

 *Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN
LAS OFICINAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

ESTUARDO ESCRIBÁ MORALES
ASESORADO POR ING. ESDRAS FELICIANO MIRANDA OROZCO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN
LAS OFICINAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ESTUARDO ESCRIBÁ MORALES

ASESORADO POR ING. ESDRAS FELICIANO MIRANDA OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
EXAMINADOR:	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR:	Ing. Julio César Molina Zaldaña
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN LAS OFICINAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 30 de septiembre de 2003.

Estuardo Escribá Morales



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS** Fuente de sabiduría que ha guiado mi vida y porque nada es posible sin su voluntad.
- A MIS PADRES** Armando Escribá y Silvia de María Morales de Escribá
Ejemplos de amor y sabiduría, como pequeña muestra de mi agradecimiento por sus consejos y cariño.
- A MIS HERMANOS** Alfredo, Armando, Izela e Ileana.
Por el cariño que nos une.
- A MIS SOBRINOS** Caty, Alfredo, Luis A., Rocio, Yety, José y Luis.
Porque su inocencia y ternura son fuente de inspiración en momentos difíciles.
- EN ESPECIAL A** Alejandra Constanza Soberanis, por su apoyo incondicional a lo largo de los años, por su cariño y comprensión. Mil gracias.



AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Por haberme brindado la oportunidad de ser un profesional.

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA Fuente de aprendizaje inagotable.

A MI ASESOR Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco, por la ayuda proporcionada para la realización de este trabajo.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS Por los momentos compartidos a lo largo de la carrera y por su apoyo incondicional en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	VIII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Definición de aire acondicionado	1
1.2. Historia del aire acondicionado	2
1.3. Propósito del aire acondicionado	6
1.4. Beneficios del aire acondicionado	6
1.4.1. Control para el <i>comfort</i> humano	6
1.4.2. Consideraciones médicas	10
1.4.3. Propiedades protectoras de la humidificación	11
1.4.4. Otros beneficios	12
1.5. Tipo de clima donde se debe instalar el aire acondicionado	13

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OFICINAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

2.1. Descripción de la Escuela de Mecánica	15
--	----

2.1.1. Tipo de construcción.....	16
2.1.2. Tipo de techo.....	17
2.1.3. Plano de oficinas.....	18
2.2. Servicio del ambiente actual.õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	19
2.2.1. Equipo de ventilación..õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	19
2.2.2. Ventanasõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	20
2.3. Nivel de ocupación y nivel de utilizaciónõ õ õ	20
2.3.1. Atención al estudiante.....	21
2.3.2. Exámenes privados.....	22
2.3.3. Coordinación de laboratorios.....	22
2.4. Condiciones interiores.....	22
2.4.1. Ventilación.....	23
2.5. Condiciones exteriores.....	25
2.5.1. Temperatura.....	25
2.5.2. Humedad.....	26

3. CLIMATIZACIÓN

3.1. Psicrometríaõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	29
3.1.1. Términos básicosõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	29
3.1.2. Carta Psicrométrica.....	31
3.1.3. Principios del flujo de aireõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	34
3.2. Procedimiento para el cálculo de cargasõ õ õ õ õ õ õ õ ..	36
3.3. Equipo utilizado en el aire acondicionadoõ õ õ õ õ õ	37
3.3.1. Compresor....õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	37
3.3.1.1. Diseños.....	38
3.3.1.2. Tipos de condensador.....	39
3.3.2. Condensadorõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	39
3.3.2.1. Condensación.....	40

3.3.2.2. Área de superficie condensante	41
3.3.2.3. Tipos de condensador	42
3.3.3. Filtro de deshidratador	44
3.3.4. Válvula de expansión	46
3.3.5. Evaporador	49
3.3.5.1. Generalidades	50
3.3.5.2. Tipos de evaporador	51
3.4. Equipo de medición y pruebas en aire acondicionado	53
3.4.1. Mediciones de temperatura	53
3.4.2. Mediciones de presión	53
3.4.3. Purgado	54
3.4.4. Evacuación	55
3.4.5. Bomba de vacío	55

4. ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA LAS OFICINAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

4.1. Proyecto de aire acondicionado	57
4.2. Cálculo de cargas	58
4.3. Diseño de la red eléctrica	64
4.3.1. Contactores	66
4.3.2. Retardador o relevador de turbina (<i>Relay Fan</i>)	66
4.3.3. Termostato	66
4.3.4. Corta circuitos	67
4.3.5. Retardador de corrientes	67
4.3.6. Transformador de corrientes	67

4.4.	Valor estimado del equipo de aire acondicionado..õ õ õ õ õ õ .	68
4.5.	Ventajas del equipo.....	69

5. MONITOREO Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

5.1.	Generalidades õ õ õ õ õ õ õ õ	71
5.1.1.	Visitasõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	71
5.1.2.	Revisionesõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	71
5.1.3.	Lubricación.....õ õ õ õ õ õ õ õ	72
5.1.4.	Limpieza.....	72
5.2.	Análisis del problemaõ õ õ õ	72
5.2.1.	Aireõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	72
5.2.1.1.	Filtros de aireõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	73
5.2.1.2.	Motor y transmisión del soplador.....	74
5.2.2.	Sistema de refrigeraciónõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	75
5.2.2.1.	Temperatura de operación del serpentín de expansión.	76
5.2.2.2.	Temperatura de condensación en la unidad de condensación.....	78
5.2.2.3.	Subenfriamiento del refrigerante.....	79
5.2.3.	Problemas debidos al refrigeranteõ õ õ õ õ õ õ õ	80
5.2.3.1.	Carga insuficiente o desbalanceadaõ	81
5.2.3.2.	Baja temperatura ambiente.....	82
5.2.3.3.	Alta temperatura ambiente.....	83
5.2.3.4.	Baja carga del refrigerante.....	85
5.2.3.5.	Sobrecarga del refrigerante.....	85



PDF Complete

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

CONCLUSIONES 89

RECOMENDACIONES 91

BIBLIOGRAFÍA 93

ANEXOS 94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Carta de <i>confort</i>	8
2	Escuela de Ingeniería Mecánica.....	16
3	Oficinas de la Escuela de Ingeniería Mecánica.....	17
4	Techo de oficinas.....	17
5	Plano de oficinas.....	18
6	Equipo de ventilaciónõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	19
7	Ventanalesõ	20
8	Atención al estudianteõ .	21
9	Condiciones interiores.....õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	23
10	Carta Psicrométrica.....õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	33
11	Equipo utilizado en aire acondicionadoõ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ ...	37
12	Diseño del compresor.....	38
13	Diseño del condensador.....	40
14	Serpentín de tubo de cobre.....	42
15	Diseño del flujo paralelo.....	43
16	Diseño del filtro deshidratador.....	44
17	Válvula de expansión.....	46
18	Vista frontal y posterior del evaporador.....õ õ õ ..	49
19	Diseño del manómetro.....õ õ õ õ õ õ õ ...	54
20	Diseño de bomba de vacío.....õ õ õ õ	56
21	Diseño de la red eléctricaõ õ õ õ õ õ õ õ	65



PDF Complete

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

22	Cálculos del refrigerante <i>Freon 22</i>	95
23	Carta del cálculos de diámetro para refrigerante.....	96
24	Cálculos de fricción de ductos.....	97

TABLAS

I	Razón de humedad.....	32
II	Selector de acondicionadores de aire.....	58
III	Resumen de cargas.....	63
IV	Síntomas y causas probables en el refrigerante.....	80
V	Temperatura exterior en función del sobrecalentamiento	84

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grados centígrados
°F	Grados <i>Fahrenheit</i>
%	Porcentaje
kJ.	Kilo Joules
Mt/seg.	Metro sobre segundo
mm.	Milímetro
mm²	Milímetro cuadrado
cm.	Centímetro
mt²	Metro cuadrado
KJ/Kg	<i>Kilo joule</i> sobre kilogramo
P³/lb.	Pie cúbico sobre libra
P³/min	Pie cúbico sobre minuto
g/Kg.	Gramo por kilogramo

GLOSARIO

Confort	Comodidad del ser humano, en lugares cerrados a ciertas temperaturas no mayores de 98.6 °F (37 °C), que pueden ser graduadas a través del aire acondicionado.
Flujo	Derrame abundante de un líquido o secreción orgánica.
Humedad	Cantidad de vapor acuoso contenida en la atmósfera.
Humidificación	Proceso de descomposición de la materia con formación de <i>humus</i> (Materia orgánica del suelo procedente de la descomposición, por fermentación o putrefacción, de los restos vegetales y animales)
Manómetro	Instrumento destinado a la medición de presiones en gas o líquidos.
Radiación	Emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas, que tiene lugar en cualquier cuerpo que se encuentre a cierta temperatura.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Refrigerante	Sustancia que hace descender la temperatura.
Smog	Mezcla de humo y niebla que se acumula sobre las zonas urbanas e industriales.
Temperatura	Nivel térmico de un cuerpo o sustancia.
Serpentín	Tubos elaborados de materiales diversos como cobre, hierro y aluminio, por donde circulan fluidos de refrigerante para hacer una transferencia de calor.

RESUMEN

Es importante proporcionar al personal de cualquier oficina un lugar conveniente de trabajo con la ventilación adecuada y más si es concurrida por un gran número de personas; este es el caso de las oficinas de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde, además de las labores diarias del personal docente y administrativo, se suman las actividades de los estudiantes que se acercan a la Escuela para consultas, información, exámenes privados, etc. Ante tal situación, el flujo de aire presente en las oficinas no sólo no es suficiente, sino impuro y la situación tiende a empeorar en época de verano, donde los ventiladores de pedestal colocados; no proporcionan el aire adecuado para brindar ventilación suficiente.

El cuerpo humano, es un aparato generador de calor, su temperatura normal es de 37 °C y es sensible a las impurezas como polvo, humo, polen de plantas, etc., que causan irritación a la nariz, pulmones y ojos; esto indica la necesidad de limpiar el aire. El cuerpo requiere ~~aire fresco~~ para renovar su suministro de oxígeno o diluir olores indeseables.

Por lo anterior, se hace necesario un estudio de climatización; que no es más que el control de una temperatura interior constante o con una variación baja, esto es en lugares donde las temperaturas son extremas y se obtiene una temperatura fuera del *comfort* humano; con el aire acondicionado ya sea calefacción o refrigeración se puede obtener una temperatura estable de 21°C con un diferencial de +/- 2 °C.



Para dicho proyecto es necesario hacer un estudio de los espacios analizando para ello el tipo de construcción, tipo de techo, tipo de servicio del ambiente actual que incluye equipo de ventilación y ventanas; condiciones interiores que incluye ventilación y, por último, condiciones exteriores como la temperatura y la humedad.

Al finalizar con el análisis actual de las oficinas y teniendo una idea clara de medidas como ancho y altura de paredes y el total de ventanas existentes, se procede a la realización del estudio e implementación de un sistema de climatización que incluye el cálculo de cargas con ayuda de tablas proporcionadas por *Carrier International Limited*; diseño de la red eléctrica a utilizarse y valores estimados del equipo de aire acondicionado a instalarse, que para efectos de la investigación se utiliza un equipo *Mini Split*, marca Carrier, con capacidad de 4 toneladas para hacer circular 1600 pies cúbicos de aire por minuto.

OBJETIVOS

General

Estudiar y analizar factores para un sistema de climatización en las oficinas de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Específicos

1. Conocer los puntos importantes del aire acondicionado como beneficios y tipos de aplicación.
2. Estudiar la situación actual de las oficinas administrativas.
3. Establecer criterios y conceptos generales de climatización.
4. Crear bases para el proyecto de climatización en las oficinas de la Escuela de Ingeniería Mecánica.
5. Formular cálculos de cargas y costos para una futura implementación del aire acondicionado.
6. Analizar los resultados obtenidos.
7. Implementar procedimientos para reparación y mantenimiento del aire acondicionado.

INTRODUCCIÓN

La Escuela de Ingeniería Mecánica, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se localiza frente al edificio principal de la Facultad, en la nomenclatura universitaria se denomina como edificio T-7.

Actualmente, las oficinas de la Escuela Ingeniería Mecánica son utilizadas, además del personal administrativo que en ella labora, por docentes que se ocupan de la atención al estudiante, realización de exámenes privados, asesoría de tesis, etc. En general, el lugar es concurrido por gran número de personas entre estudiantes, catedráticos y administrativos, haciendo de las instalaciones un lugar pequeño con poca ventilación, el problema es más latente en época de verano cuando se registran alzas en la temperatura ambiente. A lo anterior, se suma los contaminantes y calor aportados por los distintos laboratorios que se localizan dentro del mismo edificio y en contacto directo con los demás espacios.

A pesar de la importancia de dicha Escuela, hasta la fecha no se han realizado estudios de climatización y ventilación, por lo que, observando la necesidad de docentes, alumnos y personal administrativo y tomando como base la utilización del área, se realiza un análisis de climatización y ventilación consistente en un estudio preliminar donde se elaboran planos, cálculos de flujo para entrada y salida de aire, procedimientos para el cálculo de cargas, y consumo de energía, entre otros, con el fin de adquirir bases reales y llegar a una futura implementación.

1. ANTECEDENTES GENERALES

La climatización es el control de una temperatura interior constante o con una variación baja. Esto se da en lugares donde las temperaturas son extremas y se obtiene una temperatura fuera del *confort* humano, en invierno temperaturas muy bajas o en verano temperaturas extremadamente altas. Con el aire acondicionado ya sea calefacción o refrigeración se puede obtener una temperatura estable de 21 °C con un diferencial de +/- 2 °C

Al iniciar un sistema de climatización es necesario conocer algunos conceptos generales que son de ayuda para la realización del mismo, estos son: la definición del aire acondicionado, su historia, propósitos y beneficios.

1.1. Definición de aire acondicionado

El aire acondicionado es el proceso que calienta, enfría, limpia, circula aire y controla su contenido de humedad respecto a una base continua.

Éste es un caso particular de transferencia térmica e incluye la producción y utilización de temperaturas inferiores a la temperatura ambiente mediante diferentes procesos prácticos. Las sustancias se enfrían cuando su calor es transferido hacia medios sólidos. Su baja temperatura se debe a fenómenos de radiación, efectos físicos de calor sensible o latente, o química endotérmica, o incluso efectos magnéticos.

1.2. Historia del aire acondicionado

El aire acondicionado es tan antiguo como el hombre. La gente primitiva utilizó las pieles de los animales, en un sentido crudo para controlar el escape o contenido de su propio calor corporal y efectuar un cambio en su *confort* personal. Buscando protección del sol o hallando refugio en cuevas, contra el frío o calor, básicamente cambiaban su medio ambiente. El descubrimiento y uso del fuego fue quizás el avance más importante de esa era.

La historia y los artefactos antiguos, muestran que los nobles egipcios, usaron esclavos equipados con ramas de palmas para ventilar a sus amos. Así el enfriamiento evaporativo, suministró algún alivio para el calor del desierto. La historia también recuerda que los romanos, diseñaron calefacción y ventilación en sus famosos baños. Los romanos también traían hielo de las montañas del norte, para enfriar vino y posiblemente también para enfriar agua para el baño.

En el Renacimiento, *Leonardo da Vinci*, construyó un ventilador accionado por agua, para ventilar los cuartos de la casa de un amigo suyo. Otras innovaciones antiguas, incluyeron sillas con acción de fuelle para producir ventilación intermitente para el ocupante y mecanismos de reloj que activaban unos ventiladores encima de las camas. El arte de ventilación y calefacción central progresó rápidamente durante el siglo XIX donde se inventaron los ventiladores, calderas, y radiadores, llegando a ser de uso común. Fue en 1844 cuando el doctor *John Gorrie* (1803-1855), director del Hospital Naval en Florida, descubrió su nueva máquina de refrigeración.

En 1851 se le concedió la patente U.S. 8080. Esta fue la primera máquina comercial en el mundo de refrigeración y aire acondicionado. Muchas mejoras al trabajo del doctor Gorrie, se obtuvieron con el desarrollo de los compresores alternativos aplicándolos a la hechura de hielo, cervecería, etc.

Realmente el padre del aire acondicionado fue Willis H. Carrier (1876 . 1950), contribuyendo más al avance de esta industria, en 1911 presentó su famosos trabajos, sobre las propiedades del aire, además, inventó la primera máquina centrífuga de refrigeración en 1922, y luego investigó los sistemas de inducción para edificios con muchas oficinas, hoteles, apartamentos y hospitales.

El aire acondicionado para *confort*, tuvo su primer gran uso en cinemas, durante la década de 1920. Famosos teatros de Nueva York, como el Paramaount, estuvieron entre los primeros lugares en tener aire acondicionado. Hacia el final de la década, también apareció el primer acondicionador de aire autocontenido. No sólo fue un importante logro técnico, sino que vino a ser el primer intento de la industria hacia los productos *paquete* que serían fabricados en masa, probados y operados en fábrica antes de su despacho al usuario.

En 1930, Tomas Midgley de la compañía Du Pont, desarrolló el refrigerante *Freón*, alrededor de 1935 la industria introdujo el primer compresor hermético para el trabajo de aire acondicionado, las ventajas del hermético incluyen: menor tamaño y peso, menor costo de producción, no hay problemas de falta de sello, menor ruido, no hay mantenimiento de bandas, la localización no es crítica puesto que no requiere ventilación para la disipación del calor del motor y el gasa en la succión es súper calentado por absorción del calor del motor obteniéndose mejor separación de aceite.

Después de la Segunda Guerra Mundial los productos consistieron principalmente en sistemas de maquinaria aplicada para grandes edificios, acondicionadores de almacén y acondicionadores de aire de ventana. Las unidades de ventana se usaron extensivamente para enfriar residencias, oficinas, pequeños almacenes y casi cualquier aplicación concebible donde era posible el acceso de una ventana o montaje a través de una pared.

