



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA UNA
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE AYUDAS VISUALES”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:

PÉREZ LINARES LUIS DAVID

ASESOR: M. EN I. DAVID FRANCO MARTÍNEZ

MÉXICO

2012



FES Aragón



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos.

A Dios, que me da la oportunidad de vivir.

A mi mamá, quién siempre ha luchado por darme lo mejor, por creer en mí. Por estar conmigo en los momentos difíciles y más aún por darme el amor que un hijo necesita para salir adelante.

A mi papá que ha sido un ejemplo a seguir y lo seguirá siendo, desde donde esté.

A Vicente, de quién he recibido todo el apoyo y facilidades para terminar éste proyecto.

A Amanda, por su compañía, ayuda, amor; y su incansable deseo por verme cumplir esta meta.

A Ángela por su atención y tiempo para resolver las dudas surgidas al estructurar este trabajo.

Al M. en I. David Franco por supervisar y asesorar éste proyecto.

Luis David Pérez Linares

ÍNDICE

Introducción	iv
Capítulo 1 Antecedentes y conceptos generales de aire acondicionado	1
1.1 Historia del AA	2
1.2 Refrigeración	3
1.3 Termodinámica de la refrigeración	5
1.4 Procesos psicrométricos	12
1.5 Refrigerantes	20
1.6 Sistemas de climatización	22
Capítulo 2 Aire acondicionado aplicado a subestaciones de ayudas Visuales	33
2.1 Subestación de ayudas visuales	34
2.2 Afectación por clima en subestaciones	38
2.3 Aire Acondicionado	47
Capítulo 3 Balance térmico	49
3.1 Condiciones de diseño	51
3.2 Estudio del local	58
3.3 Cálculo de carga térmica	59
Capítulo 4 Desarrollo de proyecto	72
4.1 Características de subestación	73
4.2 Memoria de cálculo	85
4.3 Desarrollo del proyecto	98

Conclusiones	105
Glosario	108
Anexos	113
Bibliografía	127

Introducción

El objetivo general del proyecto es mostrar de manera detallada el diseño de sistemas de Aire Acondicionado (AA) para cualquier instalación del tipo subestaciones de ayudas visuales, otros objetivos a cumplir serán los siguientes:

- Identificar los problemas que se generan por falta de AA en subestaciones eléctricas de ayudas visuales (centros de cómputo).
- Identificar los equipos que se pueden encontrar en una subestación de ayudas visuales con la finalidad de saber cuáles son los requerimientos climáticos para su adecuado funcionamiento y tomar en cuenta la resistencia a la corrosión de metales constituyentes.

Verificar también los criterios de diseño de Sistemas de Aire Acondicionado y cálculo de carga térmica para subestaciones de este tipo.

- Analizar cómo la implementación de equipo de aire acondicionado beneficia a los equipos eléctricos, así como el cálculo de carga térmica tomando en cuenta todos los factores que influyen en el cambio de condiciones atmosféricas interiores. El cálculo será por el método de cargas por temperatura diferencial y factores de carga de enfriamiento autorizado por ASHRAE.

El diseño de Aire Acondicionado (AA) beneficia en una subestación para que los equipos funcionen de manera adecuada. Los equipos tienen mayor eficiencia cuando se encuentran entre los rangos de tolerancia, tanto temperatura como de Humedad Relativa (HR).

El diseño de AA debe ir sujeto a la normatividad mexicana, en ocasiones los estándares industriales mexicanos no son tan exigentes como los requerimientos

internacionales. Este diseño de AA para subestaciones de ayudas visuales estará bajo reglamentación y sugerencias de:

- **ASHRAE:** Sociedad Americana de los Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.
- **SMACNA:** Asociación Nacional de los Contratistas de Chapistería y Aire Acondicionado. Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association.
- **AMCA:** La Asociación Internacional del Movimiento y Control de Aire, Inc. Air Movement and Control Association international.Inc.
- **CARRIER:** Compañía de AA Carrier, precursora del aire acondicionado.

Además de los equipos eléctricos que se encuentran en la subestación, también debemos tomar en cuenta a electricistas operadores quienes cubren jornadas laborales de ocho horas.

Debemos recordar que el clima local (subestación) es parte de las buenas condiciones de trabajo para así evitar cualquier tipo de enfermedades.

En el primer capítulo, se expone la teoría base para el entendimiento de capítulos consecuentes, así como también se muestran los diferentes tipos de sistemas de aire acondicionado. En el segundo capítulo se orienta el tema de climatización a establecimientos con alta carga de calor sensible, cuál es la función y cuáles son los problemas relativos al aire acondicionado.

El tercer capítulo cita los procedimientos a seguir para un cálculo de carga térmica correcto y por último, en el cuarto capítulo se presenta el desarrollo de un proyecto de aire acondicionado para una subestación de ayudas visuales.

CAPÍTULO 1

Antecedentes y conceptos generales de aire acondicionado

1.1 Historia del aire acondicionado

El primer sistema de calefacción fue la hoguera, con la que las personas calentaban sus hogares. Los antiguos romanos desarrollaron estufas y braseros de diversos tipos, algunos se siguen utilizando en muchas partes del mundo.

La refrigeración, como la conocemos actualmente, data de unos sesenta años, algunos de sus principios fueron conocidos hace tanto como 10 000 años antes de Cristo.

Uno de los grandes sistemas para suprimir el calor sin duda fue el de los egipcios. Este se utilizaba principalmente en el palacio del faraón.

Durante la noche, miles de esclavos dismantelaban las paredes y acarreaban las piedras al desierto del Sahara. Como la temperatura en el desierto disminuye notablemente a niveles muy bajos durante el transcurso de la noche, las piedras se enfriaban y justamente antes de que amaneciera los esclavos acarreaban de regreso las piedras al palacio y volvían a colocarlas al sitio donde estas se encontraban.

En 1902 Willis Carrier sentó las bases de la maquinaria de refrigeración moderna y al intentar aplicarla a los espacios habitados, se encontró con el problema del aumento de la humedad relativa del aire enfriado, al estudiar cómo evitarlo, desarrolló el concepto de climatización de verano.

En nuestros días el aire acondicionado se vuelve cada vez más y más útil en nuestros hogares, fábricas, centros comerciales, restaurantes, invernaderos y la industria en general debido a cuestiones de cambio climático y en ocasiones a estrictos procesos.

En este capítulo se resumirá lo que es la refrigeración, incluyendo procesos, métodos, conceptos y refrigerantes. También se mostrarán los diferentes tipos de sistemas de AA, que aunque la tecnología sigue avanzando, en esencia, se rigen bajo un mismo principio.

1.2 Refrigeración

La refrigeración es el proceso mediante el cual se extrae calor de un determinado cuerpo o local y hacer que su temperatura sea menor a la del ambiente que lo rodea, esto se logra con agentes refrigerantes. El agente refrigerante va a estar a menor temperatura y este absorberá calor.

La palabra refrigeración engloba muchas otras más como, calor, calor latente, calor sensible, temperatura, ciclo termodinámico, ciclo de Carnot, compresor, evaporador, etcétera. El objetivo de ésta parte es precisamente el relacionar todos estos conceptos que se desarrollan de manera resumida.

A continuación se detallan algunos conceptos necesarios para una mejor comprensión del contenido, son antecedentes a todos los temas a desarrollar.

Conceptos generales.

- **Agente de refrigeración:** es el agente o cuerpo que extrae calor en refrigeración.
- **Carga de calor:** cantidad de calor que debe retirarse del espacio a acondicionar.
- **Tonelada de refrigeración:** capacidad de extracción de carga térmica de los equipos frigoríficos y de aire acondicionado. Es igual a 12 000 BTU/hr.

- **Calor latente:** es el calor que se necesita para hacer cambiar de estado la materia
- **Calor sensible:** es el calor que se necesita para elevar la temperatura de determinada porción de materia pero sin cambiar su estado.
- **Temperatura:** medida de la energía interna de un cuerpo. Mide la intensidad de calor.
- **Temperatura de bulbo húmedo (t_d):** la que indica un termómetro cuyo bulbo está cubierto por una mecha húmeda y expuesto a una corriente de aire.
- **Temperatura de bulbo seco (t_w):** la indicada en un termómetro ordinario.
- **Temperatura de rocío (t_r):** temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire, generándose gotas de agua.
- **Calor:** cuando dos sistemas a diferentes temperaturas se ponen en contacto en un tiempo, los dos sistemas tendrán la misma temperatura, por lo tanto calor es la medida de la energía que se mide en calorías, julios o BTU. El calor se puede transmitir por conducción, radiación y convección.
- **Termodinámica:** es la ciencia que estudia la energía en sus diferentes manifestaciones y las propiedades de las mismas.

Leyes de la termodinámica:

La primera ley menciona que el total de energía que entra a un sistema es igual al total de energía que sale del sistema más el incremento de energía que sufre el sistema.

La segunda ley menciona que “es imposible que una maquina actuando por si sola y sin un agente exterior, transporte calor de un cuerpo a otro que tenga mayor temperatura que el primero”.

1.3 Termodinámica de la refrigeración

Para iniciar éste capítulo se citará la segunda ley de la termodinámica, para los fines de la investigación es la más importante, en ella se menciona que es imposible que una máquina actuando por sí sola y sin un agente exterior, transporte calor de un cuerpo a otro que tenga mayor temperatura que el primero.

Esto es precisamente la tarea de un refrigerador, extraer calor de materia a baja temperatura hacia materia de mayor temperatura.

1.3.1 Ciclo mecánico de compresión

En el proceso de refrigeración el método más utilizado es el ciclo mecánico de compresión.

El proceso de refrigeración por compresión mecánica básicamente se realiza en cuatro pasos, durante el primero el refrigerante que se encuentra en estado líquido a baja presión y temperatura, debe evaporarse en un serpentín denominado evaporador así se logra un primer intercambio térmico entre el aire del interior del local más caliente y el refrigerante.

Una vez en estado de vapor se succiona y comprime mediante un compresor aumentando su presión y consecuentemente su temperatura, condensándose en un serpentín denominado condensador mediante la segunda cesión de calor, esta vez al aire exterior que se encuentra a menor temperatura.

De esa manera en el tercer paso, el refrigerante en estado líquido a alta presión y temperatura vuelve al evaporador mediante una válvula de expansión la cual a consecuencia de su propiedad de capilaridad origina una significativa reducción de presión, provocando una cierta vaporización del líquido que reduce su temperatura, por último retorna a las condiciones iniciales del ciclo.

1.3.2 Ciclo de Carnot

El ciclo de Carnot para un gas perfecto consiste en cuatro pasos

- 1-2) Expansión isotérmica.
- 2-3) Expansión adiabática.
- 3-4) Compresión isotérmica.
- 4-1) Compresión adiabática.

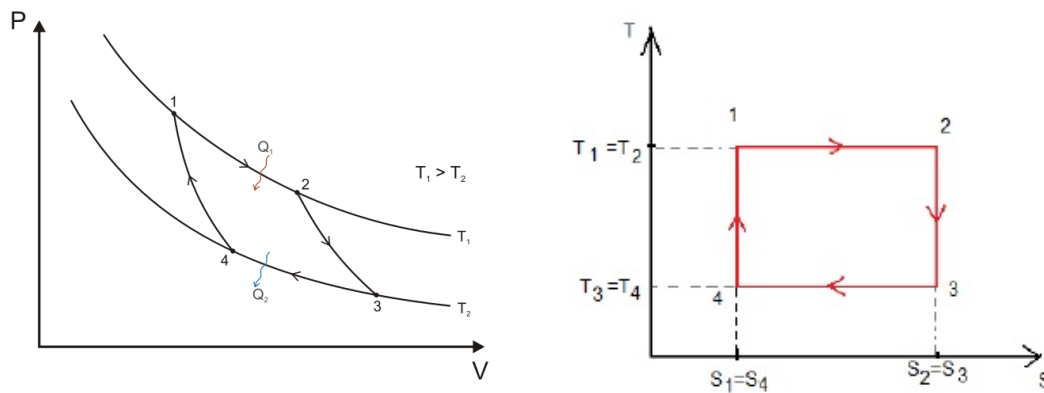


Fig. 1.1 Diagrama P-V del ciclo de Carnot (www.wikipedia.com) y Diagrama T-S del ciclo de Carnot (Texto guía termodinámica técnica, Ing. Carlos Fidel Cruz Mamani).

La cantidad neta de trabajo que realiza el gas es la diferencia entre calor absorbido y calor cedido.

$$Q = Q_{12} - Q_{34} \quad (1.1)$$

El área dentro del ciclo en el diagrama PV representa el trabajo realizado. La eficiencia del ciclo es la relación entre el trabajo realizado y el calor suministrado, ecuación 1.2, otra manera de expresar esta ecuación es en relación a las temperaturas, ecuación 1.3.

$$\ell_0 = \frac{Q}{Q_{12}} = \frac{w}{Q_{12}} \quad (1.2)$$

La diferencia con un Ciclo de Carnot invertido, es que la evaporación no es isoentrópica, puesto que ocurre en una restricción en donde el proceso es isoentálpico, espontáneo y por ello fuertemente irreversible.

$$\ell_0 = \frac{T_{34} - T_{12}}{T_{12}} \quad (1.3)$$

1.3.3 Ciclo inverso de Carnot

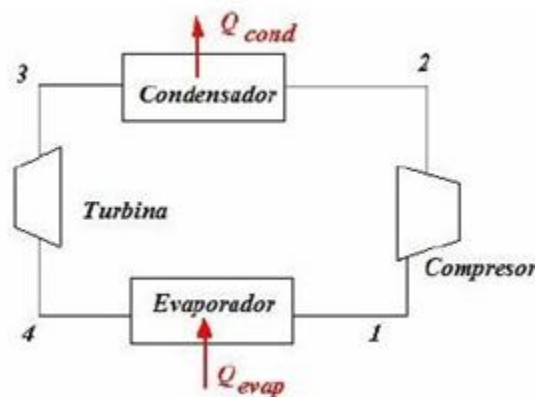


Fig. 1.2 Esquema ciclo de refrigeración de Carnot (Extraído de termodinámica técnica, Ing. Carlos Fidel Cruz Mamani).

1) Una compresión isoentrópica o adiabática donde el refrigerante pasa de una temperatura T_1 a una T_2 (donde $T_2 > T_1$) al realizar un trabajo sobre el gas.

2) Una condensación isobárica e isotérmica de 2 a 3 a una temperatura T3, al ceder una cantidad de calor Q al receptor.

3) Una expansión isoentrópica o adiabática donde el fluido pasa de una temperatura T3 hasta la inicial T4 (donde T3 >T4).

4) Una evaporación isobárica e isotérmica de 4 a 1 a una temperatura T2 donde se suministra al fluido una cantidad de calor Q.

En el caso de este ciclo, tendremos que el trabajo suministrado por el condensador será:

$$W = Q_{\text{cond}} - Q_{\text{evap}} \quad (1.4)$$

El coeficiente de comportamiento o de operación de la maquina refrigerante se medirá de la siguiente forma:

$$CC = \frac{Q_{\text{evap}}}{W} \quad (1.5)$$

Donde:

$$Q_{\text{evap}}: H_1 - H_4$$

$$Q_{\text{cond}}: H_2 - H_3$$

Entonces tendremos que:

$$CC = \frac{(H_1 - H_4)}{H_2 - H_3 - (H_1 - H_4)} \quad (1.6)$$

1.3.4 Equipo principal de refrigeración

Los elementos que forman un sistema de aire acondicionado son:

- 1.- Compresor
- 2.- Evaporador
- 3.- Condensador
- 4.- Controles de flujo refrigerante
- 5.- Equipo de medición y control secundario
- 6.- Accesorios como válvulas, acumuladores, filtros, difusores, extractores, etcétera.

