



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Arquitectura**

**Escuela de Arquitectura**

# **SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN ARQUITECTURA**

**TESIS DE GRADO**

Presentada por

**Carlos Giovanni Loarca Martinez**

Al conferírsele el título de **Arquitecto**

En grado de licenciado

**Guatemala,  
Febrero de 2015**

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Arquitectura  
Escuela de Arquitectura

# **SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN ARQUITECTURA**

TESIS DE GRADO

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la  
Facultad de Arquitectura por

**Carlos Giovanni Loarca Martinez**

Al conferírsele el título de **ARQUITECTO**  
en grado de licenciado

“El autor es responsable de las doctrinas sustentadas, originalidad y contenido del proyecto de Graduación, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos”

Guatemala, febrero de 2015

## JUNTA DIRECTIVA

<b>Decano</b>	Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo
<b>Secretario</b>	Arq. Alejandro Muñoz Calderón
<b>Vocal I</b>	Arq. Gloria Ruth Lara Cordón de Corea
<b>Vocal II</b>	Arq. Edgar Armando López Pazos
<b>Vocal III</b>	Arq. Marco Vinicio Barrios Contreras
<b>Vocal IV</b>	Tec. D.G Wilian Josué Pérez Sazo
<b>Vocal V</b>	Br. Carlos Alfredo Guzmán Lechuga

## TRIBUNAL EXAMINADOR

<b>DECANO:</b>	Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo
<b>SECRETARIO:</b>	Arq. Alejandro Muñoz Calderón
<b>ASESOR:</b>	MSc. Arturo Cesar Aníbal Córdova Anleu
<b>CONSULTOR:</b>	Arq. Carlos Enrique Ralon Cajas
<b>CONSULTOR:</b>	Arq. Carlos Mauricio García Arango

## DEDICATORIA

### **A DIOS:**

A quien debo todo lo que tengo y todo lo que soy. Que la honra, la gloria y el honor sean siempre para El.

### **A MIS PADRES:**

Carlos Enrique Loarca Villagrán y Aura Marina Martínez Morales, por su inmeso amor, comprensión y apoyo en todos estos años, por ser personas a quienes quiero, admiro y respeto por su gran ejemplo y calidad humana.

### **A MI ESPOSA:**

Lilian de León, por su apoyo y amor incondicional.

### **A MIS HIJOS:**

Carlos (†), Melanie y Giovanni, la motivación y ejemplo de superación con todo mi amor y cariño para ustedes.

### **A MIS HERMANOS:**

William y Pedro, por el apoyo que siempre me brindaron.

### **A MIS ABUELITAS, TIOS Y PRIMOS:**

Por su amor y cariño.

### **A TODOS MIS AMIGOS:**

Que forman parte esencial en mi vida, muchas gracias por iluminarla con su alegría y cariño, por todos esos momentos inolvidables que hemos compartido juntos, muchas gracias a todos.

### **A MI ASESOR Y CONSULTORES:**

Arq. Cesar Aníbal Córdova Anleu, Arq. Carlos Enrique Ralon Cajas, Arq. Carlos Mauricio García, por la asesoría recibida, su apoyo y comprensión, Gracias.

A TODAS ESAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA HAN  
CONTRIBUIDO CON MI FORMACION PROFESIONAL.

¡ MUCHAS GRACIAS !

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I .....	2
MARCO CONCEPTUAL .....	2
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2. ANTECEDENTES .....	3
1.2.1 Antecedentes históricos.....	3
1.2.2 Antecedentes técnicos.....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4. OBJETIVOS .....	8
1.4.1 Objetivo General.....	8
1.4.2 Objetivos Específicos.....	8
1.5. DELIMITACIÓN.....	8
1.5.1 Delimitación Teórica.....	9
1.5.2 Delimitación Temporal.....	10
1.5.3 Delimitación Conceptual.....	10
1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	10
2. CAPÍTULO II .....	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. AIRE ACONDICIONADO.....	12
2.2. ASHRAE.....	12
2.3. CFM's.....	12
2.4. FILTROS.....	13
2.5. REFRIGERACIÓN .....	14
2.6. TERMODINÁMICA.....	15
2.6.1 Calor .....	15
2.6.2 Transmisión de Calor: .....	16
2.6.3 Temperatura .....	16

2.6.4	Higrotérmia, Confort Higrotérmico.....	18
2.6.5	Carga Térmica.....	18
2.6.6	Calor Latente.....	19
2.6.7	Calor Sensible.....	19
2.6.8	BTU.....	19
2.6.9	Tonelada de Refrigeración.....	19
2.7.	TIPOS DE SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.....	20
2.7.1	Unidades de ventana.....	21
2.7.2	Unidades Portátiles o Tipo Pingüino.....	23
2.7.3	Unidades tipo Mini Split y Sistema Multi Split.....	24
2.7.4	Unidades tipo Paquete.....	25
2.7.5	Sistemas tipo Chiller.....	25
2.8.	CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS.....	29
2.9.	DUCTOS.....	30
2.9.1	Fibra de Vidrio.....	30
2.9.2	Ductos con Lámina Galvanizada.....	32
2.9.3	La Estanqueidad:.....	33
2.9.4	Clasificación de los conductos de chapa.....	33
2.9.5	Conductos flexibles.....	34
2.10.	AISLAMIENTO TÉRMICO.....	34
2.11.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO ARQUITECTÓNICAS DEL ESPACIO A CLIMATIZAR.....	37
2.12.	TAMAÑO DE LOS EQUIPOS.....	38
2.12.1	Pequeños.....	38
2.12.2	Medianos:.....	38
2.12.3	Grandes:.....	38
2.12.4	Extragrandes:.....	39
3.	CAPÍTULO III.....	40
	SISTEMATIZACIÓN Y CÁLCULO.....	40
3.1	CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERACIÓN.....	41

3.2	CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA SENSIBLE .....	41
3.3	CARGA SENSIBLE TOTAL "QS" .....	48
3.4	CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA LATENTE .....	49
3.5	DATOS PRÁCTICOS DE CÁLCULO .....	50
4	CAPÍTULO IV .....	52
	APLICACIONES, EJEMPLOS.....	52
4.1	LIBRO Y HOJAS DE CÁLCULO EN EXCEL .....	53
4.1.1	Hoja Técnica.....	53
4.1.2	Fachadas: .....	53
4.1.3	Ventanería:.....	54
4.1.4	Techos: .....	54
4.1.5	Otros Cerramientos:.....	54
4.1.6	Actividades Humanas y Equipo Eléctrico .....	54
4.2	EJEMPLOS DE APLICACIÓN .....	55
5	CONCLUSIONES .....	62
	Y RECOMENDACIONES .....	62
5.1	CONCLUSIONES .....	63
5.2	RECOMENDACIONES .....	63
6	BIBLIOGRAFÍA.....	64
6.1	LIBROS .....	65
6.2	INTERNET.....	66
6.3	TESIS.....	66
6.4	FOLLETOS.....	66
7	ANEXOS .....	67
7.1	ZONAS CLIMÁTICAS DE GUATEMALA .....	68
7.2	TEMPERATURAS MÁXIMAS EN GUATEMALA 2013.....	70
7.3	DATOS DE TEMPERATURAS DE LOS DEPARTAMENTOS GUATEMALA .....	71

---

7.4	PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES .....	74
7.5	RENOVACIONES DE AIRE NECESARIOS .....	76
7.6	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA METABÓLICA .....	77
7.7	ESTIMACIÓN RÁPIDA DE LA DEMANDA TÉRMICA .....	78
7.8	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO ....	79
7.9	SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y CLIMATIZACIÓN SOSTENIBLE.....	83
7.10	NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN QUE RIGE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO .....	85
7.10.1	INSTITUTO DEL AIRE ACONDICIONADO, CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN .....	86
7.11	TERMINOLOGÍA.....	88

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación está dirigida a los estudiantes de la carrera de Arquitectura, estudiantes en general, docente y profesionales, basados en los estudios de tecnologías y cálculos para la aplicación de instalaciones de sistemas de Acondicionamiento de Aire.

Este será un documento de apoyo para los curso de Instalaciones III y Práctica Integrada II, una fuente de consulta para docentes y profesionales con el cual se pretende consolidar los conocimientos adquiridos, para la elaboración de proyectos con énfasis en los sistemas de Acondicionamiento de Aire.

Con previas investigaciones se realiza un documento con información de importancia para utilizarlos en proyectos reales y que los estudiantes, docentes y profesionales pongan en práctica.

En el desarrollo del protocolo se presenta y describe un plan escrito y detallado, donde se pone en práctica cada uno de los temas con sus correspondientes aplicaciones y ejemplos que requiere los diferentes temas en mención.

# CAPÍTULO I

## MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se describen las bases técnicas y de enseñanza-aprendizaje que justifican el desarrollo del trabajo de tesis; estas bases devienen de las necesidades del estudiante de arquitectura para el cálculo de sistemas de aire acondicionado.

## 1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los alumnos carecen de información didáctica en las asignaturas de Instalaciones III y Práctica Integrada II, siendo estas de suma importancia para el desarrollo y desenvolvimiento de los futuros profesionales en la sociedad al enfrentarse con esta situación buscan por sus propios medios, la utilización, la aplicación y el funcionamiento de cada uno de los temas.

No existe una guía de estudios o un manual físico que describa el contenido y la implementación del tema, con ejemplos reales y sus aplicaciones apegadas a la realidad nacional que contribuya al aprovechamiento integral del contenido del curso.

Existen fuentes bibliográficas donde los estudiantes obtienen información, sin embargo carecen de información concisa y detallada, así como de la forma de aplicación en planos constructivos, de los cálculos de diversos elementos, de la utilización de sus simbologías y de las características de los sistemas constructivos a utilizar.

## 1.2. ANTECEDENTES

### 1.2.1 Antecedentes históricos

En la antigüedad, los egipcios ya utilizaban sistemas y métodos para reducir el calor. Se utilizaba principalmente en el palacio del faraón, cuyas paredes estaban formadas por enormes bloques de piedra, con un peso superior a mil toneladas. Durante la noche, tres mil esclavos dismantelaban las paredes y acarreaban las piedras al Desierto del Sahara. Como el clima desértico es extremoso y la temperatura disminuye a niveles muy bajos durante las horas nocturnas, las piedras se enfriaban notablemente. Justo antes de que amaneciera, los esclavos acarreaban de regreso las piedras al palacio y volvían a colocarlas en su sitio. Se supone que el faraón disfrutaba de temperaturas alrededor de los 26° Celsius, mientras que afuera el calor subía hasta casi el doble. Por esa época, un impresor de Brooklyn, Nueva York, tenía serias dificultades durante el proceso de impresión, debido a que los cambios de temperatura y humedad en su taller alteraban ligeramente las dimensiones del papel, impidiendo alinear correctamente las tintas. El frustrado impresor no lograba imprimir una imagen decente a color.

Carrier, recién graduado de la Universidad de Cornell con una Maestría en Ingeniería, acababa de ser empleado por la Compañía Buffalo Forge, con un salario de 10 dólares semanales. El joven se puso a investigar con tenacidad cómo resolver el problema y diseñó una máquina que controlaba la temperatura y la humedad por medio de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de aire acondicionado de la Historia.

En 1911, Carrier reveló su Fórmula Racional Psicométrica Básica a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. La fórmula sigue siendo hoy, la base de todos los cálculos fundamentales para la industria del aire acondicionado.

En 1915, entusiasmados por el éxito, Carrier y seis amigos ingenieros reunieron 32,600 dólares para formar la Compañía de Ingeniería Carrier, dedicada a la innovación tecnológica de su único producto, el aire acondicionado.

Durante aquellos años, su objetivo principal fue mejorar el desarrollo de los procesos industriales con máquinas que permitieran el control de la temperatura y la humedad. Por casi dos décadas, el uso del aire acondicionado estuvo dirigido a las industrias, más que a las personas. En 1921, Willis Haviland Carrier patentó la Máquina de Refrigeración Centrífuga. También conocida como enfriadora centrífuga o refrigerante centrifugado, fue el primer método para acondicionar el aire en grandes espacios.

Las máquinas anteriores usaban compresores impulsados por pistones para bombear a través del sistema el refrigerante, a menudo amoníaco, tóxico e inflamable. Carrier diseñó un compresor centrífugo similar a las paletas giratorias de una bomba de agua. El resultado fue un enfriador más seguro y eficiente. El nuevo sistema se estrenó en 1924 en la tienda departamental Hudson de Detroit, Michigan. Los asistentes a la popular venta de sótano se sentían mareados por el calor debido al pésimo sistema de ventilación, por lo que se instalaron tres refrigerantes centrifugados Carrier para enfriar el piso.

En 1928, Willis Haviland Carrier desarrolló el primer equipo que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacía circular el aire para casas y departamentos, pero la Gran Depresión en los Estados Unidos puso punto final al aire

acondicionado en los hogares. Las ventas de aparatos para uso residencial no empezaron hasta después de la Segunda Guerra Mundial. A partir de entonces, el confort del aire acondicionado se extendió a todo el mundo.

El calor y el frío que sienten las personas no sólo dependen de la temperatura ambiental, sino también de la humedad y de la apropiada distribución del aire.

La climatización es el proceso de tratamiento del aire que controla simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución para responder a las exigencias del espacio climatizado. El calor es una forma de energía relacionada directamente con la vibración molecular. Cuando calentamos una sustancia, sus moléculas se mueven rápidamente, generando así una energía, el calor. Si la enfriamos, el movimiento molecular se detiene, bajando la temperatura. La humedad se refiere a la cantidad de agua contenida en el aire y está directamente relacionada con la sensación de bienestar. El aire ambiente se controla para mantener la humedad relativa preestablecida mediante la humidificación o deshumidificación del aire ambiente. Para obtener el confort deseado, es necesario que el aire sea distribuido y circule uniformemente por todo el recinto, sin producir corrientes desagradables.

Por último, la eliminación de las partículas de polvo es fundamental para la salud. Conseguir un adecuado filtrado de aire es una labor básica de un equipo de aire acondicionado. Además de la comodidad que disfrutamos con el aire acondicionado en un día cálido y húmedo de verano, actualmente muchos productos y servicios vitales en nuestra sociedad dependen del control del clima interno, como los alimentos, la ropa y la biotecnología para obtener químicos, plásticos y fertilizantes.

El aire acondicionado juega un rol importante en la medicina moderna, desde sus aplicaciones en el cuidado de bebés y las salas de cirugía hasta sus usos en los laboratorios de investigación. Sin el control exacto de temperatura y humedad, los microprocesadores, circuitos integrados y la electrónica de alta tecnología no podrían ser producidos. Los centros computacionales dejarían de funcionar.

Muchos procesos de fabricación precisa no serían posibles. El vuelo de aviones y de naves espaciales sería solo un sueño. Minerales valiosos no

podrían ser extraídos desde la profundidad de la tierra y los arquitectos no podrían haber diseñado los enormes edificios que han cambiado la cara de las ciudades más grandes del mundo.

El aire acondicionado inventado por Willis Haviland Carrier ha hecho posible el desarrollo de muchas áreas tropicales y desérticas del mundo, que dependen de la posibilidad de controlar su medio ambiente.

### 1.2.2 Antecedentes técnicos

Después de las investigaciones realizadas entre estudiantes regulares y egresados de arquitectura de la División de Arquitectura del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos, revisión del Tesario de la Facultad de Arquitectura y entrevista con profesores, no se ha realizado un documento específico que aborde el tema de Acondicionamiento de Aire en Arquitectura, con los fines propios de los programas de los cursos de Instalaciones III y Práctica Integrada II, por lo que se aborda el tema para ser desarrollado como Documento de Apoyo a la Docencia dentro del Pensum de Estudios de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala

## 1.3. JUSTIFICACIÓN

El diseño, la estructuración y la implementación de un Manual sobre Sistemas de Acondicionamiento del Aire es un apoyo y una orientación académica a la investigación y a la formación para los estudiantes de la Carrera de Arquitectura, está basado en los estudios de tecnologías y cálculos para la aplicación en planos constructivos de instalaciones especiales de un proyecto.

La importancia del Manual radica en que los estudiantes tengan una fuente confiable de información clara y concisa con ejemplos reales y tener la capacidad de ponerlos en práctica para elaborar sus propios proyectos arquitectónicos desarrollando los métodos de diseño y cálculo constructivo, representándolos por medio de la expresión gráfica.

La presente investigación proyecta ser un instrumento de utilidad para estudiantes de Arquitectura y una fuente de consulta para Profesionales.

### POBLACIÓN ESTUDIANTIL FACULTAD DE ARQUITECTURA CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

AÑO	TOTAL ESTUDIANTES
2008	443
2009	550
2010	632
2011	661
2012	709
2013	699

Tasa de crecimiento en 5 años

$$r = \frac{Pf - Pi}{Pi} \times 100$$

años.

$$r = \frac{699 - 443}{443} \times 100 = 57.78\% \text{ Tasa de crecimiento en 5}$$

$$443$$

$$57.78\% / 5 \text{ años} = 3.85\% \text{ Tasa de crecimiento anual.}$$

Proyecciones de alumnos del año 2015 al 2021 en el Centro Universitario de Occidente:

2015	754
2016	784
2017	815
2018	847
2019	880
2020	914
2021	950

Será un apoyo para la realización de proyectos y fundamental para los estudiantes de los cursos de Instalaciones III, Práctica Integrada II, que como herramienta facilite el diseño, la planificación, la evaluación, el cálculo y la cuantificación de los diferentes elementos que forman parte del sistema constructivo, y posteriormente los integre a un proyecto final.

## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo General

Elaborar una guía para el cálculo de Sistemas de Acondicionamiento de Aire en Arquitectura.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

1. Dar a conocer los diferentes Sistemas de Acondicionamiento de Aire de acuerdo a las necesidades de la Infraestructura Arquitectónica.
2. Ejemplificar las correspondientes aplicaciones de los temas para facilitar la enseñanza-aprendizaje entre docentes y alumnos.
3. Diseñar y elaborar un Manual sobre Sistemas de Acondicionamiento de Aire en Arquitectura como apoyo a los Cursos de Instalaciones III, Práctica Integrada II y ser una fuente de consulta para profesionales.
4. Elaborar un libro electrónico que facilite el cálculo para conocer el tonelaje de aire acondicionado necesario para diferentes espacios arquitectónicos.

## 1.5. DELIMITACIÓN

Se entiende que delimitar será poner límites a la investigación y especificar el alcance de esos límites; es el punto hasta dónde llegará la investigación. Es necesario tener en cuenta que no es posible investigar un tema demasiado amplio en un periodo corto de tiempo; además, se pretende que la información en el presente estudio –documento de apoyo a la docencia- debe ser fácil de entender para el estudiante de arquitectura. Además, por pequeño y restringido que pueda considerarse un tema, si se investiga de una manera adecuada, la información concisa será de mucho valor y utilidad.

La delimitación del tema está encaminada al interés particular tanto del que ha desarrollado el presente trabajo de tesis como del guía o

profesor del curso de Práctica Integrada 2 de la Carrera de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que la delimitación se propondrá en tres aspectos a desarrollar: la delimitación Teórica, la Temporal y la Conceptual.

### 1.5.1 Delimitación Teórica

La elaboración y ejecución de una Manual sobre Sistemas de Acondicionamiento de Aire en Arquitectura se realizará a nivel de un estudio de teórico con aplicaciones prácticas. Para ello se hará una investigación participativa; recolectando la información necesaria para la elaboración del documento final, concretando al final de este trabajo con un Manual sobre Sistemas de Acondicionamiento de Aire en Arquitectura.

En la elaboración de un Manual sobre Sistemas de Acondicionamiento de Aire en Arquitectura se abarca:

- Qué es la ASHRAE Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción.
- Flujos de aire recomendados.
- Cambios de aire por hora
- Ventiladores
- Turbinas
- Controladores de presión de aire
- Calidades del aire
- Tipos de Filtros
- Sistemas de medición del Calor
  - BTU
  - Frigorías
  - Toneladas de refrigeración
- Componentes de los sistemas de Acondicionamiento de Aire.
- Sistemas de Acondicionamiento del Aires
  - Individuales
  - Mini Split
  - Tipo paquete
  - Chillers
- Cálculo de los Sistemas de Aire Acondicionado.
- Ductería
  - Materiales
  - Cálculo
- Aislamientos
- Simbología para la Planificación.

### 1.5.2 Delimitación Temporal

La propuesta de este documento sobre SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN ARQUITECTURA, tomando en cuenta los trabajos de investigación, recopilación, redacción y diseño que conlleva, se realizara en un tiempo de seis meses.

### 1.5.3 Delimitación Conceptual

El Acondicionamiento de Aire es el proceso que se considera más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados; consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire dentro de los locales.