Sin embargo, el principal mercado de aire acondicionado comercial, de droguerías, restaurantes, tiendas de modas, barberías, almacenes de abarrotes, etc., fue manejado por el acondicionar de almacén autocontenido. Estas unidades fueron principalmente enfriadas por agua y estuvieron usualmente localizadas en el espacio acondicionado.

El siguiente avance, fue la introducción de la operación con enfriamiento por aire en vez de agua. La nueva tecnología permitió elevar las cabezas de presión, así las máquinas podrían operar segura y eficientemente con condiciones exteriores hasta de 115 °F. Las primeras unidades paquete fueron principalmente horizontales, para mantener en áticos y sobre una base a nivel de piso.

La instalación consistía del montaje de la unidad, conexiones eléctricas y un sistema simple de ductos para distribuir el aire al espacio. Estas unidades fueron igualmente aceptables para pequeñas aplicaciones comerciales, montadas sobre techos. Entre las muchas ventajas de estos sistemas están: no requiere tubería de refrigeración, no requiere plomería, son cargadas probadas y selladas su circuito de refrigeración en fábrica, requiere un mínimo de alambrado eléctrico, todo lo cual reduce el trabajo en el sitio de montaje costo de materiales incrementando las confiabilidad en la operación.

Durante este mismo período de desarrollo del equipo de enfriamiento tipo paquete y sistema partido, la industria también convirtió muchos de esos sistemas para enfriamiento, en sistemas reversibles llamados bombas de calor, significando con esto que podía introducirse calor a un espacio, dependiendo del modo de usuario. Desafortunadamente a causa de la presión sobre los accesorios eléctricos, para construir cargas de calefacción en invierno, las primeras bombas de calor no se desarrollaron completamente y perdieron confiabilidad.

La última innovación de productos ocurrida a finales de la década del 50 y principios del 60 y que aún cuenta con el porcentaje de crecimiento mayor de todos los acondicionadores tipo paquete, para todo el año, fue la combinación de techo de calefacción con gas y enfriamiento eléctrico. Inició con unidades pequeñas, de 2 a 5 toneladas, colocadas en los techos de estructuras comerciales bajas y en aplicaciones domésticas. La tendencia creció rápidamente, el equipo vino a ser más sofisticado y los tamaños cambiaron rápidamente, las capacidades van hasta 100 toneladas para enfriamiento.

Al final de 1950 al *Field Investigation Committee* y el *Reseratch Advisory Comité of the Nacional Warm Air Heating anda Air-Conditioning Association*, en cooperación con la Universidad de *Illinois*, establecieron la estación para experimentos de ingeniería, la cual fue en realidad una residencia en el campus. Muchos estudios importantes se hicieron con la características del flujo de calor, el efecto del aislamiento, diseño y la eficiencia de los sistemas de distribución de aire, etc. Los resultados de este esfuerzo, ayudaron grandemente al avance de la selección y aplicación de la calefacción y el aire acondicionado y llegó a ser la base para varios manuales de diseño.

1.3. Propósito del aire acondicionado

Existen tres formas para que el cuerpo humano pierda automáticamente el calor: convección, radiación y evaporación, siendo el primero, el que utiliza el aire acondicionado, ya que el aire cercano al cuerpo, esta a menor temperatura, recibiendo y disipando el calor del cuerpo repetidas veces hasta bajarlo de temperatura.

La cantidad total de calor emitido por el cuerpo humano de las formas anteriores, pero ligeramente por debajo de las condiciones ordinarias interiores esta promediado en 400 Btu (442 KJ) por hora por hombre adulto (Btu se define como el aumento de calor necesario para elevar la temperatura de un grado Fahrenheit a una libra de agua).

1.4. Beneficios del aire acondicionado

La instalación de aire acondicionado proporciona innumerables factores beneficios para el ser humano, los cuales se describen a continuación.

1.4.1. Control para el confort humano

El cuerpo humano, es un aparato generador de calor. Su temperatura normal es 98.6 °F (37 °C). El puede regular o controlar esta condición con cuatro métodos: convección, radiación, conducción y evaporación. Que son realizados de la siguiente forma; cuando está en un cuarto donde las condiciones de éste son muy calientes (pero menos de 98.6 °F) transfiere calor al aire que pasa sobre la piel, por convección. Simultáneamente, cede calor por conducción a la ropa, cama o a lo que esté en contacto con la piel. Adicionalmente, libera calor por radiación a los óbitos más fríos a su alrededor.

Si estas tres condiciones no son suficientes, las glándulas sudoríferas se abrirán, permitiendo que la humedad de la piel se evapore. Se sabe que éste cambio de agua a vapor absorbe mucho calor. En lugares más fríos, la radiación conducción y convección, tienen lugares más rápidamente, requiriendo vestuario para aislar y mantener el calor del cuerpo. La evaporación se hace mínima y cuando decrece la cantidad de sudor en la piel.

El cuerpo es también sensible a las impurezas como polvo, humo, polen de plantas, etc., que causan irritación a la nariz, pulmones y ojos. Esto indica la necesidad de limpiar el aire. El cuerpo requiere ~~aire~~ **aire fresco** para renovar su suministro de oxígeno o diluir olores indeseables.

Para que el cuerpo tenga una atmósfera sana y confortable se hace necesario analizar las cinco propiedades del aire:

- a. Temperatura (enfriamiento o calefacción)
- b. Contenido de humedad (humidificación o deshumidificación)
- c. Movimiento del aire (circulación)
- d. Limpieza del aire (filtrado)
- e. Ventilación (introducción de aire exterior)

La temperatura del aire es indicada por la sensación de caliente o frío y puede medirse con un termómetro llamado termómetro de bulbo seco.

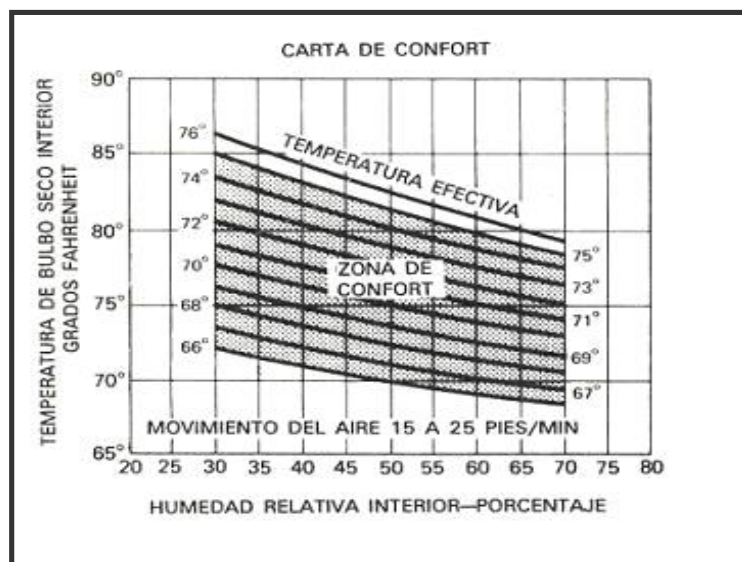
El contenido de humedad del aire se indica por la sensación de sequedad en invierno o de pegajosidad en verano. La humedad se refiere al agua evaporada en el aire y que existe como un gas invisible. Para medir esta sensación de humedad y expresarlo en términos específicos se utiliza un termómetro de bulbo húmedo.

Una humedad relativa apropiada es necesaria en verano, de tal forma que el aire sea lo suficientemente seco para absorber la transpiración del cuerpo, para *confort*. En invierno el aire no debe ser tan seco que la piel, la nariz y la garganta tengan esa sensación de sequedad.

a. Zona de *confort*

Según investigaciones realizadas durante muchos años, analizando las reacciones de gran número de personas, para establecer un rango de temperaturas, humedades y movimientos del aire que provea el máximo de confort se ha logrado establecer la zona de *confort*. Cada combinación se conoce como temperatura efectiva (TE). Se encontró por ejemplo que con una velocidad de aire dada, varias combinaciones de temperaturas de bulbo seco y humedad relativa, dan la misma sensación de confort al 90% de personas. De esa forma fue construida la zona de confort, que es mostrada en la siguiente figura:

Figura 1. Carta de Confort



Fuente: Chacón Paz. **Manual de aire acondicionado y refrigeración**. Tomo 2. Pág. 372

La carta de zona de *comfort* explica cómo deben controlarse la temperatura y la humedad mostrando la necesidad de aire acondicionado para todo el año. La carta es representativa de las condiciones encontradas en casas, teatros, oficinas, etc., en donde ocurren periodos largos de ocupación. Sin embargo no es completamente precisa para condiciones en bancos, droguerías y situaciones similares en donde los cortos periodos de ocupación acoplada a rápidos cambios de temperatura y movimiento del aire, cambian la temperatura efectiva experimentada.

Por consiguiente, cuando se diseñan sistemas, se deben consultar las recomendaciones del productos específico, la asociación comercial o las compañías locales de gas y electricidad.

b. Movimiento del aire

El movimiento del aire, es otro factor en las consideraciones de *comfort*. La temperatura efectiva cae bruscamente cuando se incrementa la velocidad, esto parecería deseable para aire acondicionado de verano, pero este aire se introduce usualmente de 15 a 20 °C, bajo las condiciones del cuarto, si la velocidad se aproxima a 100 pies/seg (30.48 mt/seg) se notarían ráfagas frías.

Los sistemas forzados de calefacción con aire, están aún más sujetos a ráfagas, particularmente cuando se enciende el ventilador. Parece que la piel reacciona más rápidamente a las corrientes de aire tibio y una buena regla general es no exceder una velocidad de 50 pies/seg (15.24 mt/seg), en la zona de confort. Es necesario evitar la poca circulación de aire, ya que la gente tiende a sentirse encerrada.

Esta puede ser una desventaja de los sistemas de calefacción sin ductos que dependen de la circulación por gravedad y no tienen medios de filtración. La situación se hace más crítica cuando la estructura es bien aislada y la infiltración de aire exterior es muy poca.

Limpieza y ventilación, son la dos últimas necesidades para el tratamiento apropiado del aire; están estrechamente relacionadas y trabajan una contra la otra. Respiramos 36 libras de aire por día, comemos 3.8 libras y bebemos 43 libras de agua. El aire libre es importante para la salud y el *comfort*. El aire ordinario contaminado con impurezas tales como polvo, polen, humo vapores y químicos. Todo esto debe filtrarse tanto en el aire interior como en el aire exterior que entra a la estructura.

La eficiencia de la filtración depende del tipo de sistema, algunos tienen la capacidad de remover más del 95% de impurezas. Sin embargo aun con el filtro más fino, se requiere un buen porcentaje de aire fresco para eliminar esa sensación de aire muerto y también diluir olores y suplir oxígeno para respirar y para aplicaciones ventiladas.

1.4.2. Consideraciones médicas

El aire acondicionado puede contribuir a mejorar la salud como un resultado de controlar temperatura, humedad, limpieza, ventilación y movimiento de aire. Por ejemplo puede ayudar a eliminar erupciones debidas al calor, principalmente en infantes. Algunos médicos creen que el aire acondicionado puede proveer un medio ambiente mejor para gente con problemas cardíacos.

El solo movimiento bajo calor extremo, puede poner en tensión los órganos vitales, lo mismo que el esfuerzo de labor manual pesada, como palear nieve en tiempo frío. Los médicos recomiendan a veces, por esto, aire acondicionado para sus pacientes.

Un sistema eficaz de filtración de aire puede aliviar los sufrimientos de pacientes asmáticos o alérgicos, tal sistema puede incluir un limpiados electrónico de aire como parte del sistema central, el polvo ordinario del hogar, adicionado al polvo en el aire exterior, puede contribuir a problemas alérgicos. El polvo doméstico es una mezcla compleja que procede del rompimiento y uso de materiales caseros tales como lana, ropa, algodón, relleno de muebles y alfombras.

La humedad adecuada en el aire puede ayudar a las membranas de la nariz y vías respiratorias a permanecer húmedas. Esto puede aliviar el efecto de bacterias y virus. Una carencia de humedad promueve también la sequedad de aquellas fuentes de polvo domésticas, mencionadas antes, y por consiguiente, mantiene el aire sucio.

1.4.3. Propiedades protectora de la humidificación

Una atmósfera demasiado seca puede afectar adversamente, muebles, ropa, zapatos, libros, documentos, acabados, instrumentos musicales, virtualmente todo lo de la casa incluyendo las partes estructurales. Por ejemplo la carencia de adecuada humedad hace que los pegantes se sequen en las tablas y muebles y que las juntas se separen o agrieten, los marcos de las puertas se tuercen y exponen superficies sin pintura, el repello o las juntas de paredes se secan dando lugar a grietas, los pisos de madera dura pueden torcerse y separarse y las fibras de alfombras se hacen frágiles y se rompen.

Otro fenómeno experimentado con la sequedad del invierno es la generación de electricidad estática. Un humidificador apropiadamente dimensionado, instalado en un sistema de aire forzado, puede minimizar estas condiciones.

Los beneficios de seguridad son más o menos una consideración reciente, pero, con la tasa de criminalidad siempre en crecimiento, muchos propietarios han instalado aparatos mecánicos o eléctricos de protección que requieren que todas las puertas y ventanas estén cerradas. Sin aire acondicionado central estos aparatos no serían prácticos.

1.4.4. Otros beneficios

Además de los anteriores beneficios, el aire acondicionado proporciona ventajas en:

a. Escuelas

Las escuelas han sido un mercado primordial del aire acondicionado para todo el año, no sólo por el *comfort* personal que proporciona, sino porque se han demostrado que el proceso de aprendizaje, definitivamente se mejora.

b. Comercio e industria

El comercio y la industria, han utilizado el aire acondicionado de varias maneras: primero para aumentar la productividad personal y segundo para proveer espacios acondicionados para necesidades específicas.

La productividad del trabajador en áreas con aire acondicionado, se mejora en términos de menor ausentismo, menos cambio de labor, menos distracción por ruido, menos viajes a la fuente de agua, producción más eficiente, menos errores y menos tiempo perdido debido a fatiga por calor. En general habrá mejor moral y mejores relaciones entre patrón y empleado. El grado de beneficio por supuesto, está sujeto al tipo de alrededores pues nadie podría construir hoy un moderno edificio de oficinas, sin aire acondicionado.

El uso del enfriamiento para procesos es muy extenso entre ellos están: los cuartos para computadores electrónicos deben estar muy controlados en temperatura y humedad. Las cintas y tarjetas requieren condiciones uniformes. Los diseños corrientes de computadores requieren que se retiren grandes cantidades de calor. Las partes de impresión deben tener una atmósfera controlada para mantener tolerancias en los encogimientos del papel, etc.

1.5. Tipo de clima donde se debe instalar el aire acondicionado

De acuerdo a las clasificaciones siguientes se sugiere instalar aire acondicionado en todas las zonas climáticas. Es importante considerar que en las zonas extremas como árido seco y árido muy seco el funcionamiento del aire lavado es excelente pero en ocasiones no satisface al máximo la necesidad de *comfort*, por lo que se puede optar por sistemas alternos de aire acondicionado.

Otro factor importante que se debe tomar en cuenta es la contaminación ambiental, generalmente esto se da en las ciudades grandes donde el *smog* juega otro factor importante para tomar la decisión en instalar un aire acondicionado, ya que estos equipos en varios de sus casos cuentan con sistemas de filtración de aire.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

A continuación se describe la zona climática de la ciudad capital:

Zona climática templado subhúmedo

Se refiere a zonas con clima templado, con temperatura media entre 18 y 22 °C en el verano y de 10 a 18 °C en invierno. Tienen lluvias preferentemente en una estación; la precipitación pluvial del mes más seco es menor de 40 mm y la precipitación anual es de 800 a 1000 mm.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OFICINAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Al iniciar el estudio de climatización es necesario analizar la situación actual de las oficinas, revisando factores como tipo de construcción, ventilación, condiciones interiores y exteriores etc.

2.1. Descripción de la Escuela de Ingeniería Mecánica

La Escuela de Ingeniería Mecánica se encuentra localizada en la Facultad de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala Ciudad Universitaria Zona 12, Edificio T-7.

El edificio cuenta con un área aproximada de 530.9 mt², colindando con el edificio T-4 de la Facultad de Ingeniería y con el Iglú, en las afueras de la Escuela se localiza el parqueo para estudiantes.

En la actualidad atiende a estudiantes de las carreras de Ingeniería mecánica, industrial, mecánica industrial y mecánica eléctrica; haciendo uso de las instalaciones para laboratorios, exámenes privados, consultas, etc.

Prácticamente se divide en tres áreas, la primera de ellas se utiliza para laboratorios de metalurgia y metalografía, procesos de manufactura I y II, refrigeración y aire acondicionado, motores de combustión interna y neumática. La segunda es para salones de clases y la tercera que es el objeto principal en estudio, son las oficinas administrativas.

En la siguiente figura, se muestra la parte frontal de las instalaciones de la Escuela:

Figura 2. Escuela de Ingeniería Mecánica



2.1.1. Tipo de construcción

Las oficinas están construidas con paredes de ladrillo y las paredes de división que forman los cubículos con tabicaciones de prefabricado. El área de oficinas abarca 53 m^2 dividido en cuatro cubículos, uno de 5.2 m^2 y tres cubículos de 2.32 m^2 , que es donde los catedráticos atienden a los estudiantes, la secretaria con 17.31 m^2 y la recepción con 23.36 m^2 .

La figura 3 muestra la estructura de las oficinas administrativas

Figura 3. Oficinas de la Escuela de Ingeniería Mecánica



2.1.2. Tipo de techo

El techo principal que cubre toda la Escuela es de lámina de *fibrolit* y el que cubre las oficinas es cielo falso de *duroport*.