A continuación se describen brevemente el compresor, evaporador, condensador y control de flujo de refrigerante.

Compresor

Los compresores pueden ser usados para aumentar la presión o flujo de un gas.

Se clasifican en:

- Compresor de desplazamiento positivo: Las dimensiones son fijas. Por cada movimiento del eje de un extremo al otro tenemos la misma reducción en volumen y el correspondiente aumento de presión (y temperatura). Normalmente son utilizados para altas presiones o poco volumen.
 - Alternativo: El compresor a pistón es semejante al motor de combustión del auto y puede ser de efecto simple para baja presión o doble (dúplex) para presiones elevadas.
 - Rotativo: Se pueden dividir en compresores de tornillo, de paletas y de lóbulos.

- Compresores dinámicos: Una de las ventajas que tienen estos compresores es que su flujo es continuo. Estos compresores tienen pocas piezas en movimiento, reduciendo la pérdida de energía con fricción y calentamiento. Se utiliza cuando se requiere gran volumen de aire a baja presión. Un ejemplo sería un ventilador común.
 - Centrífugo: Una serie de paletas o aspas en un solo eje que gira, absorbiendo gas por una entrada amplia y acelerándolo por fuerza centrífuga para expulsarlo por el otro lado.
 - Flujo axial: Contiene una serie de aspas rotativas en forma de abanico que aceleran el gas de un lado al otro, comprimiéndolo. Ésta acción se puede comparar con el trabajo realizado por una turbina.

Evaporador.

En este elemento el refrigerante se evapora y absorbe calor, se pueden clasificar en:

- Inundados: Siempre está completamente lleno de líquido refrigerante
- De expansión seca: El líquido se alimenta a través de una válvula de expansión que provee líquido de tal manera que se vaya evaporando.

Su construcción puede ser de:

- Tubos desnudos: están hechos generalmente de cobre o acero; los de acero se utilizan con amoníaco y los de cobre con otros refrigerantes. Pueden tener diferentes tamaños y formas (zig-zag, óvalo, etcétera.)
- Placas de superficie: Dos placas metálicas soldadas de tal manera que, entre las dos formen el conducto del flujo del refrigerante.
- Tubos con aletas: Son evaporadores desnudos a los que se le instalan placas o aletas.

La capacidad de un evaporador o enfriador, es la cantidad de calor que se absorbe para evaporar el líquido refrigerante.

$$Q_{\text{evap}} = (A) (U) (T_M) \quad (1.7)$$

Donde:

Q_{evap} : capacidad en BTU/hr

A: área de calefacción en pies^2

U: factor de conductividad $\text{BTU/h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$

T_M : temperatura media en $^\circ\text{F}$

Condensador

En este elemento se condensa el refrigerante que sale del compresor.

Podemos encontrar evaporadores como:

- Enfriados por aire.
- Enfriados por agua.
- Evaporativos.

Para medir su capacidad se utiliza la siguiente relación:

$$Q_{\text{cond}} = (A) (U) (T_M) \quad (1.8)$$

Cantidad y temperatura del medio refrigerante.

$$q_R = MC_p(T_2 - T_1) \quad (1.9)$$

Donde:

q_R : capacidad del condensador (BTU/hr)

M: peso del aire o agua (lb/h)

C_p : calor específico del medio (BTU/h $^\circ\text{F}$)

T_1 : temperatura del medio a la entrada ($^\circ\text{F}$)

T_2 : temperatura del medio a la salida ($^\circ\text{F}$)

Controles de flujo de refrigerantes.

La función de esos controles es medir el refrigerante líquido y mantener una presión diferencial.

- Válvula de expansión manual: se utiliza para carga constante, se puede utilizar también como “by pass”.
- Válvula de expansión automática: proporciona baja eficiencia al evaporador y es por eso que se utiliza en equipos pequeños.
- Válvula de expansión termostática: su función es mantener un sobrecalentamiento constante en la salida del evaporador, lo que permite tener el evaporador completamente lleno a cualquier carga.
- Tubos capilares: son tubos muy delgados de cierta longitud que provocan pérdidas por fricción.
- Control con flotador de baja presión: Controla mediante un sistema de flotador el nivel en el evaporador.
- Control con flotador de alta presión: Controla por medio de un sistema de flotador el nivel en el condensador.

1.4 Procesos psicrométricos

El diagrama psicrométrico es la representación gráfica de las ecuaciones entre la temperatura del aire, la humedad relativa, la humedad absoluta, la temperatura de bulbo húmedo y la presión de vapor.

Por ejemplo, para calcular HR sobre la base de t_d y t_w se debe resolver un sistema de ecuaciones y esto puede ser un poco tardado, es por eso que la herramienta más utilizada y más descriptiva respecto de muchas aplicaciones técnicas para averiguar cómo se relacionan la temperatura y las diferentes maneras de medir la humedad es la llamada carta psicrométrica.

En la figura 1.3 se muestra un ejemplo de cómo se puede utilizar esta herramienta para conocer las diferentes características físicas del aire.

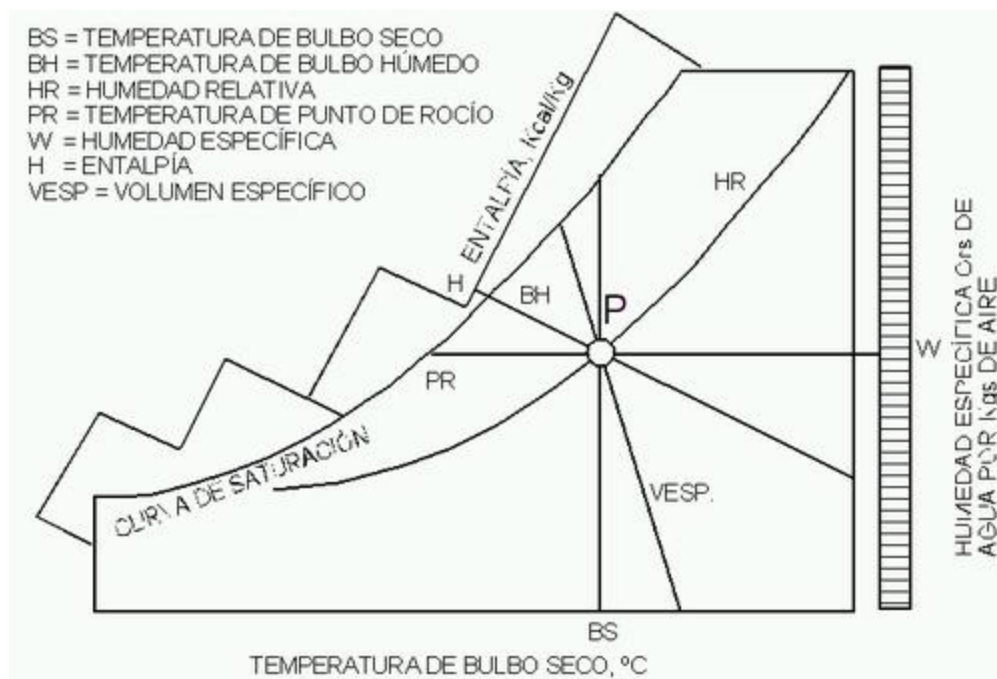


Fig. 1.3 Empleo y lectura de la Carta Psicrométrica (www.wikipedia.com)

La conjunción de la temperatura y la humedad da una idea de cuál es la sensación térmica que habría que esperar en un ambiente. Así, en una primera vista se pueden clasificar los diferentes tipos de clima con base en los valores que tomen estos dos parámetros.

La figura 1.4 describe los distintos procesos para acondicionamiento climático.

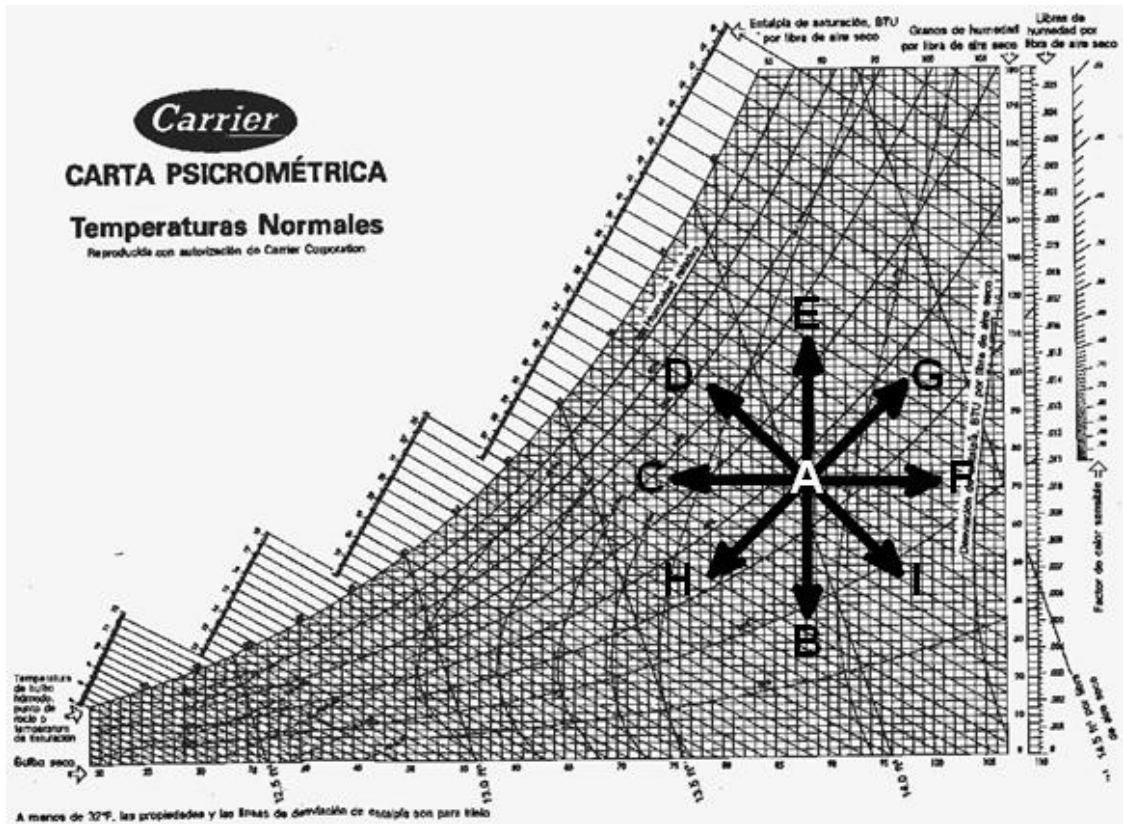


Fig 1.4 Clasificación climática en el diagrama psicrométrico

- A** : Condición Inicial de Aire.
- A-C** : Enfriamiento manteniendo constante la humedad específica (acondicionamiento parcial de verano).
- A-F** : Calentamiento manteniendo constante la humedad específica. (acondicionamiento parcial de invierno).
- A-B** : Deshumidificación del aire a temperatura de bulbo seco constante (disminuye la entalpía o calor latente).
- A-E** : Humidificación a temperatura de bulbo constante (aumenta la entalpía latente).
- A-D** : Enfriamiento y humidificación.
- A-G** : Calentamiento y humidificación del aire.
- A-H** : Enfriamiento y deshumidificación.
- A-I** : Calentamiento y deshumidificación.

1.4.1 Deshumidificación

La humedad puede removerse o disminuirse de la siguiente manera:

- Por absorción en líquidos o en sólidos enfriando por debajo del punto de rocío.
- Aumentando la temperatura, sin variar la humedad absoluta.
- Disminuyendo la humedad absoluta, sin variar la temperatura.

En instalaciones industriales que se requiere gran precisión puede aplicarse un sistema separado empleando para la deshumectación agentes absorbentes como la silica-gel.

Algunos métodos para deshumidificar el aire son los siguientes.

- Deshumidificación por contacto directo

Si se mantiene una superficie de preferencia metálica a una temperatura inferior a la de rocío de la masa gaseosa, ésta se enfriará paulatinamente hasta alcanzar las condiciones de saturación. Si se prosigue el enfriamiento, el vapor se condensará sobre la superficie fría, quedando la masa gaseosa saturada.

- Deshumidificación por contacto directo con una masa de líquido frío

El proceso consiste en poner en contacto una masa gaseosa con el líquido a una temperatura inferior a la de rocío de la masa gaseosa, en donde el aire se enfría perdiendo calor sensible y calor latente, además de que el líquido aumenta su temperatura.

- Deshumidificación por medio de sustancias químicas

Las sustancias químicas podrán ser líquidos o sólidos llamados desecantes. Para los líquidos el proceso se nombra "absorción" y para los sólidos se nombra adsorción.

Los adsorbentes podrán ser el carbón activado, sílica gel y zeolitas naturales o sintéticas. Para los absorbentes serán glicoles o soluciones acuosas de cloruro de litio, ácido sulfúrico, etc.

1.4.2 Humidificación

La humidificación se puede lograr de la siguiente manera:

- Reduciendo la temperatura, sin variar la humedad absoluta.
- Aumentando la humedad absoluta sin variar la temperatura.

Existen diferentes métodos por medio de los cuales se puede humidificar el aire. En la mayoría de los casos, la masa de aire se pone en contacto ya sea con líquidos, sólidos húmedos o con masas de aire húmedo. En algunos casos la humedad se incrementa agregando agua que se absorbe en forma de calor. La mayoría de los métodos son simples, a excepción de la humidificación adiabática la cual, como su nombre lo indica, requiere de condiciones adiabáticas (sin intercambio de calor con el medio ambiente).

Algunos métodos de humidificación son los siguientes.

- Mezclado de masas de gases húmedos

Este método consiste en mezclar adiabáticamente masas de gases húmedos, los cuales tienen humedades diferentes. Las condiciones finales de la masa gaseosa resultante se pueden evaluar en función del estado inicial de las corrientes gaseosas.

Para mantener una temperatura adecuada y estable dentro de un espacio a acondicionar es necesario que el equipo de refrigeración trabaje por debajo de ese valor de temperatura, entonces si el aire está a una temperatura mayor se requerirá mayor energía.

Por ejemplo, si el equipo de enfriamiento funcionara con 100% de aire exterior, la potencia que tendría que entregar el sistema de refrigeración sería demasiada, hasta lograr enfriar el aire a la temperatura deseada.

Es por eso que por cuestiones económicas se mezcla aire exterior con aire de retorno y así el aire resultante de ésta mezcla tendrá una temperatura por debajo que la del aire exterior.

El aire de retorno podrá ser utilizado al 100% y por un cierto periodo de tiempo cuando en el espacio a acondicionar no exista contaminación y se afecte el bienestar.

- Adición de un vapor en mezclas de saturación

En este proceso a una masa de gas húmedo se le adiciona una masa de vapor saturado. En el caso de la adición de vapor saturado existe un calentamiento de la masa gaseosa debido al calor sensible del vapor.

- Adición de un líquido que se evapora en la masa gaseosa

En el momento en que un líquido se adicione al aire, provocará que éste último disminuya su temperatura por efecto de transmisión de su calor sensible al líquido para provocar su evaporación, originando un descenso de temperatura.

Para lograr el descenso de temperatura es mucho más rápido con el contacto con un líquido que con un vapor debido a la importante diferencia entre el calor latente de vaporización del líquido y el calor sensible del vapor.

- Humidificación por contacto de masa gaseosa con un sólido húmedo.

En éste proceso se transfiere humedad al aire secando el sólido y humidificando el aire.