Entre los sistemas de acondicionamiento se cuentan los autónomos y los centralizados. Los primeros producen el calor o el frío y tratan el aire; los segundos tienen un/unos acondicionador/es que solamente tratan el aire y obtienen la energía térmica (frío) de un sistema centralizado, las condiciones de frío a son tratados por máquinas frigoríficas, que funcionan por compresión o por absorción y llevan el frío producido mediante sistemas de refrigeración.

Para el caso de la presente tesis, la expresión aire acondicionado se entenderá por el sistema de enfriamientos del aire o a la refrigeración.

## 1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los Sistemas de Acondicionamiento de Aire en Arquitectura será una herramienta útil para la formación de estudiantes de la Carrera de Arquitectura y será una fuente de información para profesionales donde se plantearan las diferentes tecnologías que estos pueden aplicar en la planificación de proyectos arquitectónicos, encontrando información de utilidad para la elaboración de proyectos que requieran la utilización de sistemas de Acondicionamiento de Aire.

En este manual podremos encontrar la información completa requerida por los diferentes temas en mención, con ejemplos claros y concisos de sistemas de Acondicionamiento de Aire, para la elaboración de planos constructivos.

## CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO

Este capítulo se podrá encontrar información general sobre los sistemas de Aire Acondicionado, que son utilizados en la Arquitectura dentro del programa de los cursos de instalaciones 3 y Práctica Integrada 2 de la División de Arquitectura del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos, sus características, especificaciones y generalidades.

## 2.1. AIRE ACONDICIONADO

El Acondicionamiento del Aire se compone de elementos que permiten el enfriamiento de espacios en las edificaciones de uso público o de viviendas.

El acondicionamiento del aire es el proceso que enfría, limpia y circula el aire, controlando, además, su contenido de humedad. En condiciones ideales logra todo esto de manera simultánea.

## 2.2. ASHRAE

La ASHRAE es la Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción la cual tiene el propósito de especificar las tasas mínimas de ventilación y calidad del aire interior que sean aceptables para los ocupantes humanos y tienen por objeto reducir al mínimo los posibles efectos adversos para la salud.

La ASHRAE en su reglamento 62-2004 ha determinado el flujo de aire exterior mínimo recomendado y este ha sido establecido así:

- ▶ Rango de *15 a 60 pies cúbicos por minuto (CFM's) por persona*
- ▶ Gamas más comunes *15 - 35 pies cúbicos por minuto por persona*
- ▶ Gama media *15-20 cfm por persona*

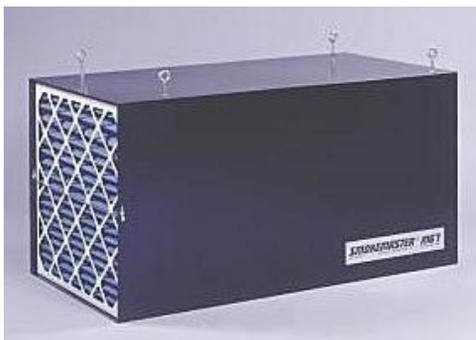
## 2.3. CFM's

Los CFM's son los Pies cúbicos por minuto (CFPM o CFM) es una unidad del Sistema Internacional de Unidades (SI) de medida del flujo de un gas o líquido que indica el volumen de cuánto de pies cúbicos pasan por un punto estacionario en un minuto; es la Unidad de flujo de aire empleado en aire acondicionado.

Los estándares generales de CFM's se presentan a continuación, en los anexos del presente trabajo de tesis se incluyen otros ambientes detallados más puntualmente para el cálculo de CFM's:

AMBIENTE	Cambios de aire por hora en pies cúbicos
Cocinas y Baños Comerciales	15-30
Aulas	3-4
Restaurantes	12
Laboratorios	6-12
Habitaciones para fumadores	10-15
Almacenamiento	1-2
Salones de baile	20-30
Sótanos Aparcamientos	15-30

Los pies cúbicos por minuto CFM's pueden ser manejados por diferentes aparatos según sean las necesidades de renovación de aire en cada caso particular; pueden tener diseños y potencias para casos particulares como cocinas, talleres de pintura, talleres para sand blast, salas de baile, etc.

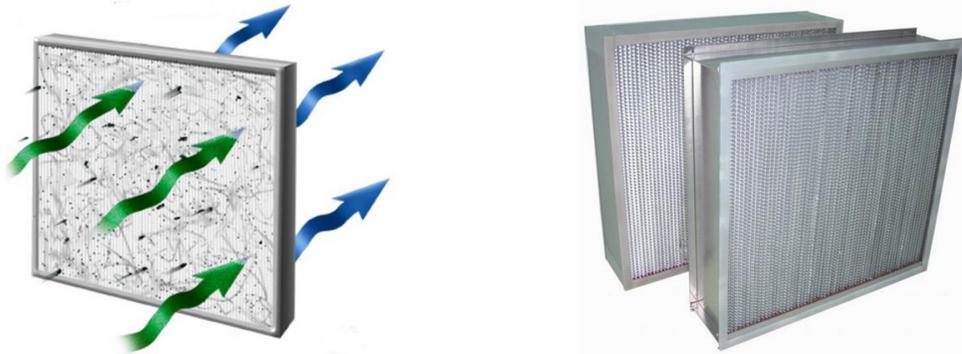


Renovador de Aire y Filtro de Alta Eficiencia

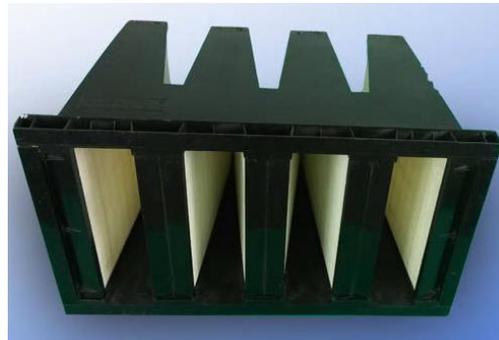
## 2.4. FILTROS

Dependiendo de cada ambiente puede ser posible que sea necesario el uso de prefiltros y filtros para preservar la calidad de salud de los habitantes de cada espacio; pueden existir filtros tipo HEPA ("High Efficiency Particle Arresting) tienen la capacidad de retirar la mayoría de partículas perjudiciales, incluyendo las esporas de moho, el polvo, los ácaros del

polvo, la caspa de mascotas y otros alérgenos irritantes del aire. Los filtros HEPA pueden hallarse en la mayoría de los purificadores de aire, que por lo general son pequeños y portátiles.



Los Filtros tipo Micron ® 800/400 Son sistemas de purificación de aire para hospital, se caracterizan por que son purificadores de aire de alta capacidad, diseñados específicamente para eliminar los microbios peligrosos en el aire. Ellos trabajan por la eliminación de sub-micrones de partículas infecciosas de tamaño muy pequeño que se transportan en el aire, evitan la migración microbiana en el aire y el riesgo de inhalación.



El filtro de aire industrial M67 es una buena opción para los usos de poca potencia tales como para el SANDBLAST o arenar, pulir, soldar o talleres de pintura auto motriz con un índice de hasta 1980 CFM's.

## 2.5. REFRIGERACIÓN

Proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja con el fin, por ejemplo, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias o conseguir un ambiente agradable. El almacenamiento refrigerado de alimentos perecederos, pieles, productos farmacéuticos y otros se conoce como almacenamiento en frío. La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente. El uso de hielo de origen natural o

artificial como refrigerante estaba muy extendido hasta poco antes de la I Guerra Mundial, cuando aparecieron los refrigeradores mecánicos y eléctricos. La eficacia del hielo como refrigerante es debida a que tiene una temperatura de fusión de 0 °C y para fundirse tiene que absorber una cantidad de calor equivalente a 333,1 kJ/kg. La presencia de una sal en el hielo reduce en varios grados el punto de fusión del mismo. Los alimentos que se mantienen a esta temperatura o ligeramente por encima de ella pueden conservarse durante más tiempo. El dióxido de carbono sólido, conocido como hielo seco o nieve carbónica, también se usa como refrigerante.

## 2.6. TERMODINÁMICA

La Termodinámica es una rama de la ciencia que trata sobre la acción mecánica del calor. Hay ciertos principios fundamentales de la naturaleza, llamados Leyes Termodinámicas, que rigen nuestra existencia aquí en la tierra, varios de los cuales son básicos para el estudio de la refrigeración. La primera y la más importante de estas leyes dice: La energía no puede ser creada ni destruida, sólo puede transformarse de un tipo de energía en otro.

### 2.6.1 Calor

El calor es una forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía de calor; por ejemplo, la energía mecánica que opera una rueda causa fricción y crea calor. Calor es frecuentemente definido como energía en tránsito, porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose de los cuerpos cálidos a los cuerpos fríos. La mayor parte del calor en la tierra se deriva de las radiaciones del sol. Una cuchara sumergida en agua helada pierde su calor y se enfría; una cuchara sumergida en café caliente absorbe el calor del café y se calienta. Sin embargo, las palabras "más caliente" y "más frío", son sólo términos comparativos.

Existe calor a cualquier temperatura arriba de cero absoluto, incluso en cantidades extremadamente pequeñas. Cero absoluto es el término usado por los científicos para describir la temperatura más baja que teóricamente es posible lograr, en la cual no existe calor, y que es de -273°C, o sea -460°F. La temperatura más fría que podemos sentir en la tierra es mucho más alta en comparación con esta base.

### 2.6.2 Transmisión de Calor:

La segunda ley importante de la termodinámica es aquella según la cual el calor siempre viaja del cuerpo más cálido al cuerpo más frío. El grado de transmisión es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos.

El calor puede viajar en tres diferentes formas: Radiación, Conducción y Convección. Radiación es la transmisión de calor por ondas similares a las ondas de luz y a las ondas de radio; un ejemplo de radiación es la transmisión de energía solar a la tierra.

Una persona puede sentir el impacto de las ondas de calor, moviéndose de la sombra a la luz del sol, aun cuando la temperatura del aire a su alrededor sea idéntica en ambos lugares. Hay poca radiación a bajas temperaturas, también cuando la diferencia de temperaturas entre los cuerpos es pequeña, por lo tanto, la radiación tiene poca importancia en el proceso de refrigeración.

Sin embargo, la radiación al espacio o al de un producto refrigerado por agentes exteriores, particularmente el sol, puede ser un factor importante en la carga de refrigeración. Conducción es el flujo de calor a través de una sustancia. Para que haya transmisión de calor entre dos cuerpos en esta forma, se requiere contacto físico real. La Conducción es una forma de transmisión de calor sumamente eficiente.

Cualquier mecánico que ha tocado una pieza de metal caliente puede atestiguarlo. Convección es el flujo de calor por medio de un fluido, que puede ser un gas o un líquido, generalmente agua o aire. El aire puede ser calentado en un horno y después descargado en el cuarto donde se encuentran los objetos que deben ser calentados por convección.

La aplicación típica de refrigeración es una combinación de los tres procesos citados anteriormente. La transmisión de calor no puede tener lugar sin que exista una diferencia de temperatura.

### 2.6.3 Temperatura

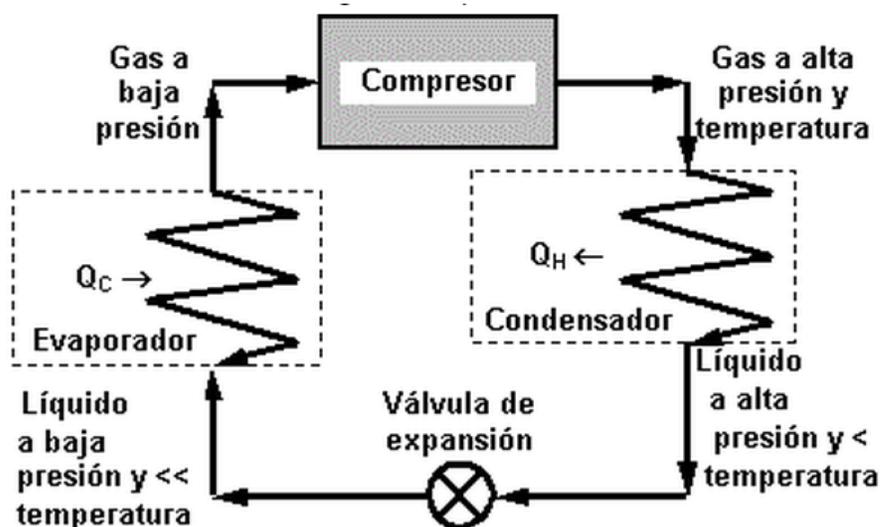
La temperatura es la escala usada para medir la intensidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor. También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro. En algunos países, la temperatura se mide en Grados Fahrenheit, pero en nuestro país, y generalmente en el

resto del mundo, se usa la escala de Grados Centígrados, algunas veces llamada Celsius. Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel del mar. Al nivel del mar, el agua se congela a  $0^{\circ}\text{C}$  o a  $32^{\circ}\text{F}$  y hierve a  $100^{\circ}\text{C}$  o a  $212^{\circ}\text{F}$ . En la escala Fahrenheit, la diferencia de temperatura entre estos dos puntos está dividida en 180 incrementos de igual magnitud llamados grados Fahrenheit, mientras que en la escala Centígrados, la diferencia de temperatura está dividida en 100 incrementos iguales llamados grados Centígrados.

Los sistemas de Aire Acondicionado utilizan los mismos principios y componentes básicos de una nevera convencional.

Una unidad de Acondicionamiento de Aire enfría un ambiente con un serpentín frío interno llamado unidad evaporadora. El condensador, un serpentín de transferencia de calor externo, expulsa el calor del ambiente hacia afuera. Los serpentines del evaporador y del condensador están conformados por tubos que están rodeados por aletas de aluminio. Este tubo generalmente es de cobre. Una bomba, llamado el compresor (ubicado en el condensador), mueve el fluido de transferencia de calor (ó refrigerante) entre el evaporador y el condensador. La bomba (ó compresor) impulsa el refrigerante a través del circuito de tubos y aletas en los serpentines. El líquido refrigerante se evapora en el serpentín del evaporador interior, llevando el calor fuera del aire interior y, de esta forma, se enfría el ambiente.

El gas refrigerante caliente es bombeado al exterior dentro del condensador, donde este se vuelve nuevamente líquido, dando su calor al aire que fluye sobre las aletas y los tubos del condensador.



#### 2.6.4 Higrotérmia, Confort Higrotérmico.

La higrotérmia se refiere a la adecuación de la temperatura y la humedad a las condiciones de interiores de confort, las cuales pueden variar en función del uso de cada espacio arquitectónico; para llegar a esas condiciones de confort se deben considerar cargas térmicas, resistencias térmicas, el clima del envolvente, generación de humedad y tipo de sistema de climatización; el confort higrotérmico será aquel que se logre alcanzar para el bienestar del ser humano en consideración de todos los factores externos.

#### 2.6.5 Carga Térmica

El concepto de carga térmica se refiere a la cantidad de energía térmica, en la unidad de tiempo determinada, que un área o espacio habitado por el ser humano cerrado intercambia con espacios exteriores a consecuencia de las diversas condiciones higrotérmicas del interior y del exterior, las condiciones exteriores en su momento pueden ser las más perjudiciales para el confort. El cálculo de estas cargas térmicas son las que dan los datos para el correcto cálculo de los sistemas de aire acondicionado para equilibrarlas.

##### 2.6.5.1 Componentes de las Cargas Térmicas

Las Cargas térmicas pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Cargas térmicas procedentes del ambiente exterior del edificio
  - Cargas a través de cerramientos
  - Cargas a través de superficies acristaladas, ventanas y linternas;
  - Cargas introducidas a través de la ventilación;
  - Cargas debidas a infiltración.
  
- Cargas térmicas generadas en el interior del edificio
  - Cargas generadas por la actividad de las personas,
  - Cargas de iluminación,
  - Cargas generadas por equipos eléctricos, informáticos...
  - Otras cargas generadas en el interior.

### 2.6.6 Calor Latente

El calor latente es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de estado: de sólido a líquido (fusión) o de líquido a gaseoso (vaporización). Esta energía en forma de calor se invierte para el cambio de estado y no para un aumento de la temperatura.

Antiguamente la expresión “calor latente” se usaba para referirse al calor de fusión o de vaporización; en latín, Latente significa “escondido”, se le denominaba así porque, ya que al no ser notable un cambio de temperatura mientras se produce el cambio de estado (a pesar de añadir calor), éste se quedaba escondido, sin ser perceptible.

### 2.6.7 Calor Sensible

El calor sensible es aquel que se aplica cuando la sustancia no cambia de estado (sólido a líquido a gaseoso), es decir que el Calor Sensible es aquel que recibe un objeto y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado.

### 2.6.8 BTU

El BTU es la unidad para medir el calor en el Sistema Inglés, y dichas siglas son British Thermal Unit, que significa, Unidad térmica Británica, y es la cantidad de calor aplicada a una libra de agua (454 gramos) para que eleve su temperatura un grado Fahrenheit;  $1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal} = 0.252 \text{ Kcal}$ .

Un BTU tiene las siguientes equivalencias.

- ▶ 252 calorías
- ▶ 1055.056 julios
- ▶  $12,000 \text{ BTU/h} = 1 \text{ Tonelada de refrigeración} = 3,000 \text{ frigorías/h}$ .

### 2.6.9 Tonelada De Refrigeración

La tonelada de refrigeración (TRF) es la unidad nominal de potencia empleada en algunos países, especialmente de Norteamérica, para referirse a la capacidad de extracción de carga térmica (enfriamiento) de los equipos frigoríficos y de aire acondicionado; en los equipos, la Tonelada de Refrigeración equivaldría a una potencia capaz de extraer 12000 BTUs por hora, lo que en el Sistema Internacional de Unidades (SI) equivale a 3517 W.

La explicación de los 12000 BTUs resulta del cálculo de que para convertir una libra de hielo en una libra de agua líquida se ocupan 144 BTU's; además de ello, una tonelada corta equivale a 2000 libras, al multiplicar  $144 \times 2000$ , tenemos que durante el proceso se absorberán 288 000 BTUs del ambiente; a efecto de convertir este valor en una medida nominal, se consideró un período de 24 horas, por lo que al dividir los 288 000 BTUs dentro de 24 horas, el resultado es:  $288\ 000/24 = 12\ 000$  BTU/h.

En la actualidad se está adoptando y utilizando más el Sistema Internacional SI, el cambio se está dando de forma paulatina, los fabricantes ahora especifican la capacidad de los equipos tanto en BTU/h como en watt o vatios, mientras que algunos ya sólo lo hacen en watt.

## 2.7. TIPOS DE SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Los tipos de sistemas de Acondicionamiento de Aire son:

- Unidades de ventana o Compacto
- Mini Split y Multi Split
- Unidades tipo Paquete o Unidad Central.
- Sistemas tipo “chiller” o unidades de manejo de aire que utilizan agua fría proveniente de un sistema en base a enfriamiento de agua.

En los sistemas de Acondicionamiento de Aire circula aire frío a través de un sistema de suministro y retorno por ductos o por el mismo ambiente hasta la unidad de enfriamiento; estos (aperturas en las paredes, pisos, o techos cubiertos por rejillas, etc.), llevan el aire frío desde la unidad evaporadora hasta el ambiente. Este aire frío se va calentado a medida que circula por el ambiente; luego este aire regresa, a través de las rejillas y los ductos de retorno o por el mismo ambiente y nuevamente llega hasta la unidad manejadora.

Una unidad de aire central puede ser un sistema tipo split o una unidad tipo compacta.

En un sistema tipo split, un gabinete de metal exterior contiene el serpentín del condensador y el compresor, y el gabinete interior contiene el serpentín del evaporador.

En un sistema tipo compacto, el evaporador, el condensador y el compresor están todos localizados dentro de un mismo gabinete, el cual es corrientemente colocado sobre bases sólidas sobre el techo y es utilizado en pequeños edificios comerciales. El aire de suministro y de retorno viene desde adentro del ambiente a través de paredes exteriores mediante los ductos, y van conectados directamente hacia este equipo.

La tarea más importante del mantenimiento, que asegura la eficiencia de su sistema de Acondicionamiento de Aire, es reemplazar o limpiar los filtros rutinariamente. Cuando están obstruidos por el sucio, los filtros bloquean el flujo normal de aire y se reduce significativamente la eficiencia del sistema. Con esta obstrucción en los filtros, el polvo sigue pasando hacia el serpentín del evaporador, dificultando la transferencia de calor necesaria al encontrarse sucio, y por consiguiente no se logra un adecuado enfriamiento del ambiente.