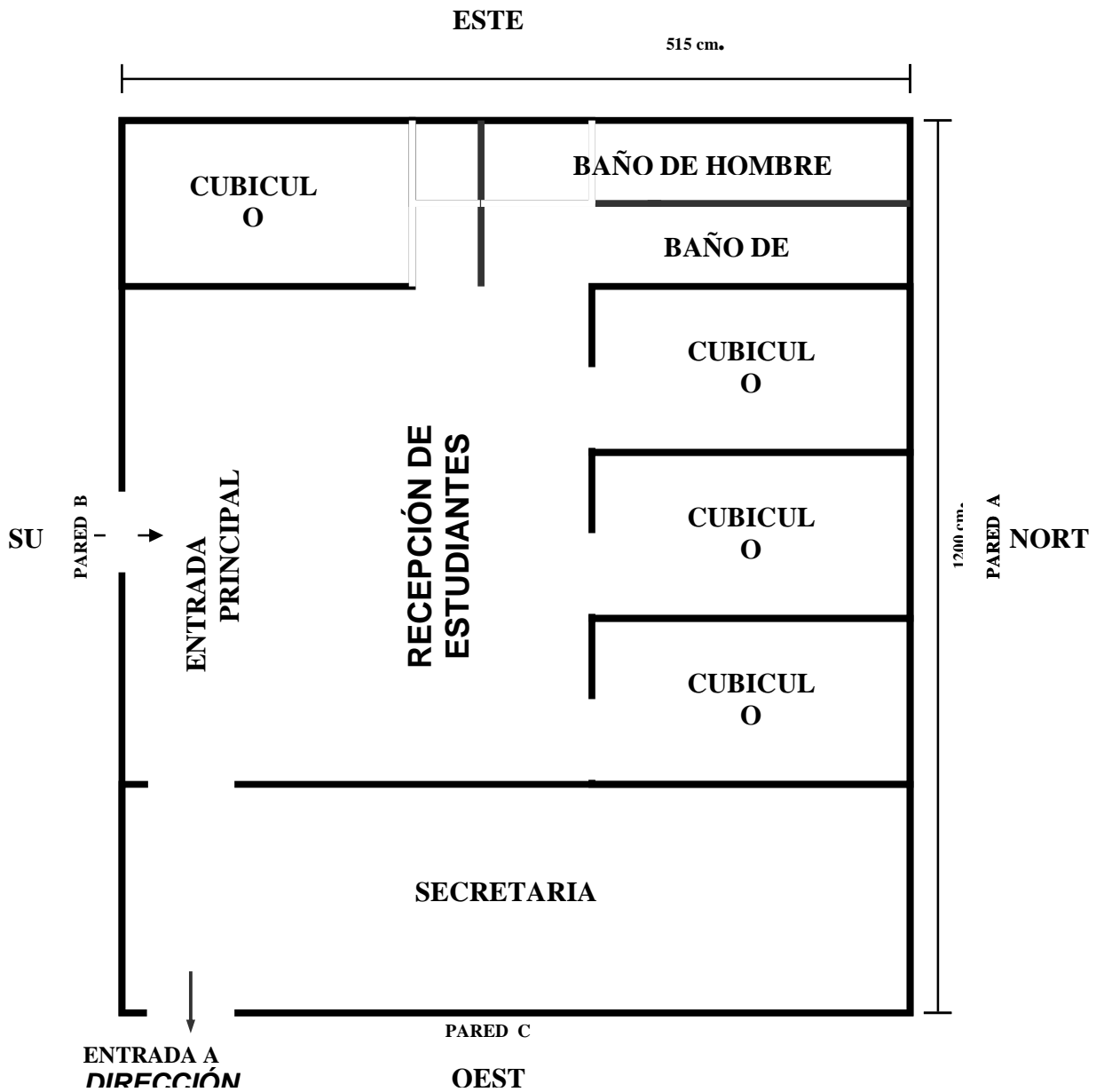
Figura 4. Techo de oficinas



2.1.3.Plano de oficinas

El área de oficinas abarca 61.8 mt² dividido en cuatro cubículos de 4 mt².

Figura 6. Plano de oficinas



2.2. Servicio del ambiente actual

Actualmente las oficinas de la escuela de mecánica presenta un servicio deficiente en la climatización, debido a que la ventilación únicamente es proporcionada por ventiladores lo cual no logra disminuir la lectura de temperatura actual agravado el problema en época de verano donde las condiciones de calor aumentan considerablemente provocando molestias entre las personas que ocupan dicho lugar.

2.2.1. Equipo de ventilación

La única ventilación existente son dos ventiladores de pedestal, que por razones obvias no son suficientes para abastecer de aire a las oficinas.

Figura 6. Equipo de ventilación



2.2.2. Ventanas

La otra forma de ventilación existente son tres ventanales con tres ventanillas cada uno, con un área de 35cm., de largo por 15 de ancho, de las cuales únicamente abre una por cada ventanal. Por otro lado es necesario mencionar que en uno de los ventanales se utilizan cortinas, lo que provoca que el aire que ingrese a las oficinas sea menor.

Figura 7. Ventanales



2.3. Nivel de ocupación y nivel de utilización

Las oficinas de mecánica son utilizadas para atención al estudiante, realización de exámenes privados, asesoría de tesis etc., pero también es el lugar donde los catedráticos planifican y coordinan las actividades docentes.

Estas oficinas se convierten en un lugar muy concurrido por los estudiantes en época de evaluaciones, antes y después de ellos, por lo que los niveles de temperatura ambiental llegan a aumentar, haciendo molesto e incomodo permanecer mucho tiempo dentro de ellas.

2.3.1. Atención al estudiante

La atención al estudiante empieza a las 13 horas y termina a las 21 horas, abarcando las horas de la tarde que es cuando la temperatura se hace más alta. Aproximadamente se atienden a unos 50 alumnos haciendo un número mayor cuando es época de pre y post exámenes. Los cubículos existentes en las oficinas son utilizados por los ingenieros para planificar actividades docentes y dar consultas a los estudiantes, haciéndose un lugar muy reducido para albergar a la gran cantidad de alumnos.

En la siguiente figura se tiene una panorámica de los alumnos que acuden a dichas instalaciones:

Figura 8. Atención al estudiante



2.3.2. Exámenes privados

Otra función importante de las oficinas, es la realización de exámenes privados, que aunque se realiza únicamente a una persona, el tiempo de duración es de aproximadamente una hora, esto provoca que cuando algún alumno requiera de un catedrático en particular tenga que esperar en la pequeña recepción.

2.3.3. Coordinación de laboratorios

Un evento importante dentro de las oficinas, es la coordinación de laboratorios, especialmente cuando se debe asignar en algún curso en particular; esto provoca una aglomeración de alumnos dentro de la recepción en donde no hay espacio suficiente para albergar al gran número de alumnos.

2.4. Condiciones interiores

El interior de las oficinas está diseñado para atender a un total de 20 personas máximo, considerando esta cantidad de personas una aglomeración si se toman en cuenta las condiciones climáticas. A parte de los dos ventiladores mencionados anteriormente se cuentan con ventanillas que no proporcionan el flujo de aire necesario y considerado como adecuado.

Para mantener confortable a los ocupantes de las oficinas es necesario, según el manual de *ASHRAE (Handbook of fundamental heating, refrigerating, ventilation and air conditioning)* mantener una temperatura de 75 °F (29.5 °C) y una humedad relativa del 55%.

Es necesario tomar en cuenta que además de la aglomeración que se produce dentro de las oficinas, en el área continua a ellas se realizan diferentes laboratorios por ejemplo se utilizan soldaduras eléctricas y hornos de fundición metalúrgicas, provocando aumento en la temperatura ambiente más alta de lo normal.

Figura 9. Condiciones interiores



2.4.1. Ventilación

En todo tipo de oficinas se requiere una buena ventilación, el aire que se respira ha de poseer la calidad necesaria para no afectar la salud humana. La calidad del aire está determinada simplemente por la concentración de agentes contaminantes, tales como polvo, humo, detergentes, gases, etc.

Cuando se habla de ventilación se analiza el proceso mediante el cual el aire viciado del interior es reemplazado por aire fresco del exterior, en este proceso se extrae el calor generado por alguna de las fuentes mencionadas anteriormente, es decir se efectúa un balance térmico ya que la cantidad de calor desplazado por el aire fresco les igual al calor ganado en la oficina menos el calor irradiado en el mismo y así mantener la temperatura interior constante.

La renovación del aire dentro de las oficinas se puede realizar por medio de renovación natural y renovación artificial. La ventilación natural es mediante la cual se aprovechan los medios naturales disponibles para introducir aire al interior de las oficinas, pasarlo por ellas y expulsarlo.

En este caso los ventanales deberían estar colocados tanto longitudinalmente como frontalmente si se desea una buena ventilación en la pared C lado este y pared B lado sur (según figura 5), ya que el viento algunas veces sopla paralelo al lado longitudinal y otras de lado frontal; en la distribución de ventanas de entrada y de salida respectivamente de tal manera que la acción combinada de ambos efectos produzca ventilación cruzada dentro de las oficinas, evitando así la saturación de aire dentro de las mismas.

El área de ventanas para una buena ventilación natural es suficiente, el área aceptable es del 25% al 30% de la superficie total de las paredes del edificio, según el Manual de Ingeniería de Plantas del Ingeniero Sergio Torres.

En la situación de las oficinas, esta renovación no es aplicable, ya que las tres ventanillas que se pueden abrir son muy pequeñas cubriendo únicamente el 5% de la pared, lo que hace imposible una renovación de aire constante, si se toma en cuenta la cantidad de personas que ingresan al lugar.

2.5. Condiciones exteriores

Para conocer más afondo las condiciones exteriores, que influyen en las oficinas de la escuela, se estudian dos conceptos importantes, que ayuda a visualizar de una mejor forma estas condiciones. Estos conceptos son la temperatura y la humedad.

2.5.1. Temperatura

La temperatura es una propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico. Este concepto se deriva de la idea de medir el calor o frialdad relativos y la observación de que el suministro de calor a un cuerpo produce un aumento en su temperatura mientras no se produzca la fusión o ebullición.

La temperatura desempeña un papel importante para determinar las condiciones de supervivencia de los seres vivos. Así, las aves y los mamíferos necesitan un rango muy limitado de temperatura corporal para poder sobrevivir, y tienen que estar protegidos de temperaturas extremas.

Los cambios de temperatura también afectan de forma importante las propiedades de todos los materiales. A temperaturas árticas, por ejemplo, el acero se vuelve quebradizo y se rompe fácilmente, y los líquidos se solidifican o se hacen muy viscosos. A bajas alturas, la temperatura del aire está determinada en gran medida por la temperatura de la superficie terrestre. Los cambios periódicos de temperatura se deben básicamente al calentamiento por la radiación del sol de las zonas terrestres del planeta, que a su vez calientan el aire situado por encima.

2.5.2. Humedad

La humedad es la medida del contenido de agua en la atmósfera. La atmósfera contiene siempre algo de agua en forma de vapor, la cantidad máxima depende de la temperatura, crece al aumentar ésta; cuando la atmósfera está saturada de agua, el nivel de incomodidad es alto ya que la transpiración se hace imposible.

El peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire se conoce como humedad absoluta y se expresa en kilogramos de agua de aire seco. La humedad relativa, dada en los informes meteorológicos, es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura.

Si la temperatura atmosférica aumenta y no se producen cambios en el contenido de vapor la humedad absoluta no varía mientras que la relativa disminuye, una caída de la temperatura incrementa la humedad relativa produciendo rocío. La humedad se mide con un hidrómetro, el índice de temperatura . humedad (índice T-H, también llamado índice de incomodidad) expresa como medida de la comodidad o de la incomodidad.

Se calcula sumando 40 al 72% de la suma de la temperatura en un termómetro seco y en otro húmedo. Por ejemplo, si la temperatura en el termómetro seco es de 30 °C y el húmedo es de 20 °C, el índice T-T será de 76. Cuando el valor es 70, la mayoría de las personas esta cómoda.

Para tener referencias adecuadas de la temperatura y humedad relativa que se debe tomar para los cálculos, la información estadística del Instituto Nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología (INSIVUMEN).



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Las temperaturas y humedad relativa exteriores que se deben tomar para el diseño del sistema de aire acondicionado de las oficinas de mecánica se obtuvieron del Manual del aire acondicionado de la *ASHRAE* el cual indica que para la ciudad de Guatemala se debe de tomar una temperatura exterior de 28.33 °C bulbo seco y 20.56 °C bulbo húmedo, con estos datos se encuentra en la Carta Psicrométrica una humedad relativa de 52.5%.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

3. CLIMATIZACIÓN

El contenido de humedad del aire se indica por la sensación de sequedad en invierno o de pegajosidad en verano. Para obtener la temperatura adecuada durante cualquier época del año es necesaria la implementación de un sistema de aire acondicionado (climatización); ya sea en una oficina, en un salón de clases, etc.

3.1. Psicrometría

Es el conjunto de métodos de medición indicativa utilizados en el aire acondicionado, en el cual se describen las propiedades del aire.

3.1.1. Términos básicos

Para tener un mayor control de conceptos utilizados en aire acondicionado, a continuación se mencionan algunos términos importantes:

a. Atmósfera

El aire, alrededor de los seres humanos, se compone de una mezcla de gases secos y vapor de agua. Los gases contienen aproximadamente 77% de nitrógeno y 23% de oxígeno, con otros gases que totalizan menos del 1%. El vapor de agua, existe en muy poca cantidad, así que es medido en gramos o libras.

b. Temperatura de bulbo seco

Es la temperatura medida con un termómetro ordinario.

c. Temperatura de bulbo húmedo

Es la temperatura que resulta de la evaporación del agua, en una gasa húmeda, colocada sobre un termómetro común.

d. Temperatura de punto de rocío

Es la temperatura de saturación, a la cual tiene lugar la condensación del vapor de agua. Un ejemplo es la humedad sobre un vaso de agua con hielo. El vidrio frío reduce la temperatura del aire por debajo de su punto de rocío y la humedad que se condensa forma gotas sobre la superficie del vidrio.

e. Humedad específica

Es el peso real de vapor de agua en el aire, se expresa en granos o libras de agua por libra de aire seco, dependiendo de los datos usados.

f. Humedad relativa

Es la relación del vapor de agua real en el aire, comparado a la máxima cantidad que estaría presente a la misma temperatura, expresada como un porcentaje (%).

g. Volumen específico

Es el número de pies cúbicos (pies^3), ocupados por una libra de la mezcla de aire y vapor de agua.

h. Calor sensible

Es la cantidad de calor seco, expresado en Btu por libra de aire ó (KJ/Kg), se refleja por la temperatura del bulbo seco.

i. Calor latente

Es el calor requerido para evaporar la humedad que contiene una cantidad específica de aire. Esta evaporación ocurre a la temperatura de bulbo húmedo. También, expresa en Btu por libra de aire.

j. Calor total

El contenido de calor total de la mezcla de aire y vapor de agua, también se conoce como entalpía. Es la suma de los valores de calor sensible y latente, expresado en Btu por libra de aire

3.1.2. Carta Psicrométrica

La Carta Psicrométrica muestra lo que sucede al aire y al vapor de agua, cuando cambian sus propiedades: es comúnmente usada en la industria. Algunos productores han desarrollado sus propias cartas las cuales varían únicamente en estilo y construcción, pero las relaciones de las propiedades del aire son las mismas.

Para la elaboración de la carta se inicia con la escala de temperatura ordinaria, llamada temperatura de bulbo seco, luego se extiende la escala del termómetro, en la carta se trazan líneas que no son realmente perpendiculares.

En seguida, se coloca la escala vertical de acuerdo a la cantidad de vapor de agua mezclado con cada libra de aire seco. Esta escala llamada razón de humedad, se expresa en libras de humedad por libras de aire seco. El aire puede contener diferentes cantidades de humedad, dependiendo de su temperatura, si contiene toda la humedad que puede (100%), se dice que está saturado. Lo anterior se muestra en la siguiente tabla:

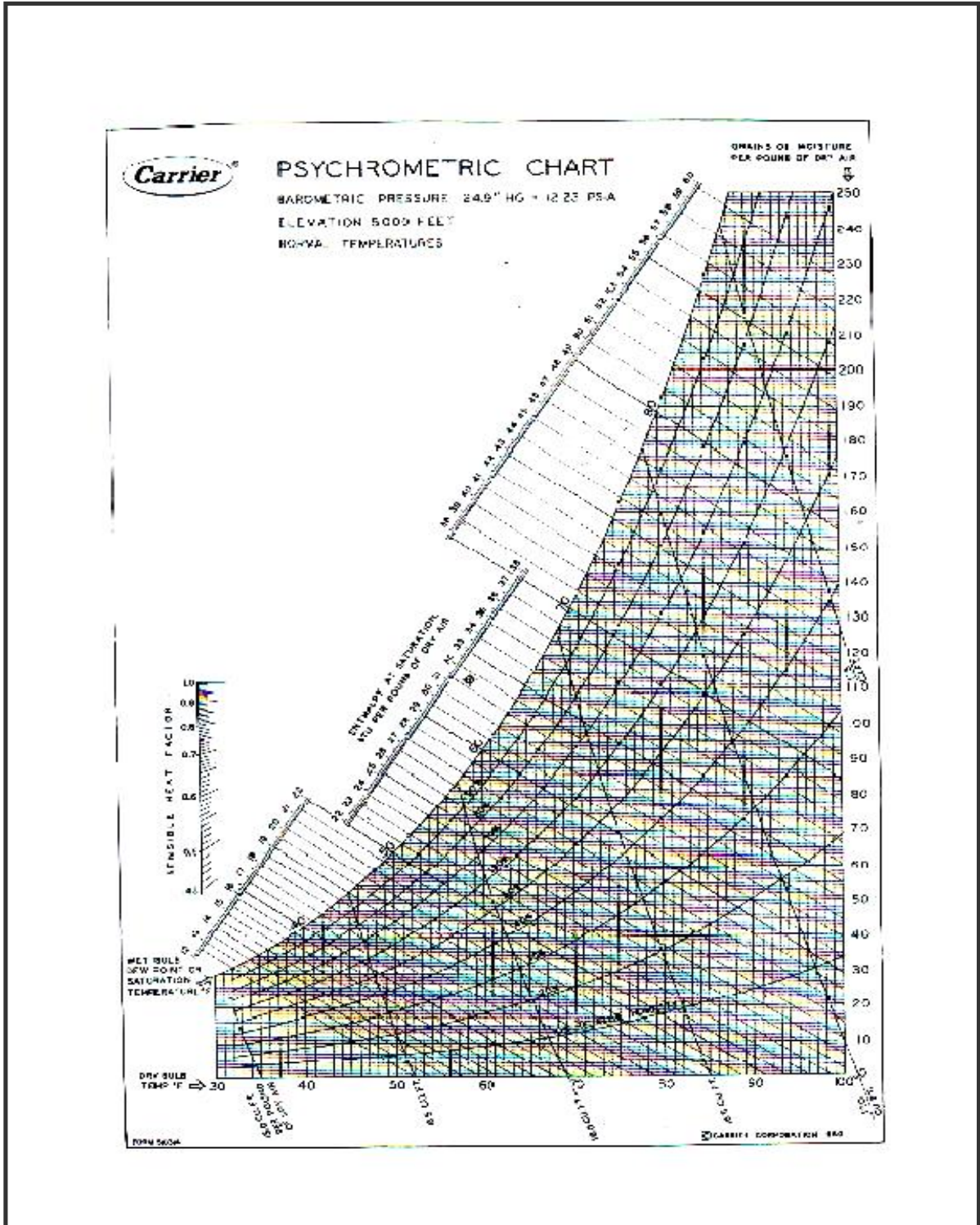
Tabla I. Razón de humedad

Temperatura Saturada (°F)	Razón de humedad (lb-lb de aire seco)
70	0.01582
72	0.01697
75	0.01882
78	0.02086
80	0.02233
82	0.02389
85	0.02642

Fuente: Chacón Paz. Manual de aire acondicionado y refrigeración. Tomo 2. Pag. 378

Para la realización de la Carta Psicrométrica se colocan los puntos de saturación para cada condición de temperatura de bulbo seco y cuando éstas se conectan forman una curva o línea de saturación.

