

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**



11

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, como bien sabemos, los seres humanos tenemos relación directa o indirecta con el término de carga térmica, carga de enfriamiento o expresado en términos más comunes como lo es “aire acondicionado”. Sabemos o tenemos la idea que el acondicionamiento del aire en un espacio definido implica la creación y mantenimiento de una atmósfera que tenga condiciones de temperatura, humedad, circulación de aire y pureza tales que se produzcan los efectos deseados por los ocupantes de ese espacio o en los materiales que ahí serán manejados o almacenados. Entonces puede llamarse acondicionamiento de aire al control simultáneo de esos cuatro factores dentro de los límites convenientes para producir comodidad y salud de los ocupantes, o cuando dichas condiciones permitan tener los mejores productos industriales.

A través de años de trabajo, la ciencia ha evaluado todos los factores requeridos para determinar una carga de calefacción o enfriamiento a través de muchos y diversos tipos de pruebas, análisis y experiencias. Con extremo cuidado y buen criterio deben ser ejercitados en la aplicación de estos factores cuando se utilizan para el cálculo de cargas en espacios y edificios.

Podríamos decir que para realizar el estimado de la carga de enfriamiento requerida con la mayor exactitud posible en espacios y edificios, las siguientes condiciones son de las más importantes para evaluar:

- Datos atmosféricos del sitio.
- La característica de la edificación, dimensiones físicas.
- La orientación del edificio.
- La dirección de las paredes del espacio a acondicionar.

- El momento del día en que la carga llega a su pico.
- Espesor y características de los aislamientos.
- La cantidad de sombra en los vidrios.
- Concentración de personas en el local.
- Las fuentes de calor internas.
- Y la cantidad de ventilación requerida.

A pesar de las evaluaciones de las condiciones anteriores debemos tener cierto tipo de consideraciones, porque las variables que afectan el cálculo de cargas térmicas son numerosas, frecuentemente difíciles para definir en forma precisa, y no siempre están en cada momento mutuamente relacionadas, por lo que podemos decir que muchas variables de cargas de enfriamiento cambian extensamente en magnitud durante un período de 24 horas. Los cambios de estas variables pueden producirse en momentos diferentes unos de otros, por ello deben analizarse detalladamente para establecer la carga de enfriamiento necesaria en donde se requiera.

Cuando se sabe con seguridad todos los factores y consideraciones que se deben emplear en el cálculo de la carga térmica de enfriamiento, podremos observar con claridad que la ingeniería del aire acondicionado es una combinación de arte y ciencia donde la aplicación del buen criterio y el análisis de los problemas a fondo, son factores requeridos para llegar a ser un experto.

## JUSTIFICACIÓN

Aproximadamente quince años atrás y sobre todo en los tiempos que vivimos, nuestro planeta tierra a sido el principal espectador de los cambios irreversibles que nuestro principal generador de calor, el sol, esta provocando sobre ella y que de alguna manera muy obvia los que sentimos sobre todo estos cambios, somos nosotros, los humanos.

Teniendo en cuenta que en nuestro municipio la temperatura media anual es de 25.4° C, que las temporadas mas calurosas y frías son en abril-mayo y noviembre-febrero respectivamente, no debemos descartar los cambios climáticos que en nuestra corteza están suscitando, sobre todo porque los últimos estudios representativos del sol y la tierra en las mas prestigiosas universidades y sobre todo las universidades rusas, indican que hemos errado un poco con respecto al calentamiento global, esto al pensar que la mayor parte tiene que ver con el efecto invernadero y aunque si pasa a formar gran parte de ello, esto no es totalmente relevante ya que los estudios realizados indican que nuestro planeta tierra es una completa maravilla, ya que al sufrir daños provocados por nosotros los humanos esta es capaz de encontrar una solución muy natural; por ejemplo la cortada en el brazo de un hombre, esta es capaz de cicatrizar, así nuestra corteza al resentir un calentamiento es capaz luego de experimentar un enfriamiento y/o viceversa. Entonces estos estudios lo que realmente indican es una mayor actividad solar provocada cada miles de años, y aunque si es de gran importancia el efecto invernadero y por así llamarlo el auto-extermínio del hombre con su globo terráqueo, no afectara tanto como la gran exposición que se tendrá ante el sol en nuestros tiempos.

Entonces teniendo en cuenta mayor actividad solar en años próximos y sabiendo que el calor del sol puede introducirse a los edificios a través de los vidrios, a través del techo o a

través de las paredes, y que esto genera una mayor adición de calor junto con el desprendimiento de energía por la actividad de cada persona, lo mismo por diversos tipos de aparatos electrónicos y demás de cada aula o espacios en donde alumnos y docentes se encuentran, supondremos estos como las condiciones del aire en el interior de los locales, que se determinan mediante un punto en el diagrama psicrométrico y que es el punto de partida para iniciar un proyecto, en función de lo ya antes mencionado como el número de personas, actividad, maquinaria, iluminación, etc.

Este proyecto pretende aportar los cálculos necesarios para climatizar las aulas de la escuela secundaria Ricardo Flores Magon, en la colonia San José Terán, municipio de Tuxtla Gutiérrez, pensando sobre todo en el buen rendimiento y salud de docentes y alumnos que integran esta institución, ya que se ha observado que el rendimiento físico y mental de cada individuo baja significativamente no por la calidad de enseñanza que a ellos se les imparte, que sin duda y de antemano sabemos que es buena, sino por el entorno o ambiente (climático) que en ella que se encuentran, sobre todo tomando en cuenta las normas respectivas para acondicionamiento de escuelas. La gran mayoría de las escuelas utilizan equipos de ventanas por la economía y la facilidad de su instalación, sin embargo, éstas están completamente fuera de norma por el ruido que generan al interior del espacio acondicionado. Por ello, se pretende diseñar un sistema de ductos para la distribución adecuada del aire en el interior de cada uno de los espacios que se desean acondicionar. Así como al final del proyecto también se consideraran, en los costos, el uso de equipos mini-split para cada aula.

## OBJETIVOS

### **a) Objetivo general:**

En este proyecto se realizara el cálculo de la carga térmica para así poder llevar a cabo de una manera mas clara y precisa la selección de la capacidad de los equipos climatizadores para los edificios de la escuela secundaria Ricardo Flores Magon.

### **b) Objetivos específicos:**

1. Conocer el significado de los términos utilizados en el cálculo de cargas térmicas.
2. Conocer el procedimiento del cálculo de la carga térmica para diferentes áreas.
3. Aplicar el procedimiento para la selección de equipos de Aire Acondicionado, para diferentes capacidades.
4. Aplicar el procedimiento de cálculo de ducteria de inyección y de retorno. Por el método de caída a presión constante o método de igual fricción.
5. Con base al proyecto, los datos y cálculos obtenidos, elegir una empresa en el cual se puedan llevar a acabo las cotizaciones, en el que se podría llegar a un acuerdo con la institución (secundaria) y poner en marcha el proyecto.

## **CARACTERISTICAS DEL AREA EN LA QUE SE PARTICIPO**

La escuela secundaria Ricardo Flores Magon ubicada en la carretera rivera San José Terán, de nuestra entidad, es una institución en la que docentes y alumnos trabajan de forma coordinada en ambos turnos, para alcanzar las metas a finales de curso, en donde el objetivo principal es formar y/o forjar alumnos los cuales se desarrollen y desenvuelvan en amplios conocimientos en la sociedad actual demandante.

Las instalaciones (edificios, talleres, laboratorios, cafeterías, campos y demás) se encuentran muy bien ubicados en un amplio terreno de 3 ½ hectáreas, siendo esto muy cómodo para cualquier practica o uso que a ella se le pueda dar.

La institución abre sus puertas y recibe con gusto a residentes y/o practicantes que piensan en ellos por primera vez para empezar a desarrollar sus conocimientos y apoyos para la mejora de sus instalaciones.

## ALCANCE Y LIMITACIONES

El alcance que pretende la presente residencia profesional es dar a conocer de manera mas precisa el porque de implementar sistemas de ducteria de inyección junto con la de retorno en base a la selección de equipos de aire acondicionado. Así como el de utilizar equipos mini-split en cada aula de esta institución en base a los cálculos que se obtendrán. Como bien sabemos muchas de las cosas que conocemos en la actualidad tienen sus pro y sus contra, en el cual, en este caso no pasa desapercibido el porque de usar sistemas de ducteria para la climatización de un área en especifica, así como el de usar y concientizar de mejor manera un equipo mini-split. Mencionado esto diremos que: En la utilización de paquetes de aire acondicionado (para ductos) podemos tener un aire “limpio” resirculando en nuestro ambiente, pero, los costos para ello son un poco elevados, se podría decir que tres veces mayor que el uso e implementación de equipos mini-split, aunque en este tipo de equipos(mini-split) no se encuentra una recirculación de aire cien porciento puro, estos son preferibles en base a los precios que en ellos se manejan.



## PROBLEMAS A RESOLVER

El principal problema es debido a que los alumnos y docentes de esta institución se están viendo afectados física y mentalmente, debido a la gran cantidad de calor que existe dentro de las aulas, ya que las ventanas y ventiladores no son suficientes para mantener una temperatura adecuada para que los alumnos y maestros se concentren y rindan en sus actividades diarias. Por eso en este trabajo se aportan los cálculos necesarios para climatizar las aulas de esta institución.

## CALCULOS DE CARGA TERMICA

### a) Definición de carga térmica:

También nombrada como carga de enfriamiento, es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica (ej. Confort humano). Es la cantidad de calor que se retira de un espacio definido, se expresa en BTU, la unidad utilizada comercialmente relaciona unidad de tiempo, Btu/hr.

**b) Consideraciones:**

Las variables que afectan el cálculo de cargas térmicas son numerosas, frecuentemente difíciles para definir en forma precisa, y no siempre están en cada momento mutuamente relacionadas.

Muchas variables de cargas de enfriamiento cambian extensamente en magnitud durante un período de 24 horas. Los cambios de estas variables pueden producirse en momentos diferentes unos de otros, por ello deben analizarse detalladamente para establecer la carga de enfriamiento necesaria para un establecimiento o dividirse este en zonas.

La necesidad de dividir un sistema en zonas, origina mayor capacidad de carga de enfriamiento que un sistema total; pero permite manejar la carga para cada zona en su hora pico.

En el cálculo de carga de enfriamiento, es determinante el uso de valores adecuados para aplicarlos en un procedimiento determinado. La variación en los coeficientes de transmisión de calor de los materiales y montajes compuestos en edificio típicos, la forma de construcción, orientación del edificio y la manera en cual el edificio opera son algunas de las variables que imposibilitan un cálculo numéricamente preciso.

Mientras que los procedimientos sean usados en forma razonable por el diseñador para incluir estos factores, el cálculo es aceptado como correcto, pero todavía es solamente una estimación buena de la real carga de enfriamiento.

**c) Consideraciones iniciales de diseño:**

Para calcular la carga de enfriamiento de un espacio, se requiere información de diseño detallada de la edificación e información climática a las condiciones de diseño seleccionados. Generalmente, los siguientes pasos deben ser considerados:

**1.-Obtenga las características de la Edificación:**

Materiales de construcción, tamaño de los componentes, colores externos de fuentes y formas son normalmente determinados a partir de los planos de la edificación y especificaciones.

**2.-Configuración:**

Determine la ubicación, orientación y sombra externa de la edificación a partir de los planos y especificaciones. La sombra de edificaciones adyacentes pueden ser determinadas por un plano del sitio o visitando el sitio propuesto. Su permanencia probable debe ser cuidadosamente evaluada de ser incluida en los cálculos.

**3.-Condiciones Exteriores de Diseño:**

Obtenga información climática apropiada y seleccione las condiciones de diseño exterior. La condición climática puede ser obtenida de la estación meteorológica local o del centro climático nacional.

#### 4.-Condiciones de Diseño Interior:

Seleccione las condiciones de diseño interior tales como temperatura de bulbo seco interior, temperatura interior de bulbo húmedo y tasa de ventilación. Incluya variaciones permisibles y límites de control.

#### 5.-Rutina de Operación:

Obtenga una rutina de iluminación, ocupantes, equipo interno, aplicaciones y procesos que contribuyan a incrementar la carga térmica interna. Determine la probabilidad de que el equipo de refrigeración sea operado continuamente o apagado durante períodos de no ocupación (ej. Noches y/o fines de semana).

#### 6.-Fecha y Tiempo:

Seleccione el tiempo del día y el mes para realizar los cálculos de la carga de enfriamiento. Frecuentemente varias horas del día y varios meses son requeridos.