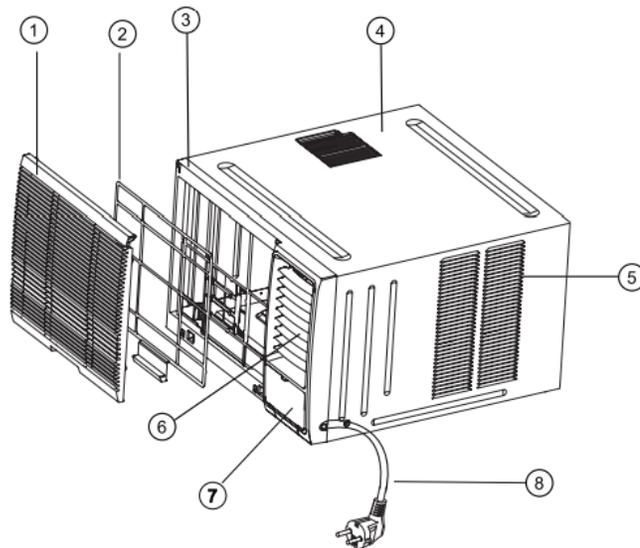
Algunos tipos de filtros se pueden reutilizar luego de la limpieza; otros son desechables y deben ser reemplazados. Están disponibles en variedades de tipos, tamaños y eficiencias. Se deben limpiar los filtros o reemplazarlos generalmente cada dos meses. Los filtros que necesitan atención más frecuente son aquellos que están sometidos a polvo constante o se disponen de fuentes importantes de sólidos que pueden ser retenidos por los mismos.

### 2.7.1 Unidades de ventana

Un aparato de aire acondicionado de ventana es aquel que consta de una única unidad que se instala en el hueco de una ventana o muro exterior, quedando medio equipo fuera y medio dentro.

Los aires acondicionados de ventana tienen la ventaja de tener un bajo costo de instalación y fácil mantenimiento y su desventaja es que su consumo energético es bastante alto y que la producción de sonido es hasta cierto grado incómoda.

Técnicamente, este sistema se denomina sistema de aire acondicionado "unitario" y consta de una unidad de aire acondicionado autónoma. En el sistema unitario, todos los componentes de enfriamiento vienen en una caja compacta. Ésta expulsa el calor por un extremo e inyecta aire enfriado por el otro extremo.



1. Panel frontal
2. Filtro de aire
3. Marco
4. Gabinete
5. Rejilla de entrada de aire (lado exterior)
6. Rejilla de salida de aire
7. Panel de control
8. Cable y enchufe de alimentación.

Este aire acondicionado de ventana puede ajustar la temperatura de su habitación y deshumidificar el cuarto con lo cual le proporcionara todos los requerimientos del ambiente a controlar.

Con el paso del tiempo, muchos de los sistemas actuales del tipo ventana son dispositivos multifuncionales, enfrían e intercambian aire para la habitación con altos ahorros en eficiencia y consumos de energía.

Estas unidades modernas pueden ser instaladas en toda clase de lugares incluyendo fábricas, minas, restaurantes, hospitales, hoteles, hogares, laboratorios, cuartos de computadoras, etc. En los cuales el control y ajuste de la temperatura así como la humedad del lugar son necesarios.

#### 2.7.1.1 Instalación:

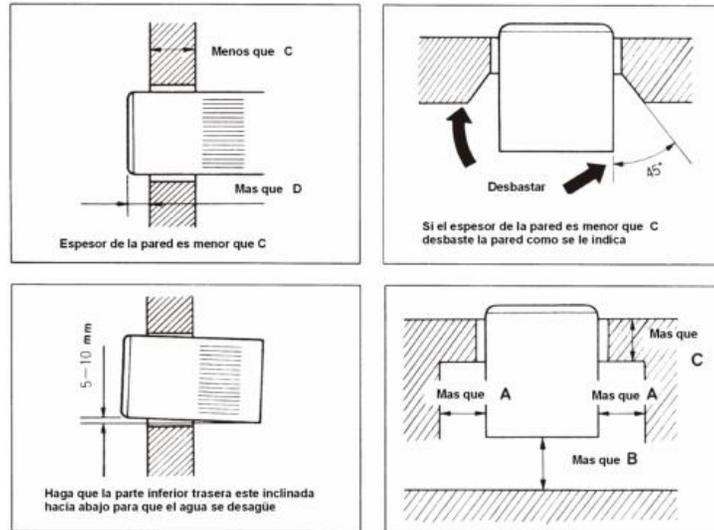
Instale la unidad en un lugar que cuente con la suficiente fuerza para soportar la unidad de una manera segura.

Para una máxima eficiencia se debe instalar el aire acondicionado a un lado de la casa o edificio en un espacio donde se encuentren áreas de sombra evitando la luz directa del sol.

Es importante que tanto en la salida de aire caliente o templado hacia el exterior como en la entrada de aire frío hacia el ambiente existan espacios holgados para el flujo del aire.

Los espacios regulares para la instalación de estos equipos varían de fabricante a fabricante pero los parámetros o estándares de ellos se presentan en las gráficas siguientes:

Tamaño (mm) \ Modelo	Menos de 9000 Btu/h	Mas de 10000 Btu/h
A	400	400
B	500	500
C	170	210
D	50	60



### 2.7.2 Unidades Portátiles o Tipo Pingüino

Son aquellos aparatos de aire acondicionado portátiles que se colocan en el suelo y se pueden mover fácilmente de una habitación a otra; estos tienen un diseño que permite ser usados sin necesidad de instalación previa, únicamente la conexión eléctrica y alguna abertura que permita expulsar el aire caliente del recinto; su peso es ligero y se adaptan fácilmente a ambientes ya existentes; la flexibilidad del tubo de expulsión permite adaptarse a alturas de expulsión y a distancias de piso y operación. La corriente que usan es de 110-120 voltios; su capacidad en toneladas va desde 0.5 a una tonelada, es decir: capacidad de manejar de 6000 a 12000 BTU's.



### 2.7.3 Unidades tipo Mini Split y Sistema Multi Split



Sistemas separados o split system (Split en inglés: dividido o partido) o Mini Split se diferencian de los de ventana porque están repartidos o divididos en dos muebles, uno exterior y otro interior, con la idea de separar en el circuito de refrigeración la zona de evaporación en el interior de la zona de condensación en

el exterior. Ambas unidades van unidas por medio de tuberías de cobre para la conducción del gas refrigerante.



Sistemas multi split: consisten en una unidad condensadora exterior, que se puede vincular con dos o más unidades interiores. Se han desarrollado equipamientos que permiten colocar gran cantidad de secciones evaporadoras con solo una unidad condensadora exterior mediante la regulación del flujo refrigerante, denominado VRV. Todas estas unidades son enfriadas por aire mediante un condensador y aire exterior circulando mediante un ventilador.



### 2.7.4 Unidades tipo Paquete

Los sistemas de aire acondicionado tipo paquete son de muy buena capacidad y eficiencia de enfriamiento y se puede tener una mejor distribución de aire dentro de las zonas acondicionadas.



Los equipos de aire acondicionado tipo paquete tienen un diseño de fábrica en el cual todos sus componentes están integrados en un mismo cuerpo, es decir la condensadora y la evaporadora están juntas y este equipo debe instalarse al exterior por el motivo de una recuperación de aire ambiente y también para expulsar todo el calor de las zonas enfriadas.

Estos equipos trabajan con gas refrigerante, tienen en su interior un serpentín de cobre con aletado de aluminio, en el cual circula el gas refrigerante y por medio de un ventilador de alta capacidad es expulsado hacia las zonas acondicionadas, este aire es conducido por medio de ductos de lámina galvanizada de primera calidad o fibra de vidrio.

Estos equipos pueden proporcionar calefacción ya sea por medio de un sistema de ciclo reversible (bomba de calor) o resistencias eléctricas.



### 2.7.5 Sistemas tipo Chiller

Del inglés Chill = escalofrío o enfriar; es un equipo que genera agua helada, son utilizados en diferentes aplicaciones tanto en el aire acondicionado o en la industria, en ambos campos de aplicación se genera carga térmica o calor, este calor debe ser removido, el medio más eficiente para remover este calor es el agua, durante mucho tiempo se utilizó el agua de suministros naturales como son ríos, lagos, cisternas y el agua que llega por medio de tuberías, pero hoy en día este recurso se ha vuelto escaso y caro, la solución a este problema es mediante la utilización de enfriadores de agua reciclándola sin necesidad de ser remplazada, esto se obtiene por medio del sistema de refrigeración con que cuentan estos equipos.

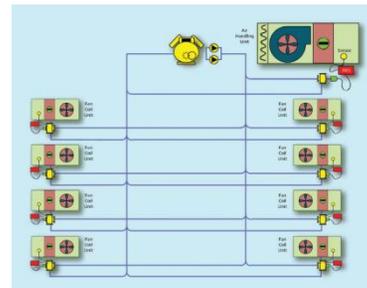
En la actualidad existen variantes de chillers para cada aplicación, entre las que se pueden mencionar:

- Chiller portátiles
- Chillers centrales
- Chiller de baja temperatura

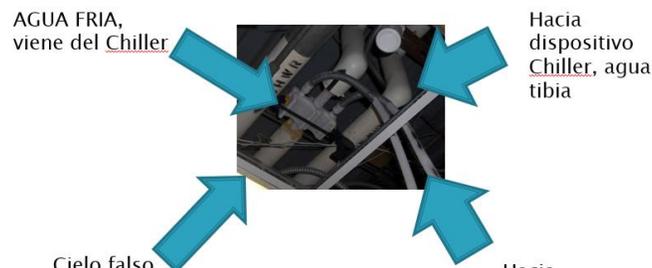
Todos los “chillers” en su construcción presentan los siguientes componentes básicos:

- Compresor(es) de refrigeración
- Intercambiador de calor del tipo casco y tubo
- Condensador
- Circuito de control
- Líneas y accesorios de refrigeración
- Gabinete
- Refrigerante R-22 o ecológico

Básicamente el sistema de “Chiller” consta de tres partes, la primera el Chiller en sí que consta del compresor o compresores y condensadores; el sistema de tubería de agua que transporta el agua helada y el agua tibia y por último el evaporador o fancoil.

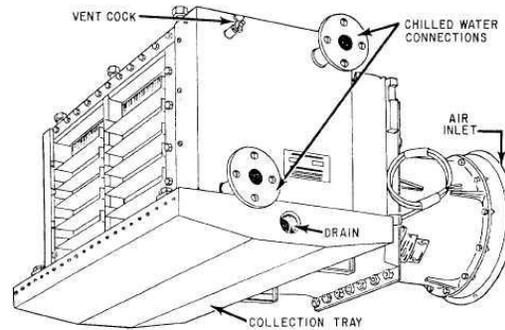


El agua almacenada en el sistema es enfriado en el aparato central Chiller, esta es enviada por medio de tubería de agua helada al fancoil que se encuentra en cada ambiente a enfriar y esta agua utilizada de temperatura más alta (a la cual se le llama agua tibia) regresa al chiller para ser enfriada de nuevo y mantener un circuito entre fancoils y chiller.



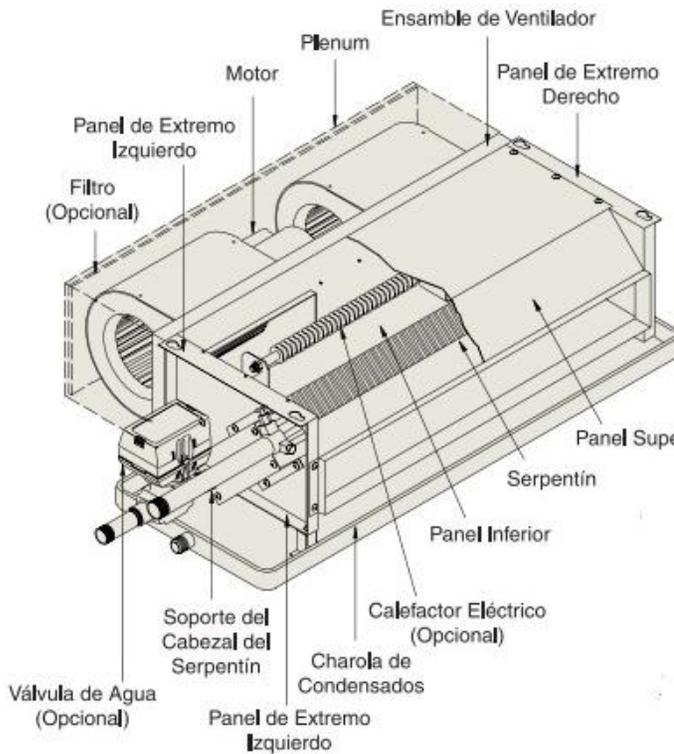
Las tuberías pueden ser PVC insoladas para evitar condensación de vapor y producir goteo a lo largo de las mismas; cada fancoil puede ser operado por el usuario del ambiente requiriendo del sistema cierta temperatura o incluso apagar el fancoil; el sistema usará la energía necesaria solo para los ambientes que en su momento tengan encendidos los fancoils.

El evaporador o Fan coil (Fan: ventilador y Coil: Serpentín) es el aparato que regula la temperatura ambiente.



UNIDAD DE FAN COIL  
VISTA INFERIOR

Fuente:  
Manual Chillers Industrial and Comercial Markets modelo Model CGWF and CCAF  
Elaboración: propia.



UNIDAD DE FANCOIL  
VISTA ISOMÉTRICA  
COMPONENTES

Fuente:  
TRANE Chilled Water Fan Coil Unit  
Elaboración: propia.

Los chillers se caracterizan por tener la capacidad de manejar alta cantidad de toneladas de refrigeración y son utilizados generalmente en las siguientes áreas:

- Generación de Plásticos.
- Industria Hotelera.
- Industria Alimenticia.
- Enfriamiento de Pistas de Patinaje de Hielo.
- Edificios de oficinas.

Los Chillers pueden tener gran tamaño, pueden manejarse capacidades desde 20 Toneladas hasta 500 Toneladas.



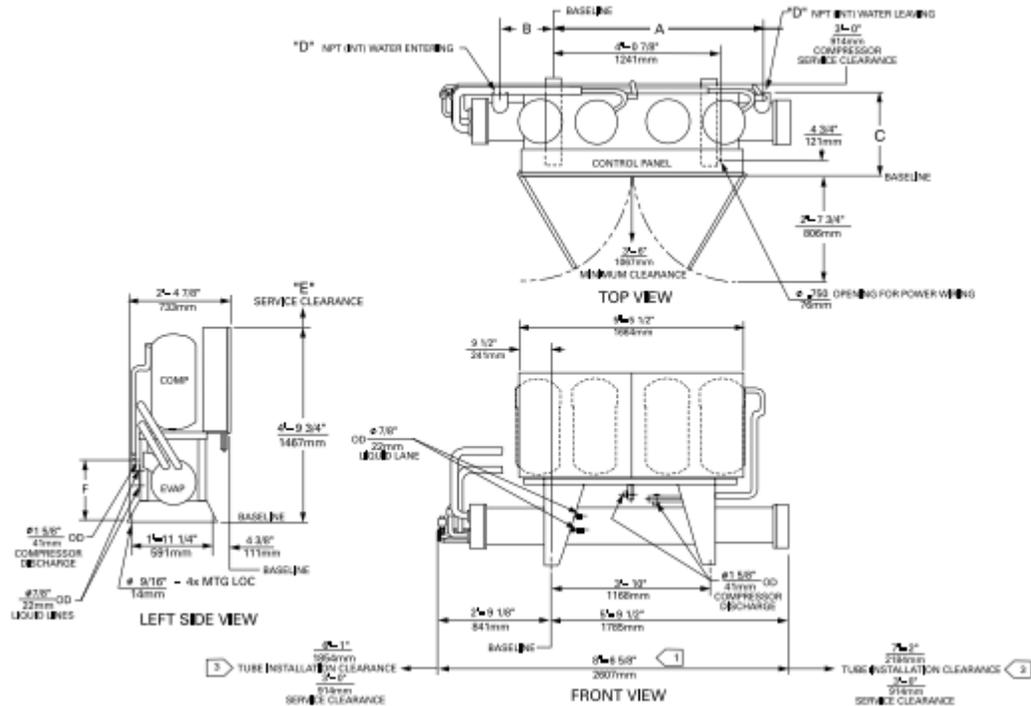
CHILLER DE 20 A 60 TONELADAS  
2.85m x 0.86m x 1.90 m

Fuente:  
Manual Chillers Industrial and Comercial Markets modelo Model CGWF and CCAF  
Elaboración: propia.

**TABLA 1**  
DIMENSIONES DE CHILLERS SEGÚN EL TONELAJE  
DE MANEJO DE LA UNIDAD

DIMENSIONES SISTEMA INGLES (PULGADAS)																							
TAMAÑO DE LA UNIDAD	A			B			C			D		E		F									
40 TON	5	'	1 5/7	"	1	'	3 3/4	"	1	'	11 1/4	"	0	'	2 1/2	"	3	'	4 1	"	1	'	4 1/4
50 TON	5	'	1 1/2	"	1	'	3 1/2	"	2	'	1 1/9	"	0	'	2 1	"	3	'	9 1	"	1	'	6 8/9
60 TON	5	'	1 1/2	"	1	'	3 1/2	"	2	'	0 7/8	"	0	'	2 1	"	3	'	9 1	"	1	'	6 1/9

DIMENSIONES SISTEMA MÉTRICO (mm)									
TAMAÑO DE LA UNIDAD	A		B		C		D	E	F
40 TON	1568		400		591		64	1041	413
50 TON	1562		394		638		76	1168	480
60 TON	1562		394		632		76	1168	460



CHILLER DE 175 A 450 TONELADAS  
3.30m x 0.89m x 1.96 m

## 2.8. CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS

Las unidades de ACONDICIONAMIENTO DE AIRE se clasifican de acuerdo al número de Unidades Térmicas Británicas (Btu) de calor que ellos pueden remover por hora del ambiente a acondicionar. Otro término común para

el dimensionamiento de los equipos es la “tonelada”, el cual es equivalente a 12.000 Btu por hora.

La capacidad de un sistema de Acondicionamiento de Aire depende de:

1. Que tan grande es el espacio a trabajar y la cantidad de ventanas que ella posee.
2. Cuanta sombra existe en las ventanas, paredes y techos.
3. Cantidad de aislamiento en las paredes y techos.
4. Cantidad de infiltraciones de aire exterior.
5. Cantidad de calor generado por los ocupantes, artefactos y equipos.

La eficiencia de un aire acondicionado, su desempeño, durabilidad y costo inicial dependen de la selección del equipo que satisfaga los requerimientos de los factores relacionados anteriormente. Asegúrese de comprar el sistema de Acondicionamiento de Aire con la capacidad correcta. ACCA y ASHRAE han publicado los procedimientos de cálculo para el dimensionamiento de los equipos de Acondicionamiento de Aire.

## 2.9. DUCTOS

Generalmente, para el traslado de los aires fríos desde la manejadora de Aire Acondicionado central o tipo paquete, es necesario contar con un sistema de ductos; estos pueden ser fabricados de planchas de fibra de vidrio o de lámina galvanizada.

### 2.9.1 Fibra de Vidrio

Las planchas de fibra de vidrio se encuentran formadas por fibra de vidrio aglomerada y resinas termos resistentes con acabado de interior y/o exterior en velo de fibra de vidrio y foil de aluminio y reforzados con hilos de fibra de vidrio o malla de rayón y/o fibra de celulosa. Las láminas para ductos tienen machihembrado (shiplap) en los bordes longitudinales lo cual facilita el armado de los ductos.

Los productos de fibra de vidrio tienen ciertas ventajas, entre ellas se encuentran:

- No es combustible
- Excelente aislante térmico, lo cual garantiza las temperaturas del aire transportado de inicio a final, no requieren aislante adicional.

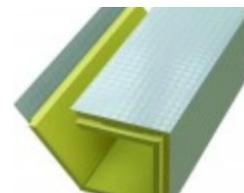
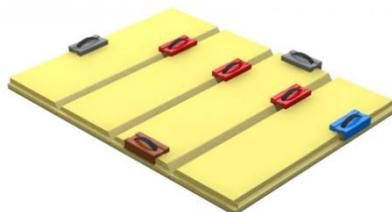
- La absorción acústica hace que los sonidos producidos por las manejadoras y por la turbulencia sea reducido al 100%; eliminan los sonidos asociados a la expansión, contracción y vibración de los sistemas de ductos metálicos.
- Por ser piezas livianas su transporte, instalación y manipulación es de mayor facilidad y las piezas de sujeción llegan a ser más livianas para su soporte.
- No generan desarrollo de hongos y bacterias en su interior y exterior.
- Excelente apariencia.
- Extremada durabilidad.
- No existe condensación de la humedad por transporte de aires fríos y por consecuencia no hay goteos en el desarrollo de los ductos.