Figura 10. C



arta Psicrométrica

3.1.3. Principios de flujo de aire

Para lograr que el aire acondicionado pase por el serpentín evaporador o de enfriamiento es necesario contar con un método para impulsar al aire desde el recinto que se va a acondicionar hasta la unidad de acondicionamiento de aire, para su tratamiento específico y para regresarlo al recinto acondicionado.

Este sistema consta de ductos o tubos para conducir el aire, sopladores que suministran la potencia para moverlo y registros y parillas para distribuirlo por el recinto acondicionado. El sistema debe de ser silencioso, distribuir el aire sin corrientes incómodas, pero al mismo tiempo tener la cantidad correcta de aire para mantener las condiciones deseada en el recinto ocupado.

Para el efecto es necesario conocer algunos conceptos importantes:

a. Movimiento de fluidos

El movimiento de un fluido, se debe a una diferencia de presión originada por el incremento de la presión misma en algún punto del recorrido del flujo, incremento ocasionado por un dispositivo mecánico como una bomba de aire, o por un cambio en la densidad del fluido, ocasionado por una diferencia en temperatura.

b. Resistencia al flujo

La resistencia al movimiento del aire en un sistema de ductos, tiene varias causas. Primero la fricción del aire al moverse sobre las paredes del ducto, aún en un ducto recto. El aire no fluye de un modo parejo se mueve más bien en la forma de flujo turbulento.

c. Instrumentos para medir flujo de aire

La presión en un sistema de ductos es medida frecuentemente con un manómetro inclinado, que está lleno con un líquido que será desplazado por presiones ejercidas en cualquiera de los extremos. Una escala movable permite la calibración del instrumento en cero, cuando está expuesto a la presión atmosférica solamente.

El rango de la escala dependerá de la aplicación. Para trabajo residencial el rango va comúnmente desde 0.10 hasta 1.0 pulgadas de columna de agua. Los sistemas de ductos comerciales de alta presión puede requerir rangos tan altos como 6 pulgadas o más.

d. Dimensiones de ductos

Para encontrar las dimensiones de ductos se utiliza la carta de perdidas de fricción que es un gráfico en el que las coordenadas son las pérdidas por fricción en pulgadas de agua por cada 100 pies de longitud equivalente de ducto y los pies cúbicos de aire por minuto, que transporta el ducto.

Las tablas de fricción están basadas en los diámetros de ductos circulares, en donde los números grandes impresos sobre la tabla son llamados números de clase de ductos y son la representación numérica del costo inicial del sistema de ductos. Mientras mayor sea el número de clase mayor será e costo del ducto, siempre que sea necesario debe utilizarse el ducto de menor número de clase.

3.2. Procedimiento para el cálculo de cargas

El objetivo fundamental del cálculo de las cargas de enfriamiento, es determinar los requisitos que exige el local a acondicionar, con el fin de poder elegir un equipo absorbente del calor y humedad, la capacidad y características para proveer el confort necesario a los ocupantes del local.

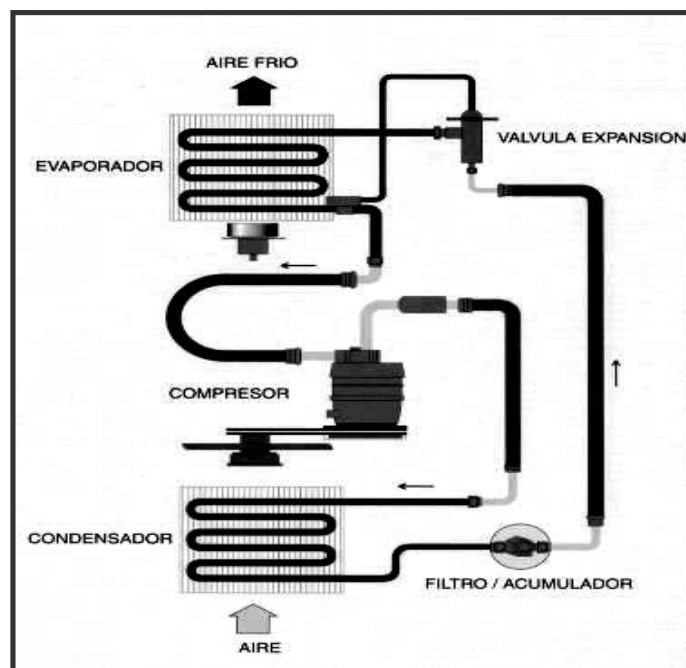
Las fuentes de calor que normalmente existen en un espacio determinado, son las siguientes:

1. Transmisión de calor a través de paredes, puertas, ventanas, techos, cielos falsos, pisos y divisiones intermedias.
2. Calor producido por efectos solares, que puede presentarse en dos forma:
 - a. Transmitido por radiación a través de ventanas y absorbido en el interior del local por superficies y mobiliario.
 - b. Absorbido por paredes o techos expuestos a los rayos solares y transferidos al interior del local.
3. Calor y humedad introducidos con la infiltración del aire a local.
4. Carga de calor sensible y latente de los ocupantes del local.
5. Carga de calor de la maquinaria, aparatos eléctricos, alumbrados y equipo de combustión.

3.3. Equipo utilizado en el aire acondicionado

Para la implementación de aire acondicionado es necesaria la utilización de las siguientes herramientas, el proceso se muestra a continuación:

Figura 11. Equipo utilizado en aire acondicionado



Fuente: <HTTP“www.aireacondicionado.com>, 2003

3.3.1. Compresor

El compresor es el encargado de aspirar los vapores del fluido frigorífico (Gas *Freón*) a baja presión y baja temperatura. Gracias a la energía mecánica aportada por el compresor se puede elevar la presión y la temperatura del vapor refrigerante.

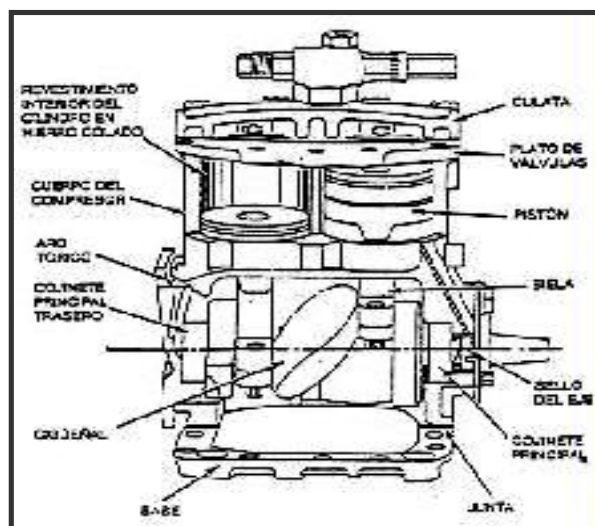
3.3.1.1. Diseños

Esta unidad tiene dos funciones principales en e ciclo, se clasifica con frecuencia como e corazón del sistema, porque es el que hace circular al refrigerante por el sistema. Las funciones que lleva a cabo son:

- a. Recibir o eliminar el vapor de refrigerante del evaporador, de modo que se puedan mantener en él la temperatura y presión deseadas.
- b. Aumentar la presión del vapor de refrigerante mediante el proceso de compresión, y en forma simultánea aumentar la temperatura del vapor para que ceda su calor a medio de enfriamiento del condensador.

En la siguiente figura se muestra el diseño de un compresor y las partes de del cual consta:

Figura 12. Diseño del compresor



Fuente: <HTTP“www.aireacondicionado.com”, 2003

3.3.1.2. Tipos de compresores

Los compresores se clasifican en general en tres tipos principales:

- a. Alternativos o reciprocantes
- b. Rotatorios
- c. Centrífugos

El compresor alternativo se usa en la mayor parte de las aplicaciones pequeñas, comerciales e industriales, en unidades condensadoras. Este tipo compresor se puede clasificar a su vez de acuerdo a su construcción, si es abierto y accesible para servicio en el campo, o completamente hermético y sin podersele dar servicio en el campo.

El compresor centrífugo comprende ventiladores, hélices y turbinas, en las cuales la fuerza de bombeo depende de la velocidad del impulsor y del momento angular entre el impulsor rotativo y el fluido (refrigerante)

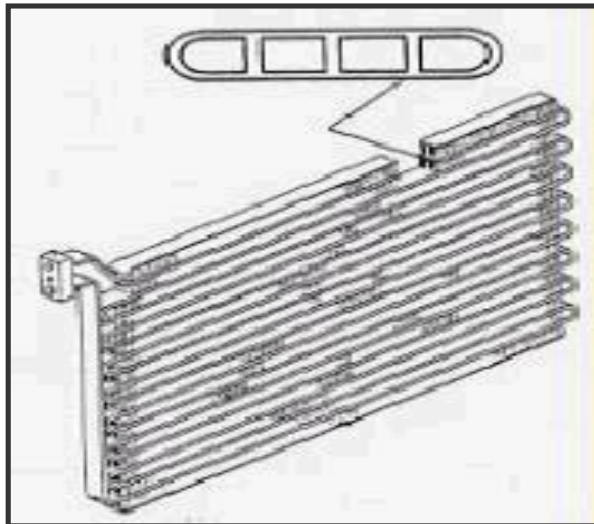
3.3.2. Condensador

El condensador de un circuito frigorífico es un intercambiador de calor situado a la salida del compresor, que recibe el gas comprimido por éste, a alta temperatura. El vapor caliente a alta presión P2 que proviene del compresor se dirige al condensador.

El condensador hace la función de intercambiador de calor en el que circula por el exterior el fluido a recalentar (aire) e interiormente el fluido frigorífico.

La siguiente figura muestra el diseño de un condensador:

Figura 13. Diseño del condensador



Fuente: <HTTP“www.aireacondicionado.com”, 2003

3.3.3.1. Condensación

La condensación de un vapor puede producirse en varias formas una de ellas es extrayendo calor en donde se aumenta la presión y se mantiene la temperatura constante; y la otra es combinando ambo métodos en donde un vapor saturado es aquel que en una condición tal que cualquier enfriamiento posterior causará la condensación de parte del vapor.

Cuando se enfría el vapor, las moléculas no pueden mantener la suficiente energía y velocidad para vencer las fuerzas atractivas mutuas y permanecer como moléculas de vapor.

Algunas moléculas, sujetas a las fuerzas de atracción recuperan la estructura molecular del estado líquido, si se sigue extrayendo calor más moléculas licuarán, hasta convertirse todas en líquido. La rapidez con la que fluya el calor a través de las paredes del condensador al medio condensante es una función de tres factores:

3.3.2.2. Área de superficie condensante

La diferencia de temperaturas entre el evaporador refrigerante y el medio condensante. Si se consideran los antiguos condensadores de tubo de cobre y aletas de aluminio, con tubo de unos 10 mm de diámetro, la separación entre tubos era de unos 20 mm con lo que cabían pocos en un espacio fijo. Si en vez de tubo de 10 mm se utilizaran tubos de 5 mm de diámetro cabrían mas tubos en el mismo espacio.

Pero esta operación no es tan simple, porque al reducir el paso aumenta la pérdida de carga y pasa menos gas. La sección de un tubo de 10 mm es de 78,54 mm². La sección de un tubo de 5 mm es de 19,63 mm². Por lo cual para simplemente, tener la misma sección habría que colocar 4 tubos de 5 por cada uno de 10, sin tener en cuenta las perdidas de carga. Para lograr una mejor condensación se han construido tubos de aluminio extrusionados y reticulados. De esta forma se acerca la totalidad del gas a las paredes del tubo, con lo cual se aumenta la conductibilidad del calor y con menos longitud se mejora la condensación. Se ha mejorado aún este sistema con los condensadores de flujo paralelo, que también usan tubos de aluminio extrusionado y reticulado, pero de menor grosor tanto el tubo como las paredes y para obviar el problema de las perdidas de carga se montan haces tubos entre los colectores con lo que se aumenta mucho el paso de gas.

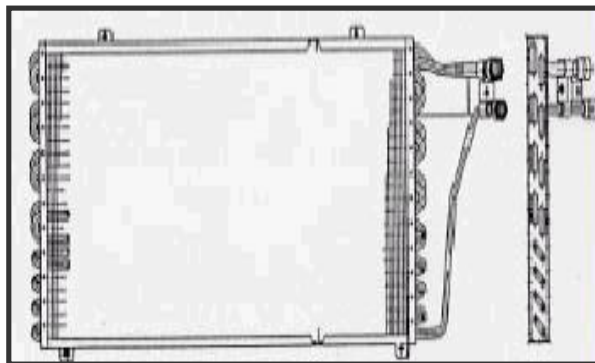
3.3.2.3. Tipos de condensador

Existen varios tipos de condensador, los más comerciales son:

a. Serpentin de tubo de cobre y aletas de aluminio

Normalmente estos condensadores están formados por dos circuitos paralelos de tubo de cobre. Igual que en los evaporadores está formado por tiras de aletas embutidas y dobladas. A través de las mismas se colocan las horquillas de tubo de cobre. Formado el paquete los tubos son expansionados haciéndose el total contacto con las aletas. Finalmente se sueldan las curvas a los tubos en horquilla formando los circuitos y los tubos de entrada y salida.

Figura 14. Serpentin de tubo de cobre



Fuente: <HTTP“www.aireacondicionado.com”, 2003

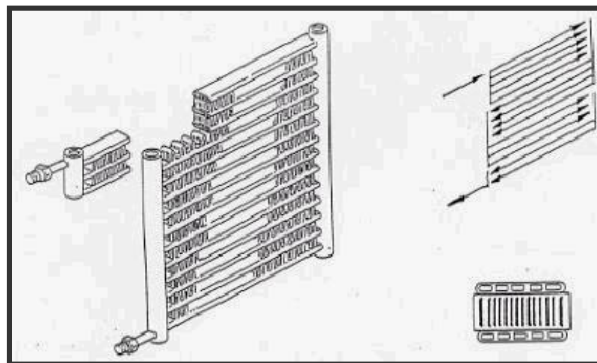
b. Serpentin de tubo reticulado

Este modelo tiene la ventaja sobre otros modelos que su rendimiento es muy elevado y el precio menos caros que los otros. Entre los tubos planos va una aleta de aluminio embutida, soldada al horno.

c. Flujo paralelo o multiflujo

Este tipo es el de mayor rendimiento existente; su construcción es parecida a los radiadores. Formado por dos colectores laterales unidos por tubo reticulado extrusionado de sección muy delgada unos 2 mm de grosor en aluminio. Entre los tubos, aleta embutida rasgada y doblada en zigzag.

Figura 15. Diseño de flujo paralelo



Fuente: <HTTP““www.aireacondicionado.com>, 2003

Todo el conjunto es soldado al horno por el sistema nocolock. El paquete de tubos es cambiado en sentidos direccionales de paso por medio de placas insertadas en los colectores. Este tipo de condensador fue proyectado para trabajar con el nuevo refrigerante R-134a.

d. Flujo paralelo y serpentines

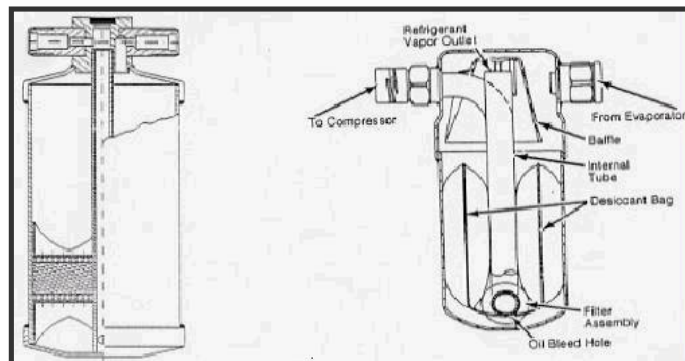
Este modelo también de un alto rendimiento es de fabricación similar al modelo anterior. Pero los tubos en vez de ser tramos rectos forman serpentines en forma de S con lo cual permite que las dilataciones y contracciones producidas al calentarse y enfriarse tiene un cierto nivel de elasticidad mejorando el rendimiento por fatiga.