- Humidificación adiabática de un gas en contacto con un líquido

Éste método es el más utilizado en el ramo industrial y consiste en el contacto de una gas con un líquido para alcanzar las condiciones de saturación adiabática (sin

interacciones de calor o trabajo). El líquido que se introduce al humidificador está a la temperatura de saturación adiabática, que es la temperatura a la que sale el gas (aire) ya saturado del humidificador.

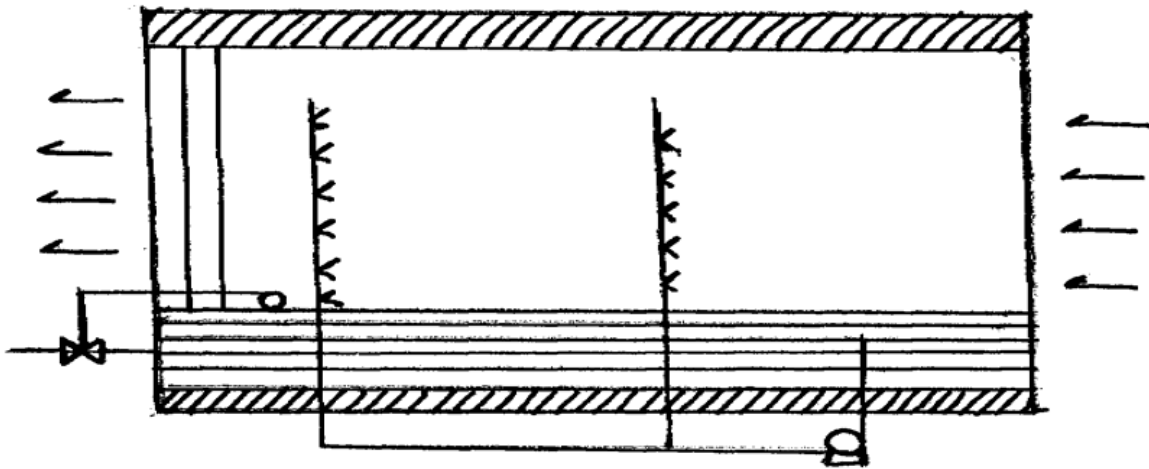


Fig1.5 Canal aislado con rociador (Psicrometría, métodos de humidificación deshumidificación y sus aplicaciones en el diseño arquitectónico, Dr. Isaac Pilatowsky Figueroa UNAM 2002)

El sistema se compone de un canal largo aislado que contiene rociadores con los que se humidifica el aire, por el canal se hace pasar una corriente permanente de aire no saturado que tiene una humedad específica y una temperatura determinadas.

Cuando el aire fluye a través de los aspersores, un poco de ésta se evapora y mezcla con la corriente de aire. El contenido de humedad del aire aumentará durante este proceso y su temperatura descenderá, puesto que parte del calor latente del agua que se evapora sólo se puede obtener aprovechando el calor sensible que pierde el aire.

El contenido total de calor no cambia, aunque sí los valores parciales del calor latente y del calor sensible.

1.4.3 Calentamiento

El calentamiento del aire se efectúa en invierno por medio de una batería de agua caliente o vapor vinculada con cañerías a una planta de calderas o intercambiadores a gas o eléctricos, los de tipo eléctrico pueden ser resistencias y el aire entra en contacto directo.

1.4.4 Enfriamiento

Este proceso es realizado en verano por maquinas frigoríficas, el calor se extrae de un cuerpo o espacio mediante un elemento refrigerante.

1.4.5 Procesos Combinados

- *Enfriamiento y deshumidificación:* el aire tendrá que pasar a través de una superficie o a través de un rociador de agua cuya temperatura sea menor que el punto de rocío del aire, se condensará parte de la humedad del aire y la mezcla se enfriará.

- *Enfriamiento y humidificación:* el aire no saturado tiene que pasar a través de un aspersor de agua para que la humedad específica aumente y la temperatura de bulbo seco baje. Este proceso se ha mencionado anteriormente y recibe el nombre de enfriamiento evaporativo.

El agua se rocía en la corriente de aire, algo de agua evaporada incrementa el contenido de vapor de agua en el aire. El calor latente necesario para evaporar el agua se toma del aire ocasionando su enfriamiento.

- *Calentamiento y deshumidificación:* se puede lograr induciendo el aire por un absorbente sólido o a través de un líquido absorbente. El absorbente tendrá que tener menor presión de vapor de agua que el aire.

La humedad se condensa fuera del aire, entonces el calor latente se libera y aumenta el calor sensible del aire.

- *Calentamiento y humidificación:* El aire se puede calentar y humidificar simultáneamente, si se le hace pasar a través de un acondicionador, con un sistema que pulveriza el agua que se ha calentado en un intercambiador agua/vapor o simplemente mediante la inyección directa de vapor.

1.5 Refrigerantes.

Un refrigerante es cualquier sustancia capaz de absorber calor de otra, como hielo, el agua, salmuera, etc. En este apartado únicamente se mencionaran los aplicables a refrigeración por compresión mecánica.

La capacidad de un refrigerante se mide por la cantidad de calor que es capaz de absorber desde la entrada y hasta la salida del evaporador. Aspectos importantes de los refrigerantes a la hora de escoger el que mejor se adapte a nuestras necesidades son:

- a) Inflamabilidad y toxicidad en lo que concierne a la seguridad de uso en un refrigerante.
- b) La miscibilidad del refrigerante con el aceite del compresor.
- c) La potencia frigorífica.
- d) La velocidad de fuga del gas refrigerante.
- e) Que la detección de fuga sea sencilla.
- f) La densidad de vapor del refrigerante.

Clasificación de los refrigerantes.

- a) Refrigerantes de baja presión y alta temperatura: para sistemas de aires acondicionados en fabricas, teatros, edificios de oficina, etc. estos pueden ser refrigerantes como:

Freón 113

Freón 11

Dicloroetano

b) Refrigerantes de presión media y temperatura media: para refrigeración domestica, comercial e industrial. Pueden ser refrigerantes como:

Freón 12

Freón 114

Clorometano

Dioxido de azufre.

Isobutano.

Carrene 7

c) Refrigerantes de alta presión y baja temperatura: para congelación a nivel domestica, comercial e industrial y los refrigerantes son:

Amoniaco

Dióxido de carbono

Freón 12

Freón 22 o R22

Propano

Kulene 131

R407C

R410A

Los dos últimos refrigerantes son amigables con la capa de ozono y son equivalentes al R22

d) Refrigerantes de muy alta presión y muy baja temperatura: se utilizan para procesos industriales como, licuefacción de gases, metalurgia, etc.

Eteno

Etano

Freones 13 y 24

1.6 Sistemas de climatización

Dadas las características de una subestación, el proceso psicrométrico a utilizar sería la refrigeración y dependiendo de la localización del establecimiento se requerirá humidificar o deshumidificar.

El acondicionamiento de aire lo podemos definir como 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 y el movimiento del aire interior.

Componentes esenciales de un sistema de climatización:

- Abanico o ventilador: los ventiladores axiales con aletas directrices son excelentes para aplicaciones de gran volumen de aire en que los niveles de ruido son de importancia secundaria.
- Compresor.
- Termómetro.
- Líquido enfriador.
- Panel o condensador.
- Evaporador.

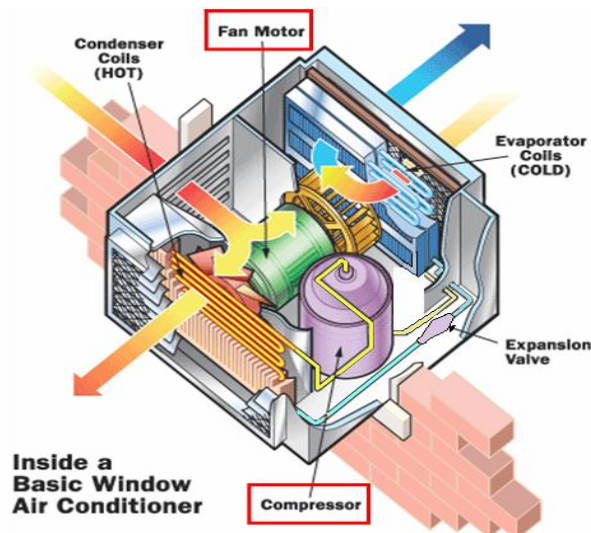


Fig. 1.6 *Cómo trabaja una unidad de aire acondicionado*
(<http://home.howstuffworks.com/ac.htm>)

1.6.1 Tipos de sistemas de climatización

La tarea de un sistema de acondicionamiento es proporcionar un ambiente confortable. El acondicionamiento de aire completo proporciona un ambiente de temperatura, humedad, limpieza, movimiento del aire, ventilación y condiciones acústicas correctas, por esto el sistema de que se trate debe identificarse con la función a desarrollar, lo mismo si se trata de calefacción, refrigeración, control de la humedad o acondicionamiento de aire completo.

Existen diferentes clasificaciones, se presentarán 4; la **primera clasificación** es en función del fluido encargado de compensar la carga térmica en el local climatizado. Así, podemos diferenciar los sistemas como:

- *Todo aire*: lo que entra al local es aire que proviene del exterior previamente tratado, es decir, filtrado, enfriado y deshumidificado, según las necesidades. Tienen capacidad para controlar la renovación del aire y la humedad del ambiente. Un sistema todo aire sería el basado en una UTA, figura 1.7. Se Clasifican en dos categorías principales: de volumen constante y temperatura variable, y de volumen variable y temperatura constante.

La categoría más flexible para controlar las condiciones de espacio es la primera, ya que se extiende desde el control de capacidad de refrigeración por todo o nada, hasta un control exacto de recalentamiento.

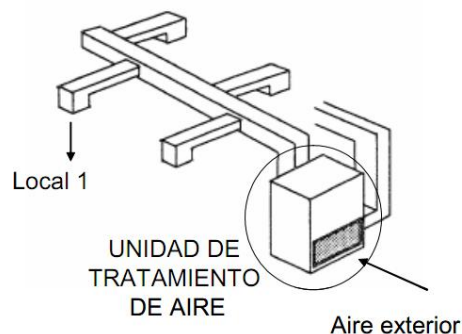


Fig. 1.7 Sistema todo Aire (Artículo Sistemas de climatización, Universitat Jaume I)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simplicidad. ▪ Coste inicial bajo. ▪ Funcionamiento silencioso. ▪ Mantenimiento centralizado. ▪ Economía de funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Necesita falsos techos amplios. ▪ Requiere coordinar ingenieros y arquitectos.

El área a acondicionar puede incluir una sola zona o bien varias zonas, controladas individualmente o de forma general.

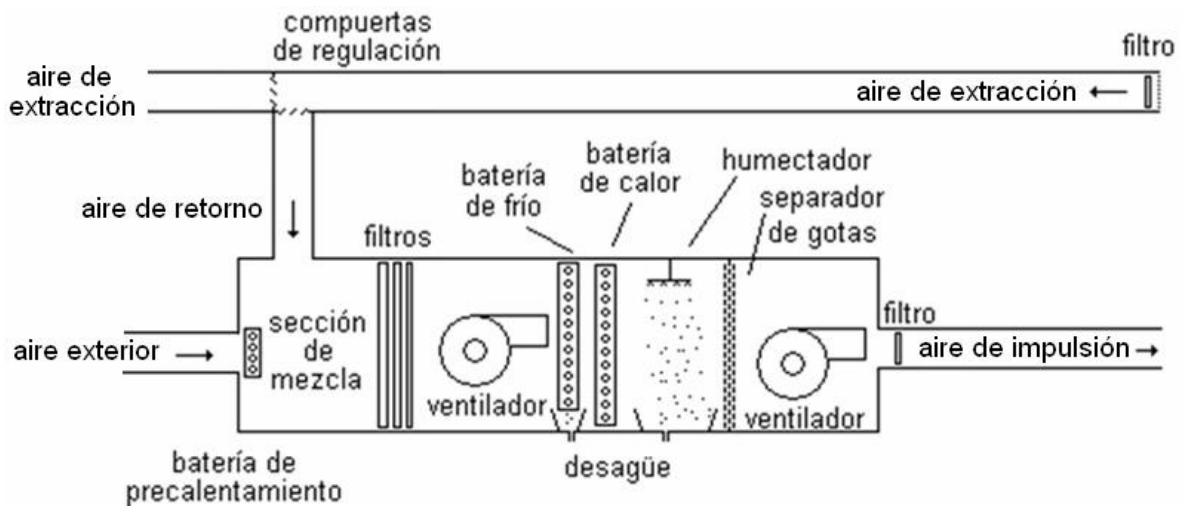


Fig.1.8 Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) (T9.- Instalaciones de Aire Acondicionado, Carlos J. Renedo, Universidad de Cantabria).

- *Sistema todo agua:* son aquellos en que el agua es el agente que se ocupa de compensar las cargas térmicas del recinto acondicionado (aunque también puede tener aire exterior para la renovación).

Aquí podemos encontrar las instalaciones de calefacción con radiadores o con suelo radiante, y las instalaciones de aire acondicionado con fan-coils. El esquema básico de una instalación todo-agua se presenta en la siguiente figura.

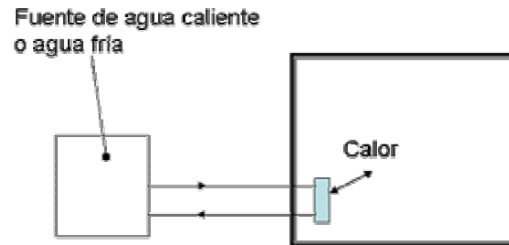


Fig.1.9 Sistema todo agua (Artículo Sistemas de climatización, Universitat Jaume I)

Suple a los sistemas centralizados que requieren de grandes superficies para instalar sus equipos.

El fan-coil consta de una unidad evaporadora con central térmica donde se calienta o enfría el agua; por lo general se sitúa en la cubierta del edificio. El agua enfriada o calentada corre por tuberías hasta las unidades individuales Fig. 1.10

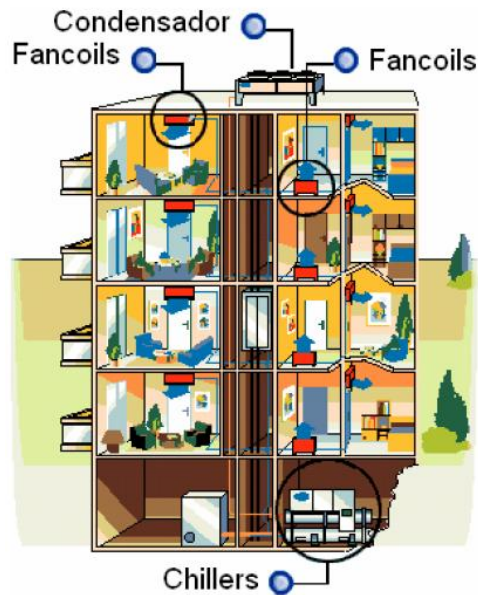


Fig.1.10 Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) (T9.- Instalaciones de Aire Acondicionado, Carlos J. Renedo, Universidad de Cantabria).

Las unidades individuales denominadas fan-coil son situadas en cada ambiente a acondicionar, a los cuales llega el agua. Allí el aire es tratado e impulsado con un ventilador al local a través de un filtro.

De este modo, cuando el aire se enfría es enviado al ambiente transmitiendo el calor al agua que retorna siguiendo el circuito.