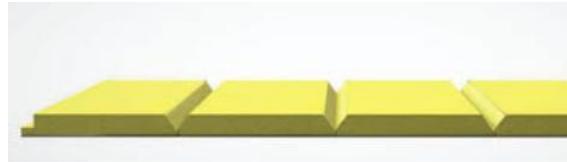
Las dimensiones de las planchas de fibra de vidrio están dadas por las siguientes medidas:

LARGO	2.44 m o 2.97 m
	96" o 117"
ANCHO	1.22 m
	48"
ESPESOR	0.0254 m
	12"

Las tuberías de fibra de vidrio también pueden ser de forma circular y son formadas por una espiral de alambre de acero resistente a la tensión y la oxidación; este va recubierto por una capa de fibra de vidrio más una capa tipo aluminio como barrera de vapor; se usa para derivaciones secundarias de ventilación y aire acondicionado de mediana presión.

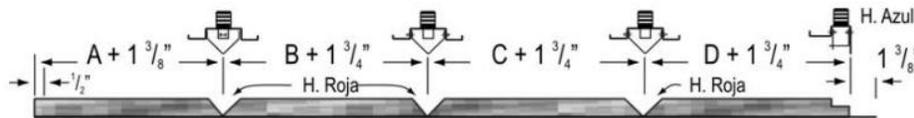
Las herramientas para facilitar el doblez intermedio de los ductos funcionan como cepillos con cuchillas en "V" de 45 grados que pueden realizar cortes que al doblar las piezas forman un ángulo de 90 grados.



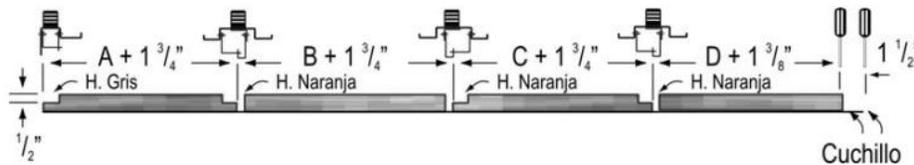


A continuación se presentan los usos y cortes que realizan las diferentes herramientas para el trabajo de ductería con fibra de vidrio.

CON HERRAMIENTA ROJA TRADICIONAL



CON HERRAMIENTA NARANJA



### 2.9.2 Ductos con Lámina Galvanizada

Se trata de conductos realizados a partir de planchas de chapa metálica (acero galvanizado o inoxidable, cobre, aluminio...), las cuales se cortan y se conforman para dar al conducto la geometría necesaria para la distribución de aire.

Puesto que el metal es un conductor térmico, los conductos de chapa metálica deben aislarse térmicamente. Habitualmente, el material empleado consiste en mantas de lana de vidrio para colocar en el lado exterior del conducto. Estas mantas incorporan un revestimiento de aluminio que actúa como barrera de vapor. También pueden colocarse, en el interior del conducto, mantas de lana de vidrio con un tejido de vidrio que permite la absorción acústica por parte de la lana y refuerza el interior del conducto.



Los productos de lana de vidrio utilizados para el aislamiento de conductos metálicos son:

Producto	Aplicación	Descripción	Revestimiento	Resistencia térmica m <sup>2</sup> · K/W
IBR Aluminio	Aislamiento por el exterior del conducto metálico	Manta de lana de vidrio, 55 mm de espesor	Aluminio + kraft	1,31
Isoair		Manta de lana de vidrio, en 30 ó 40 mm de espesor	Aluminio reforzado + kraft	30 mm: 0,80 40mm: 1,00
Intraver Neto	Aislamiento por el interior	Manta de lana de vidrio, 25 mm de espesor	Tejido de vidrio negro de alta resistencia mecánica	15 mm: 0,36* 25 mm: 0,73

Fuente: Norma UNE-12237.  
Manual de Conductos de aire acondicionado CLIMAVER

### 2.9.3 La Estanqueidad:

La estanqueidad, es una cualidad por la que determinamos si algo tiene fugas o posibilidad de tenerlas o no. Es decir, si hay estanqueidad, no hay fugas; si no hay estanqueidad existen fugas

### 2.9.4 Clasificación de los conductos de chapa

#### a) Respecto a la presión máxima y estanqueidad

Los conductos de chapa se clasifican de acuerdo a la máxima presión que pueden admitir:

Clase de conductos	Presión máxima (Pa)
Estanqueidad A	500 Pa (1)
Estanqueidad B	1000 Pa (2)
Estanqueidad C	2000 Pa (2)
Aplicaciones especiales	2000 (2)

(1) Presión positiva o negativa.

(2) Presión positiva.

Fuente: Norma UNE-12237.

Manual de Conductos  
de aire acondicionado CLIMAVÉR

## b) Respecto al grado de estanqueidad

Se establecen tres clases de estanqueidad, los detalles de los sistemas de montaje y tipos de refuerzos están definidos en el proyecto de norma europea prEN 1507, norma UNE -EN-12237, normas que están vigentes en otros países (como España) y en nuestro país rigen normas internacionales o normas que pueden ser aplicadas a nuestro medio; ver el capítulo de Anexos donde se hace referencia a estas normas españolas.

### 2.9.5 Conductos flexibles

Los conductos flexibles son conductos con forma de fuelle, en espiral, constituidos por lo general por dos tubos de aluminio y poliéster entre los cuales se dispone un fieltro de lana de vidrio que actúa como aislamiento térmico. Están regulados por la norma UNE-EN-13180. El RITE limita su uso a longitudes de 1,2 m debido a su elevada pérdida de carga y a los problemas acústicos que pueden originar; por lo que se utilizan principalmente para la conexión entre el conducto principal de aire y las unidades terminales: difusores, rejillas.

## 2.10. AISLAMIENTO TÉRMICO

Los materiales poseen características particulares en su transmisión térmica; algunos oponen resistencia a la transmisión del calor en mayor o menor medida. Algunos muy escasa resistencia tal es el caso de los metales, otros una resistencia media (materiales de construcción: yesos, ladrillos, morteros, bloques de concreto, etc.) y otros una resistencia alta; estos últimos, los que ofrecen una resistencia alta a la transmisión de calor se llaman materiales aislantes.

Es por ello que se utilizan como aislamiento térmico aquellos materiales porosos o fibrosos como las lanas minerales (lana o fibra de fibra de vidrio), poliestireno expandido, poliestireno extruido, espuma de poliuretano, corcho y otros para evitar que el calor entre a zonas climatizadas o que el aire frío climatizado no se pierda por efectos de la transmisión térmica de los cerramientos hacia el exterior.

Es aconsejable el uso de las fibras de vidrio que es un producto de origen natural, mineral, inorgánico, compuesto por un entrelazado de filamentos de vidrio aglomerados. Los paneles o rollos blandos de fibra de vidrio están compuestos por arena de sílice y carbonato de calcio y de magnesio que le confiere resistencia a la humedad.

Los productos de fibra de vidrio no retienen la humedad y gracias a su porosidad abierta este material permite que el aire quede inmerso en el interior de su estructura, ofreciendo una muy baja conductividad térmica, haciéndolo un material especial para el aislamiento térmico y acústico. Aporta además gran resistencia contra el fuego.

Su presentación viene en forma de mantas y paneles, con diferentes recubrimientos (que pueden ser de aluminio para caos de paneles o papel especial contra el fuego como en caso de mantas para paredes, pisos o techos).

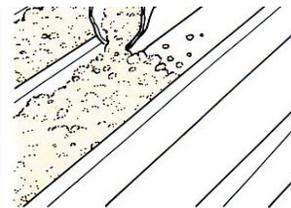
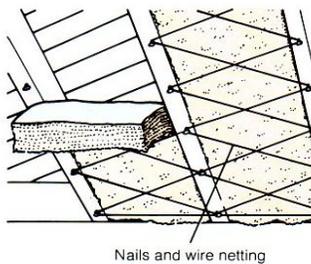
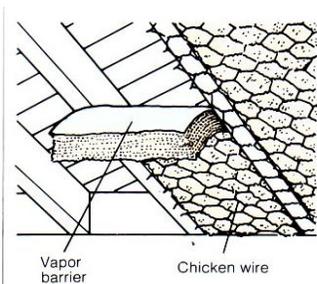
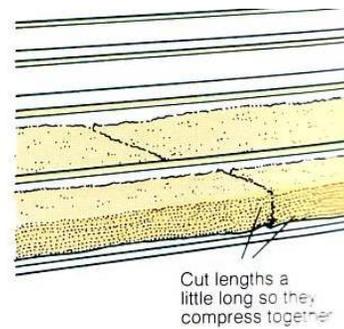
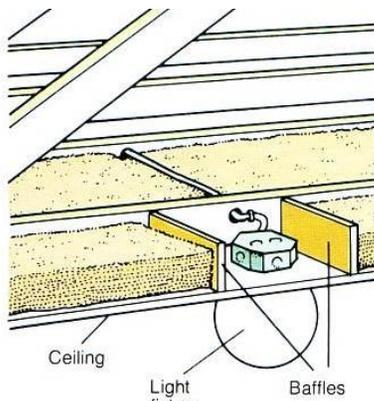
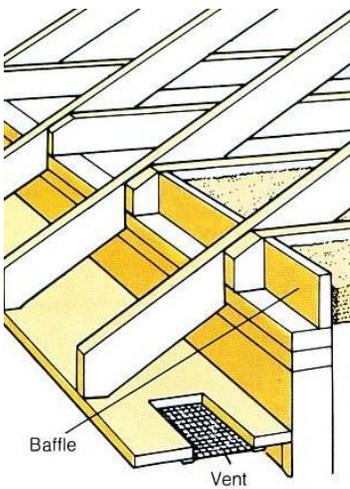
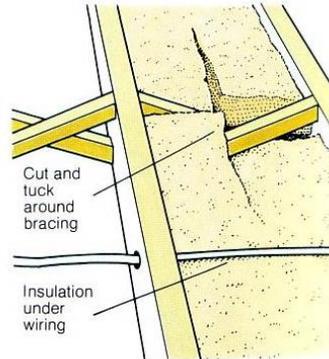
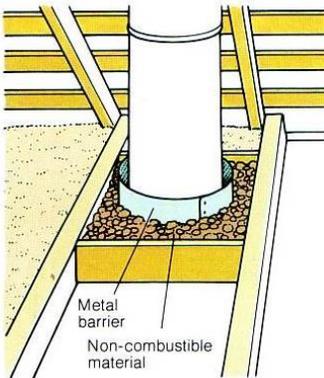
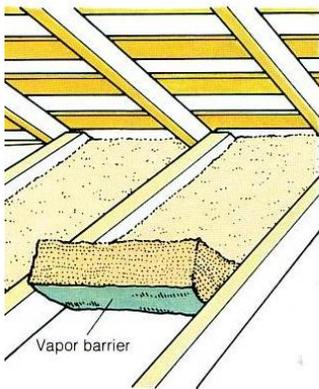
Estas mantas se catalogan por las zonas de calor, de menor calor (más fríos) de Estados Unidos, desde la zona 1 hasta la zona 5, de la menos, a la más fría.

- Zona 1        R11
- Zona 2        R13
- Zona 3        R19
- Zona 4        R22
- Zona 5        R22

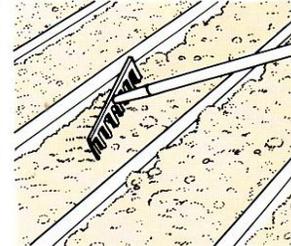
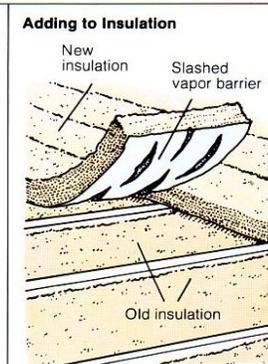
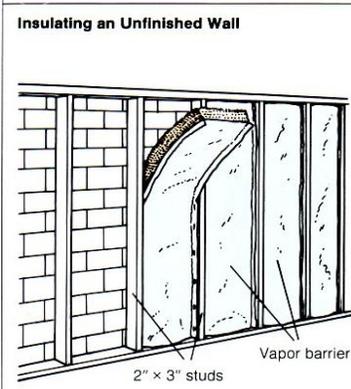
Entre más elevado el número de R, mayor es el grosor y por consecuencia se usa en climas con temperaturas extremas.

El calor se mueve hacia, desde y a través de su casa de cuatro maneras: por conducción (que mide el valor R), por convección y por radiación; influye también la infiltración de aire.

Aislamiento en ductos, paredes y cielos.

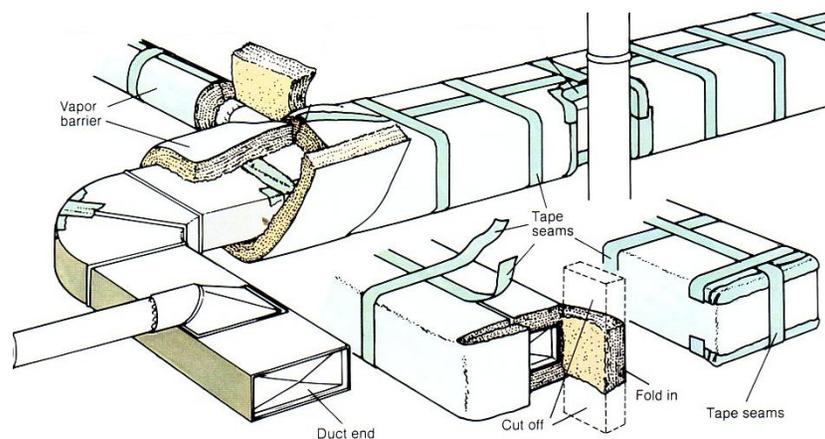
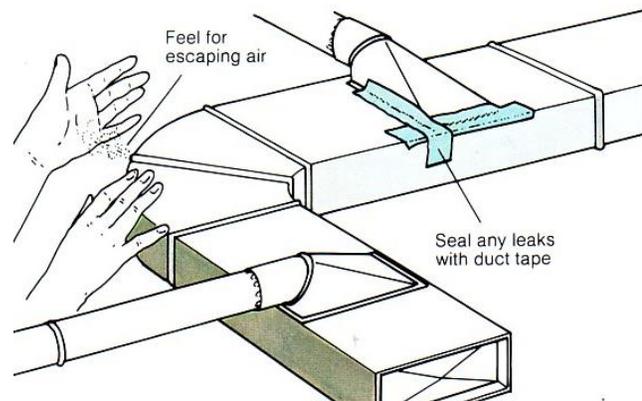


Pour the insulation between the joists, making sure it gets into all the small crevices in corners and around bracings.



Spread and fluff the fill with a rake.





## 2.11. CARACTERÍSTICAS FÍSICO ARQUITECTÓNICAS DEL ESPACIO A CLIMATIZAR

Es necesario que para tener una adecuada y acertada respuesta al equipo a utilizar, se analicen diseños arquitectónicos, planos y detalles constructivos; ubicación física del predio, capacidad instalada de servicios de infraestructura, fotografías del emplazamiento y todo aquello que contribuya a la perfecta interpretación del uso y entorno del objeto arquitectónico.

Cada día salen al mercado diferentes soluciones en relación a resolver los problemas de climatización de espacios arquitectónicos, cada uno de los casos será analizado y por tal consecuencia, se escogerá el equipo necesario y sus características específicas para la correcta utilización de los recursos energéticos en beneficio de la sostenibilidad del proyecto y la protección al medio ambiente.

## 2.12. TAMAÑO DE LOS EQUIPOS

Para la mejor escogencia de los equipos de aire acondicionado, podrían clasificarse en cuatro grandes grupos; estos grupos pueden ser:

### 2.12.1 Pequeños

Aquellos que responden a necesidades muy particulares y específicas de ambientes ya construidos y que por necesidades particulares, el propietario decide instalar un equipo sencillo y de fácil manejo e instalación; entre ellos se tienen los aires acondicionado tipo ventana.

Por situaciones económicas de bajar costos, es posible que proyectos nuevos sean abordados con aires acondicionados tipo ventana, por ejemplo, cuartos de hoteles -donde el manejo individual de las unidades pueda ser operado por el ocupante de la habitación- es bastante factible la implementación de estos equipos pequeños.

### 2.12.2 Medianos:

Mini Split y Split:

Por su nombre en inglés: sistema “separado”, una manejadora de aire frío con una, dos o tres salidas o manejadoras y su uso puede ser para viviendas u oficinas que quieren obtener la climatización evitando los molestos sonidos que pueden crear los condensadores. Pueden existir medianos del tipo paquete que son conocidos como Aire Acondicionado Central y requieren de ductería.

### 2.12.3 Grandes:

Tipo Paquete y Chillers

Tipo Paquete, mencionados anteriormente, que por su volumen de manejo de aires pueden existir de gran tamaño y los chillers “pequeños” que pueden escogerse dependiendo de las necesidades a cubrir. Los tipo paquete se usarán en espacios donde una sola persona decide la temperatura que debe tener el ambiente donde se encuentre trabajando el equipo, se quiera o no, el aire acondicionado lo recibirán todas las personas que se encuentren en el mismo recinto; puede utilizarse en salones de uso común como teatros, cines, iglesias, etc.

#### 2.12.4 Extra Grandes:

Chillers: que por el volumen de aire a enfriar se escoge un equipo de gran tamaño el cual ocupa un espacio considerablemente grande y usa agua helada para el enfriamiento del aire en los fan coils; su escogencia será para edificios grandes con una serie de espacios interiores pequeños en donde cada usuario puede decidir el uso y la temperatura que desea en su pequeño ambiente, el equipo trabajará a necesidad de cada usuario bajando el uso de energía si existieran ambientes no ocupados o con menos requerimiento de temperaturas bajas.

Día a día hay nueva tecnología la cual se adapta a las necesidades humanas individuales y colectivas; la producción de nuevos equipos "inteligentes" obedece a la conservación del medio ambiente y el cuidado de los recursos naturales: equipos sostenibles.

---

## CAPÍTULO III

# SISTEMATIZACIÓN Y CÁLCULO

Este capítulo se podrá encontrar información general sobre los diferentes aspectos que deben ser tomados en cuenta para el cálculo de los sistemas de Aire Acondicionado.

### 3.1 CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERACIÓN

El cálculo de la carga térmica de refrigeración ( $Q_r$ ) es necesario para saber la capacidad de refrigeración de los aparatos de aire acondicionado que se deben utilizar, y en última instancia de su potencia eléctrica de consumo.

La carga térmica total de refrigeración ( $Q_r$ ) de un local se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q_r = Q_s + Q_l$$

Donde:

$Q_s$  es la carga térmica sensible (W);

$Q_l$  es la carga térmica latente (W).

(W) Watts

### 3.2 CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA SENSIBLE

Para el cálculo de la carga térmica sensible ( $Q_s$ ) se emplea la siguiente fórmula:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

Donde:

$Q_{sr}$	Es el valor de la carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (W);
$Q_{str}$	Es la carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W);
$Q_{st}$	Es la carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (W);
$Q_{si}$	Es la carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);
$Q_{sai}$	Es la carga sensible debida a aportaciones internas (W).

Por lo anterior, el cálculo de la carga sensible está basado en el cálculo de cada una de las diferentes cargas anteriores, realizando con

ellas una sumatoria, consiguiéndose de esta manera un valor de la carga sensible total.

### 3.2.1 Carga por radiación solar a través de cristal "Qsr"

Los rayos solares atraviesan las superficies transparentes y ello incurre sobre las áreas interiores del espacio, elevándolas de temperatura, así mismo esto incrementa la temperatura del ambiente y puede cambiar el confort interno del espacio arquitectónico.

La carga térmica por radiación a través de cristales y superficies traslúcidas (Qsr) se calcula así:

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F$$

Donde:

Qsr	Carga térmica por radiación solar a través de cristal, en (W).
S	Superficie traslúcida o acristalada expuesta a la radiación, en m <sup>2</sup> .
R	Radiación solar que atraviesa la superficie, en W/m <sup>2</sup> , correspondiente a la orientación, mes y latitud del lugar considerado.
F	Factor de corrección de la radiación en función del tipo de vidrio empleado en la ventana, efectos de sombras que pueda existir, etc.

El valor "F" puede consultarse en la fase de anexos del documento CTE-DB HE Ahorro de energía.