3.3.3. Filtro deshidratador

El filtro es uno de los componentes básicos del sistema de aire acondicionado. Su función es múltiple:

- Retiene partículas
- Retiene humedad
- Retiene partículas ácidas
- Actúa como contenedor de gas líquido
- Algunos disponen de mirilla, control de calidad de condensación.

Figura 16. Diseño del filtro deshidratador



Fuente: <HTTP"www.aireacondicionado.com">, 2003

De construcción y forma muy diversas. Normalmente de tubo acero sin soldaduras con una tapa superior y otra inferior. Embutidos en acero, extrusionado de aluminio, etc. Lo que sí es común en todos los modelos es una entrada por su parte superior y salida mediante un tubo sonda desde la parte superior hasta casi el fondo. En el tubo sonda va dispuesto un " *sándwich* " formado por una chapa con taladros, un disco de fieltro, una capa con cierta cantidad de deshidratante, otro disco de fieltro y otra chapa perforada.

El material deshidratante es un producto que básicamente absorbe la humedad y para el que se han utilizado distintos productos como silicagel, Molecular Sieves etc. El mas utilizado son las zeolitas, que se presentan en forma de bolitas cerámicas de oxido de silicio (97%) y oxido de aluminio (3%). Tal como se ha dicho, entre el compuesto de las bolitas circulan libremente las moléculas de refrigerante y de los lubricantes pero no las de agua o ácido que quedan absorbidas en las mismas, pudiendo llegar a saturar el conjunto en caso de altas cantidades.

En este caso, tanto el agua como los ácidos acaban pasando y circulando por el sistema siendo causantes de graves problemas. Las zeolitas en algunos casos van compactadas en forma de tubo de diámetro interior igual al tubo sonda y exterior igual al interior del tubo-cuerpo filtro, para evitar que el paso del gas se muevan rozando entre si y produciendo un polvillo que se sitúa sobre el fieltro inferior taponando el paso del gas e inutilizando el filtro.

Es muy aconsejable cambiar los filtros:

- a. Cada tres años, especialmente en los coches con climatizador
- b. Cuando por accidente se producen roturas en el condensador o tuberías.
- c. Cuando por trabajos de mecánica se ha dejado el circuito abierto varios días.
- d. Cuando se congela o la temperatura es caliente en la entrada y fría a la salida.
- e. Cuando se tapona o hay dudas de posible taponamiento.

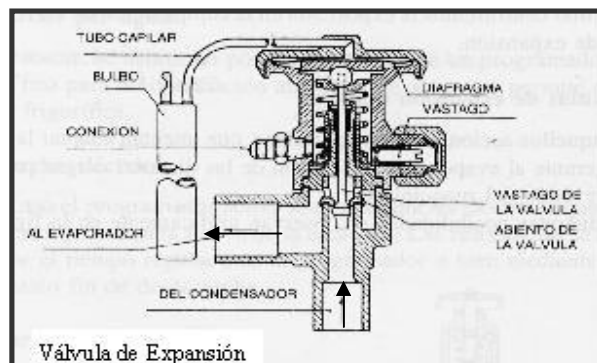
3.3.4. Válvula de expansión

El funcionamiento de una válvula de expansión es como se indica a continuación: A esta válvula llega el gas licuado procedente del condensador, por lo que tiene un acoplamiento para entrada y otro de salida.

Su construcción puede considerarse como en forma de cruz. Entre la entrada y la salida hay un cierre, normalmente una bola de acero 15, que empujada por un resorte 14 efectúa el cierre. Este resorte es regulable por un tornillo inferior 13.

En la parte superior se encuentra una membrana de acero redonda cerrada por dos tapas, una inferior 20 que va soldada al cuerpo de la válvula 12 y otra superior 6 soldadas entre sí. A la tapa superior lleva soldado un tubo capilar 2 al final del cual se efectúa arrollamiento que actuará como sensor. Este arrollamiento se hace para ganar superficie de sensor pero también se utiliza un tramo de tubo más grueso cerrado por un extremo y con el tubo capilar soldado al otro extremo.

Figura 17. Válvula de expansión



Fuente: <HTTP“www.aireacondicionado.com”, 2003

En la parte inferior de la membrana hay un platillo de apoyo y el eje 17 que se apoya en el otro extremo de la bola cierre. Esta válvula, aunque es regulable, hay que preseleccionarla cuando se diseña el evaporador según el caudal que será necesario para su buen funcionamiento.

La parte superior de la membrana, tubo capilar y arrollamiento o bulbo, va rellena de gas en fase líquida que se mantiene a presión. El bulbo va fijado firmemente sobre el tubo de salida del evaporador y aislado por medio de pasta de caucho con el fin de que el gas contenido en su interior pueda detectar cualquier cambio de temperatura en el tubo de salida del evaporador.

Cuando el gas que sale del evaporador, sale mas caliente o frío, esta temperatura se transmite al gas del bulbo. Este gas cuando se enfría baja su presión, deja de empujar la membrana, esta al eje del cierre y la bola cierra el paso de gas al evaporador durante unos segundos mientras esta temperatura de gas se mantiene baja a la salida del mismo.

Durante este tiempo de cierre, el aire del habitáculo sigue pasando a través del evaporador y cediendo temperatura al gas que sigue expansionándose con lo que su temperatura aumenta.

Este aumento de temperatura es captado por el sensor calentándose su propio gas y aumentando su presión que por medio de la membrana empuja con el eje, la bola de cierre provocando la apertura de la válvula y el paso de gas al interior del evaporador donde se expansiona y repite el ciclo, al enfriarse el gas vuelve a enfriar el del sensor que baja su presión, cede el esfuerzo del resorte provocando el cierre de la válvula.

Estos ciclos se producen constantemente, con lo cual el gas se mantiene en el evaporador a una presión casi constante y su funcionamiento es correcto. La válvula de expansión descrita es con compensación de presión interna, porque la parte inferior de la membrana está expuesta a la presión de expansión en el evaporador.

Hay otro tipo de válvula de expansión muy parecida a la descrita pero con un tubo capilar que va desde la cámara inferior de la membrana hasta una conexión en el tubo de salida del evaporador junto a la fijación del bulbo sensor.

Esta válvula tiene una, llamémosle pared, que separa la cámara bajo membrana del conducto de salida del gas hacia el evaporador, esta "pared" está atravesada por los ejes de apoyo del platillo que sostiene el apoyo de la bola de cierre.

a. Válvulas de expansión monobloque

Actualmente se usan este tipo de válvula sin bulbo externo ya que interiormente efectúan la compensación necesaria y el trocito de capilar que llevan algunas es únicamente para cargar de gas la parte superior de la membrana.

El platillo de apoyo de la membrana comunica a ésta y ésta a su vez al gas contenido en su cámara superior (el cual disminuye o aumenta su presión) la temperatura del gas a la salida del evaporador.

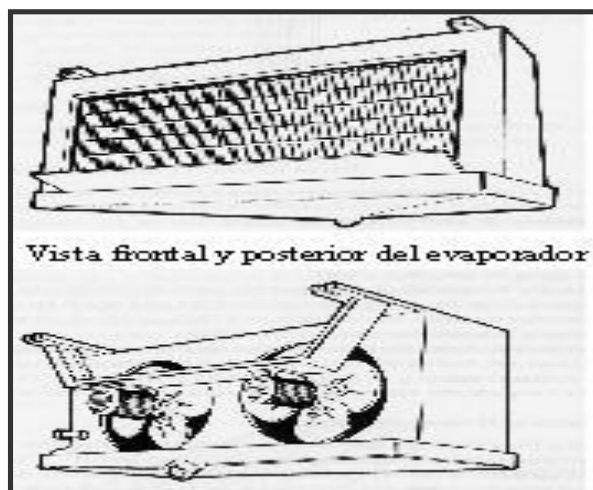
b. Válvulas de expansión de tubo

En algunas instalaciones de aire acondicionado en diversos modelos de automóvil (MB-Audi-Ford-GM) utilizan las llamadas válvulas de tubo ya que van situadas en el tubo de entrada del evaporador y además porque en su interior llevan un tubito calibrado según necesidades a través del cual pasa siempre la misma cantidad de gas líquido. El tipo de paso viene dado por el color del plástico que forma su cuerpo blanco, naranja, rojo, verde, negro.

3.3.5. Evaporador

El evaporador es un intercambiador de calor en el que circula por un lado el fluido frigorífico que proviene de la válvula de expansión y por otro lado del fluido exterior (aire) al que se le extrae calor. El fluido líquido que proviene de la válvula de expansión alcanzará la ebullición en el evaporador absorbiendo calor del aire exterior. Cuando el fluido frigorífico esta totalmente vaporizado.

Figura 18. Vista frontal y posterior del evaporador



Fuente: <[HTTP://www.aireacondicionado.com](http://www.aireacondicionado.com)>, 2003

3.3.5.1. Generalidades

Para un conocimiento más amplio de los evaporadores es necesario estudiar algunos conceptos importantes:

a. Visor de líquido

La presencia de burbujas permite sospechar la falta de fluido *Frigorífi* de los vapores del fluido llega a la temperatura de equilibrio entre el líquido y el vapor en la fase 2. El vapor se condensará entonces a una temperatura y presión constantes (fase de condensación) Cuando todo este vapor se ha condensado, puede tener lugar el subenfriamiento formado desde el estado 4 al 5.

b. Tubería de descarga

Esta tubería une el compresor con el condensador. Los vapores descargados son calientes y el aceite arrastrado por la tubería será muy fluido.

c. Tubería de líquido

Esta tubería une el condensador con el recipiente de líquido en la que habitualmente encontraremos también el visor de líquido.

d. Tubería de alimentación de líquido

Esta tubería une el recipiente de líquido con la válvula de expansión.

El líquido que circula por ella se encuentra subenfriado y es imprescindible que no presente vaporización en este tramo ya que perturbaría el buen funcionamiento de la válvula de expansión.

e. Tubería de aspiración

Esta tubería une el evaporador con el compresor, al estar fríos los vapores de aspirados, el aceite en circulación es más viscoso; será necesario tomar las medidas oportunas para asegurar su retorno al compresor.

Una de las partes básicas del conjunto frigorífico es el evaporador, ya que es quien logra el éxito de la instalación y produce el *comfort* que se espera de él. El Evaporador es un intercambiador de calor en el cual se efectúa el paso del gas de fase líquida a fase gas.

3.3.5.2. Tipos de evaporador

Los evaporadores para aire acondicionado pueden ser de varios tipos diferentes:

a. Serpentín de tubos

Este tipo de evaporador está formado por varios serpentines de tubos de cobre o aluminio en forma de horquilla que se montan por un lateral del evaporador entre aletas en forma de placas. Cuando está completado el montaje de tubos en las aletas, estos son expansionados de forma mecánica con lo cual se logra que el tubo quede prensado al alojamiento labiado de las aletas lográndose con ello un perfecto contacto entre el tubo y la aleta y que las aletas queden situadas a la distancia exacta para la que han sido fabricadas.

Las placas de aletas, además de los agujeros labiados son prensadas en un ligero zigzag para lograr que el aire al pasar entre ellas lo haga chocando constantemente y así ceda mejor el calor. Finalmente el panel formado por los tubos en horquilla y las aletas es acabado soldando las curvas que cierran los serpentines y los acoplamientos de entrada y salida de gas.

La entrada de gas desde la válvula de expansión es a través de un tubo de diámetro adecuado hasta el distribuidor repartidor al que se unen tantos tubos como circuitos tiene el evaporador. Estos tubos deben de tener todos exactamente la misma longitud con el fin de que el gas entre en la misma cantidad exacta en cada circuito. La salida del evaporador es mediante un tubo de mayor diámetro al cual acude uno de cada circuito.

b. Serpentin de tubo plano foliculado

Este tipo de evaporador es de buena efectividad y muy económico. Resulta muy pesado debido al tubo extrusionado por el grueso de sus paredes y celdillas. Estas celdillas reparten el paso del gas que en sí es adecuado, pero el rendimiento no es lo efectivo que debería ya que las celdillas centrales no rinden a toda su efectividad por quedar bastante escondidas del flujo del aire. Entre le tubo del serpentin va soldada una tira de aleta cortada y doblada en forma de *zigzag*.

c. Evaporador de placas

Evaporador de flujo paralelo, construido con finas placas embutidas soldadas al horno por el sistema de inducción conjuntamente con los tubos de entrada y salida. Los tubos de unión entre placas, no son tales, están formados por las propias placas.

Entre las placas van tiras de aletas rasgadas y en forma de zigzag soldadas junto con las placas de una sola vez. Este evaporador es de muy buen rendimiento y muy bajo costo.

3.4. Equipo de medición y pruebas en aire acondicionado

En trabajos de aire acondicionado se utilizan varios instrumentos y equipo de medición de diversos tipos. A continuación se describen algunos de ellos:

3.4.1. Mediciones de temperatura

Al analizar un sistema de aire acondicionado es importante contar con indicaciones exactas de temperatura. El instrumento más común para medirla es el termómetro de vidrio de bolsillo. La parte superior del termómetro tiene un anillo para fijar un hilo y colgarlo, si es necesario.

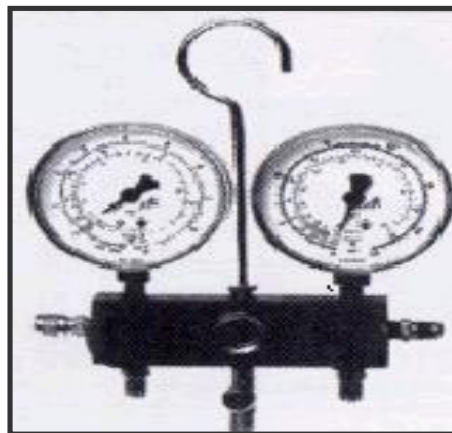
Los límites de temperatura varían en esos termómetros pero una escala utilizable es la -30 a +120 °F (-34 a 48 °C), y tiene marcas cada 2 °F. Algunos son de mercurio pero otros tienen alcohol teñido de rojo que es más fácil de leer.

3.4.2. Mediciones de presión

Las mediciones de temperatura se llevan a cabo, en general, fuera del sistema trabajado. Pero también es necesario que el técnico de servicio conozca lo que sucede dentro del sistema, y esto se conoce principalmente a través de mediciones de presión.

El instrumento utilizado para esta medición es el manómetro, en casos normales el manómetro está gravado de 0 a 500 psi en divisiones de 5 psi. El manómetro compuesto se usa en lado de baja, o de presiones de succión y sus graduaciones en general son de 30 pulg. de vacío a 120 psi; así, puede medir presiones arriba y debajo de la presión atmosférica.

Figura 19. Diseño del manómetro



Fuente: <[HTTP://www.aireacondicionado.com](http://www.aireacondicionado.com)>, 2003

3.4.3. Purgado

Cuando un sistema queda expuesto a las condiciones atmosféricas durante un corto tiempo (menos de 5 min. por ejemplo) al cambiar un componente, se hace necesario purgar el sistema para sacar cualquier contaminante que pudiera haberle entrado. Igualmente, durante la instalación, si los tubos del refrigerante se abren durante más de 5 minutos, se debe purgar el sistema. La teoría del purgado es emplear una carga de refrigerante gaseoso a alta velocidad para sopar cualquier contaminante del sistema.

3.4.4. Evacuación

La evacuación correcta de una unidad eliminará los no condensables (principalmente aire, agua y gases inertes) y asegurará un sistema hermético y seco antes de la carga.

Hay dos métodos para evacuar un sistema: el de alto vacío y el de evacuación triple. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas. La selección depende de varios factores: tipo de bomba de vacío disponible, tiempo del que se dispone para hacer el trabajo, y si hay agua líquida en el sistema.

3.4.5. Bomba de vacío

Bombas de vacío podemos encontrar de muchos tipos en el mercado, pero la más utilizada en el caso de aire acondicionado industrial es la bomba de vacío de simple efecto, también llamada de una etapa. En lo único que varían las bombas es en su poder a absorción

La bomba consta de los siguientes componentes: Motor eléctrico, cuerpo de bomba, mirilla de aceite, tapón de llenado y tapón de vaciado del aceite de la bomba, espiga de conexión de manguera y espiga de salida de manguera.

Muchos fabricantes son de la opinión de usar una bomba para R-22 y otra bomba para otro tipo de refrigerantes debido a que el aceite de estas bombas varía según sea el tipo de refrigerante que se este utilizando pero se ha demostrado que se puede utilizar la misma bomba para los diferentes gases, de hecho se montan estaciones de carga para empresas de aire acondicionado industria, con distintos analizadores, distintas mangueras y una única bomba de vacío.

En el caso de la compra de una bomba debe hacerse el llenado de esta con el aceite suministrado, por el tapón situado en la parte alta del cuerpo de la bomba hasta que llegue el aceite a la mitad del visor de líquido. Este aceite es conveniente cambiarlo aproximadamente cada 50 usos de la bomba, aunque los talleres no suelen cambiarlo hasta que se acuerdan. Y sobre todo muy importante comprobar periódicamente el nivel del aceite ya que si este baja mucho podríamos clavar el cuerpo de la bomba.

Figura 20. Diseño de bomba de vacío



Fuente: <HTTP“www.aireacondicionado.com”, 2003

4. ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA LAS OFICINAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

El propósito fundamental del aire acondicionado es proveer un ambiente saludable y confortable a las personas que ocupan el local en donde ha sido instalado, para esto se requiere del conocimientos de factores que afectan el confort.

El cuerpo humano es una máquina que continuamente produce calor debido al metabolismo que es el proceso de la oxidación de la comida. La producción de calor puede variar en forma directa con la cantidad de trabajo que el cuerpo realice. El calor producido por es cuerpo es continuamente disipado hacia sus alrededores en forma directa a la que se esta produciendo para mantener una temperatura interna constante de 98.6 °F (37 °C).