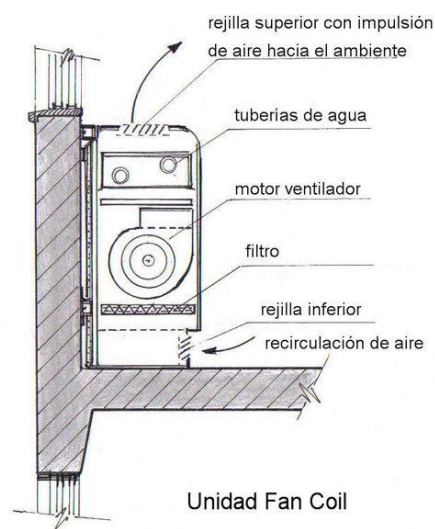


Fig.1.11 Unidad Fan-Coil.

- *Sistema aire-agua:* se trata de sistemas donde llega tanto agua como aire para compensar las cargas del local. En estos sistemas encontramos una instalación central de aire que controla la calidad del mismo y una enfriadora que elimina la carga térmica del local.

El aire tratado centralmente (primario) induce a que parte del aire del local (secundario) pase por una batería alimentada con agua caliente o fría. Un ejemplo de este tipo de instalaciones son los sistemas de inducción.

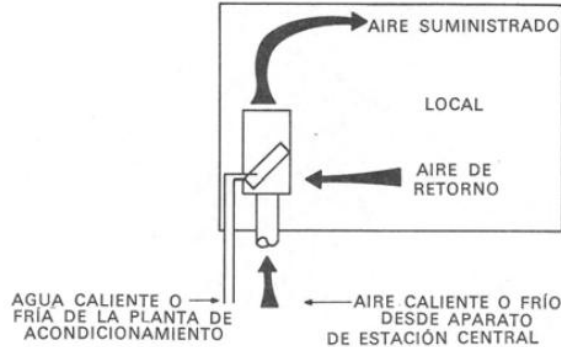


Fig.1.12 Sistema aire-agua (Artículo Sistemas de climatización, Universitat Jaume I)

El Fan-Coil es un sistema de acondicionamiento y climatización de tipo mixto; resulta ventajoso en edificios donde es preciso economizar el máximo de espacio. Este tipo de sistemas es conveniente para edificios de varios pisos y muchas habitaciones, tales como los de oficinas, hoteles, clínicas y apartamentos.

Algunas propiedades de los sistemas de inducción son:

- a) Pocos requisitos de espacios.
- b) Se eliminan las corrientes descendentes en invierno
- c) Simplificación de las operaciones de mantenimiento.
- d) Deshumectación central.
- e) Funcionamiento silencioso.

La principal diferencia entre los sistemas aire-agua y todo-agua, es que en el primero existe aire primario mientras que en los segundos no.

- *Sistema todo refrigerante:* se trata de instalaciones donde el fluido que se encarga de compensar las cargas térmicas del local es el refrigerante; acondicionamiento individualizado en cada local; bajo costo inicial y fácil instalación, sobre todo cuando el edificio está ya construido, pero su costo de operación y de mantenimiento son elevados.

Dentro de estos sistemas podemos englobar los pequeños equipos autónomos (split y multisplit). Su regulación puede ser todo o nada.

La **segunda clasificación** es según su armado, se pueden dividir en sistema unitario o sistema centralizado:

- *Un sistema unitario:* utiliza uno o más conjuntos donde todos los elementos son montados por el fabricante y se venden de una pieza.

También se denomina equipo compacto, y están destinados a proveer las funciones de desplazamiento y limpieza del aire, refrigeración, deshumectación, calefacción y humectación de un cuarto.

- *Un sistema centralizado:* es aquel donde los componentes se encuentran separados y son montados por el instalador.

La **tercera clasificación** que podemos encontrar es por la zona a climatizar, distinguiendo así sistemas de una única zona y sistemas de varias zonas (multizona):

- *Sistemas de única zona:* son aquellos que climatizan sólo una zona del local.
- *Sistemas multizona:* son aquellos que pueden acondicionar de forma satisfactoria un número de diferente de locales.

La **cuarta clasificación** es según su función:

- *Autónomos:* producen calor, frío y tratan el aire.
- *Centralizados:* solamente tratan el aire y obtienen la energía térmica (o calor o frío)

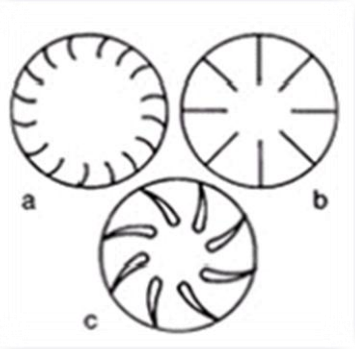
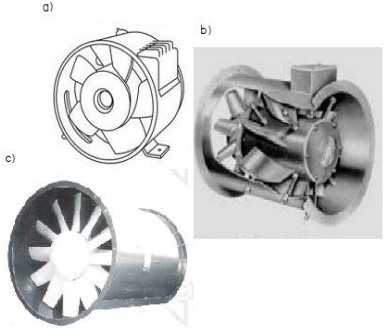
1.7 Equipo para tratamiento de aire

El equipo para tratar el aire va desde un ventilador hasta los grandes equipos de aire acondicionado. En esta parte se presentarán ventiladores y limpiadores de aire o filtros, en el caso de equipos de aire acondicionado fueron presentados anteriormente.

Los ventiladores y limpiadores de aire son accesorios que vienen incluidos en los sistemas de aire acondicionado, en ocasiones se llega a necesitar de ventiladores extras para circulación de aire en grandes espacios o filtros en caso de que se necesite una alta calidad de aire como en el caso de quirófanos.

1.7.1 Ventiladores

Podemos tener ventiladores de varios tipos, uno para cada necesidad en desarrollo de proyecto de un sistema de aire acondicionado.

CENTRÍFUGOS	AXIALES
<ul style="list-style-type: none">La corriente de aire circula radialmente a través del rodete.	<ul style="list-style-type: none">La corriente de aire circula axialmente a través del rodete
<ul style="list-style-type: none">Son aquellas en las cuales el flujo de aire cambia su dirección en ángulo de 90°, entre entrada y salida.	<ul style="list-style-type: none">En líneas generales son aptos para mover grandes caudales a bajas presiones. Con velocidades periféricas medianamente altas, son en general ruidosos.
<ul style="list-style-type: none">Se clasifican según sus álabes; en sentido contrario de las manecillas del reloj.<ul style="list-style-type: none">a) Curvadas hacia atrásb) Rectasc) Curvadas hacia adelante y aerodinámicas 	<ul style="list-style-type: none">Se clasifican en:<ul style="list-style-type: none">a) De héliceb) Con aletas directricesc) Tubo axial 

Cada ventilador tiene diferentes aplicaciones, en ocasiones podemos utilizar cualquiera de ellos para realizar una tarea, por ejemplo, cuando se requiere dirigir el aire a través de ductos, los ventiladores ideales serían los axiales ya sean los de tubo o de aletas directrices.

También podemos utilizar los centrífugos pero nunca un helicoidal, ya que estos ventiladores no están diseñados para soportar altas presiones.

1.7.2 Equipo auxiliar

Otro elemento a utilizar en una subestación sin duda alguna sería un limpiador de aire, que más adelante se detallará la importancia que están teniendo y tendrán en los años venideros en nuestras ciudades cada vez más industrializadas.

Los limpiadores de aire como su nombre lo dice, sirven para el control de la pureza del aire. Éste tipo de accesorios nos ayudan en:

- La reducción de los costes de limpieza del local.
- Reducción de bajas por enfermedades de los empleados.
- Aumento de rendimiento.
- Aumento de la calidad de los productos.
- Aumento de duración o vida útil de la maquinaria del equipo.

Estos se clasifican según su eficacia o interceptabilidad, resistencia a la corriente de aire y capacidad de polvo en:

- *Filtros viscosos*: utilizan aceite o grasa, con un rendimiento de 65 hasta 80% los de panel y de 80 hasta 90% los automáticos, manejan velocidades de 90 a 150 m/min los de alta velocidad.

- *Filtros secos*: utilizan fibras de vidrio, papel sometido a tratamiento especial, algodón, fieltro de lana o material sintético. Alcanzan muy alta eficiencia, pero también alta resistencia al flujo de aire.
- *Filtros electrónicos*: pueden ser por ionización y electrostático. El primero maneja eficiencia de 85 a 90% y el segundo un 60%.

CAPÍTULO 2

Aire acondicionado aplicado a subestaciones de ayudas visuales

2.1 Subestación de ayudas visuales

En este capítulo se mencionarán funciones y necesidades de una subestación eléctrica de ayudas visuales en base a investigación realizada en empresas dedicadas ramo, con el apoyo de personal de la subgerencia de equipos mecánicos y eléctricos del AICM.

Se analizará cómo la implementación de equipo de aire acondicionado beneficia a los equipos eléctricos, así como el cálculo de carga térmica tomando en cuenta todos los factores que influyen en el cambio de condiciones atmosféricas interiores. Lo anterior en justificación a la inquietud por conocer la importancia de un sistema de aire acondicionado y los problemas que derivan por su ausencia en una subestación.

2.1.1 Función

La instalación eléctrica de las subestaciones deben estar bajo la NOM-001-SEDE, instalaciones eléctricas (utilización), que fue aprobada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones eléctricas (CCNNIE) la cual indica que “el objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra choque eléctricos, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla y sobretensiones”.

Las subestaciones de ayudas visuales de aeropuertos son del tipo reductoras es decir reducen el nivel de tensión a valores comerciales, que en el caso de las subestaciones se necesitan valores de entrada a los reguladores eléctricos CCR de 220 y otros de 480 V, estos a su vez la distribuyen a las diferentes zonas del aeropuerto como pueden ser los rodajes, las pistas, plataforma de emergencias, barras de parada, semáforos, comedores, sistema Indicador de Trayectoria de Aproximación de Precisión (P.A.P.I. por sus siglas en ingles), etcétera.

La función de una subestación es reducir los voltajes para que puedan ser utilizados en todo el sistema de circuitos eléctricos que recorren las pistas de un aeropuerto. Estos circuitos eléctricos son los que alimentan las lámparas que indican a los aviones el camino a seguir para su despegue, su aterrizaje, su acomodo en plataforma para descenso o carga de pasajeros o carga (en caso de aviones cargueros), para señalizaciones de tránsito local (como Policía Federal, Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios, Dirección General de Aviación Civil y Personal del AICM).

2.1.2 Necesidades de una subestación

Las subestaciones de ayudas visuales no cuentan con un reglamento específico en donde se describan sus necesidades atmosféricas, dichas necesidades son dictadas por los equipos eléctricos albergados.

Se cuestionó al personal del AICM si es que existía algún reglamento para la construcción de este tipo de edificios, o algún reglamento que indicara cuales eran las condiciones que se deben tener dentro de la edificación como iluminación, superficie, ventanas, etcétera.

El personal argumentó que en efecto si existe reglamento pero son las empresas contratistas quienes marcan las mejores opciones para la construcción y diseño de locales de este tipo, en este caso fue la empresa RABER S.A. de C.V. quien fue la encargada de la construcción e instalación de equipos de esta subestación.

Los datos no pudieron ser obtenidos por medio de la empresa mencionada. Se decidió realizar inspección visual y reconocer los puntos clave con los que debe contar la subestación, así como tratar de equiparar y encontrar similitudes con algunos otros establecimientos como las siguientes:

- Centros de cómputo.
- Data center

Tabla 2.1 Comparación entre data-center y sala de cómputo.

	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA (HR)	RECOMENDACIONES
DATA CENTER	21° C (+-5°C)	50%(+-10%)	<p>*Cuando el aire frío se inyecte a la sala su temperatura no será inferior a los 17°C y su HR no será superior a 80%</p> <p>*Perfecta iluminación</p> <p>*De 1 a 3 personas a la vez</p>
SALAS DE CÓMPUTO	18 A 22°C	50% (+-5%)	<p>*Cuando el aire frío se inyecte a la sala su temperatura no será inferior a los 17°C y su HR no será superior a 80%.</p> <p>*La iluminación debe ser de 450 luxes (que puedan ser comparables con una salida del sol en un día despejado).</p> <p>*De 1 a 30 personas, dependiendo la capacidad del local.</p>

Las similitudes que se encontraron fueron bastantes, a diferencia que los centros de computo siempre tienen bastante ocupación, es decir, el número de personas que se encuentran dentro del local son demasiadas, mientras que en los data center, el acceso es restringido de 1 a 3 personas a la vez, las condiciones de perfecta iluminación son las mismas.

En caso de su construcción varía ligeramente, ya que las entradas y salidas de los data center no dan directamente a la intemperie sino que se encuentran dentro de edificios más grandes; las subestaciones en cambio pueden estar dentro de un edificio más grande o son un solo edificio y sus entradas y salidas dan directamente a la intemperie.

Pero para el objeto de investigación, las semejanzas que se encontraron fueron en los equipos eléctricos y electrónicos, esto se comprobó al contactar una empresa que ofrece servicios de automatización e ingeniería eléctrica a instalaciones como los son las subestaciones y data center.

La empresa fue "Proyectos de integración y desarrollo EMRO S.A de C.V", ubicada en Toluca de Laredo. El ingeniero desarrollador de proyectos de la empresa fue quien explicó que los equipos y sistemas en estos dos tipos de establecimientos cuentan con los mismos componentes electrónicos, lo que nos llevó a la conclusión que las condiciones atmosféricas que se pueden llegar a presentar en los data center y en las subestaciones de ayudas visuales son similares, además de que su clima se puede controlar de la misma manera.

Las condiciones atmosféricas que se requieran en la subestación dependen directamente de los equipos eléctricos más importantes, es decir, de los rangos de operación que tengan, en este caso serían los reguladores CCR y las UPSs, los primeros trabajan en rangos de -40 a 55°C y de 10 a 95% de HR, los segundos operan de 0 a 40°C y de 5 a 95%, lo que nos indica un parámetro que podemos tomar como base para un cálculo de carga de refrigeración. En el AICM se

contactó con ingenieros de mantenimiento de estas empresas para saber más acerca de estos rangos, quienes comentaron que si bien estos rangos son demasiado amplios lo mejor es que se trabaje con rangos intermedios, ya que se podría ver afectada su eficiencia y eventualmente aparición de fallas como corrosión o salto de arco por citar ejemplos.

2.2 Problemas por control de clima en subestaciones

Existen diferentes factores que pueden afectar a una subestación, especialmente a subestaciones de ayudas visuales, entre estas causas podemos encontrar dos que son: corrosión y electricidad estática. Son problemas que se generan por falta de un buen sistema de aire acondicionado que controle la humedad y residuos.

La temperatura correcta se consigue precisamente mediante un sistema de control de temperatura y humedad. En casos de grandes cambios o diferencias de temperatura (por ejemplo; día y noche o cambios estacionales) se requiere mantener los componentes bajo un sistema seguro de control.

No solamente debemos pensar en baja temperatura, la mayor corrosión de componentes electrónicos es debida a la condensación o humedad dentro de la envolvente o armario.

El riesgo en la seguridad es enorme, los costes consecutivos por pérdidas de trabajo del equipo son imprevisibles. (Desplazamientos de personal, mantenimiento, cambios o en casos extremos, sustitución de todo el equipo eléctrico o electrónico). Solo las condiciones climáticas óptimas y constantes posibilitan un buen funcionamiento de todos los componentes eléctricos o electrónicos existentes en el interior de una envolvente.

2.2.1 Corrosión

En esta parte presentaremos cómo los agentes contaminantes aunados a ausencia de un sistema de aire acondicionado afectan la industria electrónica, citando el artículo publicado por la Universidad De Las Américas Puebla (UDLAP) en 2003.

La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno puede clasificarse en:

- *Corrosión seca:* se produce en los metales que tienen una energía libre de formación de óxidos negativa.
- *Corrosión húmeda:* requiere de la humedad atmosférica, y aumenta cuando la humedad excede de un valor crítico, frecuentemente por encima del 70%.
- *Corrosión por mojado:* se origina cuando se expone el metal a la lluvia o a otras fuentes de agua.

El buen funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos se ven afectados temporalmente por algún problema climatológico que en ocasiones se puede resolver rápidamente y a un bajo costo, pero en ocasiones no.

En los cambios de temperatura se forma condensación en armarios de distribución cerrados.

La condensación en combinación con polvo, heladas y gases en el interior del armario eléctrico o electrónico, producen corrosión, corriente de fuga y el salto del arco debido a niveles elevados de HR.

Uno de los factores que determina primariamente la intensidad del fenómeno corrosivo en la atmósfera es la composición química de la misma. El dióxido de

azufre (SO_2) y el cloruro de sodio (NaCl) son los agentes corrosivos más comunes de la atmósfera.

Cerca y por encima de los océanos, las concentraciones de NaCl sólidos son elevadas, ya que el aerosol marino suministra partículas de cloruro de sodio en el aire, cuando el agua de mar evapora.

Lejos del mar, la contaminación atmosférica depende de la presencia de industrias y núcleos de población, siendo el contaminante principal por su frecuencia de incidencia sobre el proceso corrosivo el SO_2 , proveniente del empleo de combustibles sólidos y líquidos que contienen azufre.

Las especies de azufre se originan del dióxido de azufre gas, SO_2 , producido por fuentes naturales (volcanes) y por la polución (de centrales de energía y de fundiciones), y que se oxida, en un periodo de horas a días, a ácido sulfúrico y a sulfatos en el aire.

El ácido sulfúrico, H_2SO_4 , viaja en el aire, no como gas, sino en pequeñas gotas de aerosol, ya que tiene mucha afinidad por las moléculas de agua.

Normalmente, esta corrosión tiene lugar primero en los contactos eléctricos y estos contactos con corrosión en las conexiones de los cables, así como la dilatación de los mismos, provocarán fallos intermitentes, es por esta razón que preocupa a especialistas de diseño y manufactura.

Además, la corrosión puede incrementar la resistencia de los componentes eléctricos, provocando un incremento de temperatura; una temperatura interior demasiado alta puede inducir igualmente a una caída total del equipo que puede generar un fallo en los componentes o incluso un incendio.

Principales contaminantes que aumentan la velocidad de corrosión.

El NaCl y el SO₂ son los principales contaminantes corrosivos de la atmósfera. La correlación entre los niveles de concentración de SO₂ o NaCl y la velocidad de corrosión es alta.

También es importante mencionar al sulfuro de hidrógeno (H₂S), que es el responsable del deslustre de cobre y plata, los compuestos nitrogenados que en solución incrementan la humedad en la superficie de los metales, las partículas inertes (silicio) y las partículas absorbentes (carbón de leña).

Entre todos estos contaminantes, el SO₂ tiene una importancia especial en los procesos de corrosión atmosférica, a causa de su incidencia directa en la velocidad de corrosión de los metales expuestos a la atmósfera.

Los metales no ferrosos consumen SO₂ en las reacciones de corrosión, y sus productos principales son los sulfatos metálicos, mientras que en la oxidación del hierro y del acero los sulfatos ferrosos son hidrolizados formando óxidos y generando ácido sulfúrico.

Comparando el SO₂, el O₃ y el NO₂ se registró que los niveles más altos los presenta el SO₂, seguido del NO₂ y el O₃ respectivamente, obteniéndose los niveles de concentración de contaminantes más altos, en los meses correspondientes a la temporada invernal figura 2.1.

Estas partículas se analizaron con rangos de de 0.02µg/m³ hasta 0.76µg/m³. Sus tamaños pueden variar en el orden de 0.001 hasta 10µm.

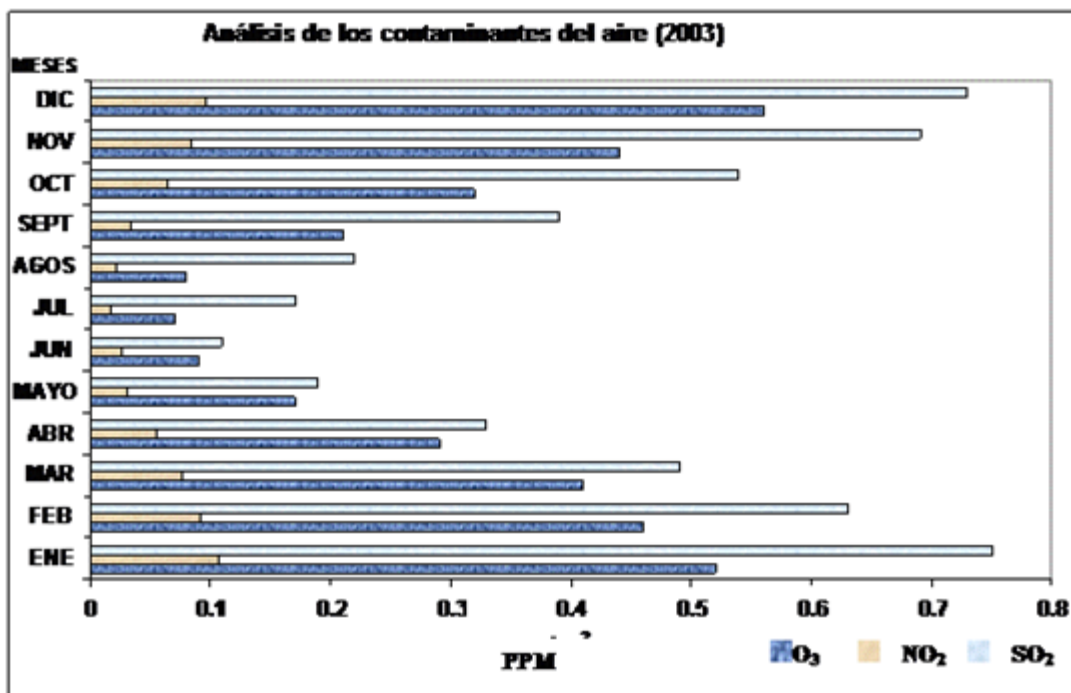


Fig.2.1 Análisis de contaminantes en el aire (Artículo Corrosión, Prof. Miguel A. Méndez, UDLAP)

Sabemos que los contaminantes y diversas partículas son llevados y traídos por corrientes de aire que les permiten llegar a la atmósfera. La gran mayoría de los contaminantes que llegan a la atmósfera están en estado de fase reducida (SH₂, NH₃, CH₄, etc.); en cambio, las sustancias que regresan de la atmósfera a la superficie terrestre, usualmente por dilución en las gotas de lluvia o por sedimentación, están altamente oxidadas (H₂SO₄, HNO₃, CO₂, etc.).

Deterioro de materiales.

La corrosión atmosférica es la causa más frecuente de la destrucción de los metales y aleaciones. El mecanismo de corrosión es de naturaleza electroquímica. El electrolito es una capa de humedad sobre la superficie del metal cuyo espesor varía desde capas muy delgadas (invisibles) hasta capas que mojan perceptiblemente el metal.

La duración del proceso de corrosión depende sobre todo del tiempo durante el cual la capa de humedad permanece sobre la superficie metálica.

Como el mecanismo de corrosión es electroquímico, su característica principal es la presencia de un proceso anódico y otro catódico, con un electrólito de resistencia óhmica determinada.

En el proceso anódico el metal se disuelve en la capa del electrolito, en la cual la concentración se eleva hasta la precipitación de un compuesto poco soluble. En el proceso catódico, bajo la capa de humedad, la mayoría de los metales expuestos a la atmósfera se corroen por el proceso de reducción de oxígeno.

La resistencia óhmica entre las zonas anódica y catódica de las minúsculas pilas de corrosión que se distribuyen sobre el metal es grande cuando el espesor de la capa de humedad es pequeño.

El deterioro de los materiales por corrosión genera un mal funcionamiento de los dispositivos y equipos electrónicos debido a fallas eléctricas ocasionadas por vías de conductividad (dendritas) entre conexiones que no deben estar unidas.

La formación de dendritas se debe a la migración de iones metálicos liberados por el proceso de corrosión. Así, se generan corrientes eléctricas del orden de micro amperios en los componentes alterando su funcionamiento por fallas eléctricas, y disminuyendo su rendimiento operacional.

La mayoría de los componentes requieren valores específicos de corriente y voltaje para su operación, o de lo contrario, dejan de funcionar.

En ciertos periodos del año se presentan con más frecuencia fallas eléctricas en equipos electrónicos de plantas industriales de México y del mundo. La corrosión de metales como acero al carbono, cobre, estaño, níquel y plata utilizados en la industria electrónica a condiciones de interiores aparece como ya mencionado, un proceso electroquímico.

La corrosión en metales usados en interiores de la industria electrónica se inicia en atmósferas de interiores influenciadas por condiciones climáticas de exteriores. En este proceso se forman celdas electroquímicas galvánicas de corrosión, como por ejemplo en la unión del platino y zinc (0.2 voltios), los cuales son capaces de originar una falla eléctrica.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por la UDLAP los metales que más velozmente sufrieron corrosión fueron el acero al carbono, cobre y plata, siendo estos dos últimos los más utilizados en la industria electrónica. En el caso del estaño y el níquel, son los que presentaron menor nivel de corrosividad.

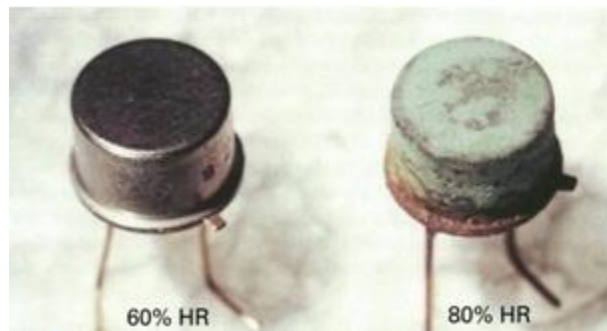


Fig.2.2 Deterioro del metal en pruebas realizadas a los 45 días de exposición con una concentración de dióxido de azufre de 3ppm (STEGOTRONIC S.A.).

Factores climáticos

La corrosión es un fenómeno de mayor intensidad en regiones con grandes variaciones climáticas y altos niveles de contaminación.

La industrialización ha conllevado a la modernización de las ciudades, donde se generan concentraciones de contaminantes que en ciertos periodos estacionales sobrepasan los estándares de calidad del aire; principalmente los óxidos de nitrógeno y azufre, además de ácido sulfhídrico, monóxido de carbono y partículas finas diversas que se adhieren a las superficies metálicas con o sin la película formada por variaciones climáticas y se inicia el proceso de corrosión.

Todos estos contaminantes son emitidos por fábricas, automóviles, desperdicios orgánicos y la industria en general.

La característica atmosférica más importante que se relaciona directamente con el proceso de corrosión es la humedad, que es el origen del electrolito necesario en el proceso electroquímico.

La figura 2.3 muestra la relación que existe entre la corrosión atmosférica y el espesor de la capa del electrolito sobre la superficie metálica. Se observa que en espesores pequeños la corrosión no existe, pues la resistencia óhmica de la capa del electrolito sobre la superficie metálica es muy grande y la disolución del metal es difícil.

Al aumentar el espesor disminuyen la resistencia de la capa del electrolito y la polarización catódica, lo que origina un aumento en la velocidad de corrosión hasta que alcanza un nivel máximo, que disminuye después con el aumento del espesor.

En esta zona, la reacción catódica es determinante en el proceso de corrosión; el factor óhmico y la polarización anódica pierden importancia, pues la difusión de oxígeno en la superficie metálica es muy lenta y por tanto determinante del proceso global.

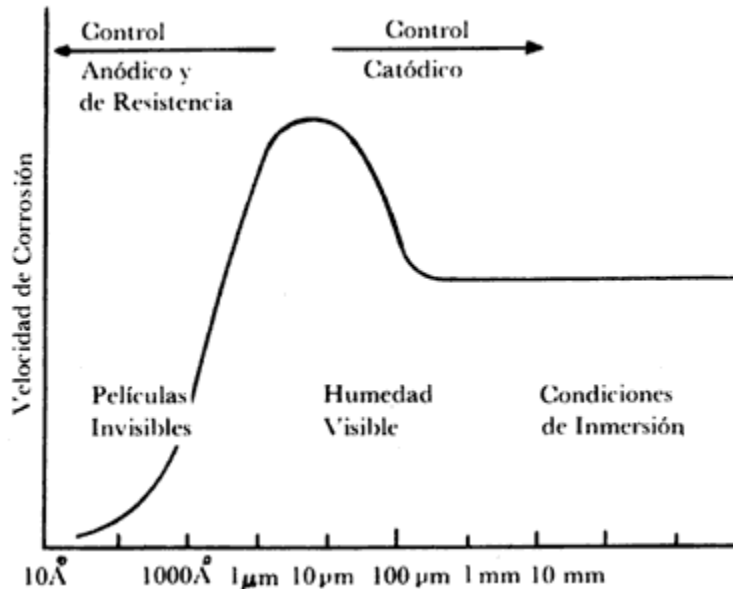


Fig.2.3 Influencia del espesor de la película de humedad condensada sobre la superficie metálica en la velocidad de corrosión.

Los dos principales factores climáticos que afectan la velocidad de corrosión son la humedad relativa y la temperatura, seguidas de la presión atmosférica, radiación solar, precipitación pluvial, dirección del viento y velocidad del viento.

2.2.2 Electricidad estática

La electricidad estática es el otro factor que puede afectar de manera significativa la funcionalidad de los equipos eléctricos presentes en una subestación de ayudas visuales.

La electricidad estática es generada a nuestro alrededor por el movimiento de materiales de gran resistencia eléctrica contra otros. Cuando las condiciones ambientales permiten su acumulación, la mencionada electricidad estática se convierte en un problema: los usuarios reciben descargas y la maquinaria de proceso genera descargas; esto último puede ser muy grave en ambientes con gases volátiles inflamables o explosivos.

Estos fenómenos son muy importantes en salas de ordenadores y centros de proceso de datos donde pueden originar problemas electrónicos en circuitos.

El aire con una humedad relativa inferior al 45% permite la acumulación de cargas electrostáticas.

El aumento adecuado de la humedad relativa no evita la formación de cargas, pero sí su acumulación. Esto se consigue mediante una lámina invisible de humedad sobre las superficies de los materiales que permite que las cargas se desplacen a tierra antes de que alcancen niveles de potencial elevados.

Para reducir o prevenir la acumulación de cargas electrostáticas se recomienda una humedad relativa del 45% o superior para establecimientos que no deben cumplir con un proceso específico.

Es por eso que para subestaciones eléctricas de ayudas visuales que pueden ser comparadas con un data center debido a los equipos eléctricos y electrónicos con los que pueden contar, la temperatura debe ser de 21°C (+ - 5°C) y la HR debe ser de 50% (+ - 10%).

2.3 Utilidad del aire acondicionado

Las consideraciones que se dan al planeamiento y diseño del equipo de soporte para la operación confiable de una sala de este tipo, frecuentemente son menores que las que se dan al planeamiento de otros aspectos del establecimiento, especialmente en el caso de instalaciones pequeñas o remotas.

Aspectos como control de ambiente, energía confiable y monitoreo efectivo de sistemas de soporte a las computadoras reciben mucho menor atención que las decisiones sobre mantenimiento de CCRs, UPSs y sistemas operativos.

Sin embargo, el funcionamiento de estos sistemas es tan dependiente de los sistemas de energía y de control ambiental como lo es del mantenimiento.

Para los muy particulares casos de establecimientos en los que podemos encontrar densas cargas de calor producidas por equipos eléctricos que generan

un calor más seco, necesitaremos de sistemas de AA que cuentan con características para satisfacer este tipo de necesidades.

El AA en estos establecimientos es necesario para evitar corrosión y electricidad estática anteriormente descritas, para lograrlo se necesita que el equipo opere 24x7, es decir 365 días del año, que esté enfocado a extraer el calor sensible más que calor latente cumpliendo la relación de calor sensible de 0.80 a 1.0 para enfriamiento efectivo y eficiente, esto quiere decir que de 80 a 100% están dedicados a enfriamiento y sólo de 0 a 20% a remover humedad. También cuentan con un ventilador para la circulación de aire que opera las 8760 horas del año.

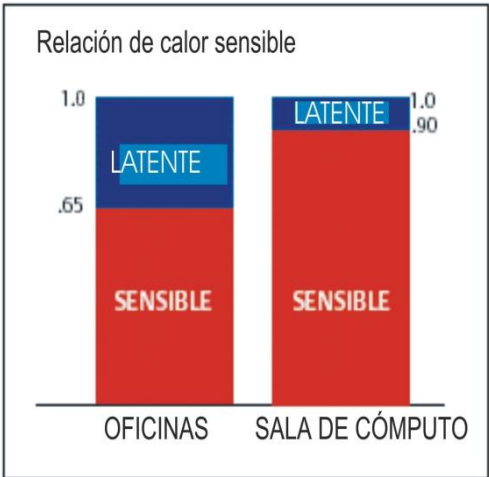


Fig.2.4 Relación de calor sensible y calor latente en Data center.

CAPÍTULO 3

Balance Térmico

En este capítulo se expondrá la metodología necesaria en el proyecto de aire acondicionado para una subestación de ayudas visuales, con el apoyo de manuales y libros como: manual de refrigeración Gilvert Comeland, manual de Aire Acondicionado Carrier que se rigen bajo reglamentación de ASHRAE, libros como Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración de Hernández Goribar y Aire acondicionado y refrigeración de B.H Jennings.

La carga de refrigeración se puede dividir en carga de refrigeración para comodidad y carga de refrigeración industrial; los métodos son similares, solo que en el caso de carga industrial se toman en cuenta más factores y es el de mayor interés para el desarrollo de éste capítulo.

El objeto de una instalación de aire acondicionado es mantener un cierto espacio en condiciones particulares, diferentes de las exteriores. Básicamente hablamos de condiciones de temperatura y humedad.

Para mantener esas condiciones será necesario un intercambio energético, realizado por medio de un equipo acondicionador, que agregará o extraerá calor del ambiente. Llamamos balance térmico al conjunto de cálculos que se realiza para determinar la capacidad de los equipos y desarrollo de la instalación de aire acondicionado.

Todas las condiciones de diseño que se citarán serán para territorio mexicano, datos como temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, altitud y correcciones por altitud, serán tomadas de tabla de valores obtenidos para la República Mexicana.

3.1 Condiciones de diseño

La carga térmica es la cantidad de calor que debe removerse con el equipo de AA y las condiciones que se lleguen a presentar se clasificaran en:

- Condiciones de diseño interiores.
- Condiciones de diseño exteriores.

Se entiende por condiciones de diseño a todas las variables internas y externas que influyen directamente en el sistema que estamos estudiando, como ejemplo de condición de diseño interior tenemos la temperatura a la que debe permanecer un centro de cómputo para evitar que los equipos se sobrecalienten y tengan fallas.

Condición de diseño exterior sería la temperatura del medio ambiente a la que se encuentra sometido el centro de cómputo en pleno verano, éstas condiciones serán explicadas más detalladamente a lo largo de éste capítulo.

3.1.1 Condiciones de diseño interiores

Los principales parámetros que pretendemos regular en las instalaciones de AA, en un relativo orden de importancia, son:

- a) Temperatura
- b) Humedad
- c) Velocidad
- d) Pureza

La importancia de dichos parámetros dependerá del tipo de instalación de que se trate, o sea de los objetivos que se pretenden de dicha instalación. Es entonces cuando se determina si la temperatura y humedad estarán dentro de la zona confort humano o no.

Pero, a qué se le llama confort. Éste se define como la situación de bienestar del hombre. El confort térmico significa que el intercambio de calor del individuo con el medio ambiente, es tan agradable, que la sensación provocada es de bienestar.

Para que los valores de confort sean más fáciles de encontrar, se puede utilizar el diagrama de confort el cual es obtenido a través de métodos experimentales y los valores dependerán de la zona geográfica.

El diagrama está hecho sobre el diagrama psicrométrico. Sin embargo fue cambiando con el tiempo ya que anteriormente se tomaban valores de temperatura y humedad de confort de acuerdo con la vestimenta, es decir, los valores se condicionaban a vestimenta con saco y corbata, ahora, para ahorrar energía los valores de temperatura interior se elevan, por eso para estar confortable lo mejor es la ropa liviana.

En la zona de confort del diagrama se observa una variación amplia de la humedad. Varía entre el 30% y el 70% aproximadamente, y en cuanto a las temperaturas vemos que varían entre 21 y 26°C (70 y 80 °F). (Ver figura 3.1)

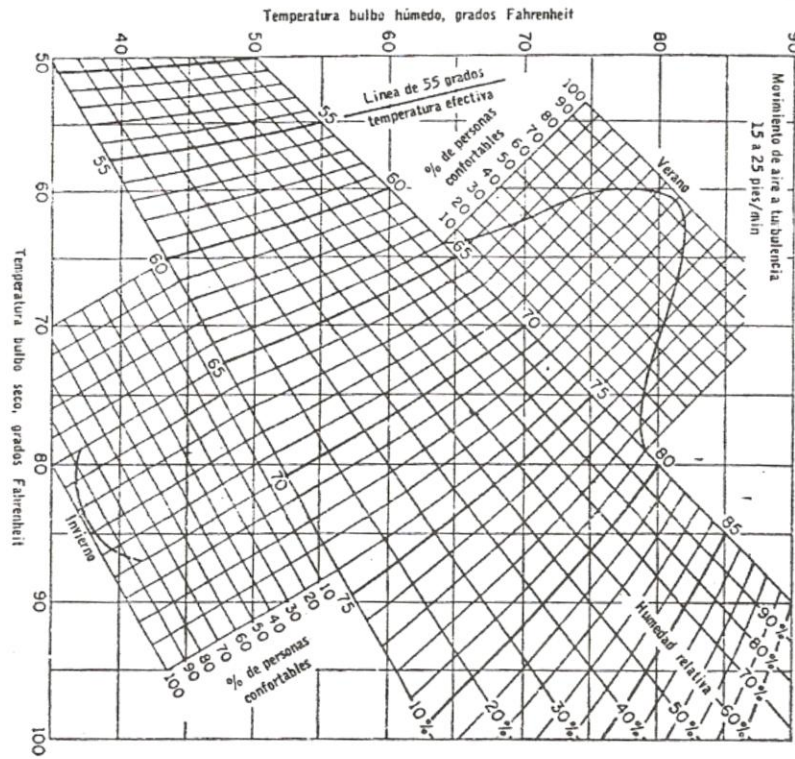


Fig 3.1 Diagrama de confort de la ASHVE para velocidades de aire de 15 a 25 ft/min.

Entonces, se puede decir que el confort depende de la temperatura, humedad, velocidad y pureza. Son las condiciones que en conjunto logran un espacio ideal para el trabajo o simplemente para permanencia cuando están bien equilibradas y dentro de los límites de tolerancia física humana.

a) Temperatura: el parámetro principal a controlar en las instalaciones de aire acondicionado es sin duda alguna la temperatura. La temperatura del aire en la zona de permanencia de las personas para sensación de confort depende de la época del año, ya sea invierno o verano.

Esto se debe al distinto tipo de vestimenta que usamos en cada época del año y que el metabolismo del cuerpo humano se adapta a las condiciones climáticas externas.

Pueden considerarse los siguientes valores:

- Invierno: de 18 a 22°C (64 a 72°F)
- Verano: de 23 a 27°C (73 a 81°F)

Estos valores son de confort y son para actividad sedentaria, variarán según el grado de actividad.

b) Humedad: pueden establecerse como límites de HR, valores entre 30 y 70%, considerándose como valor óptimo tanto en verano como en invierno 50%. Si la humedad relativa disminuye de 30%, se producen resecamiento de las mucosas respiratorias y en invierno la baja humedad hace que nos carguemos de electricidad estática, particularmente en ambientes alfombrados, lo que produce una sensación muy desagradable al producirse la descarga de electricidad hacia elementos metálicos.

Si la humedad relativa aumenta de 70%, se produce sensación de pesadez y se afecta la función de enfriamiento evaporativo por la piel.

c) Velocidad: si el aire se estanca es desagradable, siempre es conveniente un pequeño movimiento de aire.

El movimiento del aire sobre el cuerpo humano incrementa la disipación de calor por eso es tolerable cuando la temperatura del local es muy alta pero no a bajas temperaturas. La velocidad ideal estará entre 0,1 a 0,2 m/seg. Mayores velocidades no son recomendables.

d) Pureza: se ve afectada en particular por partículas en suspensión, contaminantes gaseosos y olores. La pureza es otro factor importante que influye en el confort, debemos evitar los olores, el viciamiento del aire y las partículas sólidas en suspensión o polvo.

La disminución de oxígeno y el aumento de anhídrido carbónico, son causas importantes de viciamiento de aire. Esto es generado por la respiración de los ocupantes y se evita incorporando aire exterior limpio y puro.

Las partículas de polvo afectan la salud de las personas, también al mismo equipo de aire acondicionado, de ahí la necesidad de colocar filtro de aire y mantenerlo limpio. Pero no siempre el aire acondicionado será utilizado para confort humano, también será utilizado para otros fines.

Existen tablas en distintos manuales donde se resumen las temperaturas y humedades relativas más comunes que se utilizan en la elaboración y fabricación de distintos productos, así como para el almacenamiento de mercancías que requieren de climas especiales.

Éstas pueden variar de acuerdo a las necesidades o especificaciones de conservación de los productos. Algunas de las condiciones que se mencionan en ciertas tablas no tienen más efecto sobre el productos o sobre el proceso de fabricación que el aumentar el rendimiento del personal manteniendo las condiciones de confort.

Son ligeros detalles que pueden mejorar la calidad de la mano de obra por ende, la mejora del producto disminuyendo las piezas rechazadas y los costos de fabricación. En ocasiones se tiene que buscar un equilibrio entre las condiciones de confort humano y las condiciones necesarias para desarrollar determinada operación industrial.

Frecuentemente, pasan a segundo plano las condiciones de confort humano cuando:

1. Se necesita una temperatura constante cuando se trata de realizar medidas con escasa tolerancia, calibraciones u operaciones de fresado o esmerilado para evitar las expansiones y contracciones de las piezas de maquinaria, de

los productos maquinados o de los instrumentos de medida, en el caso de la humedad relativa es necesario que no sobrepase del 45%, esto para prevenir las películas de humedad. Estas películas de humedad se generan en los materiales de naturaleza no higroscópica, tales como los metales, vidrio, plásticos, etcétera; los cuales tienen la capacidad de retener moléculas de agua en grietas microscópicas.

Esta capa no tiene que sobrepasar un punto crítico, esto para evitar rayaduras y afectaciones en la resistencia eléctrica de algunos materiales.

2. En talleres donde se fabrican piezas muy delicadas, es necesario mantener una temperatura y una humedad relativa constante y además se debe mantener por debajo de la temperatura de confort para reducir al mínimo la transpiración de los operadores.

Si por alguna razón no se puede tener encendido el aire acondicionado durante todo el día o por un periodo de 24 horas, es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En verano, primero se tiene que disminuir la humedad relativa antes de bajar la temperatura
- En invierno, debe evitarse la introducción de humedad antes de que los materiales hayan sufrido un calentamiento.

3. Es necesario el control de la humedad para evitar resequedad en los materiales higroscópicos y electricidad estática.
4. Control de la humedad y temperatura para regular la velocidad de reacciones químicas y bioquímicas.
5. Laboratorios que requieren un estricto control de temperatura y humedad, generalmente en condiciones de 25 °C y 50% de HR según ASTM.

3.1.2 Condiciones de diseño exteriores

Para la realización del Balance Térmico necesitamos contar con las condiciones de diseño exteriores. Necesitamos conocer la temperatura exterior, la humedad, la altura sobre el nivel del mar y cualquier otro dato de carácter atmosférico. El problema es que todos estos datos son muy variables con el día del año y con la hora del día.

Al realizar el balance de verano queremos calcular un equipo que nos permita mantener las condiciones todos los días del verano, incluyendo los más cálidos. Pero si tomamos la temperatura máxima absoluta, ella sólo será superada muy poco tiempo y seguramente no todos los años, es por eso que se puede tomar una temperatura ligeramente inferior, aunque puede ser superada algunas horas del verano.

Las condiciones de diseño exteriores serán las condiciones atmosféricas predominantes en cierta ubicación geográfica, es decir la atmósfera envolvente del objeto de estudio, en este caso un edificio. El principal factor es la radiación solar que incide de manera directa en ventanas, paredes y techos que sean frontera entre clima exterior e interior.

Otro factor importante es la presión de vapor de agua, si está es muy elevada alrededor del espacio a acondicionar, el vapor fluirá a través de los materiales que constituyen el edificio y solo será apreciable en los casos de bajo punto de rocío interior.

3.2 Estudio del local

El estudio del local es un elemento importante para poder realizar un cálculo correcto de carga térmica, ya que existen varios factores que podrían modificar la ganancia de calor que en el local se presente. Los factores que debemos tomar en cuenta son:

- La orientación del edificio, es decir debemos de tomar en cuenta los puntos cardinales ya que los efectos del sol y del viento varían relativamente a los puntos cardinales.
- Funciones que se desarrollan o desarrollarán dentro del local; en nuestro caso será una subestación de ayudas visuales, que podemos equiparar con un data center.
- Las dimensiones del local para conocer el volumen a acondicionar.
- Altura del techo, espacio entre el cielo falso y techo.
- Materiales de construcción de las paredes, techo, pisos, así como su espesor y orientación en la estructura del local.
- Condiciones exteriores como el color de las paredes y del techo o sombras proyectadas por edificios adyacentes.
- Las ventanas son un punto importante dentro del cual debemos ver sus dimensiones, los materiales de los que están fabricados sus marcos, distancia del marco de la ventana a la cara exterior de la pared y si es de cristal simple o múltiple.
- Situación de puertas y su tipo.

- El número de ocupantes, tiempo de ocupación, actividades a realizar dentro del local.
- Potencia de iluminación así como sus tipos que pueden ser fluorescentes, directo o indirecto.
- Motores existentes dentro del local; se debe conocer su potencia nominal y empleo. Siempre es conveniente medir la potencia consumida cuando sea posible. Esto es de suma importancia en proyectos cuya mayor ganancia de calor es debida a maquinaria.
- También debemos tomar en cuenta utensilios y equipo electrónico, su situación, su potencia indicada. Un equipo electrónico exige frecuentemente su propio acondicionamiento de aire y aquí es cuando deben seguirse las instrucciones del fabricante en cuanto a variaciones de humedad y temperatura, las cuales son por lo general muy restrictivas.
- Almacenamiento térmico del sistema de aire acondicionado, es decir el horario de funcionamiento pudiendo ser de 12, 16 o 24 horas al día.

3.3 Cálculo de carga térmica

En éste capítulo se presentan ganancias de calor que podemos encontrar en subestaciones de ayudas visuales así como metodología para el cálculo de carga térmica.

Para el cálculo de carga térmica o carga de refrigeración se sigue el mismo método para cualquier edificio, solo que va a cambiar dependiendo del producto o material almacenado.

Primeramente se debe tener la ubicación geográfica y orientación respecto a los puntos cardinales del local, una vez realizado esto se ubican temperatura y HR

exterior que para nuestro caso será en publicaciones de la Secretaria del Medio Ambiente (SMA), aunque también puede obtenerse de tablas ya establecidas para cálculo en verano.

Las condiciones interiores ya son valores calculados y establecidos que van a variar dependiendo del producto que se esté almacenando pudiendo ser productos alimenticios, flores u otros sólidos como madera, hielo, carbón, papel, metales, etc. obteniendo su temperatura de t_w y su HR.

Cabe resaltar que los valores de coeficiente global de transferencia de calor (U) de materiales utilizados para determinada construcción podrán ser obtenidos de tablas calculadas experimentalmente (ver anexo) o directamente del fabricante.

Se comenzará con el primer cálculo que es el incremento de temperatura de bulbo seco (ΔT_d) y se obtiene de la siguiente manera.

$$\Delta T_d = t_{dext} - t_{dint} \quad (3.1)$$

Donde:

t_{dext} : Temperatura de bulbo seco exterior.

t_{dint} : Temperatura de bulbo seco interior.

3.3.1 Ganancia de calor debida a transmisión por barreras

Ganancia de calor debida a transmisión por barreras como pueden ser paredes, muros o divisiones entre diferentes compartimentos dentro del mismo local o paredes que dan directamente al exterior, esto se debe a la diferencia de temperaturas existente de un lado de la pared a otro.

La insolación y la diferencia de temperaturas durante transcurso del día dentro y fuera del local son variables, es por esto que se recurre al concepto empírico de “diferencia equivalente de temperatura”.

Esta equivalencia debe de tomar en cuenta los diferentes tipos de construcción como geometría del edificio y materiales de construcción además de la orientación respecto a los puntos cardinales y condiciones del proyecto, el valor de ganancia será:

$$Q_p = (A_p)(U_p)(\Delta T_d) \quad (3.2)$$

En donde:

Q_p = flujo de calor a través de la pared o muro en BTU/hr

A_p = Área neta en pies² de la pared.

U_p = Coeficiente de pared en BTU/h-pie²-°F

ΔT_d = Diferencia de temperaturas entre temperatura de diseño exterior e interior °F

La ΔT_d ; debe ser corregida de acuerdo a tabla 1(Ver anexo) por radiación que cada una de las paredes llegue a tener por incidencia directa de rayos solares (Ec. 3.3), la corrección de temperatura dependerá de la orientación de paredes respecto N, S, E y O así como por su color.

$$\Delta T_c = \Delta T_d + \text{Corrección de temperatura por efecto solar} \quad (3.3)$$

Este valor es precisamente el que se utiliza para realizar el cálculo del calor Q_1 que vendría dado por:

$$Q_1 = (A_p)(U_p)(\Delta T_c) \quad (3.4)$$

Dependiendo del número de paredes, la fórmula 3.2 se repetirá para hacer una sumatoria y se tendrá:

$$Q_1 = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} \quad (3.5)$$

3.3.2 Ganancia de calor por techos y pisos

Se deben tomar en cuenta los valores de conductancia para materiales de construcción y espesores.

$$Q_2 = (A_t)(U_t)(\Delta T_c) + (A_{\text{piso}})(U_{\text{piso}})(\Delta T_d) \quad (3.6)$$

Donde:

A_t = área del techo en pie^2

U_t = Coeficiente global de transmisión de calor de techo en $\text{BTU/h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$

A_{piso} = Área del piso en pie^2

U_{piso} = Coeficiente global de transmisión de calor de piso en $\text{BTU/h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$

En este caso la corrección por radiación directa únicamente va a ser en techo.

3.3.3 Ganancia de calor por puertas y ventanas

Las puertas y ventanas también se pueden considerar como barreras, es por eso que se podrán calcular por medio de coeficientes de transferencia de calor, en el caso de ventanas, existen diversos métodos unos más complicados que otros.

El método que se empleará será con un factor (U_v) agregando las correcciones de acuerdo diferentes factores como sombreado, polarizado de virios, vidrios dobles, marcos y persinas. La ganancia de calor por puertas y ventanas se obtiene con la siguiente formula.

$$Q_3 = (A_{\text{puerta}})(U_{\text{puerta}})(\Delta T_c) + (A_v)(U_v)(\Delta T_d) \quad (3.7)$$

Donde:

A_{puerta} = área del puerta en pie^2

U_{puerta} = Coeficiente de puerta en $\text{BTU/h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$

A_v = Área del ventana en pie^2

U_v = Coeficiente de ventana en $\text{BTU/h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$

3.3.4 Ganancia de calor debida a infiltración de aire por las ranuras en puertas y ventanas e infiltración de aire por apertura de puertas.

Para determinar el volumen de aire y las ganancias de calor latente y sensible, se deben considerar las pérdidas por infiltración.

La infiltración del aire se da por la utilización de puertas y ventanas, es decir por cada vez que una ventana o una puerta se abra existirá entrada y salida de aire y al mismo tiempo alteraciones climáticas dentro del local.

Las cantidades de aire exterior que se lleguen a filtrar tienen la mayoría de las veces diferente contenido de calor que el presente dentro del local, por lo tanto es necesario tomar en cuenta éste dato para el cálculo de carga térmica.

De manera general las infiltraciones se pueden dar de 2 formas, la primera sería por la velocidad del viento que es el que pega en la fachada del local generando una sobrepresión y una ligera depresión en la cara posterior del mismo.

La sobrepresión generada, hace que el aire se infiltre por espacios muy reducidos como los intersticios de puertas y ventanas, o rendijas que se lleguen a presentar en la construcción.

La segunda es por una diferencia de densidad o también llamado efecto chimenea. El efecto chimenea se genera por las diferencias de temperaturas que a su vez generan la diferencia de densidades entre el aire exterior y el aire interior; este fenómeno se presenta en edificios relativamente altos y se manifiestan de maneras diferentes en invierno y verano.

En invierno la infiltración es por la parte superior y la evacuación por la parte inferior, en verano es viceversa, la infiltración es por la parte inferior y la evacuación por la parte superior.

Para objeto de análisis en el desarrollo de proyecto de sistema de aire acondicionado para la subestación eléctrica de ayudas visuales, el efecto chimenea no se tomará en cuenta debido a que su valor y efecto en la ganancia de calor serían insignificantes por tratarse de un edificio de poca altura.

Como se mencionó, la entrada y salida de aire por infiltración, dependerá de muchos factores como la frecuencia de uso de puertas y ventanas, porosidad de las paredes, escaleras, ascensores, dirección y velocidad del viento, caudales relativos de aire de ventilación y de extracción.

Esos aspectos no pueden ser calculados con exactitud, debido a que la variabilidad de condiciones, uso del edificio y de otros factores como los antes descritos lo hace inexacto, es por eso que deben de ser calculados más por estimación empírica que matemática.

Sin embargo se han desarrollado métodos basados en la experiencia para determinar esta carga de refrigeración, estos métodos de estimación, están

sujetos a posible error y las aplicaciones específicas pueden variar en amplio espectro con relación a la ganancia de calor real encontrada.

Método de las ranuras: Éste método consiste en medir la longitud de todas las ranuras de puertas y ventanas, por medio de tablas experimentales, que dan la cantidad en pies cúbicos por hora pie de ranura ($\text{ft}^3/\text{hr-ft}$).

Método del área: Se obtienen las áreas de puertas y ventanas, mediante tablas experimentales que dan la cantidad en ($\text{ft}^3/\text{min-ft}^2$).

Método del volumen: Se calcula el volumen del espacio por calentar, se selecciona un factor de infiltración, que multiplicado por el volumen anterior y por la Δt proporciona el calor absorbido. Éste método solo se puede utilizar cuando las ventanas son relativamente pequeñas.

Entonces, las ganancias por infiltración por ranuras se calculan de la siguiente manera:

$$Q_4 = (C_p) (d) (q) (\Delta t_d) \quad (3.8)$$

Donde:

C_p = Calor específico del aire (0.244 BTU/lb-°C)

d = peso específico del aire (0.075 lb/pie³)

q = volumen de aire infiltrado por ranuras de puertas y ventanas

Δt = Incremento de temperatura.

Donde:

$$q = q_{\text{puertas}} + q_{\text{ventanas}}$$

y

$$q_{\text{puertas}} = (1/2 \text{ perímetro de puertas})(\text{volumen de aire infiltrado por hora pie})$$

Para infiltración únicamente se tomarán en cuenta $1/2$ del perímetro de las puertas. Será el mismo procedimiento para q_{ventanas} . El volumen de aire infiltrado se podrá obtener de la tabla 8 (Ver anexo).

3.3.5 Calor generado por producto almacenado

La carga debida al producto es sumamente importante para cámaras de refrigeración en la industria alimentaria. El producto almacenado puede ser alimenticio, como distintos tipos de frutas, vegetales, compuestos, o también pueden ser sólidos, como maderas, metales, minerales, vidrio, etcétera y líquidos, como son el alcohol, agua, refresco, ácidos, etcétera.

Ésta carga es la cantidad que hay que extraer al producto para bajar su temperatura hasta la temperatura del cuarto refrigerado, la carga puede provenir de un producto que tenga mayor temperatura que la del local, un proceso de congelación que implica carga latente o el calor de transpiración de algunos productos alimenticios.

Para lograr el cálculo de la carga se deben tomar en cuenta las propiedades del producto dentro de las cuales podemos encontrar la temperatura promedio de congelación, calor específico tanto sobre el punto de congelación como por debajo del punto de congelación y calor de evolución para los productos alimenticios.

Para los sólidos encontraremos su calor específico, densidad y conductividad térmica. Para los líquidos tendremos el punto de ebullición, calor específico, viscosidad, punto de congelación, densidad y conductividad térmica.

Todas las características brindan un apoyo para un mejor cálculo de carga térmica, dependiendo de las necesidades propias de las empresas.

El calor generado por el producto se calculará de la siguiente manera:

$$Q_5 = \text{Calor de campo} + \text{Calor de evolución} \quad (3.9)$$

Donde:

Calor de campo: (peso) (Cp) (Δt)

Calor de evolución: (No. de toneladas) (calor generado de evolución /ton-día)

Donde

Peso: Peso del producto en Kg

Cp: Calor específico del producto en BTU / lb °F

En una subestación no tendremos producto, ya que al ser de carácter eléctrico, no se tomará en cuenta este calor 5 (Q_5) para cálculo de carga térmica.

3.3.6 Ganancia de calor debida a personas

El calor corporal se produce por las calorías ingeridas más el oxígeno respirado, allí se produce la combustión y se genera energía mecánica, termodinámica y grasa que queda como reserva de energía, además de mantener en funcionamiento todos los órganos del cuerpo y alimentar a todas las células, en todos estos procesos se genera calor.

La temperatura del cuerpo depende de la alimentación, el metabolismo y el sistema circulatorio entre otras cosas.

Obviamente también de las infecciones que desencadenan en el organismo un aumento de la temperatura para defenderse de lo que las enferma.

Comemos y respiramos para generar energía. Cada molécula del cuerpo recibe oxígeno y sustancias de los alimentos para combinarlas, generar energía y consecuentemente calor, calor que es disipado al ambiente.

Es importante mencionar esto porque cada factor influye en la generación de calor, igualmente sobre un ser humano la cantidad de calor que genere dependerá de muchos aspectos como pueden ser la propia actividad que éstos estén desarrollando dentro del inmueble, es decir, el calor que disipa una persona que está en reposo, ya sea acostado, sentado o simplemente de pie no será el mismo que el calor que disipa una persona que está haciendo ejercicio o realizando alguna otra actividad que requiera esfuerzo físico

Para citar un ejemplo, en túneles del metro de la ciudad de México el calor y la humedad que se percibe es debido al gran conglomerado de personas además de que están en constante movimiento ya sea caminando o corriendo.

Situación que es muy distinta en un establecimiento en el que se den masajes, en un lugar así, la mayoría de las personas lo máximo que llegan a hacer es caminar.

Cuando el cuerpo se halla en reposo, la velocidad con que se desarrolla el metabolismo es mínima, pero cuando se efectúa un trabajo externo, aumenta notablemente. Una persona en reposo, disipa aproximadamente 100 watts (341.3 BTU / hr) en total (calor sensible y latente) hacia el medio exterior.

El ser humano tiene aproximadamente $1,8 \text{ m}^2$ (19.37 ft^2) de superficie de piel por eso decimos que disipamos, en reposo, unos 60 watts/m^2 (18 BTU/hr-ft^2).

A menor temperatura exterior, se disipa más calor. Si las condiciones del medio no permiten disipar la cantidad de calor generada, el cuerpo busca formas de aumentar la disipación.

Por medio de la transpiración se moja la piel y mejora el enfriamiento corporal por el efecto evaporativo. Aumenta la disipación de calor en forma de calor latente.

Por el contrario si la temperatura es muy baja se ponen en marcha mecanismos del cuerpo humano tales como el tiritar para que con el movimiento se genere

calor. La vestimenta tiene influencia importante sobre el intercambio de calor con el medio.

La ganancia por personas se divide en dos:

1. Ganancia de calor sensible.
2. Ganancia de calor latente.

Existen gráficas y tablas que nos proporcionan valores de ganancia de calor latente y sensible, o bien gráficas que combinan los 2 calores mostrando valores de calor total que genera el cuerpo (Fig 3.2).

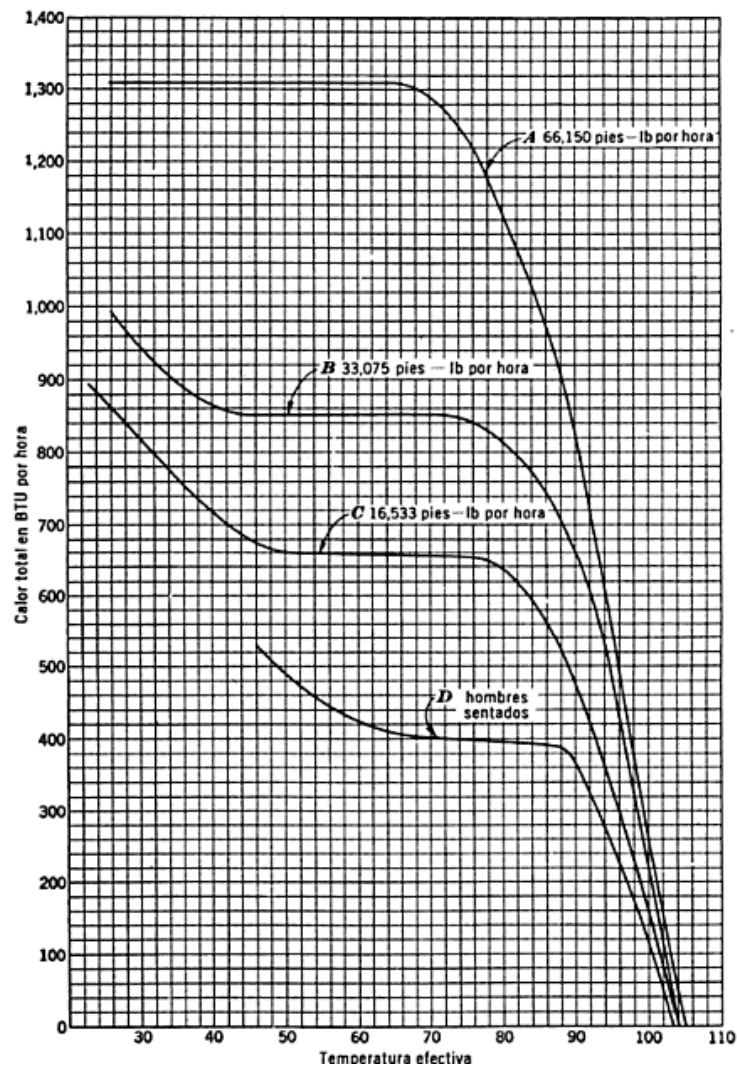


Fig 3.2 Pérdida de calor total del cuerpo humano a varias temperaturas efectivas en aire quieto.