#### **d) Selección de equipos:**

Como se sabe, la finalidad inmediata una vez calculada la carga térmica es elegir el sistema de climatización que permite establecer las condiciones de trabajo de un local.

**e) Cálculo de la ducteria de inyección y de retorno:**

El cálculo de la ducteria (de inyección) se hace por método de fricción constante. El ducto es dimensionado de tal manera que las pérdidas de presión por pie de longitud sean constantes. Es posible que las resistencias en los ductos ramales sean esencialmente iguales a menos de que se tenga mucha diferencia en sus longitudes. Cuando se aplica este método se acostumbra a determinar la caída de presión de acuerdo con la velocidad deseada y el caudal en el ducto. Por medio de la gráfica para determinar la pérdida por fricción en ductos (ver [anexo 5](#)). Y para este ducto se retorna un 40 % del total de flujo de aire suministrado (ducteria de retorno).

## **PSICROMETRIA**

Se define como la ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo, la cantidad y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y seres vivos.

- **Carta psicrométrica:**

Uno de los métodos para conocer lo que sucede con el aire y el vapor es con la carta psicrométrica. Con ésta se pueden determinar las variables necesarias, hacer la línea de operación y determinar la cantidad de calor necesario, la cantidad de calor a eliminar, la temperatura del punto de rocío, entalpías entre otros.

Las propiedades psicrométricas del aire que se utilizan para la construcción de estas cartas, han sido recopiladas a través de incontables experimentos de laboratorio y de

cálculos matemáticos, estas cartas generalmente están basadas en datos obtenidos a la presión atmosférica sobre el nivel del mar, para presiones menores para sitios a mayores alturas sobre el nivel del mar, se hacen cálculos de corrección que se encuentra sujetos a los parámetros ambientales del lugar.

Existen muchos tipos de estas cartas psicrométricas, cada una con sus propias ventajas. Algunas se hacen para el rango de bajas temperaturas, algunas para temperaturas medias y otras para alta temperatura. A algunas de estas se les amplía su longitud y se les recorta su altura, mientras que otras son más altas que anchas. Todas tienen básicamente la misma función. En la figura 1.1 se demuestran los parámetros de una carta psicrométrica.

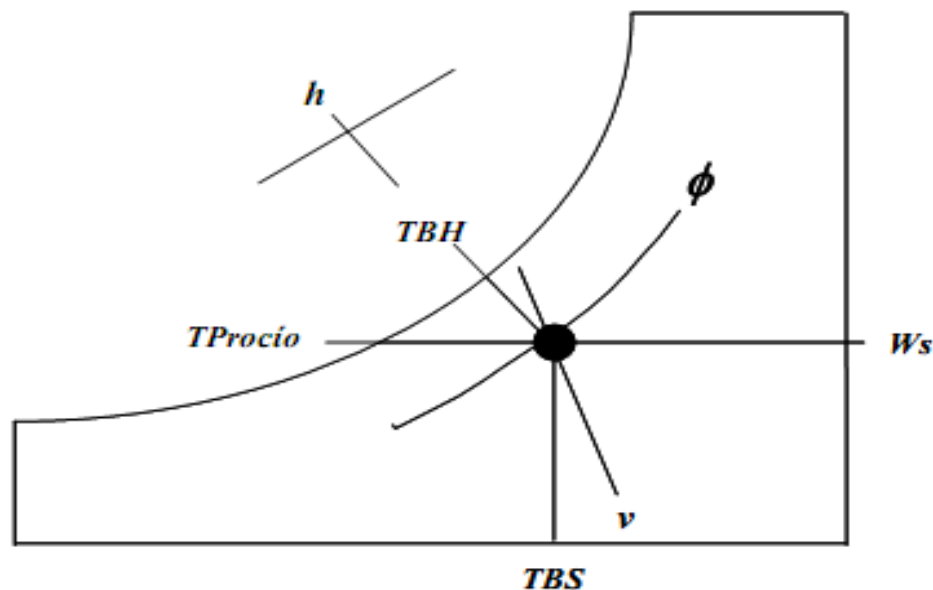


Figura 1.1 Carta psicrométrica

En donde:

<b><i>TBS</i></b>	Temperatura de bulbo seco.
<b><i>TBH</i></b>	Temperatura de bulbo húmedo.
<b><i>TProcío</i></b>	Temperatura del punto de rocío.
<b><i>Ws</i></b>	Humedad específica.
<b><math>\phi</math></b>	Humedad relativa.
<b><i>h</i></b>	Entalpía.
<b><i>u</i></b>	Volumen específico.

## SIGLAS Y CONSTANTES

<b><i>Btu</i></b>	British Termic Unit (unidad térmica británica).
<b><i>PCM</i></b>	Pies cúbicos por minuto.
<b><math>\Delta T</math></b>	Diferencial de temperatura en °F.
<b><math>\Delta Ws</math></b>	Diferencial de humedad, en granos por libra-masa de aire.
<b><i>u</i></b>	Volumen específico del aire, en ft <sup>3</sup> /lbm.
<b><i>Cp</i></b>	Calor específico del aire (0.2404 Btu/lbm -°R)
<b><i>T.R.</i></b>	Toneladas de refrigeración (equivale a 12 000 Btu/h).

También se usara:

**$A_{pn}$**  = área pared norte

**$A_{ps}$**  = área pared sur

**$A_{pe}$**  = área pared este

**$A_{po}$**  = área pared oeste

**$A_t$**  = área total

**$A_v$**  = área de ventanas

## PROPIEDADES TERMODINAMICAS DEL AIRE

### Temperatura de bulbo seco ( **$TBS$** ):

Es la temperatura medida en un termómetro ordinario.

### Temperatura de bulbo húmedo ( **$TBH$** ):

Es la temperatura que se mide con un termómetro cuyo bulbo se coloca una gasa húmeda, en el cual resulta una evaporación que está en función de la capacidad que tenga el aire para absorber esta humedad, debido a esto, el termómetro registra un valor menor a la temperatura de bulbo seco. Se dice el aire está saturado cuando no existe evaporación alguna y tampoco lecturas menores.



**Temperatura del punto de rocío ( $T_{Procío}$ ):**

Es la temperatura de saturación, a la cual tiene lugar la condensación del vapor de agua contenido en el aire atmosférico. Un ejemplo, de esto es lo que sucede en los lugares fríos, cuando por las mañanas los automóviles se encuentran cubiertas por pequeñas gotas de agua.

**Humedad específica ( $W_s$ ):**

Es la masa real de vapor de agua en el aire seco, expresada en granos de vapor o libras de vapor por libra de aire seco.

**Humedad relativa ( $\Phi$ ):**

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

**Volumen específico ( $u$ ):**

Es el volumen que ocupa una libra de mezcla aire-vapor de agua, en  $\text{ft}^3/\text{lbm}$  ó  $\text{m}^3/\text{kg}$ .

**Calor sensible ( $Q_s$ ):**

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar la temperatura de bulbo seco del aire. Dado generalmente en  $(\text{kJ}/\text{kg}$  ó  $\text{Btu}/\text{lbm})$ .

**Calor latente ( $Q_l$ ):**

Es el calor requerido para evaporar la humedad contenida en el aire. Esta evaporación ocurre a temperatura constante.

**Calor total ( $Q_t$ ):**

El calor total de la mezcla de aire y vapor de agua también se conoce como entalpía, y que se puede obtener a través de la suma de calor sensible y el calor latente.

**DATOS ESPECIFICOS PARA EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ CHIAPAS**

Las condiciones de aire para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, es una temperatura promedio de 35 °C (95 °F) de bulbo seco y 25 °C (77 °F) de bulbo húmedo, y de acuerdo con los catálogos de confort las condiciones ambientales ideales para el local son, 72 °F de bulbo seco y 50% de humedad relativa.

**a) Condiciones del aire:**

Son las condiciones ambientales dentro y fuera del local. A estos parámetros se les aplica una corrección para ajustarlas a la altura real de la ciudad.

Datos:

Tuxtla Gutiérrez.

$TBS = 95\text{ °F}$

$$TBH = 77\text{ }^{\circ}\text{F}$$

Altitud sobre el nivel del mar = 536 m. = 1758.5 ft.

\* ver [anexo 1](#): temperaturas de diseño en verano para algunas ciudades de la República Mexicana.

De acuerdo a los manuales de confort, las condiciones ideales en el interior de un local son:

$$TBS = 72\text{ }^{\circ}\text{F}.$$

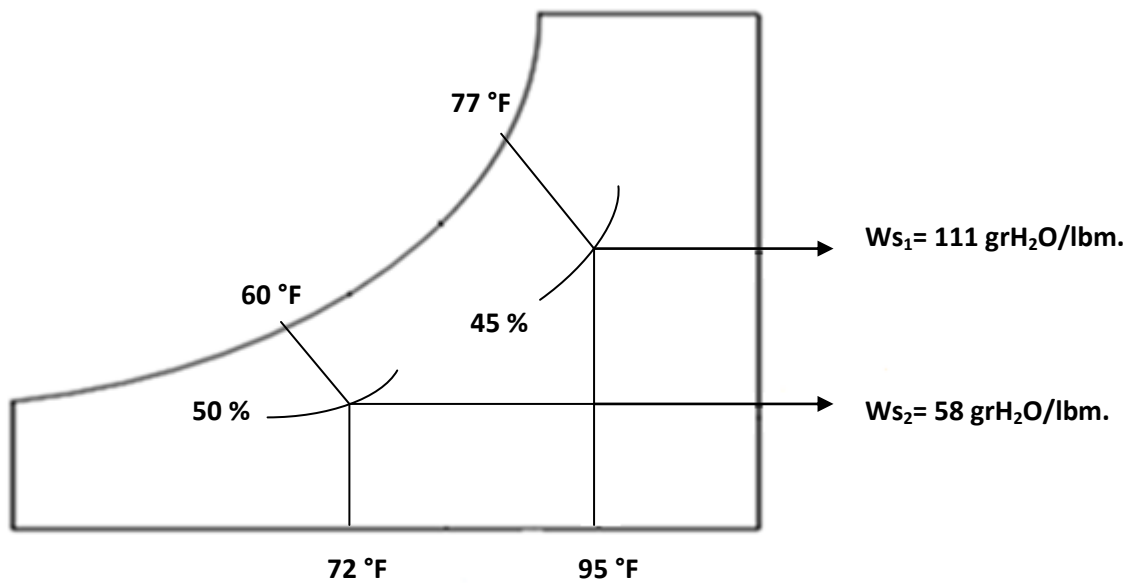
$$\text{Humedad relativa} = 50\%$$

**b) Formulas para la corrección de la humedad:**

$$W_{sc} = W_{s\text{ nm}} + \Delta W_s \dots\dots\dots \text{ecuación 1.1.}$$

$$\Delta W_s = \Delta W_s \left[ 1 - 0.01 * \frac{(TBS - TBH)}{24} \right] \dots\dots\dots \text{ecuación 1.2.}$$

Tomando todos estos datos y graficándolos en la carta psicrométrica para temperaturas normales sobre el nivel del mar (ver [anexo 3](#)). Se obtiene:



Utilizando la tabla de ajustes de la carta psicrométrica podemos calcular la presión barométrica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez:

900 ft	_____	28.92 in Hg
1758.53 ft	_____	X
1800 ft	_____	27.92 in Hg

Interpolando se obtiene que la presión barométrica de Tuxtla Gutiérrez: **27.968 in Hg.**

Utilizando la tabla de ajustes nuevamente:

TABLA DE AJUSTE DE LA CARTA PSICROMÉTRICA		
TBH (°F)	$\Delta P = -1$	$\Delta P = -2$
	28.92 in Hg	27.92 in Hg
	900 ft	1800 ft
	$\Delta W_s'$	$\Delta W_s'$
60	2.7	5.7
77	5.1	10.6

Ajuste de  **$WS_{\text{exterior}}$**

Interpolando de la tabla de ajustes:

900 ft	_____	5.1 granos de H <sub>2</sub> O/Lbm a.s.
1758.53 ft	_____	$\Delta WS_1' = 10.1558$ gr/lbm.
1800 ft	_____	10.4 granos de H <sub>2</sub> O/Lbm a.s.