En este contexto, se hace necesario el estudio de la Escuela Ingeniería Mecánica, con el fin de analizar todos los factores involucrados para una adecuada implementación de aire acondicionado dentro de las oficinas administrativas, sin olvidar la importancia de un correcto calculo de cargas y una adecuada distribución de red eléctrica

4.1. Proyecto de aire acondicionado

Para este proyecto de aire acondicionado se utiliza el método de *JENNINGS-LEWIS*, que sirve para el cálculo del suministro de aire acondicionado, para inyectar a las oficinas de la Escuela de Mecánica.

4.2. Cálculo de cargas

Para el cálculo de cargas se utiliza la tabla proporcionada por Carrier:

Tabla II. Selector de acondicionadores de aire

CARRIER INTERNATIONAL LIMITED

CATEGORIA	TAMAÑO	FACTOR	TEMPERATURA EXTERIOR	Btu/h QS	Btu/h QL
1. VENTANAS EXPUESTAS AL SOL (Usar únicamente ventana con la orientación que produzca la mayor carga)	LAT.N LAT.S. S. N,E SO NO O O NO,SE EN,SO	N/A	*P.C. P.C. P.C. P.C. 90 95 100 105 110 42 45 50 55 60 77 80 85 90 95 95 100 105 110 115 57 60 65 70 75	N/A	
2. VENTANAS NO INCLUIDAS EN 1	LAT.S.	132	P.C. <u>20</u> 25 30 40 45	2639	
3. PAREDES EXPUESTAS AL SO (Considere solamente la pared con igual orientación que la ventana 1)	LAT.S. Construc. Liviana Construí. Maciza	N/A	P.L. **P.L. 60 70 80 40 45 40 50 60 70 80	N/A	
4. PAREDES EXTERIORES NO INCLUIDAS EN 3.	LAT.N,E,O	64	P.L. <u>25</u> 35 45 55 65	1620	
5. PAREDES INTERIOES	Si el espacio adyacente no esta acondicionado	71	P.L. <u>20</u> 30 40 50 60	1420	
6. TECHO (Escoja el tipo de techo que mejor describa la habitación)	Habit. no acond. arriba Con desván sin aislar Aislada 2+ Horizontal con Cielo raso, sin aislar Aislada 2+ Concreto sin aislar	1046	P.C. P.C. P.C. P.C. P.C. P.C. 1 3 5 7 9 8 10 13 15 17 3 3 4 4 5 <u>7</u> 8 9 10 11 3 3 4 4 5 14 16 18 20 22	5230	
7. PISO	Espacio debajo no acond. No incluir piso const. sobre el suelo o sótano debajo	N/A	P.C. 2 3 5 7 9		
8. PERSONAS	Incluye ventilación	20	Qs. 245 Ql. 205	4900	4100
9. LUCES Y APARATOS ELECTRICOS EN FUNCIONAMIENTO	3,000 vatios	3.4		10200	
10. PUERTAS QUE SE MANTIENEN NORMALMENTE ABIERTAS		3	P.L. Qs. = 80 250 300 350 QL = 170	240	510

*P.C. = Pie cuadrado

**P.L. = Pie lineal

CALOR SENSIBLE TOTAL

CALOR LATENTE TOTAL

26 249

4610

A continuación se describe el procedimiento para encontrar las cargas utilizando los datos obtenidos de la tabla de selector de acondicionadores de aire.

a. El cálculo del aire acondicionado de suministro

$$\text{SHR} = \text{Qs.} / (\text{Qs} + \text{QL})$$

$$\text{SHR} = 26249 / (26249 + 4610) \text{ (VER TABLA II)}$$

$$\text{SHR} = \mathbf{0.85}$$

En donde:

SHR = Factor de calor sensible

Qs. = Carga total de calor sensible

QL. = Carga total de calor latente

b. Cálculos para encontrar la cantidad mínima de aire a suministrar (W) al ambiente

$$W = \text{Qs. (total)} / 0.2244 \text{ (tr . ts)}$$

$$W = 26249 / 0.2244 \text{ (75 . 59.7)}$$

$$\mathbf{W = 7653 \text{ libras de aire seco por hora}}$$

En donde:

W = Aire suministrado al ambiente

Tr = Temperatura a mantener en el espacio interior (°F bulbo seco)

Ts = Temperatura de suministro

c. Cálculos para encontrar el suministro del volumen de aire por minuto utilizando $V_s = 16.06 \text{ p}^3/\text{lb}$. (Leído de Carta Psicrométrica) a $59.7 \text{ }^\circ\text{F}$ ($15.4 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$\text{CFMs} = W (1/60) v_s$$

$$\text{CFMs} = 7653 (1/60) 16.06$$

$$\text{CFMs} = 2048.4 \text{ p}^3/\text{lb}.$$

En donde:

CFMs = Volumen de aire de suministro p^3/min .

V_s = Volumen de aire de suministro por libra de aire seco p^3/lb .

d. Cálculos para encontrar el volumen de aire de suministro al equipo (CFMoa), debido a las personas

$$\text{CFMoa} = \text{CFM/persona} * \text{No. De personas}$$

$$\text{CFMoa} = 15 * 20$$

$$\text{CFMoa} = 300 \text{ p}^3/\text{min}.$$

En donde:

CFM = Volumen de aire por minuto que debe tener persona.

Nota:

Para el valle de Guatemala se toma una temperatura de bulbo seco de $83 \text{ }^\circ\text{F}$ ($28.33 \text{ }^\circ\text{C}$) y $69 \text{ }^\circ\text{F}$ ($20.56 \text{ }^\circ\text{C}$) bulbo húmedo (fuente ASHRAE). Se utilizaron los datos de ASHRAE debido a que los del INSIVUMEH son un promedio y no proporcionan un indicativo de las condiciones máximas pudieran darse.

Con los datos anteriores se obtuvo de la Carta Psicrométrica $HR = 52.3\%$ (porcentaje de humedad relativa) y $voa = 16.89 \text{ p}^3/\text{lb}$.

e. Cálculos para encontrar el total de aire a suministrar al equipo (Woa)

$$Woa = CFMoa (60) / voa$$

$$Woa = 300 * 60 / 16.89$$

$$\mathbf{Woa = 1065 \text{ libras de aire seco por hora}}$$

f. Cálculo para encontrar el aire reciclado suministrado el equipo (WR) y el volumen del aire reciclado suministrado al equipo (CFMR)

$$Wr = Ws - Woa$$

$$Wr = 7653 - 1065$$

$$\mathbf{Wr = 6588 \text{ lb/h}}$$

$$CFMR = Wr (1/60) / VR$$

$$CFMR = 6588 (1/60) * 16.526$$

$$\mathbf{CFMR = 2177 \text{ p}^3/\text{min.}}$$

g. Cálculos para encontrar la temperatura de la mezcla del aire de retorno con el aire de suministro al equipo (tm)

$$Tm = (Woa * (toA) + Wr * (tR)) / W$$

$$Tm = 88395 + 573525 / 7653$$

$$\mathbf{Tm = 86.50 \text{ }^\circ\text{F}}$$

- h. Cálculos de la humedad específica y la temperatura de bulbo húmedo del aire necesario para satisfacer la condiciones de diseño utilizando $WR = 85.4$ gr/lb de aire seco y $hr = 31.45$ Btu/lb de aire seco**

$$W = QL (7000/1065) (1/Wr . Ws)$$

$$4610 = 8712 * (85.4 . Ws) (1065/7000)$$

$$\mathbf{Ws = 80.50 \text{ gr/lb de aire seco}}$$

Nota:

De la Carta Psicrométrica para 80.50 gr/lb de aire seco y una temperatura de 59.7 °F (15.39 °C) bulbo seco, el correspondiente valor de la entalpía es 26.9 Btu/lb de aire seco.

Debido a que el aire necesario para la ventilación es de 5.175 p³/min. A 83 °F (28.33 °F °C) bulbo seco y 69 °F (20.56 °F) bulbo húmedo y VOA = 16.89 p³/lb entonces:

$$W_{vent} = 30 * 60 / 16.89$$

$$\mathbf{W_{vent} = 1065}$$

$$hoA = 36.6 . 0.2$$

$$\mathbf{hoA = 36.40}$$

$$\mathbf{WoA = 106 \text{ gr/lb de aire seco}}$$

- i. La carga de enfriamiento del aire reciclado es**

$$W_{vent} (hoA . hs) = 1065 (36.4 . 26.9)$$

$$\mathbf{W_{vent} (hoA \ddot{E} hs) = 10117 \text{ Btu/h}}$$

j. La carga de enfriamiento del aire reciclado es

$$W_{recic} (hR \cdot hs) = (7653 \cdot 106) \cdot 4.5$$

$$W_{recic} (hR \cdot hs) = 33,961 \text{ Btu/h}$$

Por lo tanto la refrigeración absorbida por los serpentines es:

$$33961 + 10117.5 / 12000$$

3.7 Toneladas. Se recomienda utilizar 4 toneladas

Nota:

Cuando 12000 Btu es igual a una tonelada.

Tabla III. Resumen de cargas

PARTIDA PRODUCTORA DE CARGA	Btu/h	
	Q.s.	QL.
Paredes y cargas	5679	
Luces y aparatos eléctricos	10200	
Puertas abiertas normalmente	240	510
Qs. Metabólico	4900	4100
Techo	5230	
Carga total de calor sensible	26249	

4.3. Diseño de la red eléctrica

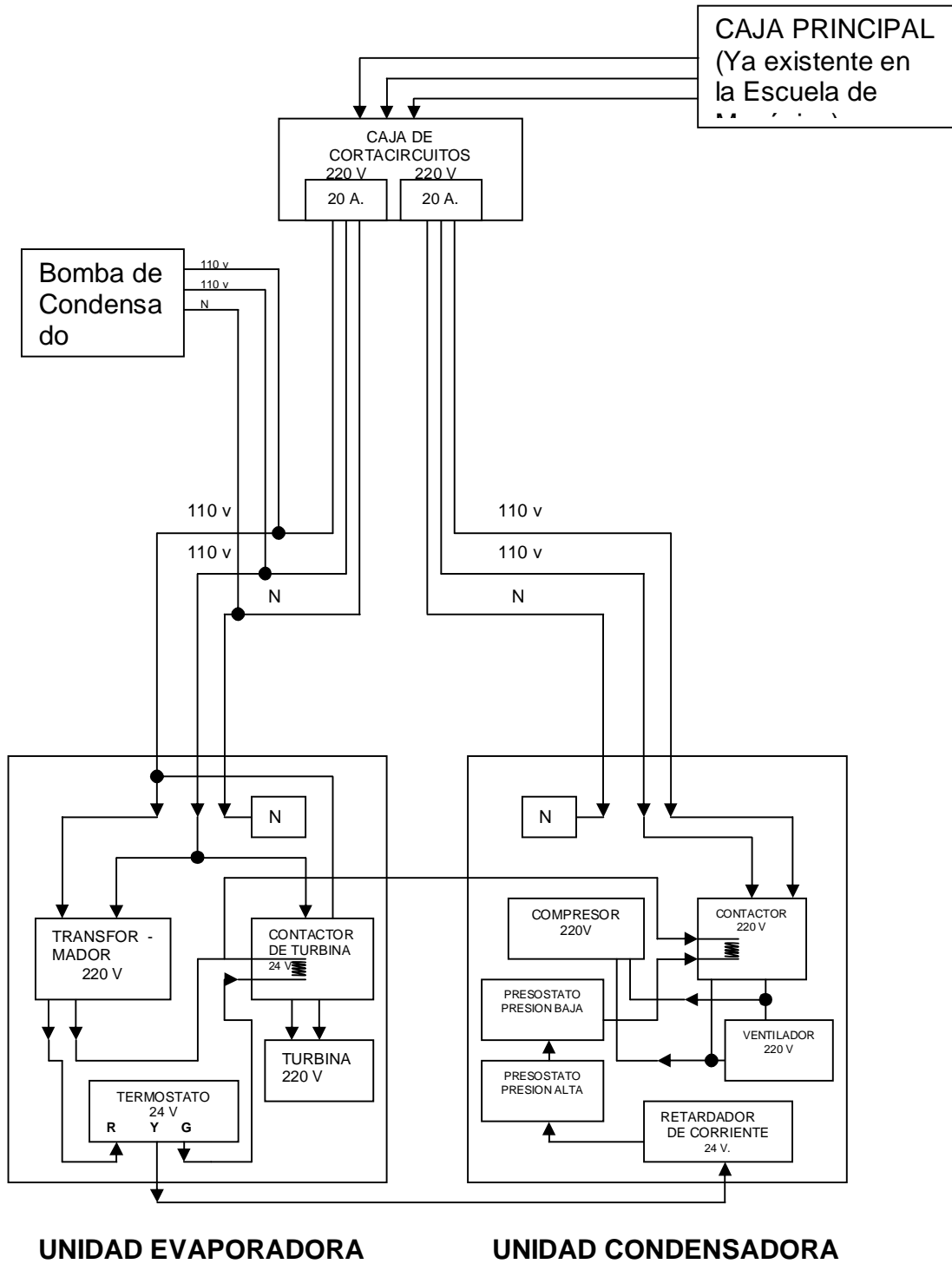
La Escuela actualmente tiene una red eléctrica que funciona con un voltaje de 440, 220 y 110 con conexión estrella, para la implementación de climatización se utiliza un voltaje de 220 monofásico; con los voltajes anterior, se procede al cálculo del calibre de cable a utilizarse, en este caso en particular se utiliza un cable calibre No. 10 según la norma THHN.

Es importante conocer la distancia que hay del punto de salida (caja principal) al punto de entrada de corrientes (equipo de aire acondicionado); esto con el fin de no sobrecargar el amperaje de la red existente. Esta distancia es de 50 mt.

Conociendo los datos anteriores, es fácil definir el tipo de protección que se proporciona al equipo de aire acondicionado, es decir; si se tiene un consumo de 32 amperios se debe colocar un sistema de seguridad que sea capaz de soportar 40 amperios, el objetivo principal de esto es evitar una sobrecarga de amperaje en el accesorio interno del equipo de aire acondicionado.

El diseño de la red eléctrica se muestra con detalle en la siguiente figura:

Figura 21. Diseño de la red eléctrica



4.3.1. Contactores

El contactor a utilizarse consta de un embobinado suministrado con 24 voltios y monofásico de 40 amperios, que permite manejar corrientes muy altas operadas con corrientes muy bajas. Éste contactor permite el encendido directo del compresor y el ventilador suministrado con operadores muy sensibles.

En esencia el trabajo primordial del contactor es el paso de dos corrientes vivas 110 voltios que al unirse hacen un voltaje de 220.

4.3.2. Retardador de turbina

El retardador de turbina tiene el mismo funcionamiento que el contactor suministrada también son 24 voltios, con la diferencia que éste solo maneja una corriente 110 voltios y se utiliza con 20 amperios. Además de ello tiene como fin el arranque de la turbina, la cual tiene ya una corriente positiva directa; y ésta al unirse con la salida del relay fan hacen el 220 que es el voltaje necesario para el arranque de la turbina.

4.3.3. Termostato

Es un sensor eléctrico que sirve para indicar la temperatura actual y la temperatura que se desea tener, normalmente un termóstato para aire acondicionado tiene una entrada llamada R (color rojo) ésta es el suministro de 24 voltios y dos salidas denominadas Y (color amarillo) y G (color verde) donde Y es la señal que corresponde a la unidad condensadora y G para la unidad manejadora.

4.3.4. Corta circuitos

Es un sistema de seguridad que automáticamente corta la corriente cuando esta se excede del amperaje que indica; en el caso de la red eléctrica para la Escuela se utiliza dos corta circuitos dobles 220 voltios del cual es primero de ellos suministrara la energía para la unidad condensadora y el segundo la energía suministrada a la unidad evaporadora, cualquier problema que se presente de una elevación de amperaje en la unidades automáticamente éste corta la energía.

4.3.5. Retardador de corrientes

El retardador de corrientes también es un sistema de seguridad que se utiliza para evitar la sobrecarga de amperaje; éste se localiza en la unidad condensadora y su objetivo principal es evitar el arranque al mismo tiempo de las dos unidades; éste accesorio es programable y su programación comprende desde medio minuto hasta media hora o más. El suministro de energía existente es de 24 voltios para la implementación de sistema de climatización.

4.3.6. Transformador de corrientes

Consiste en un embobinado que une varias placas de metal que sirven como disipadores de calor su objetivo primordial es el de transformar corrientes muy altas a corrientes muy bajas; en éste caso el transformador a utilizar es con una entrada de 220 voltios a una transformada de 24 voltios. Éste accesorio es también conocido como fuente de poder, además de suministrar todo el circuito 24 voltios.

4.4. Valor estimado del equipo del aire acondicionado

Para la implementación de un sistema de climatización en la Escuela de Mecánica se utiliza el equipo llamado *Mini Split* marca *Carrier*

Este consta de:

6. Unidad evaporadora de aire acondicionado tipo consola, con capacidad de circular 1600 pies cúbicos de aire por minuto y 4 toneladas.
7. Unidad condensadora para aire acondicionado. Con capacidad de enfriamiento de 4 toneladas de refrigeración.
8. Tubería de cobre asilada con espuma de hule, para el sistema de refrigeración que unirá la unidad condensadora con la evaporadora.
9. Instalación de drenajes
10. Control remoto alambico, con control de apagado y encendido para una operación confiable del sistema. Además contiene un retardador electrónico que protege la unidad condensadora contra caídas de voltaje.
11. Termostato *Guard* para protección del control.

El equipo consta de 1 unidad completamente independientes, que opera con 230 v / 60 Hz.

El precio del equipo con sus accesorios e instalación de es \$ 8 000.00

4.5. Ventajas del equipo

El equipo *Mini Split* tiene varias ventajas que es importante mencionar, para un mejor conocimiento de este; algunas de ellas son:

1. El equipo no necesita de un cuarto de maquinas.
2. No se altera la estructura de las instalaciones de la Escuela.
3. El mantenimiento se puede hacer por separado en las unidades, por el funcionamiento.
4. El voltaje es operativo para que el equipo pueda ser instalada en la Escuela.
5. La distribución de aire será mejor aprovechada.
6. El equipo puede trabajar como ventilador de aire natural.

