f_2 = 6.0$; 1.03 para espacio de aire.

† Se puede usar un valor de 0.85 para U para puertas simples y expuestas con entrepaños de madera o entrepaños simples de vidrio y 0.39 para la misma puerta con vidrio guardapuerta.

‡ 50% de vidrio y entrepaños delgados de madera.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA 4-17. COEFICIENTES DE TRANSMISION (U) DE VENTANAS, TRAGALUCES Y PAREDES DE BLOQUES DE VIDRIO

Sección A — Láminas verticales de vidrio									
Número de láminas	Una			Dos			Tres		
	Espacio de aire (plg)	Ninguna	1	1	1*	1	1	1	1*
Exposición exterior	1.13	0.61	0.55	0.53	0.41	0.36	0.34		
División interior	0.75	0.50	0.46	0.45	0.38	0.33	0.32		

Sección B — Láminas horizontales de vidrio				
Número de láminas	Una		Dos	
	Espacio de aire (Plg) ...	Ninguna	1	1
Exposición exterior	1.40	0.70	0.65	0.63
División interior	0.96	0.59	0.56	0.56

Sección C — Paredes huecas de bloques de vidrio		
Descripción	U	
	Exposición exterior	Exposición interior
Espesor 8 3/4 x 8 3/4 x 3 3/8 plg	0.60	0.46
Espesor 7 3/4 x 7 3/4 x 3 3/8 plg	0.56	0.44
Espesor 11 3/4 x 11 3/4 x 3 3/8 plg	0.52	0.40
Espesor 7 3/4 x 3 3/8 x 3 3/8 plg pantalla de fibra de vidrio dividiendo la cavidad	0.48	0.38
Espesor 11 3/4 x 11 3/4 x 3 3/8 plg pantalla de fibra de vidrio dividiendo la cavidad	0.44	0.36

Sección D — Factores aproximados para aplicación a ventanas (multiplicar el valor de U para vidrio plano por estos factores)						
Descripción de la ventana	Vidrio simple		Vidrio doble*		Ventana con bastidor de seguridad†	
	Por ciento de vidrio	Factor	Por ciento de vidrio	Factor	Por ciento de vidrio	Factor
	Láminas	100	1.00	100	1.00
Bastidor de madera	80	0.90	80	0.95	80	0.90
.....	60	0.83	60	0.85	60	0.80
Bastidor metálico	80	1.00	80	1.20	80	1.00
Aluminio	80	1.10	60	1.30	60	1.10‡

* Para 1 plg o mayor.

† Tipo unitario doble vidriado (dos luces o entrepaños en la misma abertura).

‡ Usar con valores de U para dos láminas con 1 Plg de espacio de air.

§ Basado en el área expuesta de la porción del bastidor; no incluye los marcos o porciones del bastidor ocultos por el marco.

¶ Para bastidor metálico guardapuerta o bastidor metálico con entrepaños sujetos a guardapuerta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN