



# CONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA SALAS DE PROCESO ELECTRONICO DE DATOS

*HERNANDO CAMACHO GARCIA<sup>1</sup>*

## 1. INTRODUCCION

En las áreas destinadas al procesamiento sistematizado de datos se encuentran instalados equipos de cómputo y auxiliares necesarios para realizar una función particular del proceso de información. Esas máquinas generan calor y contienen elementos sensitivos a condiciones extremas de temperatura, humedad y a la presencia de polvo. La exposición a condiciones ambientales por fuera de ciertos límites definidos puede resultar en una operación inadecuada de esos equipos, o sencillamente en una paralización de su sistema operativo.

Los equipos de acondicionamiento de aire para salas de cómputo son específicamente diseñados para mantener en forma confiable niveles precisos de temperatura, humedad y limpieza del aire en recintos con equipos de procesamiento de datos.

La apropiada selección del equipo de acondicionamiento de aire para un área de procesamiento de datos redundará en beneficios para el usuario tanto desde el punto de vista de funcionamiento de la sala de cómputo como de los costos de inversión inherentes al mismo.

*1- Ing. Mecánico,  
profesor Asociado,  
Departamento de  
Ingeniería Mecánica U.N.*

## 2. CRITERIOS DE DISEÑO

Las áreas en las cuales se instalen equipos de cómputo requieren condiciones ambientales controladas para mantener un clima apropiado tanto para éstos como para la comodidad de las personas que los operan, tales condiciones involucran control de los factores: temperatura, humedad relativa, limpieza del aire y nivel del ruido. Las recomendaciones generales de estas condiciones están dadas en la Tabla 1.

Es deseable mantener una temperatura promedio en el cuarto en el límite inferior del rango de tolerancia de  $22 \pm 1^\circ$  Centígrado, con lo cual se garantiza que la mayoría de los equipos permanecerán a una temperatura dentro del intervalo establecido para una operación satisfactoria y, adicionalmente es posible soportar picos de carga de calor de corta duración, sin que se afecte la operación de los equipos. En relación con la humedad relativa, altos niveles pueden causar una alimentación inadecuada del papel y en algunos casos condensación en las superficies del equipo; bajas condiciones de

humedad relativa en combinación con otros factores pueden causar descargas estáticas que pueden afectar la operación del procesamiento de datos y otros equipos electrónicos; es por ello que, para mantener una apropiada humedad relativa en el centro de cómputo deben ser instaladas barreras de vapor alrededor del exterior del mismo para evitar la filtración de humedad ocasionada por la diferencia de presión de vapor entre el centro de cómputo y las áreas exteriores. La presencia de polvo atmosférico puede afectar la operación de los equipos, por lo cual es necesaria una buena filtración del aire y un apropiado mantenimiento de los filtros; los filtros sucios pueden causar reducción en el flujo de aire y disminuir la relación de calor sensible (SHF) del equipo del centro de cómputo. El sistema de ventilación debe suministrar solamente el aire exterior suficiente para satisfacer los requerimientos del personal que opera dichos equipos y mantener el centro de cómputo bajo una presión neta positiva en relación con los espacios de los alrededores; teniendo en cuenta que la mayoría de los centros tienen pocos ocupantes y el total del aire circulante acondicionado es alto comparado con las condiciones de comodidad, la necesidad de mantener una presión po-

Factor	Nivel Recomendado
Temperatura Ajuste y Rango	$22 \pm 1^\circ$ C
Humedad Relativa Ajuste y Rango	$50 \pm 5\%$
Calidad de aire filtrado (ASHRAE standard 52.1 - 1992, eficiencia a través de la decoloración producida por polvo atmosférico).	45%, mínimo 20%

Tabla 1. Condiciones Típicas de Diseño para Salas de Cómputo

sitiva es generalmente el criterio de diseño que impera. En la mayoría de los centros de cómputo alrededor del 5% de aire exterior es suficiente para satisfacer los requerimientos de ventilación. Los sistemas de aire acondicionado deben operar dentro de niveles de ruido similares a los del equipo de cómputo, lo que no es criterio difícil de satisfacer, sin embargo, las vibraciones deben ser aisladas para evitar una transformación estructural al equipo de cómputo.

Con el objetivo de evitar daños en los equipos de cómputo algunos fabricantes han establecido criterios admisibles para las tolerancias en las tasas de cambio ambiental que pueden ser usualmente satisfechas por aquellos sistemas que utilicen un control de respuesta de uso comercial de buena calidad, entre  $\pm 0.5^\circ$  centígrados y  $\pm 5\%$  de humedad relativa.

### **3. CARGA DE ENFRIAMIENTO**

La composición de la carga de enfriamiento puede ser determinada teniendo presente que la mayor ganancia de calor en una sala de computadores es causada por los equipos, está altamente concentrada y distribuida desuniformemente. Las ganancias de calor de la iluminación pueden ser comparables a aquellas encontradas en un espacio de oficina con buena calidad de iluminación; las cargas por ocupación de las personas y requerimientos de aire serán de bajas a moderadas. Las

ganancias de calor a través de la estructura obviamente dependerán de la localización y construcción del cuarto, si el piso o el techo son utilizados como plenum la transmisión de ganancias de calor a esos espacios debe ser evaluada cuidadosamente y teniendo en cuenta para el diseño.

Debido a la relativa baja ocupación y a la proporción de aire exterior las ganancias de calor en sañas de computadores son casi siempre totalmente sensibles. A causa de esto y de la baja temperatura de diseño de los cuartos, el suministro de aire por kilovatio de enfriamiento será mayor que para la mayoría de las aplicaciones de comodidad.

Una relación de calor aproximadamente entre 0.9 y 1 deberá ser seleccionada para aplicaciones en salas de cómputo.

### **4. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE**

Los equipos para acondicionamiento en centros de cómputo deben ser independientes de otros sistemas en el edificio e incluir entre otros los siguientes procesos: filtración, enfriamiento y deshumectación, humectación y calentamiento del aire, así como, estar en condiciones de operar en forma continua. Las salas de cómputo pueden ser acondicionadas con una variedad amplia de sistemas que incluyen:

1. Unidad compacta independiente con manejo de aire y refrigeración estrechamente acoplados dentro de un gabinete común e instalados en la sala de cómputo.
2. Unidad compacta de Agua Helada localizada dentro de la sala de cómputo y atendida por equipos de refrigeración en un sitio remoto.
3. Sistemas centrales con manejo de aire y equipos de refrigeración localizados fuera de la sala de cómputo.

#### **4.1 UNIDADES COMPACTAS INDEPENDIENTES.**

Las unidades compactas deben ser específicamente diseñadas para aplicaciones en centros de cómputo, sus especificaciones de funcionamiento y confiabilidad son superiores a las de equipos de tipo compacto empleados en sistemas convencionales de acondicionamiento para uso general, aun cuando utilizan los mismos componentes. Las unidades compactas incluyen los siguientes elementos (1) compresores de tipo recíproco, con circuitos de refrigeración para serpentines de enfriamiento y condensadores, (2) filtros de aire que cumplen las especificaciones de limpieza del aire en salas de cómputo, (3) humidificadores, (4) serpentines de recalentamiento, (5) controles para la regulación del equipo durante su funcionamiento, (6) panel de indicadores de funcionamiento y alarmas de información sobre elementos en mala operación y (7) relojes indicadores del es-

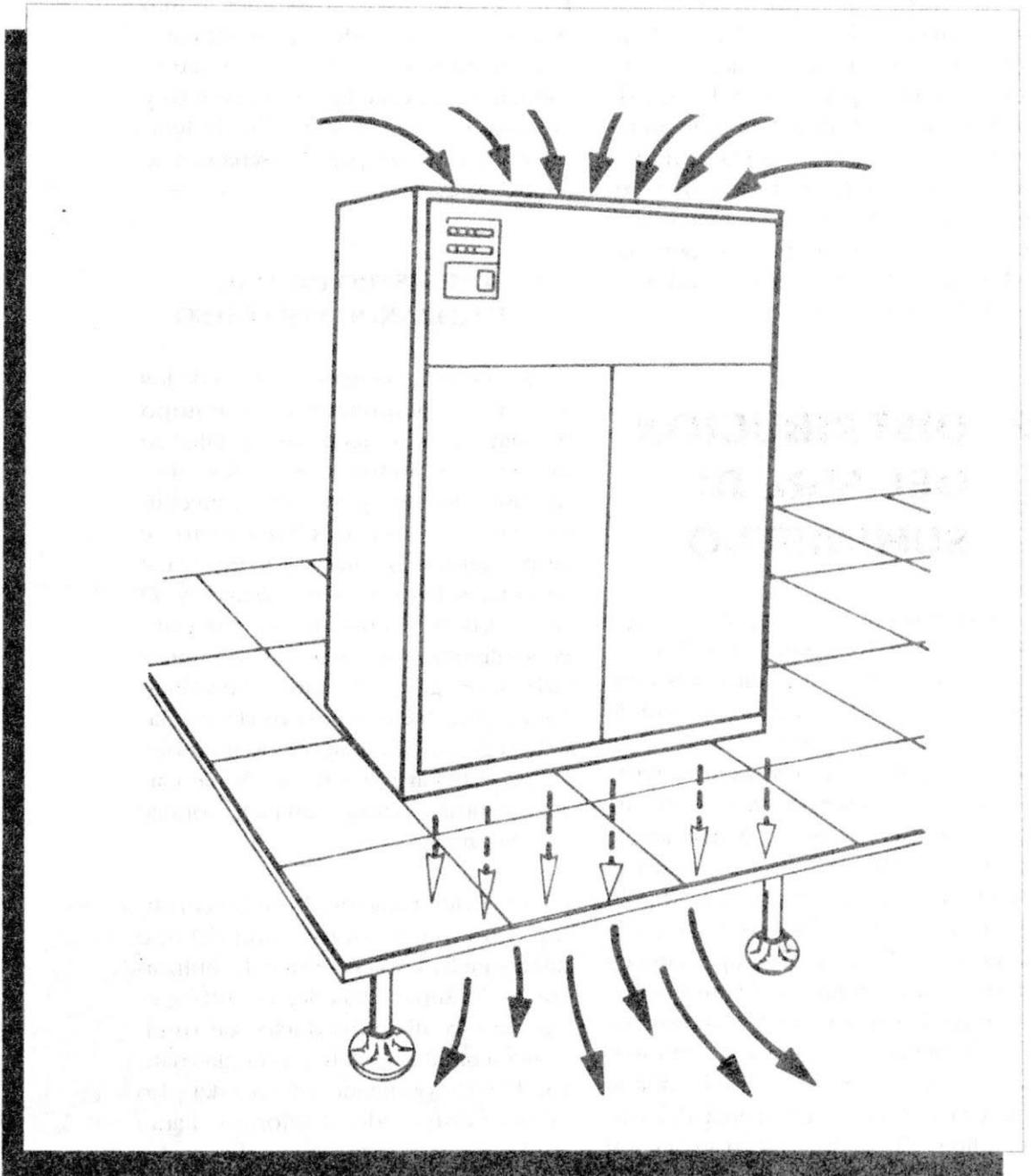
tado de carga en los filtros para evidenciar su oportuno reemplazo. Las unidades condensadoras del ciclo de refrigeración usualmente se utilizan como medio de condensación agua, y están conectadas a condensadores remotos enfriados por aire. Las unidades compactas que utilizan pisos falsos como plenum son comúnmente utilizados en centros de cómputo cuyos requerimientos de enfriamiento son más de 5 toneladas de refrigeración. (Figura 1.)

#### **4.2. UNIDADES COMPACTAS DE AGUA HELADA**

Estas son similares a las unidades compactas independientes excepto en que son atendidas por unidades de refrigeración localizadas distantes del salón de cómputo, y generalmente están conectadas a sistemas de agua helada. Entre las ventajas que representa este sistema están: el menor espacio requerido por las unidades manejadas dentro de las salas de cómputo, en razón a que dichas unidades no contienen el equipo de refrigeración y por lo tanto son más pequeñas que las unidades compactas independientes, y el menor requerimiento de operaciones de mantenimiento para el equipo, dentro del centro de cómputo.

#### **4.3. SISTEMAS CENTRALES**

Son equipos de mayor capacidad que los de tipo compacto y dado que no están localizados dentro de las salas de equipos es posible tener mayor flexibilidad en el diseño y la instalación del sistema, facilitando las operaciones de servicio y mantenimiento que éste requiera. Además no se emplea espa-



*Figura 1.  
Acondicionador de aire de flujo hacia abajo para salas de cómputo.*

---

cio en el piso del salón de cómputo y las operaciones de mantenimiento se pueden efectuar en áreas exclusivamente dedicadas al equipo de acondicionamiento de aire. Además de lo anterior, los sistemas centrales son susceptibles de expandirse en la medida que se adicionen futuras cargas en las áreas de cómputo. El sistema de ductos de conducción para suministro y retorno pueden aislarse convenientemente incluyendo barreras de vapor que prevengan el paso de humedad a las áreas de computación.

## **5. DISTRIBUCION DEL AIRE DE SUMINISTRO**

Los equipos de cómputo que generan cantidades apreciables de calor son ensamblados con ventiladores y pasajes internos que conducen el aire de enfriamiento hacia arriba a través del equipo desde un acceso inferior hasta una rejilla de descarga en la parte alta del mismo, con esto las ganancias de calor en la sala de cómputo son frecuentemente muy concentradas. Por lo anterior y con el objetivo de tener la menor estratificación de temperatura en el salón, la distribución del aire de suministro debe coincidir con la distribución de la carga de calor y el termostato de control estar localizado donde mida la condición promedio del aire atendida. El sistema de distribución debe ser lo suficientemente flexible para acomodarse a los cambios en los elementos básicos.

Los sistemas de suministro de aire requieren aproximadamente 75 l/s por

Kw de enfriamiento (aproximadamente 560 CFM/TR) para satisfacer las condiciones en los centros de cómputo. Esto permite una tasa de intercambio de aire para el área del equipo de cómputo, reduciendo la tendencia a que se formen zonas calientes en el recinto y permitiendo una distribución de temperatura uniforme para los sensores de temperatura.

### **5.1. SUMINISTRO DE AIRE UTILIZANDO PISO FALSO**

Para facilitar la interconexión de los diferentes componentes del equipo mediante cables eléctricos aquellos se ubican en el centro de cómputo sobre un piso falso que garantiza un nivel libre y plano para el desplazamiento de las personas sobre un espacio en el cual se instalan los cables de conexión. El piso falso está construido con tabletas generalmente con alma metálica, montadas sobre gatos calibrados individualmente para facilitar la correcta nivelación del piso. El material de las tabletas debe evitar la acumulación de cargas estáticas y permitir un fácil montaje y desmontaje.

La cavidad bajo el piso falso constituye un canal de distribución del aire para aquellos sistemas que lo utilizan como plenum o en su defecto un espacio para localizar los ductos de suministro, cuando se utilice esta alternativa. El aire conducido a través del piso falso es distribuido al salón mediante rejillas de suministro o paneles perforados localizados alrededor del salón o en cercanía de aquellos componentes del equipo que desprenden mayor cantidad de calor, estos paneles son disponibles en el mercado similares en apariencia e intercambiables con los pane-

les convencionales del piso falso y adicionalmente cuentan con aletas móviles tipo mariposa con el objeto de balancear el flujo de aire.

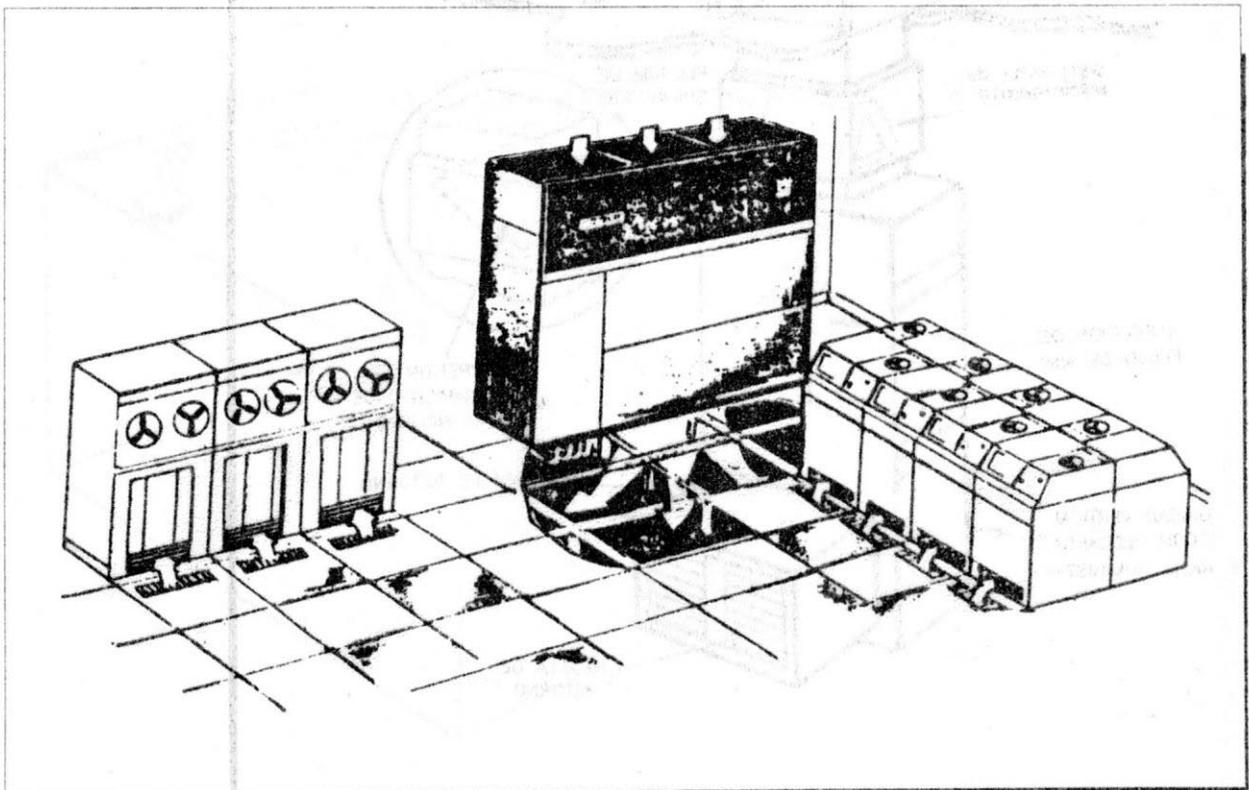
Es necesario que exista suficiente área libre entre el piso falso y el nivel original para permitir el flujo de aire, normalmente un despeje de 300 mm es deseable y como mínimo 250 mm, pero en aquellas aplicaciones donde el cableado es excesivo o el caudal del aire requerido es especialmente alto, es necesario un mayor espacio libre. Además, la conexión de suministro de aire a la cavidad bajo el piso falso debe arreglarse de forma tal que se minimice la turbulencia, para lo cual pueden

ser utilizados codos deflectores a la salida de la unidad de descarga. Adicionalmente, deben evitarse los cambios bruscos de dirección en el flujo y la interferencia que a éste puedan ofrecerle las tuberías de conducción eléctrica e hidráulica propias de las instalaciones de suministro al equipo. (Figura 2).

## 5.2. SUMINISTRO DE AIRE UTILIZANDO COMO PLENUM EL TECHO FALSO

El suministro de aire a través del techo falso, utilizando el espacio entre éste y el techo real como plenum, me-

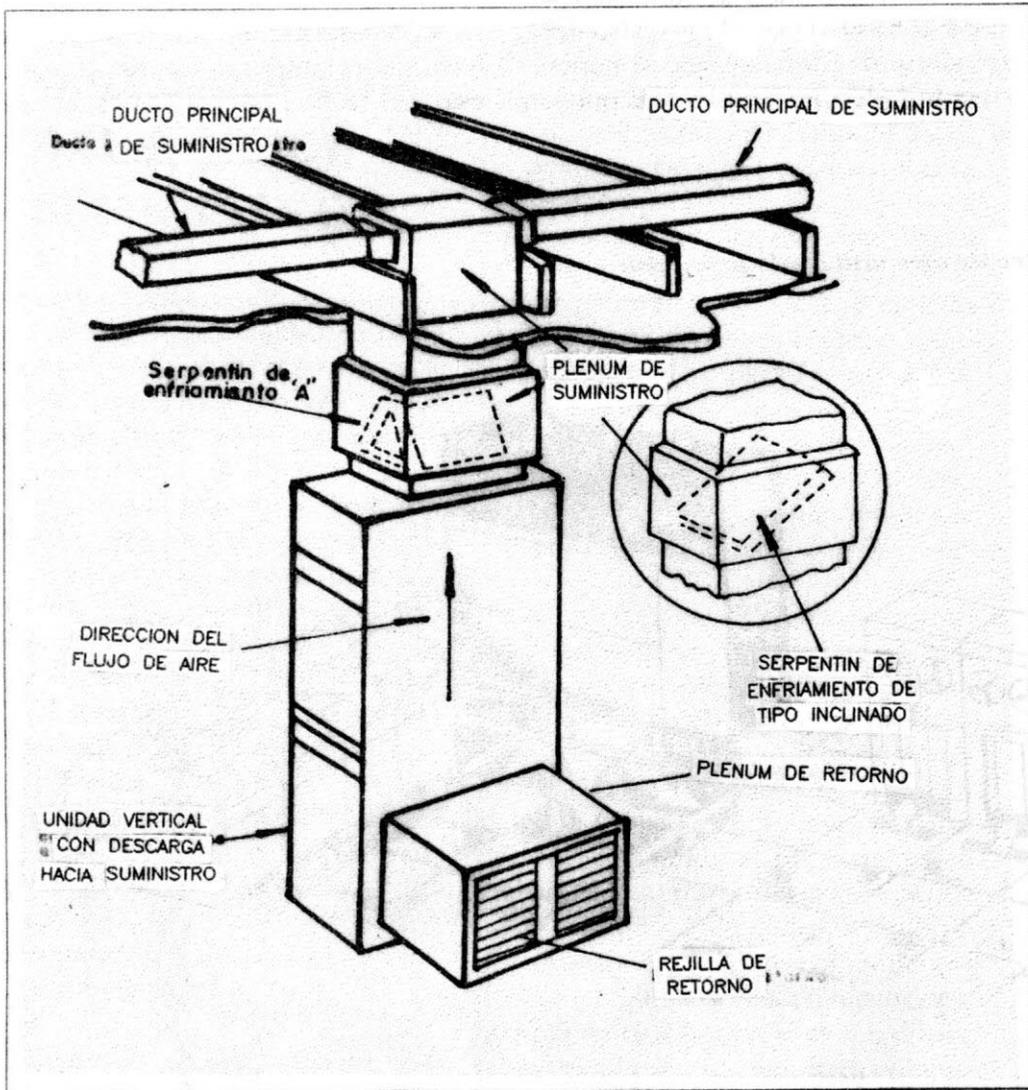
Figura 2. Suministro de aire utilizando piso falso



diente paneles de techo perforados es utilizado ocasionalmente en aplicaciones para centros de cómputo. Este montaje se emplea tanto en sistemas centrales como en equipos compactos y puede satisfacer simultáneamente los requerimientos del equipo como los de comodidad de los usuarios. Sin embargo esta distribución puede ocasionar turbulencias en áreas abiertas de las salas de cómputo y en general es menos flexible que la distribución a tra-

vés de piso falso. El diseño del plenum en el techo para la distribución del aire debe garantizar suficiente altura de la cavidad para terminar un flujo de aire sin turbulencias; las mejores condiciones se logran cuando el aire se distribuye a través de ductos montados en este espacio, cuyas descargas al plenum se hacen a través de rejillas por encima del techo falso y los paneles perforados del techo como salidas del aire para su distribución final al salón. (Figura 3.)

Figura 3. Suministro de aire utilizando como plenum el techo falso

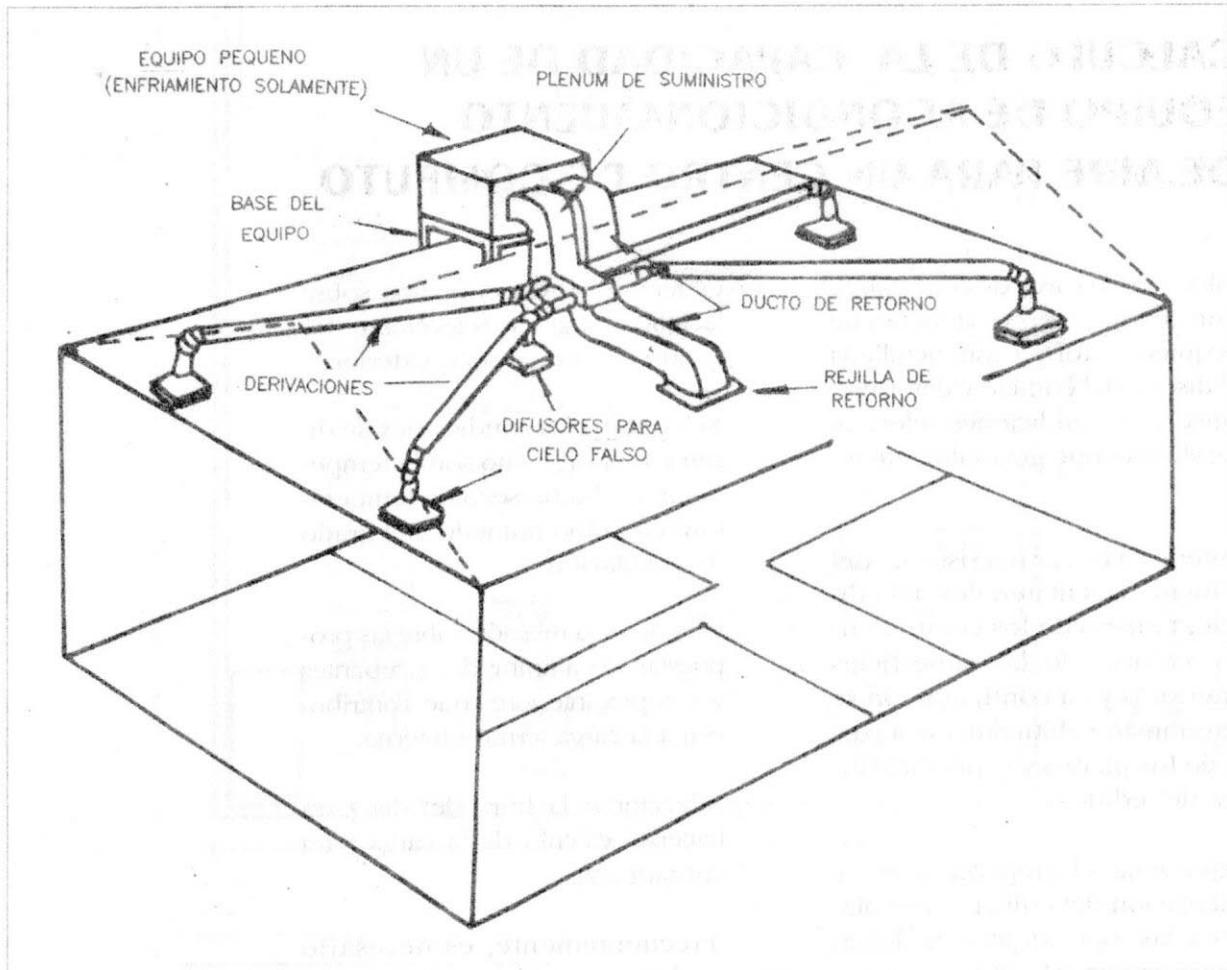


### 5.3 SUMINISTRO DESDE ARRIBA A TRAVES DE DUCTOS

El suministro de aire a través de ductos en el techo puede ser muy funcional cuando tanto las cantidades de aire de suministro como la necesidad de flexibilidad en su disposición son muchas. En la mayoría de las aplicaciones en salas de computación el suministro de aire a través de ductos

superiores se limita al necesario para manejar las cargas de luz de personal dentro del recinto y las cargas ocasionadas a través de la estructura del salón; mientras que un sistema de suministro a través de piso falso atiende las necesidades del equipo de procesamiento, sin embargo, cuando las cargas son grandes los difusores de techo pueden ocasionar chiflones, especialmente si los techos son bajos. (Figura 4).

Figura 4. Suministro de aire desde arriba a través de ductos



---

## **6. AIRE RECIRCULADO**

Las temperaturas de descarga del aire al dejar los equipos de procesamiento son mayores que las del salón, por lo cual es deseable remover dicho calor tan cerca como sea posible de la fuente; no obstante, lograr ésto para cada uno de los elementos del equipo puede requerir una cantidad extensa de ductos. Sin embargo, debido a que unas pocas unidades son los mayores generadores de calor en una

instalación usual, cerca a estas pueden colocarse una rejilla mientras que el calor generado por los equipos pequeños es descargado al ambiente y removiendo por rejillas distribuidas en el espacio. El uso de plenum en el techo para aire recirculado ha sido utilizado en forma exitosa, por cuanto con su uso el calor generado por el equipo de procesamiento, tanto como el proveniente de la iluminación puede ser recogido y conducido a través de un ducto a la parte superior de una unidad compacta, la cual trata el aire y lo descarga a la cavidad de suministro bajo el piso falso.

## **7. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE UN EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA UN CENTRO DE COMPUTO**

El cálculo de la carga de enfriamiento para un centro de procesamiento de datos requiere información detallada sobre el diseño del edificio y datos meteorológicos, en condiciones seleccionadas de diseño, que generalmente incluyen:

- Obtener las características del edificio. Los materiales del edificio, tamaño de los componentes, colores de las superficies exteriores y su configuración se determinan habitualmente a partir de los planos y especificaciones del edificio.
- Determinar el emplazamiento y orientación del edificio. Los planos y las especificaciones deben contener esta información.

- Obtener datos apropiados sobre la climatología y seleccionar las condiciones de diseño exterior.
- Seleccionar las condiciones de diseño interior, como son la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo y el grado de ventilación.
- Obtener una relación sobre las propuestas de alumbrado, ocupantes y equipos interiores que contribuyen a la carga térmica interna.
- Seleccionar la hora del día para hacer el cálculo de la carga para enfriamiento.
- Frecuentemente, es necesario evaluar varias horas del día.

- Calcular la carga refrigeración del centro en condiciones de diseño.

en la cual se especifican los materiales de construcción, la composición de techos y paredes y su orientación. Para este centro se han establecido las siguientes condiciones de diseño:

La Figura 5 presenta la configuración de un centro de cómputo,

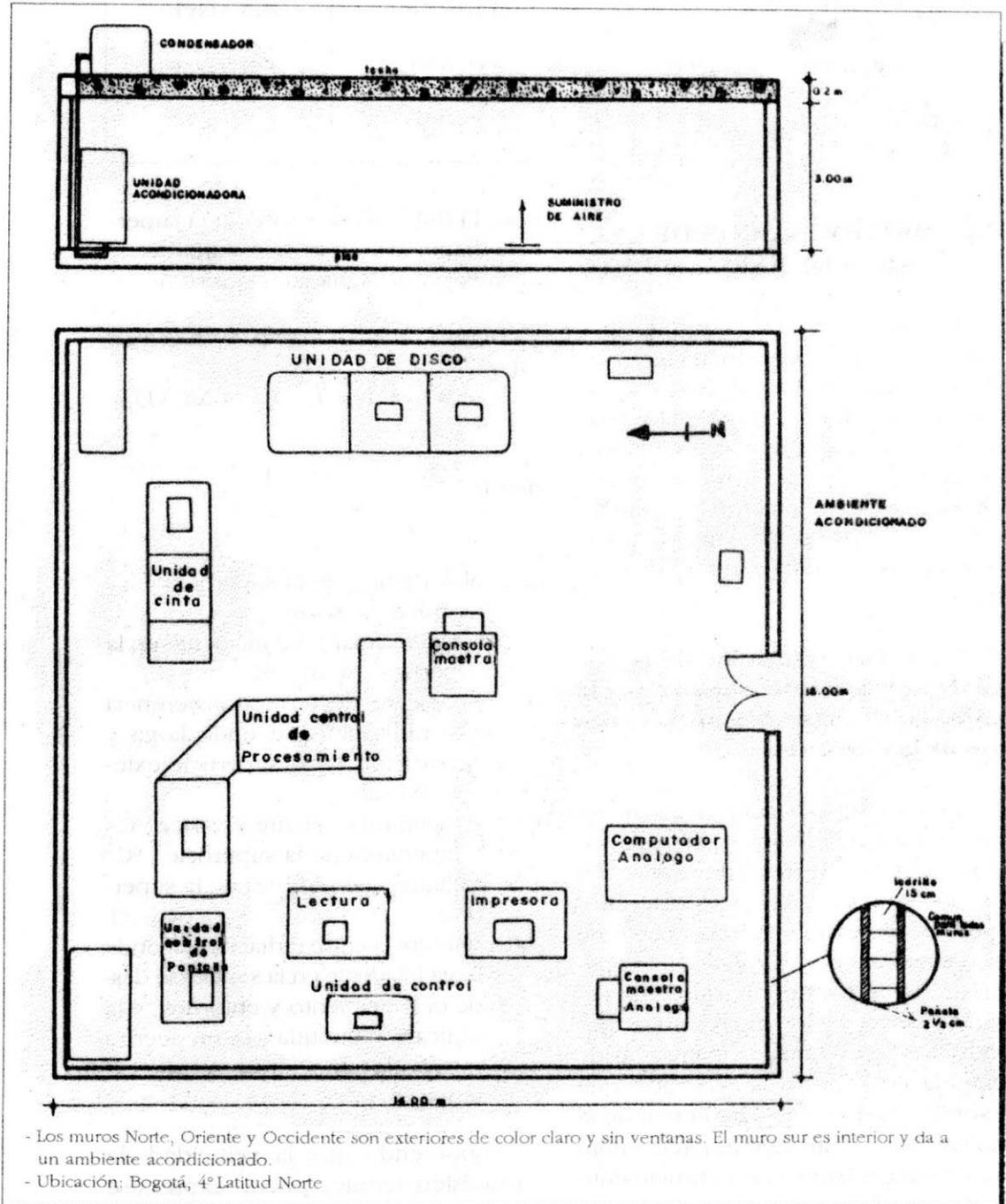


Figura 5. Configuración de un Centro de Procesamiento de Datos

## 7.1. CONDICIONES DE DISEÑO

	EXTERIORES	INTERIORES
Temperatura bulbo seco:	23°C (74°F)	20°C (68°F)
Temperatura bulbo húmedo:	18°C (64°)	13°C (66°F)
Humedad relativa:	61%	50%

## 7.2 DETERMINACION DE LA CARGA DE ENFRIAMIENTO

Los principales factores que constituyen la carga de enfriamiento que debe ser retirada del ambiente son: ganancias de calor a través de la estructura; calor generado por el equipo y la iluminación; calor transferido al ambiente por las personas que operan los equipos y ganancias misceláneas ocasionadas por filtraciones y otros factores.

### 7.2.1 Determinación de la carga de enfriamiento causada por la ganancia de calor transmitida a través de la estructura.

Está constituida por las ganancias de calor a través de los techados, muros exteriores e interiores del recinto. En el caso de techados y muros exteriores es necesario establecer el concepto de temperatura aire-sol. Esta es la temperatura del aire exterior que, en ausencia de todos los intercambios por radiación, de la misma intensidad de entrada de calor en la superficie que existiría con la combinación real de la radiación solar incidente, intercambio de energía radiante con el firmamento y otros entornos exteriores e intercambio técnico convectivo con el aire exte-

rior. El flujo calórico sobre una superficie iluminada por el sol estaría determinada por la siguiente expresión:

$$\frac{q}{A} = \alpha I_i + h_o (t_o - t_s) - \epsilon \Delta R \quad (1)$$

donde:

$\alpha$  = absorberencia de la superficie para la radiación solar

$I_i$  = radiación solar total incidente en la superficie, W/m<sup>2</sup> . °C

$h_o$  = coeficiente de termotransferencia por radiación de onda larga y convección en la superficie exterior, W/m<sup>2</sup>

$t_c$  = temperatura del aire exterior, °C

$t_o$  = temperatura de la superficie, °C

$\epsilon$  = emitancia hemisférica de la superficie

$\Delta R$  = diferencia entre radiación de onda larga incidente en la superficie desde el firmamento y entornos, y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior, W/m<sup>2</sup>

Suponiendo que la velocidad de transmisión térmica puede expresarse en términos de la temperatura sol-aire,

$t_c$ :

$$\frac{q}{A} = h_o (t_e - t_s) \quad (2)$$

De las ecuaciones (1) y (2) :

$$t_e = t_s + \alpha \frac{I_i}{h_o} - \frac{\epsilon \Delta R}{h_o} \quad (3)$$

ASHRAE (1) ha desarrollado tablas para determinar los valores de las temperaturas aire - sol, para superficies horizontales y verticales incorporando la radiación difusa en un ciclo despejado y el reflejo del suelo. Las tablas incluyen diferentes valores de los parámetros  $\alpha/h_o$  relacionados con el color exterior de la superficie. Para determinar el flujo calórico unidimensional a través de techos y paredes iluminadas por el sol, se utiliza el método de función de transferencia; la ganancia calórica se convierte en carga de enfriamiento utilizando las funciones de transferencia para diferentes tipos de ambiente, con características térmicas, media y pesada.

Los cálculos se basaron en la temperatura aire-sol descrita anteriormente

te bajo el supuesto que la temperatura del aire era constante e igual a 25°C. Los resultados se expresan como unidades de diferencia total equivalente de temperatura para carga de enfriamiento (CLTD) y resultan de dividir la carga de enfriamiento por el valor U (coeficiente total de transferencia de calor) de cada tejado o pared. El valor de la temperatura aire-sol depende de la temperatura del aire exterior y de la intensidad de la radiación solar, por lo tanto, un cambio en la temperatura del aire exterior o en la localidad geográfica modifica la temperatura aire-sol. Los valores expresados en las tablas desarrolladas por ASHRAE fueron calculados con relación a una temperatura de aire interior de 25°C., una temperatura máxima de 35°C y una temperatura media exterior de 29°C, con oscilación diaria exterior de 12°C y una variación de radiación solar a 40 N de latitud. Los valores así obtenidos pueden ser corregidos cuando se presenten variaciones respecto de estos parámetros, introducidos por cambio en el ciclo de temperaturas, color del techo, temperaturas de diseño en interiores distintas a 25,5 °C y temperaturas medias exteriores distintas a 29°C, así:

$$CLTD_{corr} = [(CLTD + LM) \cdot K + (25.5 - T_o) + (T_o - 29.4)] \cdot f \quad (4)$$

Donde:

- a) LM es la corrección de latitud para una superficie horizontal
  - b) K es el factor de corrección de calor que se aplica después de las primeras rectificaciones en el método de latitud-mes. No está acreditado su uso para el coloreado del techo, excepto cuando la permanencia del color de alumbrado se establece experimentalmente, es el caso de zonas rurales o ligera cantidad de humo.
- K = 1.0 si el color es oscuro o en iluminación de zonas industriales.  
 K = 0.5 si el color de la luz es permanente (zonas rurales)

- c)  $(25.5 - T_R)$  corrección de la temperatura interior del proyecto
- d)  $(T_o - 29.4)$  corrección de la temperatura exterior, cuando  $T_o$  es el promedio de la temperatura exterior diaria del proyecto
- e)  $f$  es el factor para cámara de cielo raso ventilado y/o conductor por encima del techo y se aplica después de haber realizado todas las demás correcciones

$f = 1.0$  sin conductos en cámara cielo raso  
 $f = 0.75$  ventilación positiva

Los valores de la tabla han sido calculados con o sin techo suspendido pero sin que suponga baja en la ventilación pasiva o en el espacio de los conductos de retorno. Si el techo está aislado y se utiliza ventilación entre el techo y el suelo, CLTD puede reducirse en un 25 por 100 ( $f = 0.75$ ). Se utiliza el espacio sobre el techo suspendido para plenum de retorno de aire o

cuando puedan ser localizados separadamente los conductos de retorno de aire.

De esta forma el cálculo de la carga de enfriamiento del ambiente según la ganancia calorífica por conducción a través de tejidos y muros exteriores puede establecerse utilizando la siguiente expresión:

$$q = U \cdot A \cdot CLTD_{corr} \quad (5)$$

Donde:

- $U =$  Coeficiente total de transferencia de calor para la superficie  $W/m^2 K$
- $A =$  Area neta de la superficie,  $m^2$
- $CLTD_{corr} =$  Diferencia de temperatura para cálculo de cargas de enfriamiento,  $K$

$$U = \frac{1}{R_e + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_i} \quad (6)$$

$R_e, R_i$ : Respectivamente resistencia térmica unitaria de los recubrimientos de la superficie exterior e interior,  $m^2 K/W$

$R_1, \dots, R_n$ : Respectivamente resistencia térmica unitaria de los materiales que constituyen la superficie  $m^2 K/W$

### 7.2.1.1 Carga de enfriamiento por ganancias de calor a través del techo

El techo está constituido por una placa de concreto liviano de 200 mm de espesor, de color exterior negro, recubierta en el interior por 25 mm de pañete, con lo cual los valores a emplear en la Ec (6) son:

$$R = 0.059 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \text{ . Resistencia de la superficie exterior}$$

$$R = 1.174 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \text{ . Resistencia de 2000 mm de concreto}$$

$$R = 0.026 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \text{ . Resistencia de 25 mm de pañete interior}$$

$$R = 0.121 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \text{ . Resistencia de superficie interior}$$

$$U = \frac{1}{0.059 + 1.174 + 0.026 + 0.121} = 0.725 \text{ [ W /m}^2 \text{ }^\circ\text{C ]}$$

El área de la superficie de la cubierta:  $A = 210 \text{ m}^2$

El valor máximo de CLTD para este tipo de superficie se presenta a las 20 horas y corresponde a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Al reemplazar en la Ec (4) tenemos:

$$\text{CLTD}_{\text{corr}} = [ ( 30 - 11 ) \cdot 10 + ( 25.2 - 20 ) + ( 23 - 29.4 ) ] \cdot 1.0 = 28^\circ\text{C}$$

De lo anterior, al emplear estos valores en la Ec (5), tenemos:

$$q = 0.725 \times 210 \times 28 = 4263 \text{ W}$$

### 7.2.1.2 Carga de enfriamiento por ganancias de calor a través de las paredes exteriores.

Las paredes exteriores están compuestas de un muro de 150 mm. de ladrillo, recubierto por 25 mm. de pañete de lado y lado; el color exterior de los muros es claro. El salón está iluminado por luz artificial, por lo cual no se dispone de ventanas en ninguno de los muros. Para estas condiciones,

los valores a utilizar en la Ec (6) son:

$$R_e = 0.059 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \text{ . Resistencia de la superficie exterior}$$

$$R_1 = 0.026 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \text{ . Resistencia de 25 mm. de pañete exterior}$$

$$R_2 = 0.210 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \text{ . Resistencia de 150mm de ladrillo común}$$

$$R_3 = 0.026 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \text{ . Resistencia de 25 mm. de pañete interior}$$

$$R_i = 0.121 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \text{ . Resistencia de la superficie interior}$$

$$U = \frac{1}{0.059 + 0.026 + 0.21 + 0.026 + 0.121} = 2.26 \text{ [ W /m}^2 \text{ }^\circ\text{C ]}$$

Los valores de diferencia total equivalente de temperatura para carga de enfriamiento (CLTD) para las paredes exteriores tomadas de las tablas desarrolladas por ASHRAE, así como los valores corregidos se presentan en el siguiente cuadro.

Pared	U W/m <sup>2</sup> . °C	A m <sup>2</sup>	CLTD °C	CLTD °C	q W
Norte	2.26	45	11	5.86	595.9
Este	2.26	42	17	11.04	1.047.9
Oeste	2.26	42	22	12.49	1.185.6
<b>TOTAL</b>					2.829.4

### 7.2.2. Carga de enfriamiento debida al Equipo de Procesamiento de Datos, la Iluminación y los Operadores.

Unidad Central : 32000 W

Pantallas y Otros : 3500 W

Carga Total del Equipo : 35500 W

#### *Equipo*

Esta carga corresponde al calor generado por los equipos electrónicos de procesamiento, y depende del tipo de ordenador utilizado. En general su valor oscila entre 237 y 552 W/m<sup>2</sup> para ordenadores digitales.

Para el ejemplo de cálculo los datos correspondientes al equipo central y periférico son los siguientes:

#### *Iluminación*

Las ganancias de calor por efecto de la iluminación pueden ser muy diferentes a la energía eléctrica suministrada por las luces. Parte de ésta adopta la forma de radiación y solo afecta al aire después de su absorción por paredes, pisos y muebles y cuando han alcanzado una temperatura mayor que la del aire.

Generalmente el régimen de ganancia calorífica del alumbrado eléctrico puede ser calculado de la siguiente expresión:

$$q = \text{potencia total de la luz en vatios} \\ \times \text{factor de uso} \times \text{factor de presión especial.}$$

La potencia de iluminación se obtiene a partir de los regímenes de todos los aparatos de iluminación instalados para el alumbrado general.

El factor de uso es la relación de la potencia en uso para las condiciones en las cuales se hace el cálculo, con la potencia total instalada. Para instalaciones, como las de centro de cómputo sin iluminación natural el factor de uso es generalmente la unidad.

El factor de previsión especial se introduce para aparatos fluorescentes y otros que requieren más energía que su potencia de régimen. Para las lámparas fluorescentes este factor tiene en cuenta las pérdidas en las reactancias. Para las lámparas de 40 W de encendido rápido el factor de previsión especial es de 1.2.

La potencia total instalada en el centro de procesamiento es de 5000 vatios en lámparas fluorescentes, con lo cual:

$$q = 5000 \times 1.0 \times 1.20 = 6000W$$

Como se ha indicado anteriormente, la carga de enfriamiento debido a la iluminación no refleja inmediatamente el rendimiento total de energía de

las luces. Varios estudios realizados indican el efecto ejercido sobre la carga de enfriamiento en función del tipo de alumbrado, el tipo de suministro y retorno de aire, el mobiliario de los recintos y las características térmicas del ambiente. Se han formulado para estos parámetros una serie de valores numéricos que permiten el cálculo de los factores de carga de enfriamiento apropiados (CLF). el cualquier momento la carga de enfriamiento para el ambiente debido al alumbrado es la ganancia calorífica (q) multiplicada por el factor de carga de enfriamiento (CLF).

Para el centro de cómputo del ejemplo, se consideran los siguientes factores, la iluminación permanece encendida alrededor de 12 horas diarias, la ventilación se hace mediante impulsión a través del suelo a una tasa media, el recinto se encuentra amoblado con muebles corrientes sin alfombra, para estas condiciones CLF = 0.86, con lo cual la carga de enfriamiento debido al alumbrado será:

$$\text{Carga de Enfriamiento} = q \times \text{CLF} = 6000 \times 0.86 = 5160 \text{ W}$$

### ***Operadores y Usuarios***

El grado en que las personas desprenden calor y humedad depende del tipo de actividad, forma de vestirse y condiciones ambientales. Para el caso de los operadores de los equipos en el centro de cómputo el grado de actividad corresponde a un trabajo ligero, en posición sentado o caminando lentamente. En estas condiciones el calor total transmitido al ambiente por persona es de 185 W. con lo cual, para un grupo de 5 operadores y 5 usuarios de pantalla, la carga de enfriamiento será de  $10 \times 185 = 1850 \text{ W}$ .

Con base en lo anterior la carga de enfriamiento será de:

Factor	Carga de Enfriamiento W
Techo	4.263.0
Paredes	2.829.4
Equipo	35.500.0
Iluminación	5.160.0
Operadores - Usuarios	1.850.0
<b>Subtotal:</b>	<b>49.602.4</b>
Otros Factores (5% del subtotal)	2.480.1
<b>Carga de enfriamiento total</b>	<b>52.082.5 W (177757 BTU/hr)</b>

### 7.3 MANEJO DE LA CARGA DE CALOR

- Relación de calor sensible (SHF)  $\approx 1.0$

Condiciones de suministro. Del diagrama psicrométrico (Figura 6) para la SHF = 1.0, la temperatura de saturación es de 49 °F. (9.44°C) la entalpía del aire de 21.3 BTU/lb. (11.84 Cal/gr) y su volumen específico 15.8 ft<sup>3</sup> / lb (0.97 m<sup>3</sup> /kg).

- Cantidad de aire requerido:

$$m_{AS} = \frac{\text{CargaTotal}}{h_i - h_2} \text{ [lb/hr]} \quad (7)$$

$h_i$  = Entalpía del aire en la condición interior = 26.5 BTU/lb (14.73 Cal/gr)

$h_s$  = Entalpía del aire de suministro = 21.3 Btu/lb (11.84 Cal/gr)

$$m_{AS} = \frac{177757}{26.5 - 21.3} = 34184 \text{ [ l b / h r ] } \quad (15485 \text{ kg/hr})$$

$$\text{CFM} = \frac{m_{AS} \times V_s}{60} = 8888 \text{ CFM (4195 l/s)}$$

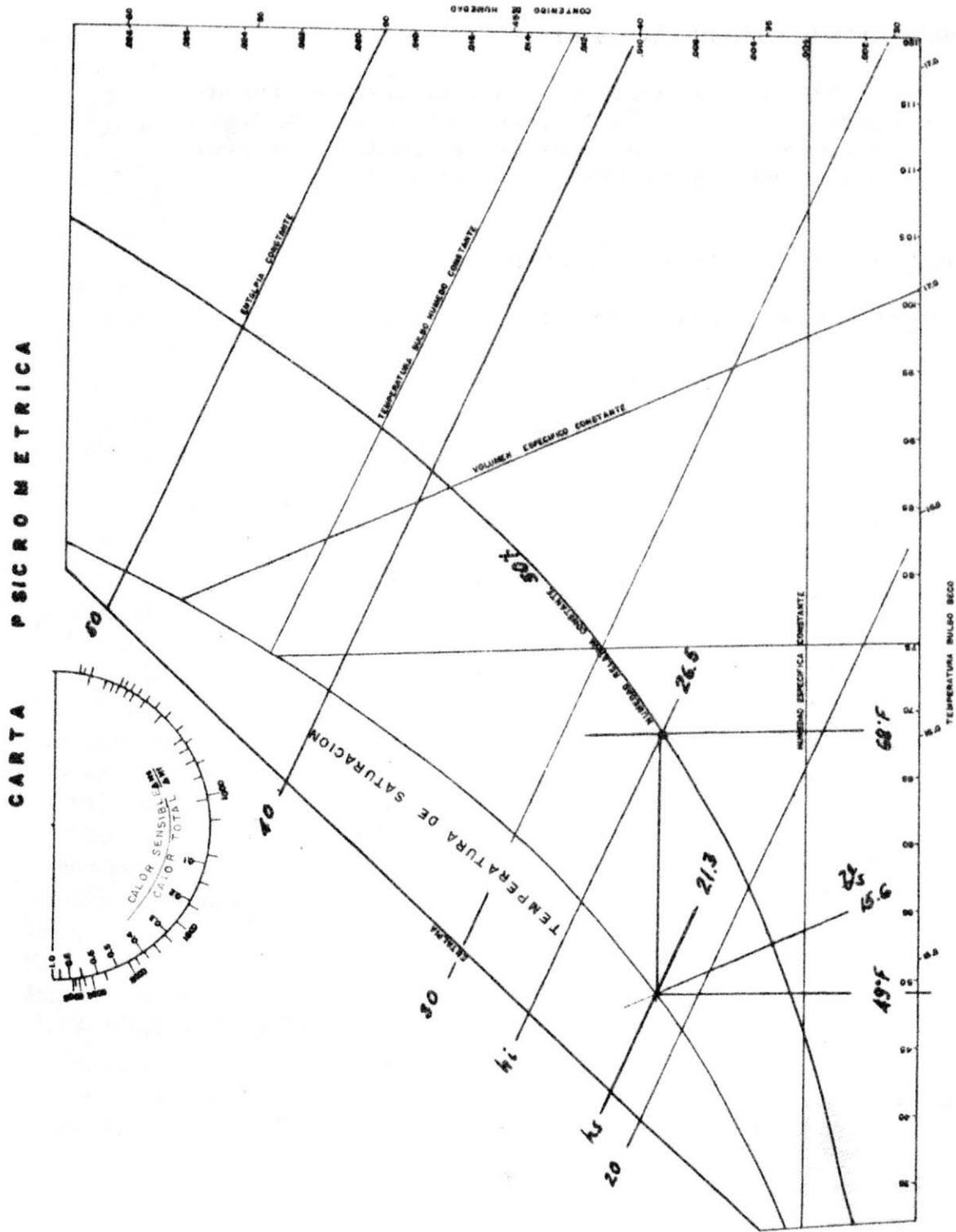


Figura 6. Diagrama Psicrométrico en el cual se identifican las condiciones de diseño interior ( $68^{\circ}\text{F}$  y  $50\%$  HR) y las de suministro

---

#### 7.4. SELECCION DEL EQUIPO REQUERIDO

El equipo utilizado debe ser seleccionado en los catálogos de los fabricantes con base en la carga total y el caudal a suministrar. Para el ejemplo escogido, se presenta la ficha técnica de un equipo compacto que cumple con los requerimientos del equipo para el salón de procesamiento. (Tabla 2).

$$\text{Carga total} = 177757 \text{ BTU/hr} = 14.81 \text{ TR}$$

$$\text{Caudal de aire suministrado} = 8888 \text{ CFM}$$

MODELO	T/COMO	005	007	009	012	015
Capacidad nominal	TON	5	7	9	10	15
Refrigerante		R-22	R-22	R-22	R-22	R-22
<b>VENTILADOR EVAPORADOR</b>						
Diámetro	PLG	13"	13"	13"	13"	13"
Cantidad		1	2	2	2	3
Presión total	WG	1.10	1.05	1.05	1.15	1.15
(1) VELOCIDAD	RPM	845	805	830	875	875
Motor	HP	1.8	2.4	2.4	2.4	3.6
Caudal	CFM	2.800	3.400	4.800	5.600	8.400
<b>SERPENTIN EVAPORADOR</b>						
Area	PIE <sup>2</sup>	6.6	13.3	14.2	14.2	20.6
Filas/Aletas		3/13	3/12	3/12	4/14	4/14
<b>(1) COMPRESORES</b>						
Cantidad		2	2	2	2	2
Voltaje		208/220	208/220	208/220	208/220	208/220
Fases/Ciclos		3/60	3/60	3/60	3/60	3/60
Amperaje	(FLA(c/u))	9.9	11.7	15.7	18.2	26.9
<b>RECALENTADOR</b>						
Etapas		2	2	2	3	3
Capacidad	KW	10	12	12	15	21
<b>HUMIDIFICADOR</b>						
Capacidad	L <sup>3</sup> /HR	8	12	12	16	16
Consumo	KW	3.2	4.8	4.8	6.4	6.4
<b>FILTROS AIRE</b>						
Cantidad		2	3	3	3	4
Dimensiones	PLG	24*16*4	24*24*4	24*24*4	24*24*4	24*24*4
<b>(3) DATOS ELECTRICOS</b>						
Voltaje		220	220	220	220	220
Fases/Ciclos		3/60	3/60	3/60	3/60	3/60
Amperaje diseño		48	60	62	85	112
<b>(4) CARACTERISTICAS OPERAC.</b>						
Capacidad	MBTU					
Entrada Aire Cond. 80		78.3	93.0	117.3	138.0	216.0
(9 F) 90		70.9	84.9	108.3	128.1	197.1
100		63.5	76.7	99.4	118.3	177.3

Tabla 2 Características Técnicas

---

## REFERENCIAS

---

1. **ASHRAE.** “*Carga de Refrigeración para el Acondicionamiento de Aire*”, Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Estados Unidos, 1985, pp. 26.1 - 26.47
2. **ASHRAE.** “*Computer Areas*”. Aplicaciones, American society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning, Engineers, Atlanta, Estados Unidos, 1978, pp. 18.1 - 18.8.
3. **ASHRAE.** “*Data processing System Areas*”, Applications American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning engineers, Atlanta, Estados Unidos, 1995, pp. 16.1 - 16.7.
4. **Carrier Corporation,** “Single - Packege Cooling Units-Precise Environmental Control for Computer Equipment 41 CA, CB, EDP weathemaker units” Catalog No. 524-102, Carrier corporation, Syracure, Estados Unidos, 1972, 12p.
5. **DANE.** Servicio Nacional de Computación “ Documento de trabajo sobre Montaje del Nuevo Centro de Cómputo” , Bogotá, colombia, 1989.
6. **EQUIPRAC. S.A.,** “Unidades para salas de Cómputo y Centrales Telefónicas Serie 45 CE”, Catálogo Preliminar E2-88, EQUIPRAC, Cali, Colombia, 1988, 32 p.
7. **YORK INTERNATIONAL** “Computer Room air Conditioner, model YTC 0325”, YCOM, Miami, Estados Unidos s.f., 6p.

---

## RESUMEN

El conocimiento de las condiciones ambientales requeridas para el óptimo funcionamiento de equipos de procesamiento instalados en salas especializadas, así como las diferentes alternativas tecnológicas disponibles para garantizarlas, adicionadas a los procedimientos de cálculo para determinar la magnitud de la carga de enfriamiento, que debe ser manejada para obtener dichas condiciones, constituyen los elementos fundamentales para la apropiada selección de los equipos de acondicionamiento a instalar en tales recintos. El artículo presenta las opciones para el acondicionamiento de aire en centros de cómputo y una muestra de cálculos conducentes a la selección del equipo requerido para una instalación típica.

---

# ABSTRACT

---

## AIR CONDITIONING FOR DATA PROCESSING SYSTEM AREAS

The appropriate selection of air conditioners for data processing system areas requires the knowledge of the environmental design conditions, the air conditioning systems successfully used computer and the cooling loads to handle.

This work contains information about a wide variety of systems designed for computer room applications. a complete example of calculation to determine the amount of heat to be removed for satisfactory operation, is also included.