### 3.2.2 Carga por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores "Qstr".

La carga por transmisión y radiación que se transmite a través de las paredes y techos opacos que limitan con el exterior (Qstr) se calcula como sigue:

$$Q_{str} = K \cdot S \cdot (T_{ec} - T_i)$$

Donde:

Qstr	Carga por transmisión a través de paredes y techos exteriores, en W.
K	Coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica, expresado en

	W/m <sup>2</sup> °C.
S	Superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas, en m <sup>2</sup> .
Ti	Temperatura interior de diseño del local (°C)
Tec	Temperatura exterior de cálculo al otro lado del local (°C)

Para el cálculo de K aplicable a materiales empleado en construcción consultar el anexo del presente documento

Como temperatura interior de diseño (Ti) se presentan en la siguiente tabla las condiciones a tomar en cuenta en el diseño según las estaciones del año y las temperaturas confort en el interior de los espacios arquitectónicos:

Estación del año	Temperatura °C
Verano	23 ... 25
Invierno	21 ... 23

Tabla 1. Condiciones interiores de diseño

Para obtener el valor de la temperatura exterior de cálculo (Tec) se parte a su vez de la llamada temperatura exterior de diseño (Te).

La temperatura exterior de diseño (Te) se calcula teniendo en cuenta la temperatura media del mes más cálido (Tme) y la temperatura máxima del mes más cálido (Tmáx) del lugar, a partir de la siguiente expresión:

$\text{Temperatura exterior de diseño, } Te = 0,4 \cdot Tme + 0,6 \cdot Tmáx$
---

Para obtener los valores de la temperatura media del mes más cálido (Tme) y la temperatura máxima del mes más cálido (Tmáx) se pueden consultar los datos de INSIVUMEH para el año recién pasado, en el anexo de este documento se adjuntan los datos más recientes de todas las estaciones meteorológicas en Guatemala:

La temperatura exterior de cálculo (Tec) se calcula a partir de la temperatura exterior de diseño (Te) y de la orientación que tenga el cerramiento que se está considerando, a partir de la siguiente tabla:

Orientación	Temperatura exterior de cálculo (Tec) en °C
Norte	0.6•Te
Sur	Te

Este	$0.8 \cdot T_e$
Oeste	$0.9 \cdot T_e$
Cubierta	$T_e + 12$
Suelo	$(T_e + 15) / 2$
Paredes interiores	$T_e \cdot 0.75$

Tabla 2. Temperatura exterior de cálculo ( $T_e$ )

### 3.2.3 Carga por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores "Qst"

Es posible que a la vecindad de nuestro ambiente a calcular existan actividades dentro del edificio que generen calor adicional (una cocina o panadería por ejemplo); para ello se considera la "carga por transmisión" a través de los cerramientos interiores, esto se calcula según la siguiente fórmula:

$$Q_{st} = K \cdot S \cdot (T_e - T_i)$$

Donde:

Qst	Carga por transmisión a través de los cerramientos interiores, en W.
K	Coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica, expresado en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ .
S	Superficie del cerramiento interior, en $m^2$ .
$T_e$	Temperatura de diseño al otro lado del cerramiento ( $^\circ C$ )
$T_i$	Temperatura interior de diseño del local ( $^\circ C$ )

Como temperatura interior de diseño ( $T_i$ ) se pueden tomar los valores indicados en la tabla 1 anterior, que recoge las condiciones de diseño para la temperatura del aire interior, según las estaciones del año.

Para elegir la temperatura exterior de diseño ( $T_e$ ) correspondiente a las estancias del edificio que limitan con el local de cálculo, se tendrá en cuenta los usos dados a estas estancias.

### 3.2.4 Carga transmitida por infiltraciones de aire exterior "Qsi"

La carga transmitida por infiltraciones y ventilación de aire exterior ( $Q_{si}$ ) se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_{si} = V \cdot \rho \cdot C_{e,aire} \cdot \Delta T$$

Donde:

Q <sub>si</sub>	Carga térmica por infiltración y ventilación de aire exterior (W)
V	Caudal de aire infiltrado y de ventilación (m <sup>3</sup> /s)
ρ	Densidad del aire, de valor 1,18 kg/m <sup>3</sup>
C <sub>e, aire</sub>	Calor específico del aire, de valor 1012 J/kg°C
ΔT	Diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior e interior.

<b>Aire de infiltraciones en m<sup>3</sup>/h por persona y por puerta</b>		
	<b>Volumen V<sub>i</sub> m<sup>3</sup>/h por persona y puerta</b>	
<b>Tipo local</b>	<b>Sin vestíbulo</b>	<b>Con vestíbulo</b>
Bancos	13,5	10,2
Peluquerías	8,5	6,5
Bares	12	9
Estancos	51	38
Pequeños comercios	13,6	10,2
Tienda de confecciones	4,3	3,2
Farmacias	11,9	9
Habitación hospital	6	4,4
Sala de té	8,5	6,5
Restaurante	4,3	3,2
Comercio en general	6	4,4

Una vez calculado el valor del caudal total aplicamos la formula siguiente:

$$V_i = \text{valor de la tabla} \times \text{n}^\circ \text{ de puertas} \times \text{n}^\circ \text{ personas}$$

$$Q_{si} = V_i \cdot (\Delta t) \cdot 0,29$$

Siendo:  $V_i$  = volumen de infiltración en m<sup>3</sup>/h.

$\Delta t$  = salto térmico en °C.

$Q_{si}$  = calor sensible debido a las infiltraciones, viene dado en kcal/h.

### 3.2.5 Carga sensible por aportaciones internas "Q<sub>sa</sub>"

La ganancia de carga sensible por a las contribuciones de calor internas del espacio ( $Q_{sai}$ ) se establece como la suma de las siguientes tipos de cargas que se forman dentro del espacio:

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

Donde:

$Q_{sil}$	Valor de la ganancia interna de carga sensible debida a la iluminación interior del local (W).
$Q_{sp}$	Ganancia interna de carga sensible debida a los ocupantes del local (W).
$Q_{se}$	Ganancia interna de carga sensible debida a los diversos aparatos existentes en el local, como aparatos eléctricos, ordenadores, etc. (W).

Para el cálculo de la carga térmica sensible aportada por la iluminación interior del establecimiento se considerará que la potencia íntegra de las lámparas de iluminación se transformará en calor sensible.

En el caso de las lámparas de tipo fluorescente o de descarga se multiplicará la potencia total de todas las lámparas por 1,25 para considerar el consumo complementario de las reactancias.

- Lámparas incandescentes:

$$Q_{sil,incandescente} = n \cdot PotLámp. incandescente$$

Siendo  $n$  el número de lámparas de tipo incandescentes colocadas.

- Lámparas de descarga o fluorescentes:

$$Q_{sil,descarga} = 1,25 \cdot n \cdot PotLámp. Descarga$$

Siendo " $n$ " el número de lámparas fluorescentes colocadas.

Para datos prácticos es usual tomar de 10 a 25 W/m<sup>2</sup> de superficie del área en cuestión. Una iluminación adecuada para oficinas, del tipo fluorescente, estará entre 20 y 40 watt/m<sup>2</sup> en los tubos, dependiendo de la eficiencia de los artefactos utilizados.

La ganancia de carga sensible por iluminación se obtendrá como la suma de las anteriores o por la multiplicación de los watts por metro cuadrado.

### 3.2.6 Carga sensible por ocupantes (Qsp):

Para calcular la carga sensible que aporta cada persona (Qsp), es necesario conocer previamente las distintas cargas térmicas que origina; en la tabla siguiente se indican los valores de calor latente y sensible, en kcal/h, desprendido por una persona según la actividad y la temperatura existente en el local:

Tabla 3.  
Calor latente y sensible desprendido por persona

Cuadro de actividad	28° C		27° C		26° C		24° C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista con actividad moderada	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona en trabajo penoso	115	250	120	250	125	245	130	230

La expresión para obtener el calor sensible de aporte por la ocupación del local sería la siguiente:

$$Q_{sp} = n \cdot C \text{ sensible, persona}$$

Siendo:

n	Número de personas que se espera que ocupen el local
Csensible, persona	Calor sensible por persona y actividad que realice, tabla 3.

### 3.2.7 Carga sensible por aparatos eléctricos (Qse):

Para el cálculo de la carga térmica aportada por la maquinaria, equipos y demás electrodomésticos presentes en el espacio climatizado del local se considerará que la potencia Íntegra de funcionamiento de las máquinas y equipos presente en ese recinto se transformará en calor sensible; por otro lado, todos los equipos y electrodomésticos se considera que no funcionarán todos a la vez, por lo que se le afectará de un coeficiente de simultaneidad del 0,75 a la suma obtenida de todas las potencias.

El equipamiento deberá ser analizado en su capacidad de disipar calor; en el caso de restaurantes, cocinas, bares y similares se tendrán en cuenta las distintas máquinas que puedan disipar calor, consultando datos de los fabricantes o de catálogos.

Los motores eléctricos en general disiparán al ambiente el calor de pérdidas. En cuanto a la potencia total se convertirá en carga en el ambiente o no de acuerdo al trabajo realizado, es decir, habrá que analizar si el trabajo que se realiza se transforma en calor en el local o sale como otro tipo de energía al exterior.

En las oficinas el mayor calor de equipamiento proviene de las computadoras, fotocopiadoras y máquinas comerciales en general; una computadora toma una potencia máxima del orden de los 300 Watts y puede considerarse una carga media de 200 a 250 Watts por máquina.

### 3.3 CARGA SENSIBLE TOTAL "Qs"

La carga sensible total (Qs) aportada al local es la suma de todas las anteriores:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

### 3.4 CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA LATENTE

Se fundamenta en la expresión general la cual, para el cálculo de la carga térmica latente (Ql) se emplea la siguiente expresión:

$$Ql = Qli + Qlp$$

Donde:

Qli	carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (W)
Qlp	carga latente debida a la ocupación del local (W)

En base a lo anterior, el cálculo de la carga latente está basada en el cálculo cada una de las diferentes cargas anteriores y sumaras, obteniéndose así el valor de la carga latente total.

#### 3.4.1 Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior "Qli"

La carga latente transmitida por infiltraciones y ventilación de aire exterior (Qli) se determina mediante la siguiente expresión:

$$Qli = V \cdot \rho \cdot Cl, \text{ agua} \cdot \Delta w$$

Donde:

Qli	Carga térmica latente por ventilación de aire exterior (W).
V	Caudal de aire infiltrado y ventilación (m <sup>3</sup> /s).
$\rho$	Densidad del aire, de valor 1,18 kg/m <sup>3</sup> .
Cl, agua	Calor específico del agua, de valor 2257 kJ/kg.
$\Delta w$	Diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior.

Ver el anexo caudal de ventilación de locales y dependencias de los edificios en función de su uso.

De esta manera, una vez obtenido el caudal de ventilación de aire del exterior que entra en el local y aplicando la formulación anterior se puede obtener la carga térmica latente debida a ventilación e infiltración en el local.

#### 3.4.2 Carga latente por ocupación "Qlp"

La carga latente por ocupación del local (Qlp) se determina multiplicando la valoración del calor latente emitido por la persona-tipo y por el número de ocupantes previstos para el local, tal como se presenta en la tabla 3, se pueden encontrar los valores de calor latente y sensible,

en kcal/h, desprendido por una persona según la actividad y la temperatura existente en el local; la expresión para obtener el calor latente de aporte por la ocupación del local sería la siguiente:

$$Q_{lp} = n \cdot Clatente, \text{ persona}$$

Siendo:

n	Número de personas que se espera que ocupen el local
Clatente, persona	Calor latente por persona y actividad que realice, según la tabla 3.

### 3.4.3 Carga latente total "Ql"

La carga latente total (Ql) aportada al local es la suma de todas las anteriores:

$$Ql = Q_{li} + Q_{lp} \text{ (watts)}$$

## 3.5 DATOS PRÁCTICOS DE CALCULO

Cuando las áreas o ambientes no se encuentran con mayores circunstancias de cálculo (viviendas u oficinas ya diseñadas y construidas); el cálculo puede ser simplificado para escoger en el mercado los aparatos que más se adapten a las necesidades; el cálculo se determina por tres sencillos pasos y luego la aplicación de la fórmula.

- ✓ Determinar los metros cuadrados del ambiente (se entiende que la altura promedio del ambiente está alrededor de 2.40 metros).
- ✓ Determinar el clima para donde se está trabajando el cálculo del sistema de Aire Acondicionado.

<b>MUY CALIENTE</b>
de 34 grados y mas
<b>CALIENTE</b>
de 26 a 33 grados Celsius
<b>TEMPLADO</b>
de 19 a 25 grados Celsius
<b>FRIO</b>
Hasta 18 grados Celsius

- ✓ Establecer la Carga Térmica: consistirá a asignar **watts** según sean los metros cuadrados en relación al clima donde se pretende implementar el aire acondicionado; esto dado por la siguiente tabla:

<b>Metros Cuadrados (m<sup>2</sup>)</b>	<b>0 a 4</b>	<b>4 a 8</b>	<b>8 a 12</b>	<b>12 a 16</b>	<b>16 a 20</b>	<b>25 a 34</b>
FRIO	1758	2345	2931	3517	4103	7034
TEMPLADO	1583	2110	2638	3165	3693	6330
CALIENTE	1934	2579	3224	3869	4513	7737
MUY CALIENTE	2110	2813	3517	4220	4924	8440

- ✓ Determinar el número de personas y la actividad que realizan dentro del ambiente: sedentaria, semiactiva o muy activa, en base a ello se debe seleccionar los watts que se generan por estos rubros.

<b>CARGA TÉRMICA ACTIVIDAD PERSONAS</b>	<b>WATTS</b>
Sedentaria	45
Activa	70
Muy activa	165

- ✓ Los espacios pueden tener alto número de equipo y luminarias o tener un número normal o muy bajo, en la siguiente se encuentran rangos aproximados de estos elementos y la generación de watts de los mismos:

<b>CARGA TÉRMICA LUMINARIAS EQUIPO</b>	<b>WATTS</b>
Sin aparatos; pocas luminaria	10
Equipo Normal, Iluminación normal	25
Mucho Equipo y luminarias	50

---

# CAPÍTULO IV APLICACIONES, EJEMPLOS

Este capítulo se podrá encontrar algunos ejemplos de aplicación práctica en el cálculo de Aire Acondicionado para diferentes ambientes en la arquitectura.

## 4.1 LIBRO Y HOJAS DE CÁLCULO EN EXCEL

Con el fin de hacer el cálculo de aire acondicionado más amigable con el usuario, se ha condensado el contenido de todo el Capítulo III en hojas electrónicas de Excel®.

Dicho libro y hojas de Excel están basados en parámetros de clima, orientación, materiales en ventanas, muros, techos, actividades humanas y equipo electrónico y de iluminación.

Las hojas electrónicas del libro están identificadas por:

- Hoja Técnica
- Fachadas
- Ventanería
- Techos
- Otros cerramientos
- Actividades Humanas y Equipo Eléctrico

### 4.1.1 Hoja Técnica

En la hoja Técnica se deben introducir datos generales del proyecto, el ambiente a calcular y el clima y devolverá -después de haber llenado las otras hojas electrónicas- el consolidado de Calor Sensible y el Calor latente en Watss., Carga frigorífica, Caudal de Aire, BTU's y Toneladas de Refrigeración; datos que servirán para poder escoger el equipo adecuado para el sistema de climatización.

### 4.1.2 Fachadas:

En esta hoja se colocarán los datos de fachadas según su área en metros cuadrados, la orientación, colores y su aislamiento; entendiéndose que un color claro capta menos calor que un oscuro y que el material con que esté construido el muro tendrá cierto tipo de capacidad térmica, situación que incidirá en el calor que se transmita hacia el interior del espacio el cual incurrirá en el confort interior. El resultado es watts para calcular el calor sensible.

#### 4.1.3 Ventanería:

En esta hoja se colocarán los datos de ventanas y puertas de vidrio en las fachadas, según su área en metros cuadrados, el tipo de vidrio, su protección y la orientación; si las puertas son de metal, habrá que calcularlas como otra "Fachada" en la hoja electrónica de "Fachadas" y colocarle la capacidad térmica más alta. El resultado es watts para calcular el calor sensible.

#### 4.1.4 Techos:

Los techos tienen características de color y Aislamiento (Capacidad Térmica) las cuales habrá que colocar en sus respectivas casillas incluyendo el área en metros cuadrados del mismo; por ejemplo: una losa de concreto tendrá por lo regular un color claro y la capacidad Térmica es de  $1.4 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ , en ese caso se escogerá en el menú descendente la opción "Poco Aislado ( $1,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ )".

#### 4.1.5 Otros Cerramientos:

En "Otros Cerramientos" se especificarán paredes medianeras hacia otros espacios contiguos que carezcan de Acondicionamiento de Aire o si el ambiente analizado está en un tipo Sándwich: que esté en un segundo nivel y que sobre él exista uno o más niveles.

#### 4.1.6 Actividades Humanas y Equipo Eléctrico

Las Actividades Humanas se han catalogado en *Intensas* y *Sedentarias*; se asigna también un uso en metros cuadrados por persona (densidad de Ocupación), el área donde la gente realizará la actividad (es decir que no se incluye el área de muebles) y se asigna también una cantidad de Watts por metro cuadrado del ambiente según el criterio del calculista según los criterios expresados en el Capítulo III. En esta hoja también se calcula el calor latente que generan las personas y el equipo eléctrico.

Al final de cada cálculo en cada hoja electrónica existe la sumatoria del calor sensible el cual alimenta la hoja "Ficha Técnica".

## 4.2 EJEMPLOS DE APLICACIÓN

### 4.2.1 Cálculo Simplificado

(ambientes entre 2 y 34 m<sup>2</sup>).  
 Proyecto: Vivienda  
 Dormitorio  
 Ubicación: Tecún Umán, Ayutla, San Marcos.  
 Clima: Muy Cálido.

Abrir libro de Excel y escoger la pestaña CÁLCULO SIMPLIFICADO

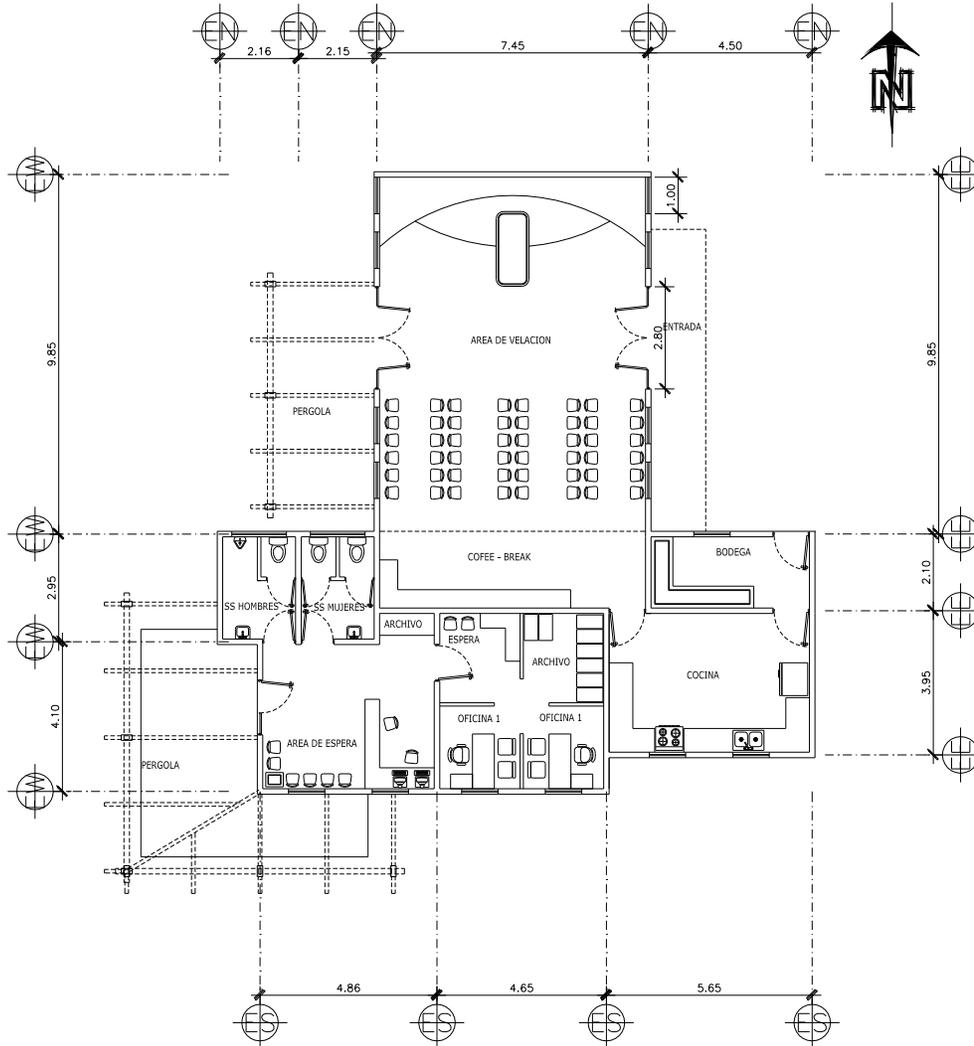


Se establece un dormitorio con 10 m<sup>2</sup> y una ocupación máxima de 4 personas en la habitación.