A partir de la ecuación 1.2:

$$\Delta Ws = 10.1558 \left[ 1 - 0.01 * \frac{(95 - 77)}{24} \right] = 10.0796 \text{ granos de H}_2\text{O/Lbm a. s.}$$

Utilizando la ecuación 1.1 se tiene:

$$Wsce = (111 + 10.0796) \text{ granos de H}_2\text{O/Lbm a.s.} = \mathbf{121.0796 \text{ granos de H}_2\text{O/Lbm a.s.}}$$

Ajustes de ***WS<sub>interior</sub>***

Interpolando los valores obtenidos de la tabla de ajustes de la carta psicrométrica:

900 ft	_____	2.7 granos de H <sub>2</sub> O/Lbm a.s.
1758.53 ft	_____	$\Delta Ws1' = 5.5617$ granos H <sub>2</sub> O/lbm
1800 ft	_____	5.7 granos de H <sub>2</sub> O/Lbm a.s.

Con la ecuación 1.2 se calcula:

$$\Delta Wsi = 5.5617 \left[ 1 - 0.01 * \frac{(72 - 60)}{24} \right] = 5.5338915 \text{ granos de H}_2\text{O/Lbm a. s.}$$

Utilizando la ecuación 1.1 se tiene,

$$Wsci = (58 + 5.53389) \text{ granos de H}_2\text{O/Lbm a.s.} = \mathbf{63.53389 \text{ granos de H}_2\text{O/Lbm a.s.}}$$

**Finalmente, la diferencia de WS es:**

$$\Delta Ws = Wsce + Wsci = (121.0796 + 63.53389) \text{ granos de H}_2\text{O/lbm a.s.}$$

$$\mathbf{\Delta Wsc = 57.54574 \text{ Granos de H}_2\text{O/lbm a.s.}}$$

## **Aspectos importantes sobre aire acondicionado y refrigeración**

Anteriormente tratamos situaciones sobre el acondicionamiento del aire, las diferentes propiedades que contiene y los procesos a los cuales se somete para propiciarlo hacia una zona confortable. Ahora mencionaremos la forma física de cómo el aire se enfría o se calienta, según sea el caso, para esto es necesario un sistema de refrigeración o de calefacción.

Para el interés de proyecto se explica a continuación únicamente el ciclo de refrigeración, pero antes es importante recordar ciertos aspectos sobre el refrigerante y el ciclo de refrigeración.

### **Refrigerantes**

En la refrigeración, el refrigerante juega un papel de suma importancia, por ser el elemento que absorbe el calor que se necesita eliminar. Y debe reunir las siguientes características:

1. Bajo punto de ebullición a la presión atmosférica.
2. Alto calor latente de evaporación.
3. Bajo calor específico de líquido.
4. No deben ser corrosivos.
5. No deben ser flamables ni explosivos.
6. El punto de congelación deberá ser menor, que para cualquier temperatura a la cual debe trabajar el evaporador.

### **Ciclo de refrigeración**

El ciclo de refrigeración por compresión de vapor, está compuesto de cuatro elementos importantes. Ver figura 1.2.

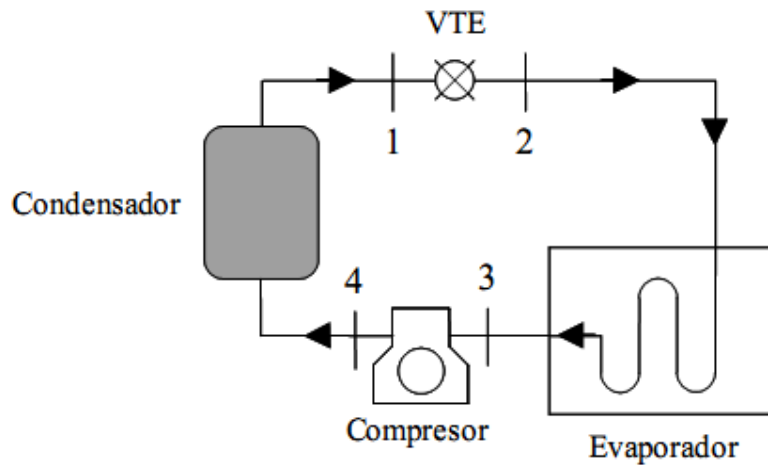


Figura 1.2 Ciclo de refrigeración

El funcionamiento de este equipo, se puede representar con ventaja en diagrama tales como: Presión-Volumen y Temperatura-Entropía, pero el de mayor uso es el de Presión-Entalpía (como se ilustra en la figura 1.3).