Nota:

Debido a la naturaleza del equipo no existen desventajas.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5. MONITOREO Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Para un óptimo funcionamiento del equipo de aire acondicionado es necesario realizar monitoreos y verificaciones constantes. Para el efecto en este capítulo se describen algunos pasos generales para monitoreo y una descripción de los posibles problemas que se puedan suscitar y sus posibles soluciones.

5.1. Generalidades

La acción del monitoreo y verificación del aire acondicionado, se realiza por medio de dos formas una interna y otra externa, la primera requiere de actividades que se describen a continuación y para la segunda requiere de un análisis más afondo de análisis de posibles problemas.

5.1.1. Visitas

Es recomendable hacer visitas al equipo por lo menos una vez al mes para verificar el funcionamiento del equipo, éstas comprenden los renglones de control del nivel de refrigerante y la inspección del recubrimiento de tuberías.

5.1.2. Revisiones

Comprende el chequeo del separador de aceite, chequeo de fugas, corriente eléctrica, corrosión, descarcha, eliminación de humedad, temperaturas y drenajes.

5.1.3. Lubricación

La frecuencia de lubricación en el equipo de aire acondicionado, se recomienda sea semanalmente.

Es importante respetar dentro del programa de limpieza la frecuencia recomendada por el fabricante de cada equipo. Todos aquellos elementos que no tengan una especificación particular, deben regirse al procedimiento establecido.

5.1.4. Limpieza

La limpieza debe realizarse en los filtros, además en el equipo e instalaciones por lo menos una vez por semana.

5.2. Análisis del problema

Para el análisis de problemas en aire acondicionado se trabaja con el supuesto de que la unidad ha sido revisada y esta en funcionamiento en forma correcta. Los problemas en el sistema de aire acondicionado se clasifican sólo en dos grupos: aire y circuito de refrigerante.

5.2.1. Aire

El único problema que puede suceder en cuanto al aire, es una reducción en cantidad. Los sistemas de manejo de aire no aumentan de repente de capacidad, es decir de cantidad de aire que pasa por el serpentín. Por otro lado, el sistema de refrigeración no aumenta de repente su capacidad de transferencia de calor.

Por tanto, lo primero que hay que revisar es la caída de temperatura del aire a través del serpentín de expansión seca. Después de medir las temperaturas del aire de suministro y de retorno, y de restarlas para obtener la caída de temperatura esto es: la temperatura es mayor o menor de % que debería ser, que es lo que se debe determinar primero. Esto se lleva a cabo con el psicrómetro de honda para medir y determinar la temperatura de bulbo húmedo del aire de retorno, y su humedad relativa; en este punto se puede determinar la caída adecuada de temperatura a través del serpentín, mediante la carta de caída de temperatura del aire para varias cargas.

Empleando la caída necesaria de temperatura y comparándola con la caída real, se puede clasificar al problema como de aire o del sistema de refrigerante. Si la caída real de temperatura es mayor que la necesaria, se ha reducido la cantidad de aire; es necesario buscar el problema en el sistema de manejo de aire. Estos problemas pueden ser:

- a. Filtros de aire
- b. Motor y transmisión del soplador

5.2.1.1. Filtros de aire

Los filtros de aire del tipo desechable se deben cambiar cuando menos dos veces al año, al principiar las estaciones de enfriamiento y de calefacción. En algunas zonas donde hay mucho polvo, se deben cambiar hasta cada treinta días. Como éste es el problema más común en las fallas de aire, es necesario revisar primero el sistema de filtración de aire.

5.2.1.2. Motor y transmisión del soplador

Para este problema es necesario revisar el motor y la transmisión en el caso de que haya transmisión por banda con el fin de asegurar lo siguiente:

1. El motor del soplador está bien lubricado y trabaja libremente.
2. Que el rodete del soplador esté limpio. Las aspas podrían estar llenas de polvo y tierra, u otros materiales. Si el rodete está sucio, se debe desmontar y limpiar, no se debe tratar de cepillar solamente, porque si, el trabajo de limpieza no es bueno, se ocasiona el desbalanceo del impulsor y se causa una excesiva vibración y ruido.
3. En los sopladores con transmisión de banda, los cojinetes de éste deben lubricarse y estar trabajando libremente.
4. La banda motriz del soplador, debe estar en buenas condiciones y con un ajuste correcto. Las bandas agrietadas o muy lisas se deben cambiar. Un vidriado excesivo se puede deber a demasiada tensión en la banda porque ésta se aprieta mucho en las poleas. El ajuste correcto se obtiene cuando se puede oprimir la banda al centro de las poleas, haciendo que se desvíe aproximadamente un centímetro por cada doce centímetros de distancia entre centros de poleas.

5.2.2. Sistema de refrigeración

Cuando la caída de temperatura a través del serpentín es menor que la necesaria, quiere decir que se ha reducido la capacidad de manejo de calor del sistema. En ese caso hay que buscar un posible problema en el sistema de refrigeración.

Estos problemas se pueden dividir en:

- a. Cantidad de refrigerante
- b. Flujo de refrigerante.

Si el sistema tiene la cantidad correcta de refrigerante y está pasando a la velocidad deseada, tiene que trabajar en forma correcta y entregar la capacidad nominal. Cualquier problema de cualquiera de las categorías afectará las temperaturas y presiones que se encuentren en la unidad, cuando se suministre la cantidad correcta de aire que pasa por el serpentín de expansión seca de acuerdo con la capacidad de la unidad. Si el sistema no tiene refrigerante, hay una fuga, la cual se debe encontrar y reparar; el sistema se debe evacuar completamente y recargar con la cantidad correcta de refrigerante. Si el sistema no trabaja, se trata obviamente de un problema eléctrico que se debe encontrar y corregir.

Cuando el sistema se pone en marcha y trabaja, pero no produce resultados satisfactorios, quiere decir que la cantidad de calor recogida en el serpentín, más la del calor al motor, y el total eliminado por el condensador no es la cantidad total que el sistema está diseñado para manejar. Para determinar el problema, se hacen mediciones para comparar con los datos de operación, y se esta forma localizar el problema.

El empleo de la palabra *normal* no implica un conjunto fijo de temperaturas y presiones, estas varían con cada marca y modelo de sistema; hay algunas temperaturas que son bastante consistentes y se pueden emplear en fines de comparación tales como:

- a. Temperatura de operación del serpentín de expansión seca.
- b. Temperatura de condensación en la unidad de condensación.
- c. Subenfriamiento del refrigerante.

Estos puntos también se deben modificar de acuerdo con la eficiencia nominal de la unidad. La razón de ello es que la cantidad de superficie de evaporación y de condensación de la unidad son los principales factores de determinación de eficiencia. Mientras más grande sea la superficie de condensación y mientras más grande sea la evaporación, mayor será la eficiencia del sistema.

5.2.2.1. Temperatura de operación del serpentín de expansión

La temperatura normal de trabajo del serpentín se puede calcular restando la división de diseño del serpentín del promedio de temperaturas de aire que pasa por éste. La división del serpentín varía de acuerdo con el diseño del sistema.

Los sistemas en lo que la eficiencia nominal es de 7.0 a 8.0 tienen divisiones de diseño entre los límites de 25 a 30 °F. Para eficiencias de 8.0 a 9.0, las divisiones de diseño van de 20 a 25 °F. La fórmula que se usa para calcular la temperatura de operación del serpentín es:

$$\text{COT} = \frac{\text{EAT} + \text{LAT} - \text{división}}{2}$$

En la cual

COT = temperatura de operación del serpentín

EAT = temperatura del aire que entra al serpentín

LAT = temperatura del aire que sale del serpentín

Las últimas dos temperaturas sumadas y divididas entre 2 darán la temperatura promedio del aire. A esta temperatura también se le llama **diferencia promedio de temperatura.**

$\frac{\% \text{división}}{100}$ es la división de diseño según la eficiencia nominal. Por ejemplo, una unidad que trabaje bien con 80 °F BS y 50% HR del aire que pasa a los pies³/min por el serpentín, suficientes para producir una de 20 °F, tendrá una temperatura de operación del serpentín de;

1. Para la eficiencia nominal de 7.0 a 8.0 = 40 a 45 °F
2. Para la eficiencia nominal de 8.0 a 9.0 = 40 a 50 °F
3. Para la eficiencia nominal de 9.0+ = 50 a 55 °F

Se observa que no hay temperatura de operación fija para el serpentín, ni presión de succión fija para sistemas de aire acondicionado.

5.2.2.2. Temperatura de condensación e la unidad de condensación

Este factor es también aplicable a la temperatura de condensación de la unidad. La cantidad de superficie del condensador afecta la temperatura de condensación que debe desarrollar la unidad para trabajar a la capacidad nominal. La variación en el tamaño del condensador también influye sobre el costo de producción y el precio de la unidad, mientras menor sea el condensador, menor será el precio pero también la eficiencia nominal será menor.

Cuando el aire que entra al condensador está a 95 °F (35 °C), la fórmula para calcular la temperatura de condensación es:

$$\text{EAT} + \text{división} = \text{RCT}$$

En la cual,

EAT = temperatura del aire que entra al condensador

División = diferencia de diseño entre las temperaturas del aire que entra y las de alta presión del condensador

RCT = Temperatura de condensación del refrigerante

Usando la anterior fórmula para una EAT de 95 °F, la división para sistemas de diversas eficiencias nominales es:

1. Para la eficiencia nominal de 7.0 a 8.0

$$95 \text{ °F} + 25 \text{ a } 30 \text{ °F} = 120 \text{ a } 125 \text{ °F, RCT}$$

2. Para la eficiencia nominal de 8.0 a 9.0

$$95\text{ }^{\circ}\text{F} + 20 \text{ a } 25\text{ }^{\circ}\text{F} = 115 \text{ a } 120\text{ }^{\circ}\text{F}, \text{ RCT}$$

3. Para la eficiencia nominal de 9.0+

$$95\text{ }^{\circ}\text{F} + 15 \text{ a } 20\text{ }^{\circ}\text{F} = 110 \text{ a } 115\text{ }^{\circ}\text{F}, \text{ RCT}$$

Las presiones diferenciales de operación varían no sólo por cambios en las temperaturas exteriores, sino también con las diversas eficiencias nominales.

5.2.2.3. Subenfriamiento del refrigerante

La cantidad de subenfriamiento del refrigerante que se obtiene en el condensador está determinada principalmente por la cantidad de refrigerante en el sistema. La temperatura del aire que entra al condensador y la carga en el serpentín de expansión seca sólo tiene un efecto pequeño en el subenfriamiento que se produce.

Independientemente de la eficiencia nominal, la unidad debe tener si está cargada en forma correcta, un líquido subenfriado entre 15 y 20 °F. Las temperaturas exteriores altas producen el menor subenfriamiento debido a la menor cantidad de refrigerante en el estado líquido en el sistema. Hay más refrigerante que permanece en estado de vapor para producir la presión y la temperatura de condensación mayor necesarias para desechar la cantidad requerida de calor.

5.2.3. Problemas debidos al refrigerante

Para observar los problemas más frecuentes debidos al refrigerante se enumeran once causas probables de dificultades en un sistema de aire acondicionado en la siguiente tabla. Después de cada causa se pone la reacción que tendría sobre la presión de baja o de succión del sistema de refrigeración, sobre el sobrecalentamiento del serpentín de expansión seca, sobre la presión del lado de alta o de descarga, sobre la cantidad de subenfriamiento del líquido que sale del condensador, y sobre el amperaje tomado por la unidad de condensación.

Tabla IV. Síntomas y causas probables en el refrigerante

CAUSA PROBABLE	Presión lado bajo Psig.	Sobresalen-tamiento °F	Presión del lado de alta Psig,	Subenfria-miento del líquido °F	Corriente a la unidad de conden.
1. Carga insuficiente o desbalanceada	Baja	Bajo	Baja	Normal	Baja
2. Demasiada Carga	Alta	Alto	Alta	Normal	Alta
3. Baja temperatura ambiente	Baja	Alto	Baja	Normal	Baja
4. Alta temperatura ambiente	Alta	Alto	Alta	Normal	Alta
5. Baja carga de refrigerante	Baja	Alto	Baja	Bajo	Baja
6. Mucha carga de refrigerante	Alta	Bajo	Alta	Alto	Alta
7. Obstrucción en tubo de liquido	Baja	Alto	Alta	Alto	Baja
8. Tubo capital taponado	Baja	Alto	Alta	Alto	Baja
9. Obstrucción en tubo de succión	Baja	Alto	Baja	Normal	Baja
10.Obstrucción en tubo de gas caliente	Alta	Alto	Alta	Normal	Alta
11.Compresor ineficiente	Alta	Alto	Baja	Bajo	Baja

Fuente: Chacón Paz. Manual de aire acondicionado y refrigeración. Tomo 4. Pag. 658

5.2.3.1. Carga insuficiente o desbalanceada

Si no hay aire suficiente pasando por el serpentín de expansión seca se tiene una caída de temperatura mayor que la deseada a través del serpentín. Una carga desbalanceada en ese serpentín también dará la indicación opuesta; algunos de los circuitos del serpentín estarían sobrecargados, mientras que en otros la carga sería ligera. Esto da como resultado una mezcla de aire que sale del serpentín que tenga menor caída de presión. Las partes con carga ligera del serpentín de expansión seca permiten que salga refrigerante líquido de éste, y entre al múltiple del tubo de succión.

En los sistemas con válvula hemostática de expansión el refrigerante líquido que pasa por el bulbo sensor de la válvula hace que ésta se cierre. Con ello se reducen la temperatura de operación y la capacidad del serpentín de expansión seca y también baja la presión de succión.

La presión del lado de alta, o de descarga, será baja a causa de la carga reducida del compresor, la cantidad reducida de vapores manejados, y la carga reducida de calor en el condensador. El subenfriamiento de líquido en el condensador está en el lado alto de los límites normales debido a la reducción de la demanda de refrigerante por la válvula termostática de expansión. Los amperes que toma las unidades condensación serán bajo, debido a la carga reducida.

En sistemas de tubo capilar, la carga desbalanceada produce una menor caída de temperatura del aire a través del serpentín de expansión seca porque no se reduce la cantidad de refrigerante suministrada por los capilares. Por lo tanto, la presión (punto de ebullición) del sistema será aproximadamente igual.

El sobrecalentamiento en el serpentín de expansión directa caerá a cero y el refrigerante inunda el tubo de succión. En casos extremos de desbalanceo, el entorno de líquido al compresor podrá ser dañado. La reducción de calor tomado en el serpentín de expansión seca y la disminución de vapor de refrigerante al compresor disminuye la carga del mismo. La presión de descarga de éste (presión del gas caliente) se reduce.

5.2.3.2. Baja temperatura ambiente

En este problema, es demasiada la rapidez de transferencia de calor en el condensador y se produce una presión de descarga que es muy baja. Como resultado, la presión de succión es baja porque la cantidad de refrigerante que pasa por el dispositivo reductor de presión es menor. Esta reducción también es de la cantidad de refrigerante líquido que entra al serpentín de expansión seca, el serpentín produce menor vapor y baja la presión de succión.

La disminución de flujo de entrada al serpentín reduce la cantidad activa del mismo y ocasiona mayor sobrecalentamiento, la capacidad menor del sistema disminuye la cantidad de calor eliminada del aire. Entonces hay mayor temperatura y humedad relativa en la zona acondicionada y la presión del lado de alta es baja; con ello se inicia una reducción de la capacidad del sistema, la cantidad de subenfriamiento de líquido en el condensador es mayor, pero se reduce la velocidad de transferencia de calor de las menores temperaturas; esto ocasiona un subenfriamiento dentro de los límites normales, el consumo de amperes de la unidad de condensación es menor porque el compresor está haciendo menos trabajo.

La cantidad de disminución de temperatura del aire ambiente que pasa por el condensador y que puede tolerar el sistema de aire acondicionado depende del tipo de dispositivo de reducción de presión que se tenga, los sistemas con tubo capilar tienen una reducción gradual de capacidad a medida que la temperatura ambiente exterior baje de 95 °F (35 °C). Esta reducción gradual se presente hasta los 65 °F (18 °C), a temperaturas menores, la pérdida de capacidad es drástica, y se debe tener algún medio para mantener la presión diferencial, el medio más confiable es controlar el aire que pasa por el condensador.

Los sistemas que emplean válvulas termostáticas de expansión mantendrán mayor capacidad hasta que la temperatura ambiente llegue a 35 °F (2 °C), a temperaturas menores se deben usar controles, también se puede emplear el control de los pies³/min a través del condensador,. En los sistemas más grandes con válvula termostática de expansión se emplea el control de la cantidad de líquido en el condensador, para controlar la presión diferencial.

5.2.3.3. Alta temperatura ambiente

Mientras mayor es la temperatura del aire que entra al condensador, mayor es la temperatura de condensación del vapor de refrigerante para desprender más calor. Mientras mayor es la temperatura de condensación mayor es la presión diferencial. La presión de succión es alta por dos razones:

1. Disminuye la eficiencia de bombeo del compresor.
2. La mayor temperatura del líquido aumenta la cantidad de evaporación instantánea en el serpentín, lo cual reduce más la eficiencia del sistema.

La cantidad de sobrecalentamiento que se produce en el serpentín es distinta en un sistema con válvula termostática de expansión y uno con tubo capilar. En el primero, la válvula termostática mantiene al sobrecalentamiento cerca de los límites de ajuste, aunque las temperaturas reales que intervienen son mayores. En un sistema con tubo capilar, la cantidad de sobrecalentamiento que se produce en el serpentín está en razón inversa a la temperatura del aire que pasa por el condensador. El flujo por los tubos capilares está directamente influido por la presión diferencial.