Se introduce el dato de 10 personas y se escoge el clima MUY CALIENTE; después de ello se introduce el número de personas con una actividad "Sedentaria" y un equipo normal y luminarias normales; el resultado al final de la hoja es 1.08 toneladas, 1.5 Toneladas será el equipo a buscar en el mercado ya que se tomará el tamaño inmediato superior.

METODO ABREVIADO DE CALCULO						
PARA AMBIENTES DESDE 2 A 34 METROS CUADRADOS						
METROS CUADRADOS						
10						
CLIMA					WATSS	
MUY CALIENTE					3516.8528	
4	Personas	Con actividad:	Sedentaria		180	
	Equipo electrico e iluminación		Equipo Normal, Iluminación normal		100	
					3796.85	WATSS
					1139.06	AIRE M3/HORA
					12855.40	BTU
					1.08	TON/REF

4.2.2 Proyecto: Cementerio General  
 Ambiente: Velatorio  
 Ubicación: San Antonio Suchitepequez.  
 Clima: Cálido.



**PLANTA DE DISTRIBUCIÓN**  
 Velatorio, capilla y Admintracion Cementerio

Hoja: Hoja Técnica:

PRESENTACION DATOS TECNICOS			
Nombre del Proyecto:	Cementerio Gerenal	Fecha:	09 2014
Ubicación del Proyecto:	San Antonio Suchitepequez	Calculó:	
Dependencia analizada:	Capilla		
Clima:	CALIENTE	de 26 a 33 grados Celcius	
<b>TOTAL CALOR SENSIBLE</b>	<b>26895.5</b>	<b>W</b>	
<b>TOTAL CALOR LATENTE</b>	<b>8775</b>	<b>W</b>	
<b>TOTAL CARGA FRIGORIFICA</b>	<b>35670.5</b>	<b>W</b>	
<b>CAUDAL DE AIRE</b>	<b>10701.15</b>	<b>m3/h</b>	
<b>BTU</b>	<b>121783.89</b>	<b>BTU</b>	
<b>TONELADA DE REFRIGERACION</b>	<b>10.14865712</b>	<b>TON/REF</b>	

HOJA TECNICA FACHADAS VENTANERIA TECHOS OTROS CERRAMIENTOS ACT. HUMANAS Y EQUIP.

Se han introducido los datos generales así como el clima en donde se ubicará el proyecto; los datos que se encuentran en la parte color amarillo-mostaza son el resultado del cálculo completo.

Hoja: Fachadas

1	<b>INSTRUCCIONES</b>						
2							
3	Introducir los datos de metros cuadrados de las fachadas que reciben solemamiento, el resultado será el						
4	calor sensible en watts.						
5	Regularmente en nuestro medio las paredes están sin aislamiento y bajo la columna						
6	de "aislamiento" se refiere a la conductividad térmica del material de la fachada, aumentada o						
7	disminuida su capacidad de captar calor solar dependiendo del color con que cuente dicha fachada.						
8	La conductividad Térmica de los materiales pueden consultarse en la hoja de este mismo libro denominada PROPIEDADES						
9	TÉRMICAS MATERIALES para que se pueda escoger entre los rangos establecidos dentro del menú de Aislamiento.						
10	En la descripción "Fachada": existen varios apartados si es que parte de una fachada total tiene diferentes propiedades constructivas						
11	o presentan diferentes colores.						
12							
13	<b>FACHADAS</b>						
14	<b>Descripcion</b>	<b>Metros Cuadrados</b>	<b>Orientacion</b>	<b>Color de la Fachada</b>	<b>Aislamiento</b>	<b>Calor sensible</b>	<b>Unidad de Medida</b>
15	Fachada 1	38	Norte	Claro	Aislado (0,9 W/m2·K)	342	W
16	Fachada 2		Otras	Claro	Normal (1 W/m2·K)	0	W
17	Fachada 3		Norte	Oscuro	Normal (1 W/m2·K)	0	W
18	Fachada 4		Norte	Oscuro	Normal (1 W/m2·K)	0	W
19	Fachada 5		Norte	Oscuro	Normal (1 W/m2·K)	0	W
20						<b>342</b>	<b>W</b>
21							
22							
23							
24							

HOJA TECNICA FACHADAS VENTANERIA TECHOS OTROS CERRAMIENTOS ACT. HUMANAS Y EQUIPO ELEC. DATOS PR

Se midió y calculó el área de la fachada (que no cuenta con ventanas ni puertas): 38 m<sup>2</sup>, orientación norte con pintura color claro y un aislamiento "Aislado (0.9 W/m<sup>2</sup>·K)" que es la propiedad térmica del block pómez de 0.14 m (ver la hoja PROPIEDADES TÉRMICAS MATERIALES).

Hoja: Ventanería.

INSTRUCCIONES							
Introduzca los datos de los techos que se encuentre en la edificación en metros cuadrados según sea su orientación en planta, el aislamiento y el color con que cuenten, el Calor Sensible en watts aparecerá automáticamente bajo la columna "Calor Sensible"							
VENTANERIA							
Elemento Calculado	Área de la Ventana M2	Tipo de Vidrio	Protección	Orientación	Calor Sensible	Unidad de Medida	
Ventana 1	23.8	Sencillo Filtrante	Ninguna	Este	6830.6	W	
Ventana 2	7	Sencillo Filtrante	Ninguna	Oeste	3454.5	W	
Ventana 3	18.8	Sencillo Filtrante	Interior	Oeste	7952.4	W	
Ventana 4		Sencillo Ordinario	Ninguna	Norte	0	W	
Ventana 5		Sencillo Ordinario	Ninguna	Norte	0	W	
Ventana 6		Sencillo Ordinario	Ninguna	Norte	0	W	
					<b>18237.5</b>	<b>W</b>	

Como Ventana 1 se tienen 23.8 metros cuadrados hacia el este con vidrio Sencillo Filtrante, sin protección (incluye la puerta de vidrio); como Ventana 2 se tienen 7 metros cuadrados que no tiene protección hacia el oeste con la misma calidad de vidrio que el anterior; los 18.8 metros cuadrados de la Ventana 3 corresponde a ventanas y puerta que dan hacia una pérgola y eso se cataloga como "Protección Interior".

Hoja: Techos.

INSTRUCCIONES						
Introduzca los datos de los techos que se encuentre en la edificación en metros cuadrados según sea su orientación en planta, el aislamiento y el color con que cuenten, el Calor Sensible en watts aparecerá automáticamente bajo la columna "Calor Sensible"						
TECHOS						
Descripción	Superficie	Conductividad Térmica del Material de Techo.	Color	Calor Sensible	Unidad de Medida	
Cubierta 1	86	Sin aislamiento (3.5 W/m2.K)	Oscuro	516	W	
Cubierta 2	0	Bien aislado (< 0.6 W/m2.K)	Oscuro	0	W	
Cubierta 3	0	Bien aislado (< 0.6 W/m2.K)	Oscuro	0	W	
Cubierta 4	0	Bien aislado (< 0.6 W/m2.K)	Oscuro	0	W	
				<b>516</b>	<b>W</b>	



**INSTRUCCIONES**

Según el tipo de actividad humana se asigna un metraje cuadrado por persona, hasta 1 metro cuadrado. Según la hoja electrónica "Calor Cuerpo Humano", las actividades humanas se han clasificado como "sedentarias" e "Intensas". El calor generado por aparatos eléctricos se ha asignado a Watts/metro2, escoger los casos más cercanos a las condiciones que se presentan en cada ambiente en particular. Introducir datos en de metros 2 en la columna correspondiente. Datos aproximados de luminarias se

ACTIVIDADES HUMANAS Y CONSUMO ELECTRICO POR APARATOS ELECTRICOS						
Metros Cuadrados de uso humano	Densidad Ocupacion	Tipo de actividad	Consumo Electrica w/m2	Calor Sensible	Calor Latente	Unidad de Medida
65	0,50 personas/m2	Sedentaria	25 W/m2	7800	8775	W

ACT. HUMANAS Y EQUIPO ELEC. DATOS PROPIEDADES TERMICAS MATERIALES CONTROL DEL CLIMA TEMP MEDIAS MAX GUAT y mapa RENOVACIONES DE A ...

65 metros cuadrados de uso de actividades humanas de una manera sedentaria y con un consumo eléctrico de 25 watts por metro cuadrado dan como Calor Sensible 7800 watts y como calor latente 8775 watts.

Hoja: Hoja Técnica:

**PRESENTACION DATOS TECNICOS**

Nombre del Proyecto: Cementerio Gerenal Fecha: 09 2014  
 Ubicación del Proyecto: San Antonio Suchitepequez Calculó:  
 Dependencia analizada: Capilla  
 Clima: CALIENTE de 26 a 33 grados Celcius

<b>TOTAL CALOR SENSIBLE</b>	<b>26895.5</b>	<b>W</b>
<b>TOTAL CALOR LATENTE</b>	<b>8775</b>	<b>W</b>
<b>TOTAL CARGA FRIGORIFICA</b>	<b>35670.5</b>	<b>W</b>
<b>CAUDAL DE AIRE</b>	<b>10701.15</b>	<b>m3/h</b>
<b>BTU</b>	<b>121783.89</b>	<b>BTU</b>
<b>TONELADA DE REFRIGERACION</b>	<b>10.14865712</b>	<b>TON/REF</b>

HOJA TECNICA FACHADAS VENTANERIA TECHOS OTROS CERRAMIENTOS ACT. HUMANAS Y EQUIPO ELEC. DATOS PROPIEDADES TERMICAS MATE

Se plasma de nuevo la Hoja Técnica donde muestra al final que se necesita un equipo que cubra 10.14 toneladas de refrigeración. Puede escogerse uno de 10 u 11 o dos de 5 o 5.5 toneladas.

Se puede escoger un modelo de 12.5 toneladas que sus medidas están dadas por 1.25 m de ancho \* 2.25 metros de largo \* 1.50 metros de alto.

Modelo	Capacidad Nominal (TR)	Tensión V-F-Frec	Peso Kg.	Dimensiones (mm) Alto x Ancho x Prof.
<b>FRIO SOLO</b>				
558DZX120000S	10	380-3-50	448	1.250 x 2.250 x 1.500
558DZX140000S	12,5	380-3-50	450	1.250 x 2.250 x 1.500
558NZX180000S	15	380-3-50	540	1.250 x 2.250 x 1.500
559FZX240000S	20	380-3-50	995	1.240 x 2.190 x 2.130
559FZX320000S	25	380-3-50	1.021	1.240 x 2.190 x 2.130
559FZX370000S	30	380-3-50	1.043	1.240 x 2.190 x 2.130
<b>FRIO / CALOR POR BOMBA</b>				
548DZX120--S	10	380-3-50	448	1.250 x 2.250 x 1.500
548DZX140--S	12,5	380-3-50	452	1.250 x 2.250 x 1.500
548NZX180--S	15	380-3-50	544	1.250 x 2.250 x 1.500
549FZX240--S	20	380-3-50	1.023	1.240 x 2.190 x 2.130
<b>FRIO / CALOR A GAS</b>				
580DZV120180S	10	380-3-50	516	1.250 x 2.250 x 1.500
580DZV150180S	12,5	380-3-50	501	1.250 x 2.250 x 1.500
580NZV180180S	15	380-3-50	594	1.250 x 2.250 x 1.500
579FZV240270S	20	380-3-50	1.023	1.240 x 2.190 x 2.130
579FZV320270S	25	380-3-50	1.057	1.240 x 2.190 x 2.130

---

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 CONCLUSIONES

Habiendo logrado el objetivo principal del trabajo de graduación, se llegó a establecer una guía para el Cálculo de Sistemas de Acondicionamiento de Aire en Arquitectura.

Particularmente se da a conocer los diferentes Sistemas de Acondicionamiento de Aire así como la terminología que se utiliza en ellos.

Se realizó la aplicación práctica a un proyecto arquitectónico enfocando ejemplos de aplicación práctica en arquitectura para que la actividad de enseñanza aprendizaje sea más fluida en los cursos de Instalaciones 3 y Práctica Integrada 2.

Al final del trabajo, se proporciona un libro electrónico de Excel para la fácil aplicación de los conceptos y requerimientos técnicos de la aplicación de los sistemas de Acondicionamiento de Aire; se presentan en dicho libro dos maneras de cálculo, una forma detallada para edificios con varios ambientes y la forma simplificada para espacios pequeños que requieren de sistemas de aire acondicionado pequeños.

En el libro de Excel se presentan dos maneras de calcular ambientes para aire acondicionado: la manera sencilla para ambientes no mayores de 34 metros cuadrados y que fueron construidos sin el análisis previo para instalar sistemas de aire acondicionado y la manera en diseñar y planificar ambientes arquitectónicos que incluyan sistemas de acondicionamiento de aire desde su concepción; dos maneras sencillas y prácticas para abordar los dos casos descritos.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Es imperante el manejo de la terminología a nivel del lector que pretende hacer los cálculos para aire acondicionado ya que el dominio de ella llevará a la mejor aplicación de la tabla de Excel propuesta.

De igual manera, se recomienda que dentro del curso de Instalaciones 3 de la carrera de arquitectura este documento de apoyo se tome como parte de los textos bibliográficos para que en el curso de Práctica Integrada 2 la aplicación en los diferentes proyectos que a ese nivel de cierre de carrera ponen en práctica, sean realizados de la mejor manera y los estudiantes no pierdan tiempo en la investigación individual del tema aquí desarrollado.

---

# BIBLIOGRAFÍA

## 6.1 LIBROS

- Manual del Ingeniero Civil, Frederick S. Merritt, Tercera Edición, McGraw Hill, 1992.
- MANUAL DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO. Trad. Camilo Boreto. Ed. Prentice Hall. 2013
- CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO. McQuinston-Parker-Spifier. Editorial LIMUSA-WILEY. 2019
- ACONDICIONAMIENTO DE AIRE. Edward G Pita Editorial CECSA. 2010
- AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION. Jennings-Lewis. Editorial CECSA
- Termodinámica para ingenieros PUCP. Aire Acondicionado, Mezcla de Gases, capítulo 16. Miguel Hadzich. San Miguel, Lima, Perú 2012.
- Fundamentos de Climatización. ATECYR Navaleno, Madrid. Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración. 2010.
- Air Conditioning & Refrigeration Institute (ARI). Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. ISBN: 968-880-051-1. 1981.
- ASHRAE. HVAC Systems and Equipment Handbook. 2004.
- Federación de Asociaciones de Mantenedores de Instalaciones de Calor y Frío (AMICYF). Conocimientos y experiencias sobre Mantenimiento de Climatización, Calefacción y ACS. ISBN: 84920511-4-0). 2000.
- Air Conditioning & Refrigeration Institute (ARI). ARI Standard 550/590-98. Standard for Water Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle. 1998.
- Du Pont. KIMICAL. Tablas y Ábacos termodinámicos.

## 6.2 INTERNET

- <http://www.quecalor.com/index.php>
- <http://www.ventdepot.net/mexico/procedimientoscalculo/Procedimiento>
- <http://www.ursa.es/>
- <http://www.tecnofilter.cl/>
- [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_8183.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_8183.pdf)
- [http://arquinstal02.co.cc/publicaciones/i2-tp13\\_2006\\_aa3\\_clasif.pdf](http://arquinstal02.co.cc/publicaciones/i2-tp13_2006_aa3_clasif.pdf)
- <http://www.insivumeh.gob.gt/>

## 6.3 TESIS

- Zaidel Ceballos Rosado. Proyecto de un Acondicionamiento de Aire para un área de Quirófanos, localizado en la ciudad de Flores; Chiapas. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco. México.

## 6.4 FOLLETOS

- Manual de Aire Acondicionado. Carrier. Ed Marcombo. 2012.
- Prontuario de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado. F Porgues, Ed Marcombo. 2012.
- ABC DEL AIRE ACONDICIONADO. Ernest Tricomi. Ed. Marcombo. 2012.
- Manual de Climatización, T2 J.M. Pinazo Limusa 2012.
- The Trane Company. Manuel de Climatización. 8ª edición. 1994.
- Federación de Asociaciones de Mantenedores de Instalaciones de Calor y Frío (AMICYF). Conocimientos y experiencias sobre Instalaciones de Climatización, Calefacción y ACS ISBN: 84920511-3-2. 2000.

---

# ANEXOS

## 7.1 ZONAS CLIMÁTICAS DE GUATEMALA

El clima es producto de los Factores Astronómico, Geográfico y Meteorológico, adquiriendo características particulares por la posición geográfica y topografía del país, climáticamente se ha zonificado al país en seis regiones perfectamente caracterizadas por el sistema de Thorntwaite

### 7.1.1 Las planicies del norte:

Comprende las planicies de El Peten. La región norte de los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz e Izabal. Las elevaciones oscilan entre 0 a 300 metros snm. El ascenso se realiza mientras se interna en el territorio de dichos departamentos, en las estribaciones de las Sierras de Chamá y Santa Cruz.

Es una zona muy lluviosa durante todo el año aunque de junio a octubre se registran las precipitaciones más intensas. Los registros de temperatura oscilan entre los 20 y 30 °C.

En esta región se manifiestan climas de género cálidos con invierno benigno, variando su carácter entre muy húmedos, húmedos y semisecos, sin estación seca bien definida. La vegetación característica varía entre selva y bosque.

### 7.1.2 Franja Transversal del Norte:

Definida por la ladera de la sierra de los Cuchumatanes Chamá y las minas, norte de los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz y Cuenca del Rio Polochic. Las elevaciones oscilan entre los 300 hasta los 1400 metros snm, es muy lluviosa y los registros más altos se obtienen de junio a octubre, los niveles de temperatura descienden conforme aumenta la elevación.

En esta región se manifiestan climas de género cálido con invierno benigno, cálidos sin estación seca bien definida y semicálidos con invierno benigno, su carácter varía de muy húmedos sin estación seca bien definida. La vegetación característica es de selva a bosque.

### 7.1.3 Meseta y altiplanos:

Comprende la mayor parte de los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, San Marcos, Quetzaltenango Totonicapán, Sololá, Chimaltenango,

Guatemala, sectores de Jalapa y las Verapaces. Las montañas definen mucha variabilidad con elevaciones mayores o iguales a 1,400 metros snm, generando diversidad de microclimas, son regiones densamente pobladas por lo que la acción humana se convierte en factor de variación apreciable.

Las lluvias no son tan intensas, los registros más altos se obtienen de mayo a octubre, en los meses restantes estas pueden ser deficitarias, en cuanto a la temperatura en diversos puntos de esta región se registran los valores más bajos de país.

En esta región existen climas que varían de Templados y Semifríos con invierno benigno a semicalidos con invierno benigno, de carácter húmedos y semisecos con invierno seco.

#### 7.1.4 La Bocacosta:

Es una región angosta que transversalmente se extiende desde el departamento de San Marcos hasta el de Jutiapa, situada en la ladera montañosa de la Sierra Madre, en el descenso desde el altiplano hacia la planicie costera del Pacífico, con elevaciones de 300 a 1,400 metros snm. Las lluvias alcanzan los niveles más altos del país juntamente con la transversal del norte, con máximos pluviométricos de junio a septiembre, los valores de temperatura aumentan a medida que se desciende hacia el litoral del Pacífico.

En esta región existe un clima generalizado de género semicálido y sin estación fría bien definida, con carácter de muy húmedo, sin estación seca bien definida, en el extremo oriental varía a húmedo y sin estación seca bien definida. La vegetación característica es selva.

#### 7.1.5 Planicie costera del pacifico:

Esta región también se extiende desde el departamento de San Marcos hasta el de Jutiapa, con elevaciones de 0 a 300 metros snm.

Las lluvias tienden a disminuir conforme se llega al litoral marítimo con deficiencia durante parte del año, los registros de temperatura son altos. En esta región existen climas de género cálido sin estación fría bien definida. Con carácter húmedo con invierno seco, variando a semiseco. Con invierno seco. La vegetación varía de bosque a pastizal en el sector oriental.