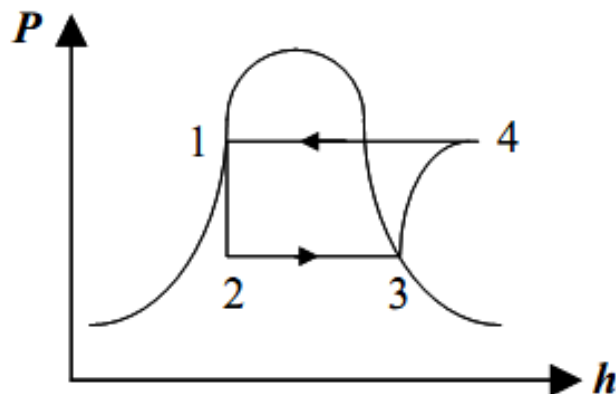


Figura 1.3 Diagrama Presión-Entalpía

Descripción del proceso:

Proceso (1-2). Expansión del refrigerante a entalpía constante. En esta etapa, al pasar por la válvula de expansión la presión del refrigerante disminuye notablemente y por

consecuencia, también baja la temperatura hasta llegar al punto 2. En éste punto una parte del refrigerante tiene un cambio de fase, que es de líquido a gas.

Proceso (2-3). Evaporación del refrigerante mediante adición de calor, la temperatura y la presión permanecen constantes. En esta etapa, el refrigerante se evapora, absorbiendo calor de sus alrededores. Este calor que absorbe se le llama efecto refrigerante.

Proceso (3-4). Compresión isoentrópica del vapor. Aquí el refrigerante entra al compresor, en donde su volumen disminuye bruscamente, mientras su presión y temperatura aumenta.

Proceso (4-1). Condensación del refrigerante como consecuencia de la eliminación de calor, a presión constante. Físicamente en esta etapa el refrigerante entra al condensador en donde cambia nuevamente de estado, esto es, de vapor a líquido mediante la eliminación de calor, hasta el punto 1.

#### Breve descripción de los elementos de los sistemas

El sistema se compone de cuatro elementos principales.

1. Compresor.
2. Condensador.
3. Válvula termostática de expansión.
4. Evaporador.



### 1) Compresor

El compresor tiene dos funciones en el ciclo de refrigeración. En primer lugar succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador a un punto en el que puede ser mantenida la temperatura de evaporación deseada. En segundo lugar, el compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel, de modo que la temperatura de saturación sea superior a la temperatura del medio enfriante disponible para la condensación del vapor refrigerante.

### 2) Condensador

Es un intercambiador de calor en donde el refrigerante cede calor a un fluido (aire o agua), y por consecuencia la eliminación de calor, el refrigerante cambia de fase, de vapor a alta presión y temperatura, a líquido a alta presión y temperatura.

Este dispositivo depende de gran cantidad del tipo de material del cual está hecho y su forma geométrica, para la buena disipación de calor.

### 3) Válvula termostática de expansión

Es el dispositivo más común utilizado para controlar el flujo de refrigerante líquido en el evaporador. Un orificio en la válvula controla la cantidad de flujo que se requiere, mediante un vástago y asiento tipo aguja que varía la abertura del orificio.

La aguja está controlada por un diagrama sujeto a tres fuerzas. La presión del evaporador ejercida por debajo del diafragma y la fuerza del resorte actúan hacia la dirección

de cierre. Opuestas a estas dos fuerzas se encuentra la presión por la carga en el bulbo térmico que está unido al tubo de succión a la salida del evaporador.

#### 4) Evaporador

En un intercambiador de calor situado en el lado de baja presión del sistema, que permite la expansión del refrigerante, el cuál, absorbe calor de sus alrededores, esto hace que exista un cambio de fase del refrigerante. El cambio de fase ideal es el 100 %, para aprovechar al máximo la absorción de calor. El tipo más común es el evaporador de serpentín-ventilador o de convección forzada en donde el refrigerante se evapora dentro de tubos con aleta y el calor se extrae con un flujo continuo de aire que envuelve el exterior del serpentín.

Los evaporadores de expansión directa son aquellos en los que el refrigerante se alimenta directamente al serpentín de refrigeración a través de un dispositivo de control que es la válvula de expansión o un tubo capilar, absorbiendo calor por las paredes del evaporador.