Mientras mayor sea la temperatura del aire, mayor es la presión diferencial y mayor el flujo, el subenfriamiento es menor. En la siguiente tabla se muestra el sobrecalentamiento que se desarrolla en un sistema de aire acondicionado con carga adecuada, empleando tubo capilar:

Tabla V. Temperatura exterior en función del sobrecalentamiento

Temperatura del aire exterior que Entra al serpentín del condensador °F	Sobrecalentamiento, °F
65	30
75	25
80	20
85	18
90	15
95	10
105+	5

Fuente: Chacón Paz. Manual de aire acondicionado y refrigeración. Tomo 4. Pag. 659

5.2.3.4. Baja carga refrigerante

Una escasez del refrigerante en el sistema significa que hay menos refrigerante líquido en el serpentín de expansión seca que pueda tomar calor, y habrá menor presión de succión.

La menor cantidad de líquido suministrado al serpentín significa menos superficie activa del serpentín capaz de vaporizar el refrigerante líquido, y mayor superficie para elevar la temperatura del vapor.

El sobrecalentamiento es alto, hay menos vapor que llegue al compresor y menos calor que rechace el condensador, menor presión del lado de alta y menor temperatura de condensación.

La cantidad de subenfriamiento es menor que la normal, o nada, dependiendo de la cantidad que falta para la carga completa. La operación del sistema en general no se afecta muy seriamente hasta que el subenfriamiento cero y comienza a salir gas caliente por el condensador, junto con el refrigerante líquido. El consumo de amperes de la unidad de condensación será ligeramente inferior al normal.

5.2.3.5. Sobre carga de refrigerante

Una sobrecarga de refrigerante afecta al sistema de diversas maneras, dependiendo del dispositivo de reducción de presión que usa y de la cantidad de sobrecarga.

a. Sistemas con válvula termostática de expansión

En sistemas que usan esas válvulas la reacción es distinta, dependiendo de la cantidad de sobrecarga. Una pequeña sobrecarga sería hasta 50% mayor que la carga correcta. Una gran sobrecarga es más que 100% mayor que la carga correcta.

En los sistemas de válvula termostática de expansión con ligera sobrecarga, esa válvula controla el flujo del refrigerante al serpentín para mantener el ajuste de sobrecalentamiento, y el único efecto sobre el sistema es una disminución de la presión de descarga del compresor. Bajo esas condiciones:

1. La presión de succión es de normal a ligeramente alta.
2. El sobrecalentamiento en el serpentín de expansión seca esta entre los límites normales.
3. La presión de descarga es mayor porque se reduce la capacidad de rechazo de calor del condensador, a causa de la gran cantidad de refrigerante líquido en él.
4. El subenfriamiento del líquido es alto. Si hay más líquido en el condensador quiere decir que se enfría más antes de salir.
5. El consumo de amperes del compresor es mayor debido a la mayor diferencia de presiones.

Para los sistemas de válvula termostática de expansión con demasiada sobrecarga:

1. La presión de succión será alta. No sólo la reducción en capacidad del compresor aumenta la presión de succión sino que la mayor presión hará que la válvula termostática de expansión alimente demasiado en su carrera de abertura.
2. El sobrecalentamiento del serpentín de expansión seca será muy errático, desde los límites normales hasta que el líquido pueda salir del serpentín.
3. La presión de descarga, o del lado de alta, es extremadamente alta.
4. El subenfriamiento del líquido también es alto, debido a que hay demasiado líquido en el condensador.
5. El consumo de amperes es mayor a causa de la carga muy alta del motor del compresor.

b. Sistema de tubo capilar

La cantidad de refrigerante en el sistema de tubo capilar tiene un efecto directo sobre la eficiencia del sistema. Una sobrecarga tiene mayor efecto que una subcarga, pro ambas afectan la eficiencia y costos de operación del sistema.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Cuando la cantidad de carga varía 5% en ambas direcciones, la capacidad disminuye. Si se saca 5% (2.5 onzas) de refrigerante se reduce la capacidad a 22 000 Btu/h. De aquí en adelante la reducción de capacidad se vuelve muy drástica, para 85% (8 onzas), 18 000 Btu./h; 80% (11 onzas), 13 000 Btu/h. , y para 75% (14 onzas), 8 000 Btu/h.

El efecto de la sobrecarga produce una alta presión de succión, debido a que aumenta el flujo de refrigerante al serpentín de expansión seca. El sobrecalentamiento en la succión disminuye por la cantidad adicional al serpentín. De 8 a 10% de sobrecarga, el sobrecalentamiento de la succión se hace cero y sale refrigerante líquido del serpentín de expansión seca. Con ello se inunda el compresor y aumenta mucho la posibilidad de falla de éste. La presión del lado de alta, o de descarga, es elevada debido a que hay más refrigerante en el condensador, El subenfriamiento líquido también es elevado por la misma razón. El consumo de potencia aumenta debido a la mayor cantidad de vapor bombeado y a la mayor presión de descarga del compresor.

CONCLUSIONES

1. Para la implementación de un sistema de climatización en las oficinas de la Escuela de Ingeniería Mecánica es necesario tomar en cuenta todos los aspectos estudiados en este trabajo como el tipo de construcción, servicio del ambiente actual, nivel de ocupación y condiciones exteriores e interiores.
2. Los beneficios del aire acondicionado son básicamente para el *comfort* humano pues proporciona una temperatura adecuada tanto en época de frío como de calor, mantiene al aire en movimiento lo que genera que sea fresco y limpio al contacto humano; en este caso en particular la zona de aplicación es templado subhúmedo con una temperatura media entre 10 y 22 °C en verano y de 10 a 18 °C., en invierno.
3. En la actualidad, las oficinas administrativas cuentan con un área de 53 mt² aproximadamente, los cubículos para separación de oficinas son cuatro, además de la secretaría y la dirección, todo este espacio cuenta con ventanales, en donde únicamente se abren tres haciendo escaso el aire que entra por ellas, por otro lado, se cuenta con dos ventiladores de pedestal que por obvias razones no son suficientes para el área total. El lugar está diseñado para albergar a un máximo de 20 personas, el cual no se da abasto tomando en cuenta que en ella se realizan exámenes privados, revisiones de tesis, consultas y preparación de cátedras.

4. Para crear un sistema de climatización es necesario tomar en cuenta conceptos como: atmósfera, temperaturas de bulbo seco, húmedo y punto de rocío además de humedad específica, entre otros además de conocer la aplicación de Carta Psicrométrica.
5. Para la implementación de climatización es necesario utilizar una carga de enfriamiento del aire de ventilación de 10,117 Btu/h y una carga de enfriamiento de aire reciclado de 34,411 Btu/h, por tanto, la refrigeración absorbida por los serpentines es de 3.7 toneladas, el valor estimado de la implementación de este equipo es de \$ 8,000.
6. Según datos obtenidos, se puede observar, tomando como base la Carta Psicrométrica de la *Carrier International Limited* que el total de toneladas obtenidas para la capacidad del equipo coinciden los datos encontrados a través de la obtención de cargas, por lo que las cifras estimadas son satisfactorias.
7. Es necesario un control de mantenimiento en el equipo de aire luego de la implementación; para tal efecto, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: el aire y el sistema de refrigeración (cantidad de refrigerantes y flujo refrigerante), en base a ellos están diseñados los procedimientos de inspección para cada uno de ellos.

RECOMENDACIONES

1. Tomando como base que Ingeniería Mecánica ha sido autorizada como Escuela recientemente, es conveniente solicitar una ayuda económica a las autoridades de la Facultad de Ingeniería para realizar la implementación de un sistema de climatización en las oficinas.
2. Los beneficios que proporciona el aire acondicionado son incontables, por lo que, proporcionar este servicio a las personas que trabajan en las oficinas ayudaría de gran manera a la realización de su trabajo, como también a los estudiantes y personas en general que visitan este lugar para que puedan realizar las diferentes actividades en un área agradable.
3. De no realizarse la implementación de el sistema de climatización, puede ser viable la opción de colocar ventanas que se puedan abrir con facilidad para que el aire que circule sea mayor y exista una renovación de aire constante.
4. Es necesario utilizar datos reales para la implementación de aire acondicionado, para ello, los cálculos como temperaturas, humedades y calor deben ser exactos con el fin de no obtener cargas equivocadas, por ello, los datos obtenidos en este trabajo han sido lo más exactos posibles, por lo que, a la hora de realizarse dicha implementación se pueden utilizar los datos obtenidos en este trabajo con plena confianza.



PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5. El equipo que puede ofrecer resultados óptimos y confiables es el equipo *Mini Split* con capacidad de 48 000 Btu/h, marca *Carrier*, ya que éste no necesita un cuarto de máquinas, no altera la estructura de las instalaciones de la Escuela, el voltaje es operativo y puede trabajar como ventilador de aire natural; entre muchas otras ventajas.
6. Las cargas encontradas para este trabajo fueron obtenidas de la Carta Psicrométrica de la *Carrier International Limited*, por lo que las cifras son bastante exactas no presentando ninguna dificultad al momento de ser utilizadas para la implementación, no haciendo necesario el cálculo de nuevas cargas, con excepción de que las instalaciones de las oficinas fueran remodeladas.
7. En el monitoreo y verificación del funcionamiento del equipo ya instalado, debe de ser realizado por medio de una forma interna y externa, es aconsejable realizar visitas por lo menos una vez al mes para revisiones de control del nivel de refrigerante e inspección del recubrimiento de tuberías; además del chequeo de filtros de aire, fugas en las corrientes, corrosión, humedad, temperaturas y drenajes entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. Air-Conditioning & Refrigeration Institute. **Manual de refrigeración y aire acondicionado.** 2ª., edición México: editorial Prentice-Hall, 1994.
2. Carrier, ***Air conditioning Company, Carrier system designs manual.*** Estados Unidos: 2000.
3. Chacón Paz **Manual de refrigeración y aire acondicionado.** 3ª., edición México: editorial Prentice-Hall, 2000.
4. Jennings, Burgess Het. **Aire acondicionado y refrigeración.** México: editorial continental. 1984.
5. Mares, **Manual del ingeniero mecánico.** México: editorial McGraw-Hill. 1992.
6. Niebel, Benjamín W. **Ingeniería industrial, representaciones y servicios del ingeniero.** México: 1980.
7. <HTTP“www.aireacondicionado.com>, octubre 2003



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ANEXOS

Figura 22. Cálculos del refrigerante Freón 22

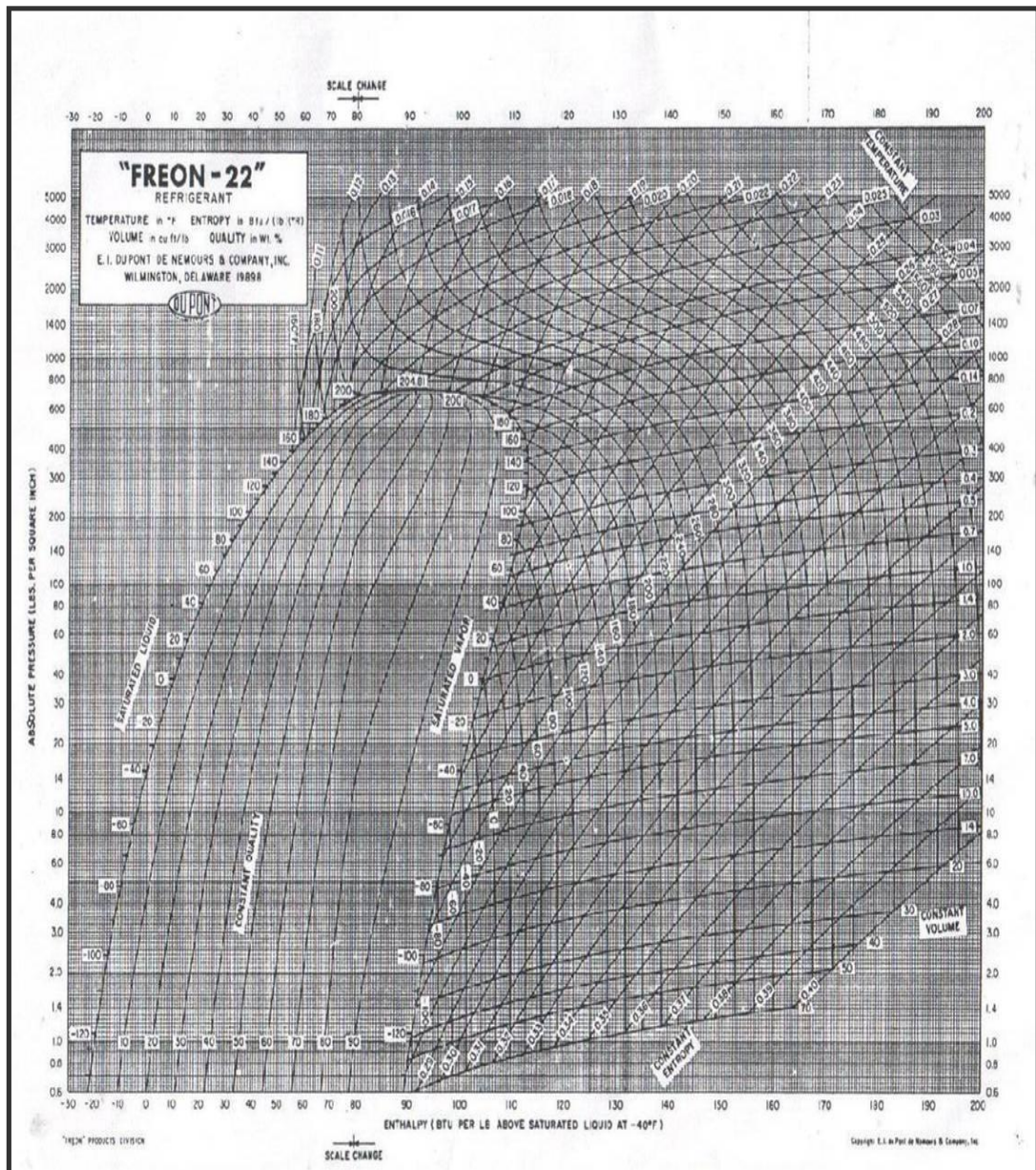
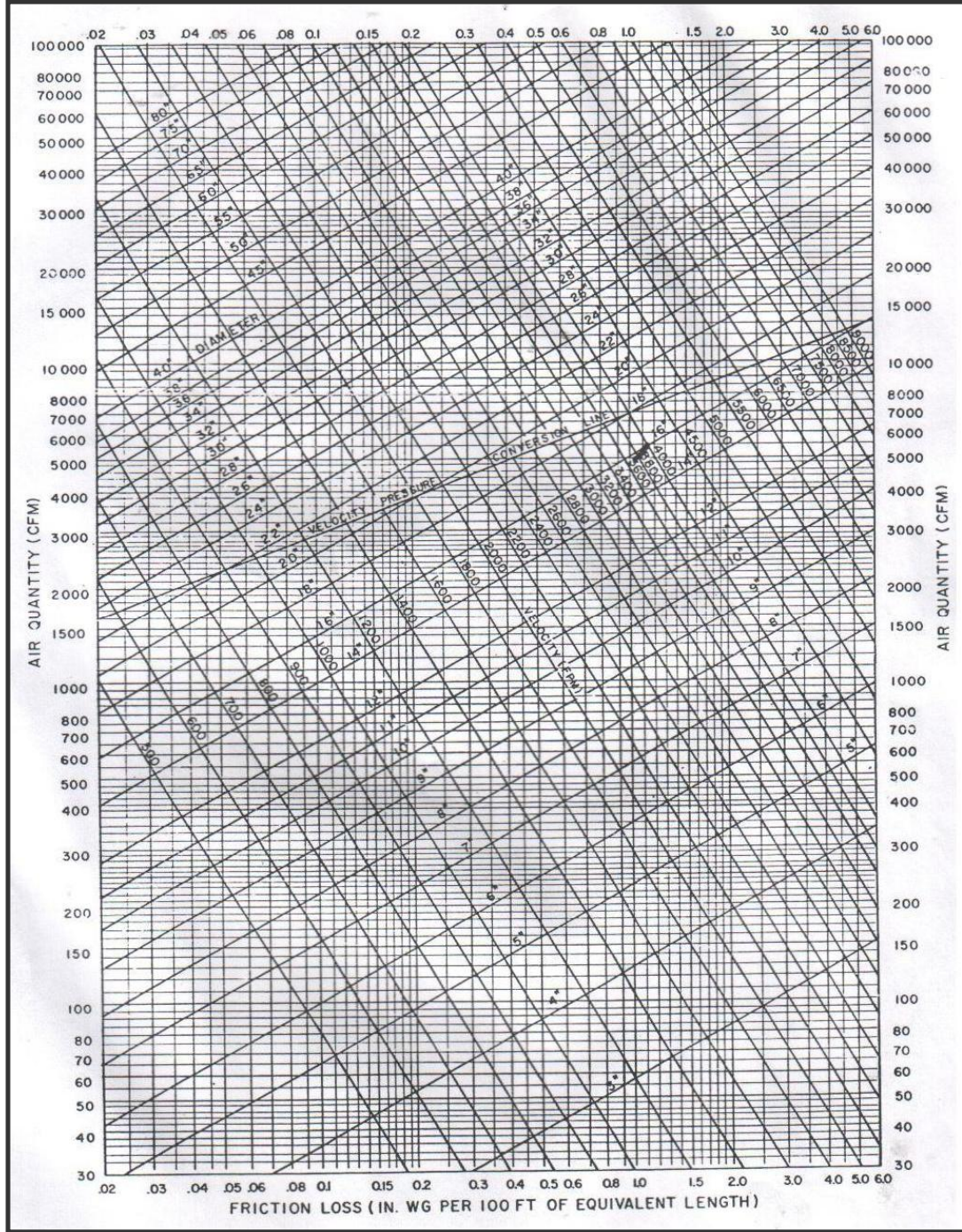


Figura 23. Cálculo de flujo de aire





*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