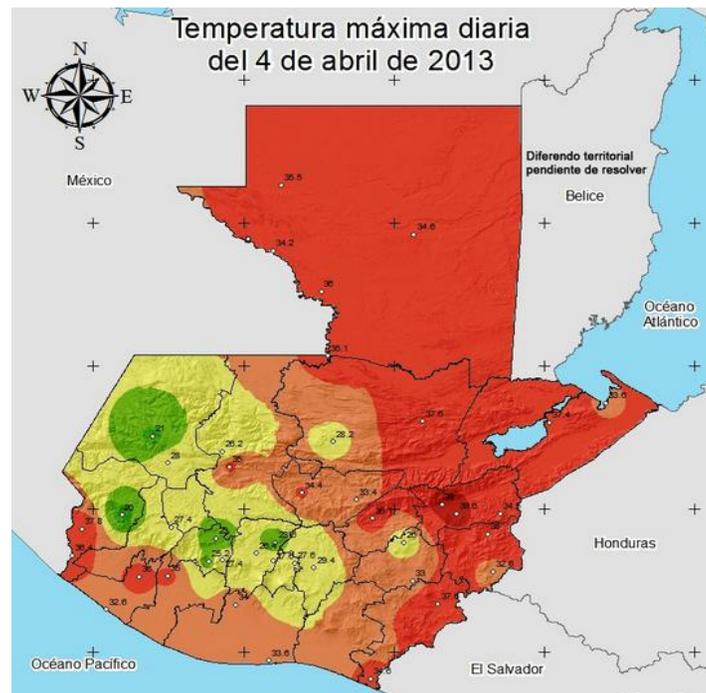
### 7.1.6 Zona oriental:

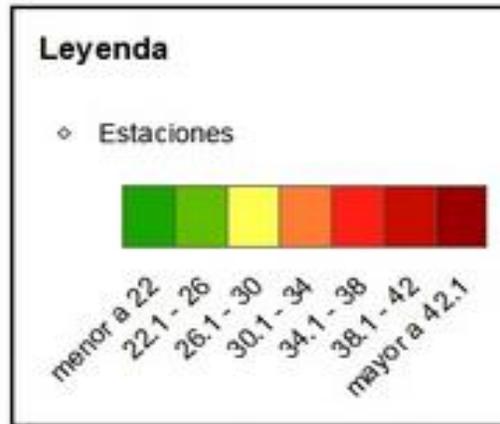
Comprende la mayor parte del departamento de Zacapa y sectores de los departamentos de El Progreso, Jalapa Jutiapa y Chiquimula, el factor condicionante es el efecto de sombra pluviométrica que ejercen las sierras De Chuacús y de Las Minas y a lo largo de toda la cuenca del río Motagua, las elevaciones son menores o iguales a 1,400 metros snm.

La característica principal es la deficiencia de lluvia (la región del país donde menos llueve) con marcado déficit la mayoría del año y con los valores más altos de temperatura.

En esta región se manifiestan climas de género cálido con invierno seco, variando su carácter de semisecos sin estación seca bien definida, hasta secos. La vegetación característica es el pastizal.

## 7.2 TEMPERATURAS MÁXIMAS EN GUATEMALA 2013.





Estaciones con temperatura mayor a 35 °C	
Estaciones	Temperatura (°C)
La Fragua, Estanzuela, Zacapa	39.6
Pasabien, Zacapa	39
Camotán, Chiquimula	38
Catarina, San Marcos	37.8
Santa María Cahabón, Cahabón, Alta Verapaz	37.6
Asunción Mita, Jutiapa	37.6
Las Vegas, Livingston, Izabal	37.4
Tecún Umán, Ayutla, San Marcos	36.4
San Agustín Acasagustán, El Progreso	36.1
El Porvenir, Libertad, Petén	36.0
Retalhuleu Aeropuerto	36.0
San Pedro Mactán, San Andrés, Petén	35.5
San Agustín Chixoy, Chisec, Alta Verapaz	35.1
Chuitinamit, Sacapulas, El Quiché	35.0
Mazatenango, Suchitepéquez	35.0

### 7.3 DATOS DE TEMPERATURAS DE LOS DEPARTAMENTOS GUATEMALA

Localidad	Temperaturas	Temperaturas	Absolutas
	Max - Min (C°)	MEDIAS	Max - Min
Departamento de Alta Verapaz			
Cobán	24.5 - 13.0	13	34.2 - 0.8
Cahabón	31.2 - 19.4	19.4	38.7 - 13.3

Chisec	31.4 - 20.1	20.1	38.3 - 13.8
Panzos	32.1 - 21.0	21	37.6 - 14.2
Panzos, Papalhá	31.5 - 20.4	20.4	36.8 - 14.8
<b>Departamento de Baja Verapaz</b>			
Sn.Jerónimo	28.3 - 14.9	14.9	38.3 - 0.2
Cubulco	29.0 - 14.3	14.3	36.1 - 5.3
<b>Departamento de Chimaltenango</b>			
Sn.Martín Jilotepeque	23.4 - 12.2	12.2	29.8 - 4.8
Santa Cruz Balanya	22.6 - 9.5	9.5	32.8 - -2.8
<b>Departamento de Chiquimula</b>			
Esquipulas	27.4 - 17.01	17.01	38.0 - 6.2
Camotán	31.6 - 19.9	19.9	39.0 - 12.7
Ipala	29.8 - 17.5	17.5	36.5 - 10.8
<b>Departamento de Escuintla</b>			
Escuintla	29.4 - 18.1	18.1	36.5 - 10.0
Escuintla, El Chupadero	33.4 - 21.2	21.2	38.2 - 17.2
Sta. Lucia Cotz. Camantulul	31.9 - 19.1	19.1	35.8 - 13.8
Tiquisate	34.1 - 21.2	21.2	38.1 - 16.5
<b>Departamento de Guatemala</b>			
Guatemala, INSIVUMEH	24.5 - 14.0	14	33.4 - 4.2
Guatemala, Florinda	25.4 - 15.7	15.7	34.5 - 7.0
Sn. Miguel Petapa.	26.3 - 16.4	16.4	33.0 - 8.0
Amatitlán	27.5 - 14.5	14.5	31.8 - 8.0
San José Pinula	22.8 - 11.7	11.7	28.8 - 3.9
San Pedro Ayampuc	27.8 - 15.0	15	34.4 - 8.4
San Pedro Sacatepéquez	25.8 - 13.9	13.9	36.5 - 5.0
Villa Canales	29.0 - 16.1	16.1	33.9 - 8.1
<b>Departamento de Huhuetenango</b>			
Huhuetenango	25.4 - 9.9	9.9	34.0 - -5.5
Cuilco	30.7 - 14.8	14.8	40.6 - 3.5

San Pedro Necta	24.8 - 13.2	13.2	33.5 - 0.4
San Pedro Soloma	19.3 - 7.4	7.4	29.0 - -3.0
Todos los Santos	18.6 - 6.8	6.8	27.0 - -3.0
<b>Departamento de Izabal</b>			
Puerto Barrios	29.7 - 21.4	21.4	39.6 - 11.0
Livingston	31.6 - 20.4	20.4	42.0 - 10.0
Los Amates	32.7 - 21.4	21.4	43.5 - 13.0
<b>Departamento de Jalapa</b>			
Jalapa	21.7 - 8.7	8.7	29.8 - -4.0
Monjas	28.6 - 15.3	15.3	36.2 - 2.5
<b>Departamento de Jutiapa</b>			
Asunción Mita	32.5 - 21.6	21.6	40.5 - 10.0
Moyuta	33.6 - 19.9	19.9	40.0 - 5.2
Quezada	29.1 - 15.7	15.7	39.9 - 2.5
<b>Departamento de El Peten</b>			
Flores	31.4 - 20.0	20	42.0 - 9.0
Libertad	31.3 - 19.7	19.7	41.7 - 7.8
San Andrés	32.8 - 19.7	19.7	44.0 - -99.0
San Luis	31.2 - 20.2	20.2	42.5 - 2.0
Poptún	28.6 - 18.2	18.2	39.8 - 6.0
<b>Departamento de El Progreso</b>			
Morazán	34.3 - 19.7	19.7	44.2 - 7.5
<b>Departamento de Quetzaltenango</b>			
Olintepeque	21.7 - 5.8	5.8	29.6 - -11.5
<b>Departamento de Quiche</b>			
Chinique	23.0 - 10.2	10.2	31.5 - 0.0
Sacapulas	30.1 - 13.3	13.3	38.5 - 1.0
Chicaman	31.0 - 17.6	17.6	43.6 - 0.6
Chichicastenango	21.8 - 9.7	9.7	31.4 - -8.5
Nebaj	22.7 - 9.0	9	34.0 - -3.5
<b>Departamento de Retalhuleu</b>			
Retalhuleu	33.6 - 21.1	21.1	37.6 - 17.7
El Asintal	32.2 - 18.8	18.8	38.6 - 10.3
<b>Departamento de Sacatepequez</b>			
San Lucas Sacatepéquez	18.5 - 6.9	6.9	28.0 - -5.0

Santa María de Jesús	20.8 - 11.3	11.3	29.5 - -99.0
<b>Departamento de San Marcos</b>			
San Marcos	20.0 - 6.0	6	28.0 - -8.0
Catarina	32.9 - 19.1	19.1	38.4 - 9.5
<b>Departamento de Santa Rosa</b>			
Cuilapa	31.1 - 16.4	16.4	34.8 - 9.1
<b>Departamento de Sololá</b>			
San Lucas Tolimán	26.2 - 13.5	13.5	36.3 - 3.0
Santiago Atitlán	24.4 - 12.3	12.3	31.5 - 2.9
<b>Departamento de Suchitepéquez</b>			
Mazatenango	31.8 - 17.8	17.8	37.5 - 6.5
San Juan Bautista	29.2 - 20.0	20	36.1 - 13.0
<b>Departamento de Totonicapán</b>			
Santa Lucía la Reforma	26.5 - 10.7	10.7	37.0 - 0.0
<b>Departamento de Zacapa</b>			
Estanzuela	34.1 - 21.2	21.2	45.0 - 7.0
La Unión	25.9 - 17.9	17.9	38.5 - 4.4
Rio Hondo	33.5 - 20.3	20.3	42.0 - 9.0

#### 7.4 PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES

<b>Material</b>	<b>Conductividad térmica(W/(m Ka))</b>
Acero	47-58
Agua	0,58
Aire	0,026
Alpaca	29,1
Aluminio	209-232
Arcilla refractaria	0,46
Arena húmeda	1,13
Arena seca	0,33-0,58
Asfalto	0,74-0,76
Baldosas cerámicas	0,81
Baquelita	0,233
Bitumen asfáltico	0,198
Bloques cerámicos	0,37
Bronce	116-186
Carbón (antracita)	0,238
Cartón	0,14-0,35
Cemento (duro)	1,047
Cinc	106-140

Cobre	372-385
Corcho (expandido)	0,036
Corcho (tableros)	0,042
Block Pomez de 0.15	0.9
Block Pomez de 0.20	0.7
Espuma de poliuretano	0,029
Estaño	64
Fibra de vidrio	0,035
Fundición	55,8
Glicerina	0,29
Goma dura	0,163
Goma esponjosa	0,055
Granito	3
Hierro	72
Concreto u Hormigón	1,4
Láminas de fibra de madera	0,047
Ladrillo al cromo	2,32
Ladrillo común	0,8
Ladrillo de mampostería	0,658
Lana de vidrio	0,036-0,040
Latón	81-116
Linóleo	0,081
Madera	0,13
Madera de abedul	0,142
Madera de alerce	0,116
Madera de arce	0,349
Madera de pino	0,163
Madera de pino blanco	0,116
Madera de roble	0,209
Mármol	2,09
Mortero de cal y cemento	0,7
Mortero de cemento	1,4
Mortero de yeso	0,76
Mortero para revoques	1,16
Níquel	52,3
Pizarra	0,42
Placas de yeso	0,29-0,58
Plexiglás	0,195

Plomo	35
Poliestireno	0,157
Porcelana	0,81
Serrín	0,071
Tejas cerámicas	0,76
Vidrio	0,81
Yeso	0,81

## 7.5 RENOVACIONES DE AIRE NECESARIOS

<b>Tipo de Local</b>	<b>Nº. Renovaciones de aire por hora</b>
WC, inodoros	4-5
Aseos y baños	5-7
Duchas	15-25
Bibliotecas	4-5
Oficinas	4-8
Tintorerías	5-15
Cabinas de pintura	25-50
Garajes y parkings	5
Salas de decapado	5-15
Locales de acumuladores	5-10
Armarios roperos	4-6
Restaurantes y casinos	8-12
Industrias de Fundiciones	8-15
Remojos	70-80
Auditorios	6-8
Salas de cines y de teatros	5-8
Aulas	5-7
Salas de conferencias	6-8
Cocinas	15-25
	15-30
Laboratorios	8-15
Locales de aerografías	10-20
Salas de fotocopias	10-15
Cuartos de máquinas	10-40
Talleres de montaje	4-8

Salas de laminación	8-12
Talleres de soldadura	20-30
Piscinas cubiertas	3-4
Despachos de reuniones	6-8
Cámaras blindadas	3-6
Vestuarios	6-8
Gimnasios	4-6
Tiendas y comercios	4-8
Salas de reuniones	5-10
Salas de espera	4-6
Lavanderías	10-20
Talleres	10-20
	3-6
Habitaciones (hoteles...)	3-8
Iglesias modernas (techos bajos)	1-2
Oficinas de bancos	3-4
Cantinas (de industrias, militares)	4-6
Hospitales	5-6
Fábricas en general	5-10
Discotecas	10-12
Cafés	10-12
Restaurantes de comida rápida	15-18
Obradores de panadería	25-35

## 7.6 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA METABÓLICA

Actividad	Valor		
	m	W/m <sup>2</sup>	kcal/h·m <sup>2</sup>
Tendido y en reposo	0,8	46,5	40
Sentado y en reposo	1,0	58,2	50
Actividad ligera, sentado (oficina, hogar, escuela, laboratorio)	1,2	69,8	60
Actividad ligera, de pie (de compras, laboratorio, industria ligera)	1,6	93,0	80

Actividad media, de pie (vendedor, tareas domésticas, trabajo con máquinas)	2,0	116,3	100
Marcha en llano a 2 km/h	1,9	110,5	95
Marcha en llano a 3 km/h	2,4	139,6	120
Marcha en llano a 4 km/h	2,8	162,8	140
Marcha en llano a 5 km/h	3,4	197,7	170

## 7.7 ESTIMACIÓN RÁPIDA DE LA DEMANDA TÉRMICA

En función de la localidad y la ocupación del edificio

LOCAL	CARGA	Frig / h / m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> / per.	W / m <sup>2</sup>
Viviendas y habitaciones de hotel	Baja	50	9,29	2,16
	Media	70	16,2	6,4
	Alta	100	30	9,7
Museos de arte y bibliotecas	Baja	83	3,7	5,4
	Media	143	5,5	10,8
	Alta	210	7,4	21,6
Bancos	Baja	100	2,4	9,7
	Media	143	4,9	31,3
	Alta	210	7,4	47,5
Peluquerías de caballeros	Baja	120	1,8	6,4
	Media	200	3,7	15
	Alta	310	5,5	49,6
Peluquerías de señoras	Baja	130	1,5	29
	Media	210	3,8	45,3
	Alta	310	6,9	100

LOCAL	CARGA	Frig / h / m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> / per.	W / m <sup>2</sup>
Sastrerías de niños	Baja	110	4,4	11,8
	Media	120	8,8	17,2
	Alta	130	12	27
Sastrerías de caballeros	Baja	90	5,5	10,8
	Media	120	10,9	34,5
	Alta	230	18,9	47,5
Oficinas y despachos	Baja	70	6,6	5,4
	Media	120	12,9	6,4
	Alta	200	25,7	21,6
Restaurantes	Baja	170	0,8	2
	Media	310	1,6	15
	Alta	715	2,9	73,4
Otras tiendas	Baja	55	1,8	9,7
	Media	140	8,3	42
	Alta	500	17,7	139,3

LOCAL	CARGA	Frig / h / m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> / per.	W / m <sup>2</sup>
Sastrerías de señoras	Baja	85	2,5	8,6
	Media	120	5,6	35,6
	Alta	180	9,9	50
Sastrerías en general	Baja	75	2,4	16,2
	Media	120	6	23,7
	Alta	190	10	37,8
Almacenes, planta baja	Baja	55	1,8	8,6
	Media	80	2,7	26
	Alta	100	8,8	42
Almacenes, pisos principales	Baja	65	1,4	7,5
	Media	110	3,2	27
	Alta	170	8,3	56
Consultas de médicos y dentistas	Baja	90	2,6	15
	Media	140	6,9	18,3
	Alta	190	14,8	36,7

LOCAL	CARGA	Frig / h / m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> / per.	W / m <sup>2</sup>
Farmacias y cafeterías	Baja	100	1,5	2,1
	Media	200	3,6	17,2
	Alta	300	8,5	42
Ultramarino	Baja	120	1,1	9,7
	Media	220	3,3	28
	Alta	385	6,6	54
Bares, Clubs y discotecas	Baja	80	0,7	2
	Media	220	1,6	11,8
	Alta	440	6,9	23,7
Teatros y cines	Baja	200	0,5	1
	Media	250	0,7	3,2
	Alta	320	1,1	8,6

## 7.8 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

En un sistema de refrigerante variable el control de capacidad está en función directa de la velocidad del compresor, esto representa un control de capacidad lineal y no escalonado como los sistemas convencionales. Por lo tanto, el consumo de energía de la unidad condensadora (el mayor consumidor del sistema) es directamente proporcional a la demanda de capacidad de los evaporadores.

Para lograr una aproximación respecto al consumo de energía que pueda tener un sistema de aire acondicionado, es necesario realizar una simulación de la operación del equipo tomando en cuenta las condiciones del lugar del proyecto, el perfil de carga del edificio y su uso.

Para obtener datos sobre el equipo de aire acondicionado, la mejor fuente es la etiqueta de características, ésta suele estar ubicada en el frontal de la unidad exterior o en un lateral.

En esta etiqueta se encuentra información tal como: gas refrigerante, potencias, EER, COP, etc. pero lo que ahora nos va a interesar es el consumo eléctrico. Éste puede venir indicado como “consumo”, “input power”, etc. y si nuestro equipo es bomba de calor dará el dato de consumo en calefacción y en refrigeración.

Es importante no confundir potencia térmica con eléctrica, seguramente las dos estén indicadas en kW pero hay que notar el consumo eléctrico, que será alrededor de un tercio de la carga térmica.

De cualquier forma, se puede utilizar la siguiente tabla a modo de orientación general:

Superficie [m <sup>2</sup> ]	Pot. térmica [kW]	Pot. eléctrica [kW]
0-30	2,5	0,5-0,8
30-40	3,5	0,9-1,2
40-60	5	1,5-1,9
60-90	7,1	2-2,6
90-120	10	2,7-3,7
120-140	12,5	3,9-4,4
140-180	14	4,3-5,6

Es bastante impreciso definir la potencia térmica de un equipo basándose sólo en la superficie de un local, por lo tanto la tabla anterior debe usarse con moderación.

Una vez conocemos la potencia eléctrica de nuestro equipo, si se quiere saber cuánto va a costar hacerlo funcionar debemos distinguir dos situaciones:

Equipos Inverter:

En este caso la máquina de aire acondicionado modula la potencia térmica, por lo tanto el consumo eléctrico también es variable.

Ejemplo: equipo de 7,1kW térmicos con un consumo nominal de 2kW eléctricos y se pone en marcha con el termostato a 22°C en una sala que se encuentra a 23°C. En este caso el compresor se regulará a un 50% de su

capacidad solamente consumiendo mucho menos que los 2kW nominales que figuran en la etiqueta de características.

Como se puede ver, es imposible saber a priori cuánto va a costar una hora de funcionamiento de este equipo de aire acondicionado, pero se sabe que siempre va a estar por debajo de:

$$2\text{kW} * 1\text{h} = 2\text{kWh}$$

Equipos no Inverter: En este caso la máquina de aire acondicionado Sí consumirá aproximadamente su potencia eléctrica nominal hasta que logre alcanzar la temperatura de consigna. Una vez alcanzada se arrancará/parará las veces que sea necesario para mantenerla.

Ejemplo: con un equipo similar al del ejemplo anterior pero NO-inverter, en caso de que en una hora no se alcanzará la temperatura de consigna puesta en el termostato, se tendrá un consumo de:

$$2,6 \text{ kW} * 1\text{h} = 2,6\text{kWh}$$

Otra de las principales diferencias entre equipos Inverter y no Inverter es que la tecnología de regulación de velocidad del compresor de los primeros, hace que el consumo de energía en las arrancadas (más suaves) sea mucho menor que en las máquinas de aire acondicionado sin este sistema. A continuación se presenta el consumo promedio de aparatos de aire acondicionado tanto de ventana como del tipo Split para considerar el consumo eléctrico en proyectos pequeños y de mediano tamaño.

TIPO	BTU	TONELADAS	CONSUMO MENSUAL ENERGÍA (KWH/MES)/EQUIPO
VENTANA	6000	0.50	98.3
	8000	0.67	132.6
	10000	0.83	166.1
	12000	1.00	210.6
	14000	1.17	241.8
	18000	1.50	327.6
	24000	2.00	441.5
	36000	3.00	634.9

SPLIT	9000	0.75	140.4
	12000	1.00	195
	18000	1.50	304.2
	24000	2.00	413.4
	36000	3.00	561.6
	48000	4.00	639.6
	60000	5.00	795.6

Fuente: <http://www.edeeste.com.do/index.php/servicios/>  
 Elaboración: Propia.

Los equipos más complejos como los chillers pueden presentar consumos más elevados de energía eléctrica en los meses más cálidos: julio-agosto; de esta consecuencia, se presenta un cuadro resumen para un chiller de 10 toneladas de enfriamiento.

Con el consumo diario se le ha asignado un valor de 1 al mes de julio y agosto que son los meses más calurosos y se le da un porcentaje menor a los otros meses de acuerdo a su temperatura máxima promedio; este factor se aplica al consumo asumiendo que el uso de los equipos es de acuerdo a la temperatura exterior quedando el consumo anual como sigue:

Mes	Temp.		Factor de Diversidad por Temp.	Consumo Energía Multi V		Consumo de Energía Chiller	
	( F )	( C )		Diario kWh	Mensual kWh	Diario kWh	Mensual kWh
Enero	84.0	28.9	0.84	93.34	2893.54	173.09	5365.88
Febrero	86.0	30.0	0.87	96.93	2714.04	179.75	5033.01
Marzo	89.0	31.7	0.92	102.32	3171.77	189.74	5881.83
Abril	90.0	32.2	0.94	104.11	3123.30	193.07	5791.95
Mayo	91.0	32.8	0.95	105.91	3283.06	196.39	6088.21
Junio	93.0	33.9	0.98	109.50	3284.85	203.05	6091.54
Julio	94.0	34.4	1.00	111.29	3449.99	206.38	6397.78
Agosto	94.0	34.4	1.00	111.29	3449.99	206.38	6397.78
Septiembre	92.0	33.3	0.97	107.70	3231.00	199.72	5991.68
Octubre	90.0	32.2	0.94	104.11	3227.41	193.07	5985.02
Noviembre	87.0	30.6	0.89	98.73	2961.75	183.08	5492.37
Diciembre	85.0	29.4	0.85	95.14	2949.19	176.42	5469.07
<b>Totales</b>					<b>37739.88</b>		<b>69986.12</b>

Cada sistema tiene una aplicación específica donde su desempeño es el mejor por eso es importante analizar cuál es la aplicación y cuál es el resultado que esperamos obtener del sistema elegido.

Es responsabilidad del proyectista analizar los consumos de energía de acuerdo a la aplicación particular de cada sistema y no sólo considerar un número de eficiencia para poder presentar al usuario final un número aproximado de los que serán los consumos de los equipos durante su operación, y así este pueda tomar una decisión con toda la información pertinente.

Es necesario crear conciencia sobre el uso racional de la energía, no se puede seguir pensando que el aire acondicionado sólo costará gastos económicos al principio aun cuando el inversionista no sea el usuario final.

## 7.9 SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y CLIMATIZACIÓN SOSTENIBLE

Hay pocos países en Latinoamérica que estandarizan y normalizan los sistemas de aire acondicionado y menos aún los sistemas que velen por la sostenibilidad ambiental de los equipos; la IRAM es el Instituto Argentino de Normalización y Certificación; es una asociación civil sin fines de lucro, que fue fundada en el año 1935 por representantes de los diversos sectores de la economía, del Gobierno y de las instituciones científico-técnicas. Los impulsaba el interés de que nuestro país contara con una institución técnica, independiente y representativa, una organización idónea para desarrollar las normas que requería una nación en pleno crecimiento.

IRAM reconoce que la Protección del Medio Ambiente es vital para el progreso y desarrollo de la organización y de la calidad de vida de la sociedad en general en concordancia con lo establecido en el Estatuto Social y en la Misión y Visión del Instituto. Es por ello, que se compromete a conducir todas sus actividades de una manera socialmente responsable. Por esta razón, desde el año 2003, IRAM cuenta con la certificación de su

Sistema de Gestión Ambiental Casa Central por parte de AENOR<sup>1</sup>, Sede Chile.

El Sistema de Gestión Ambiental es la herramienta utilizada por IRAM para gestionar de la manera más adecuada sus actividades vinculadas con aspectos ambientales, orientando sus recursos, funciones específicas y la evaluación sistematizada de las todas las prácticas, procedimientos y procesos considerados necesarios para la gestión de dichas actividades.

IRAM considera que esta gestión contribuye a la prevención de la salud y la contaminación del medio ambiente relacionada de los impactos reales y potenciales derivados de sus actividades, productos y servicios alineándose así con su Misión y Visión.

La certificación del Sistema de Gestión Ambiental según la norma IRAM ISO 14001 es de aplicación para todas aquellas actividades relacionadas con sistemas de normalización; certificación de producto; certificación de procesos, documentación y capacitación prestados por IRAM en su sede central – Perú 552/556.

La climatización sostenible sería aquella que utiliza los más estrictos parámetros de eficiencia energética; lo ideal sería incluso, utilizar únicamente energías renovables, y la panacea absoluta, es el aprovechamiento de la energía solar para producir aire acondicionado.

Los sistemas de climatización más extendidos son las bombas de calor. Las bombas de calor pueden ser reversibles, ya que pueden producir calor o refrigeración según las necesidades. Son dispositivos muy efectivos y considerados oficialmente como de alta eficiencia energética. Producen hasta cuatro veces más de energía de la que consumen cuando se destinan a la producción de calefacción, aunque son ligeramente menos eficientes cuando se aplican en el caso del aire acondicionado.

---

<sup>1</sup> AENOR, entidad española, privada, independiente, sin ánimo de lucro, reconocida en los ámbitos nacional, comunitario e internacional, contribuye, mediante el desarrollo de las actividades de normalización y certificación (N+C), a mejorar la calidad en las empresas, sus productos y servicios, así como proteger el medio ambiente y, con ello, el bienestar de la sociedad.

Actualmente, un sistema más eficiente aún que las bombas de calor convencionales, son las bombas de calor geotérmicas. Éstas combinan la eficiencia de las bombas convencionales con una renovable, y alcanzan las cotas de eficiencia más elevadas de la climatización. Como inconveniente, destaca que su instalación es compleja y más costosa que en el caso de las bombas convencionales.

Existe un tercer sistema eficiente que utiliza las energías renovables: la energía solar. Estos sistemas, sin embargo, aún están poco extendidos, porque resultan todavía caros al no ser producidos en masa; hay varias líneas de investigación que buscan optimizarlos, porque aprovechar la energía solar para combatir los efectos del sol sería la climatización más eficiente que nos podemos imaginar.

## 7.10 NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN QUE RIGE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Fundada en 1894, ASHRAE es una asociación de tecnología para edificios con más de 50.000 miembros mundialmente. La asociación y sus miembros se enfocan en los sistemas de edificios, la eficiencia energética, la calidad del aire interior y la sostenibilidad dentro de la industria. A través de la investigación, la redacción de normas, la publicación y la educación continuas, ASHRAE da forma hoy al entorno construido de mañana. ASHRAE fue concebida en 1959 como la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, debido a la fusión de la Sociedad de Ingenieros de Calefacción y Aire Acondicionado (ASHAE) fundada en 1894, y la Sociedad Americana de Ingenieros de Refrigeración (ASRE) fundada en 1904.

ASHRAE le ofrece membresía a cualquier persona asociada con los sistemas de edificios, especialmente HVAC&R; la eficiencia energética; la calidad del aire interior; y la sostenibilidad dentro de la industria de la construcción. La membresía en ASHRAE le ofrece un acceso a la tecnología de última generación y le brinda muchas oportunidades para participar en el desarrollo de dicha tecnología.

Desde 1919, ASHRAE soporta la investigación a nivel mundial que mejora la calidad de la vida. La investigación de ASHRAE impacta la industria mejorando la manera como los sistemas de aire acondicionado y refrigeración trabajan, cómo se aplican y permite el desarrollo de información técnica para crear estándares y guías. , que son la base de las mejores prácticas para diseño y prueba a nivel mundial. Su contribución nos ayuda para desarrollar mejoras en eficiencia energética, estudios sobre climas cálidos y húmedos, refrigeración y calidad del aire interior, entre otros. Ayúdenos a tener un mundo mejor mediante su aporte.

### 7.10.1 INSTITUTO DEL AIRE ACONDICIONADO, CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La AHRI se encuentra en la ciudad de Arlington, Virginia, EE.UU., y tiene como meta el asegurar el confort humano, la productividad y la seguridad así como asegurar la práctica correcta de la gestión ambiental. Las más de 300 empresas miembros producen más del 90 por ciento del aire acondicionado residencial y comercial, calefacción, calentamiento de agua y equipos de refrigeración comercial en América del Norte. A través del programa de certificación, normas, actividades de promoción y otras actividades, es la asociación que se esfuerza por ayudar a ahorrar energía, mejorar la productividad y asegurar un medio ambiente mejor relacionado a los sistemas de aire acondicionado.

Existen muchas normas que ha establecido la AHRI, entre ellas se pueden mencionar algunas relacionadas tales como:

- AHRI 621 (SI) -2014: Nota del Rendimiento de humidificadores autónomos para Aplicaciones Residenciales
- AHRI 700-2014 con Addendum 1: Especificaciones para Refrigerantes
- AHRI 840-1998: Unidad Ventiladores
- AHRI 1061 (SI) -2013, el índice del desempeño de Aire-Aire Intercambiadores de Calor para la Recuperación de Energía Equipo de Ventilación
- AHRI 1250 (IP) -2014: Nota del Rendimiento de cámaras frigoríficas y congeladores

- AHRI 1251 (SI) -2014: Nota del Rendimiento de cámaras frigoríficas y congeladores
- AHRI 410-2001 con adiciones 1, 2 y 3: de circulación forzada de refrigeración por aire y aire-calefacción Bobinas

Todas las anteriores y muchas normas más, van orientadas a reglamentar y estandarizar la construcción y mantenimiento de equipos de aire acondicionado y otros relacionados a sistemas consumidores de energía que brindan un confort al ser humano.

Las normas y directrices AHRI se utilizan en todo el mundo. Estimulan la innovación y la creación y son los peldaños para mejorar el rendimiento de los productos.

A través del uso de estándares de la industria y la participación voluntaria en los programas de certificación de AHRI, los consumidores pueden estar seguros de reclamos de rendimiento de los fabricantes que sean exactos y clasificados de manera uniforme, lo que permite comparaciones justas. AHRI ofrece acceso a sus normas y directrices, así como información acerca de la forma en que se desarrollan y avanzan a nivel mundial; consultar <http://www.ahrinet.org/site/306/Standards>.

## 7.11 TERMINOLOGÍA.

### **FRÍO:**

El frío, por definición, no existe. Es simplemente una sensación de falta de calor.

### **CALORÍA:**

Una caloría es la cantidad de calor que tenemos que añadir a 1 Kg. de agua a 15°C de temperatura para aumentar esta temperatura en 1°C. Es equivalente a 4 BTU.

### **FRIGORÍA:**

Una frigoría es la cantidad de calor que tenemos que sustraer a 1 kg. de agua a 15° C de temperatura para disminuir esta temperatura en 1° C. Es equivalente a 4 BTU.

### **CONVERSIÓN DE W A FRIGORÍAS:**

Multiplicar los watos de potencia del equipo por 0,86. (ejemplo 1.000 watos/hora = 860 frigorías/hora).

### **BTU:**

British Thermal Unit. Unidad térmica inglesa. Es la cantidad de calor necesario que hay que sustraer a 1 libra de agua para disminuir su temperatura 1° F. Una BTU equivale a 0,252 Kcal.

### **TONELADA DE REFRIGERACIÓN (TON):**

Es equivalente a 3.000 F/h., y por lo tanto, a 12.000 BTU/h.

### **SALTO TÉRMICO:**

Es toda diferencia de temperaturas. Se suele emplear para definir la diferencia entre la temperatura del aire de entrada a un acondicionador y la de salida del mismo, y también para definir la diferencia entre la temperatura del aire en el exterior y la del interior.

## **ZONA DE CONFORT:**

Son unas condiciones dadas de temperatura y humedad relativa bajo las que se encuentran confortables la mayor parte de los seres humanos. Estas condiciones oscilan entre los 22° y los 27° C. (71-80° F) de temperatura y el 40 al 60 por 100 de humedad relativa.

## **TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO (TERMÓMETRO HÚMEDO):**

Es la temperatura indicada por un termómetro, cuyo depósito está envuelto con una gasa o algodón empapados en agua, expuesto a los efectos de una corriente de aire intensa.

## **TEMPERATURA DE BULBO SECO (TERMÓMETRO SECO):**

Es la temperatura del aire, indicada por un termómetro ordinario.

## **TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍO:**

Es la temperatura a que debe descender el aire para que se produzca la condensación de la humedad contenida en el mismo.

## **DEPRESIÓN DEL TERMÓMETRO HÚMEDO, O DIFERENCIA PSICOMÉTRICA:**

Es la diferencia de temperatura entre el termómetro seco y el termómetro húmedo.

## **HUMEDAD:**

Es la condición del aire con respecto a la cantidad de vapor de agua que contiene.

## **HUMEDAD ABSOLUTA (DENSIDAD DEL VAPOR):**

Es el peso del vapor de agua por unidad de volumen de aire, expresada en gramos por metro cúbico de aire.

## **HUMEDAD ESPECÍFICA:**

Es el peso del vapor de agua por unidad de peso de aire seco, expresada en gramos por kilogramo de aire seco.

### **HUMEDAD RELATIVA:**

Es la relación entre la presión real del vapor de agua contenida en el aire húmedo y la presión del vapor saturado a la misma temperatura. Se mide en tanto por ciento.

### **CAPACIDAD DE DESHUMIDIFICACIÓN:**

Capacidad que tiene el equipo para remover la humedad del aire de un espacio cerrado.

### **CALOR SENSIBLE:**

Es el calor empleado en la variación de temperatura, de una sustancia cuando se le comunica o sustrae calor.

### **CALOR LATENTE:**

Es el calor que, sin afectar a la temperatura, es necesario adicionar o sustraer a una sustancia para el cambio de su estado físico. Específicamente en psicrometría, el calor latente de fusión del hielo es  $h_f = 79,92$  Kcal/kg.

### **CALOR TOTAL: (ENTALPIA):**

Es la suma del calor sensible y el latente en kilocalorías, por kilogramo de una sustancia, entre un punto arbitrario de referencia y la temperatura y estado considerado.

### **NORMAS UNE, ARI Y ASHRAE (capacidad):**

Son las frigorías hora producidas por un acondicionador a  $35^{\circ}$  C ( $95^{\circ}$  F) de temperatura seca exterior y  $23,8^{\circ}$  C ( $75^{\circ}$  F) de temperatura húmeda exterior, con el aire de la habitación, retornando al acondicionador a  $26,6^{\circ}$  C ( $80^{\circ}$  F) de temperatura seca y  $19,4^{\circ}$  C ( $67^{\circ}$  F) de temperatura húmeda.

### **COP (Coeficient of Performance):**

Coeficiente de prestación. Es el coeficiente entre la potencia calorífica total disipada en vatios y la potencia eléctrica total consumida, durante un período típico de utilización

## GASES REFRIGERANTES

El refrigerante R-22 es el que se utiliza habitualmente en los equipos de aire acondicionado para aplicaciones residenciales y comerciales. Es un HCFC (hidroclorofluorocarburo CHCLF<sub>2</sub>), una serie de sustancias que, debido a su contenido en cloro, afectan a la capa de ozono. Es inodoro, ininflamable e incombustible y su temperatura de ebullición en °C a presión normal es de -40,6. El Protocolo de Montreal, acuerdo internacional de 1987 para la protección de la capa de ozono, especificó en sus directivas, primero la eliminación de los clorofluorocarburos (CFC) de mayor contenido en cloro y ahora la retirada gradual de los HCFC.

En Europa, la producción de R-22 se está reduciendo progresivamente a partir del 2004, llegando al mínimo en el 2015. Está ya prohibido su uso en transporte por carretera y ferrocarril.

Alternativas de gases:

### R-410A

Es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's) y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada marcado por la legislación. Tiene un elevado rendimiento energético, es una mezcla única y por lo tanto facilita ahorros en los mantenimientos futuros. No es tóxico ni inflamable y es reciclable y reutilizable.

### R-407C

Es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's) y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada marcado por la legislación. Posee propiedades termodinámica muy similares al R-22. A diferencia del R-410A, es una mezcla de tres gases R-32, R-125 y R-134<sup>a</sup>.

### R-134a

Es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's) y por lo tanto, no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada marcado por la legislación. Es ampliamente usado en otras industrias: aire acondicionado en automóviles, frigoríficos, propelente de aerosoles farmacéuticos.

## FORMULAS

- $\text{Frig/h/m}^2$  = Frigorias, hora, metro 2
- $\text{m}^2/\text{per}$  = Metros2 por persona.
- $\text{W/m}^2$  = Watts por metro2
- $\text{Kcal/h} * \text{m}^2$  = KiloCaloria/hora por metro2
- $\text{W}/(\text{m}^* \text{k})$  = Watts/metro \* Kilocaloria

Guatemala, enero 29 de 2015.

Señor Decano  
Facultad de Arquitectura  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Arq. Carlos Valladares Cerezo  
Presente.

Señor Decano:

Atentamente, hago de su conocimiento que con base en el requerimiento del estudiante de la Facultad de Arquitectura: **CARLOS GIOVANNI LOARCA MARTINEZ**, Carné universitario No. **9014247**, realicé la Revisión de Estilo de su proyecto de graduación titulado: **SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN ARQUITECTURA**, previamente a conferírsele el título de Arquitecto en el grado académico de Licenciado.

Y, habiéndosele efectuado al trabajo referido, las adecuaciones y correcciones que se consideraron pertinentes en el campo lingüístico, considero que el proyecto de graduación que se presenta, cumple con la calidad técnica y científica requerida, por lo que recomiendo darle continuidad a los trámites correspondientes, antes de que se realice la impresión de dicho documento de investigación.

Al agradecer la atención que se sirva brindar a la presente, me suscribo respetuosamente,



Lic. Maricella Saravia  
Colegiada 10,804

Lic. Maricella Saravia de Ramírez  
Colegiada 10,804

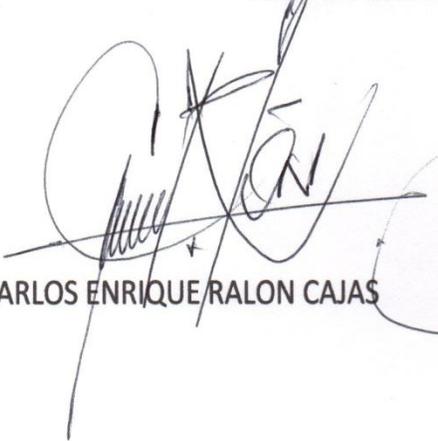
Maricella Saravia de Ramírez  
Licenciada en la Enseñanza del Idioma Español y de la Literatura  
Especialidad en corrección de textos científicos universitarios

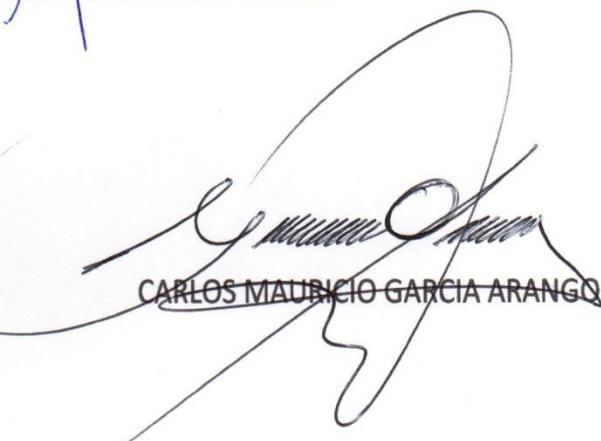
Teléfonos: 3122 6600 - **5828 7092** - 2232 9859 - 2232 5452 - maricellasaravia@hotmail.com

SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN ARQUITECTURA  
Proyecto de Graduación desarrollado por:

  
Carlos Giovanni Loarca Martínez

Asesorado por:  
ARTURO CESAR ANIBAL CORDOVA ANLEU

  
CARLOS ENRIQUE RALON CAJAS

  
CARLOS MAURICIO GARCIA ARANGO

Imprímase:

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

  
Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Decano