Dichas gráficas han sido calculadas por empresas dedicadas al ramo y es posible encontrarlas en manuales o libros de texto.

La ganancia de calor debida a las personas será igual a la cantidad de personas presentes en el ambiente multiplicada por la ganancia de calor por persona.

$$Q_7 = (\text{No. De personas}) (\text{Calor generado por personas}) \quad (3.10)$$

En anexo se muestra tabla de calor generado por personas, se presentan diferentes valores en BTU / hr para distintas actividades.

3.2.7 Ganancia de calor generada por iluminación

La iluminación en una subestación de éste tipo es esencial, ya que como se describió en el capítulo 2 es necesario para evitar cualquier falla por falta de visibilidad.

La iluminación constituye una fuente de calor sensible, éste calor al igual que los anteriores se transmite por conducción, convección y radiación. Las bombillas por ejemplo transforman en luz el 10% de la energía absorbida.

Un 80 % de la potencia absorbida se disipa por radiación, y sólo el 10% restante por convección y conducción.

En el caso de los tubos fluorescentes transforman un 25% de la energía absorbida en luz, mientras que otro 25% se disipa por radiación hacia las paredes que rodean al local, y el resto por conducción y convección.

Toda energía eléctrica disipada directamente en el espacio, como luces, y otras fuentes emisoras de calor, se convierten en calor y debe incluirse en la carga térmica. Un Watt-hora es igual a 3.412 BTU y ésta relación de conversión es válida para cualquier cantidad de energía eléctrica.

Entonces el calor generado por iluminación vendrá dado por:

$$Q_7 = (\text{Watts}) (3.412) \quad (3.11)$$

Donde:

No. de watts: será la potencia del foco (w).

3.2.8 Ganancia de calor debida a equipo que genere calor

Para obtener la ganancia de calor debida al equipo que se tenga instalado en el espacio a acondicionar, se recurre a tablas experimentales.

Siempre se debe considerar esta parte de la ganancia total que en ocasiones, puede ser muy importante. En el cálculo se puede llegar a incrementar esta ganancia un 10% por alguna contingencia imprevista.

La ganancia viene dada por:

$$Q_8 = (\text{No. de watts})(3.412) \quad (3.12)$$

CAPÍTULO 4

Desarrollo de proyecto

En el presente capítulo se desarrolla un ejemplo de cálculo de carga térmica de una subestación de ayudas visuales ubicada en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Se sugerirán las unidades acondicionadoras y ductos a utilizar.

En el cálculo de carga térmica se tomarán en cuenta todos los factores descritos en el capítulo tres, estas condiciones variarán dependiendo de cada subestación así como de su ubicación geográfica.

Otro factor que sin duda es el más importante es la carga sensible que generen los equipos eléctricos y, su número dependerá del área a abastecer. Es decir, dependerá del tamaño del aeropuerto.

En todos los planos, instrumentos de medición, información de equipos, y demás documentos generados en el proyecto, deben utilizarse las unidades de medida requeridas por la NOM-008-SCFI.

4.1 Características de subestación

Para el desarrollo del proyecto se presentaran las condiciones climáticas que se leyeron en gráficas proporcionadas por la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) del Gobierno del Distrito Federal (GDF) en su portal de internet. Se mostrarán planos de ubicación y arquitectura del edificio objetivo y fuentes de calor (equipo eléctrico y personas).

4.1.1. Ubicación y cobertura

El edificio se encuentra justo al lado de torre de control como se muestra en la figura 4.1 con coordenadas: 19° 26' 10" Norte, 99° 4' 19" Oeste. Al Suroeste colinda con instalaciones de SENEAM y al Noreste con edificio de plantas de emergencia.

Por la fachada frontal no colinda con algún edificio, su pared está en contacto con intemperie y la fachada posterior colinda con estacionamiento de SENEAM que igualmente se encuentra sin techado alguno.



Fig. 4.1 Croquis de localización subestación de ayudas visuales AICM.

El área abastecida por la subestación incluye 2 pistas: la 05 derecha - 23 izquierda la cual mide 3,900 metros y la 05 izquierda - 23 derecha la cual mide 3,952 metros, rodajes Alfa, Bravo, Coca, Delta, Eco, Fox, Golfo, Hotel, Julieta, Kilo y Lima. Los circuitos regulados del AICM se muestran en la figura 4.2.

También desde subestación se controlan algunas instalaciones deportivas y de recreación, destinadas a empleados del AICM. Como canchas de futbol, de frontón y squash.

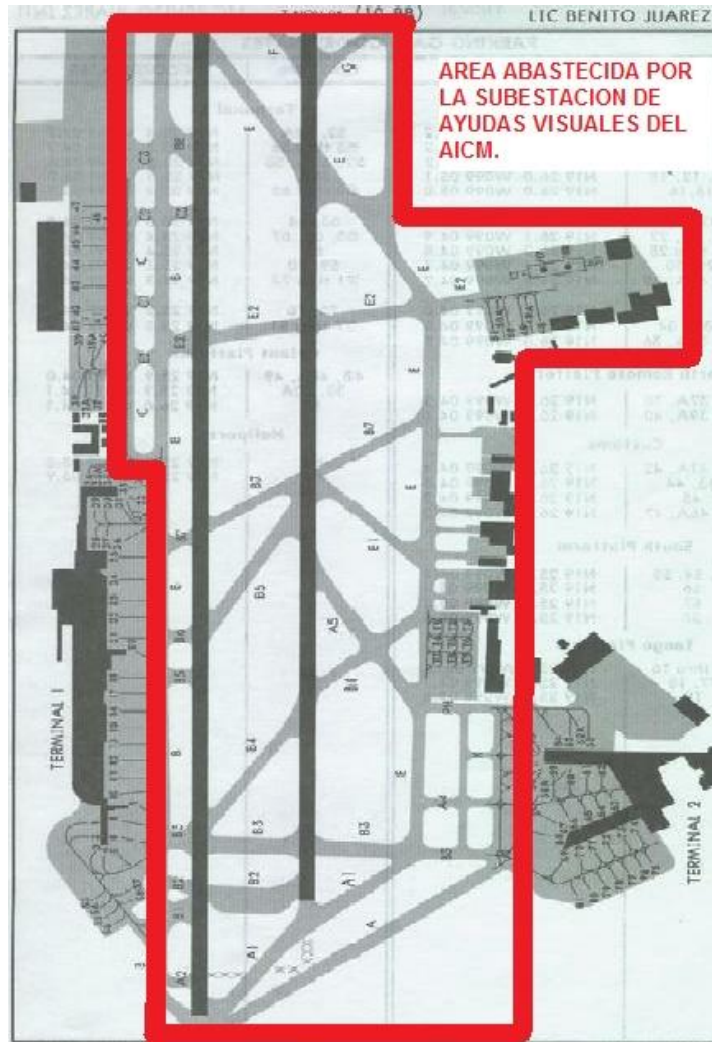


Fig. 4.2 Área controlada desde subestación de ayudas visuales del AICM.

4.1.2 Arquitectura de subestación

En las siguientes páginas se muestran los planos completos de subestación en donde se encontrarán todas las medidas necesarias en metros (m) para efectuar cálculos de carga térmica.

En la figura 4.3 se ilustra la subestación que se encuentra delimitada por la línea roja, enumerando del 1 al 4 las paredes que serán tomadas en cuenta para el cálculo. Se indica con una flecha la dirección Norte.

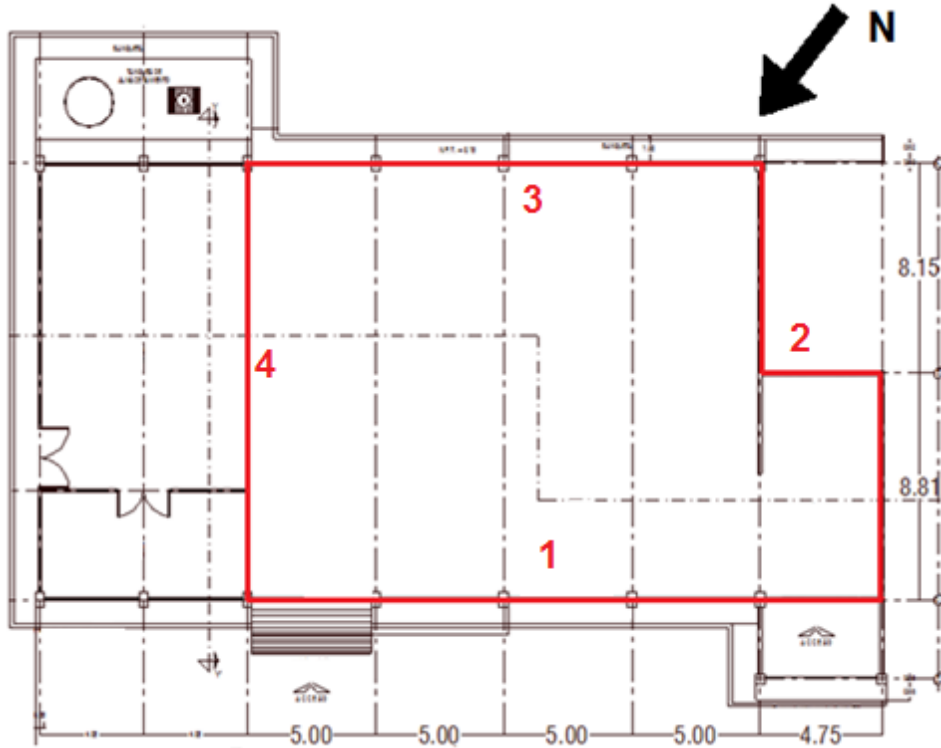


Fig. 4.3 Plano subestación de ayudas visuales AICM (vista superior).

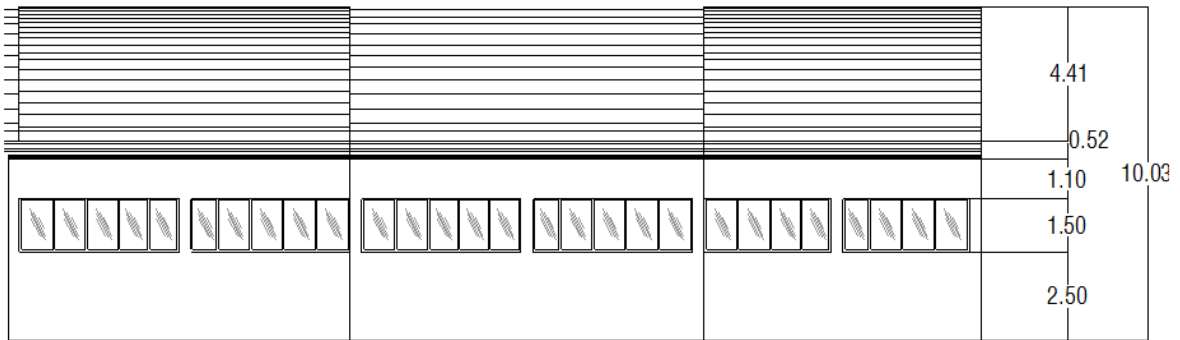


Fig. 4.4 Plano subestación de ayudas visuales AICM (fachada posterior).

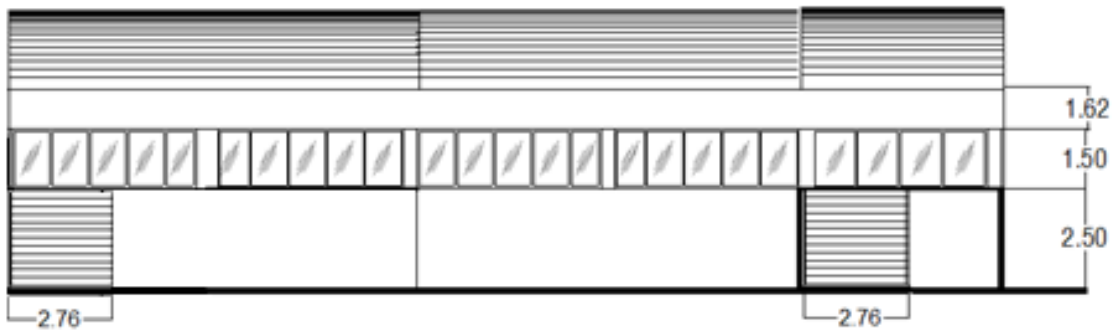


Fig. 4.5 Plano subestación de ayudas visuales AICM (fachada frontal).

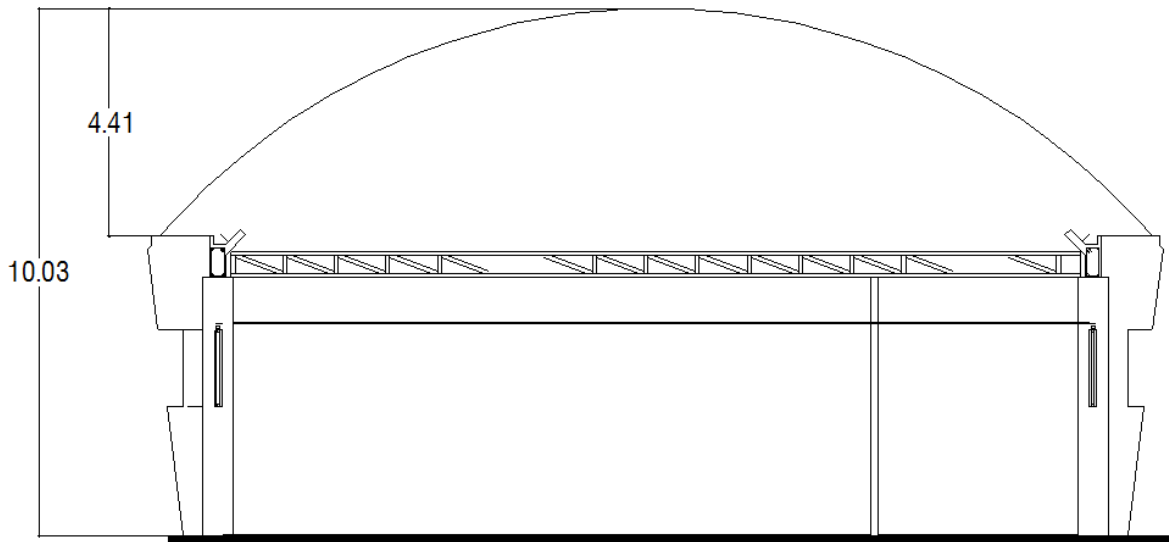


Fig. 4.6 Plano subestación de ayudas visuales AICM (corte lateral).

En las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 se muestran detalles del edificio para poder determinar áreas de ventanas y puertas, así como altura de arcotecho.

El arcotecho es una estructura acanalada de lamina de acero que va montada en este caso sobre las paredes de subestación justo como se muestra en la figura 4.6 la cual también ofrece un detalle de la estructura en la que va montado el cielo falso.

Por último se muestra cómo es que están dispuestos los equipos eléctricos dentro del edificio (Fig. 4.7). Es importante ubicar cada uno de estos equipos, ya que será de prioridad para la correcta localización de los difusores y al mismo tiempo la correcta distribución del aire.

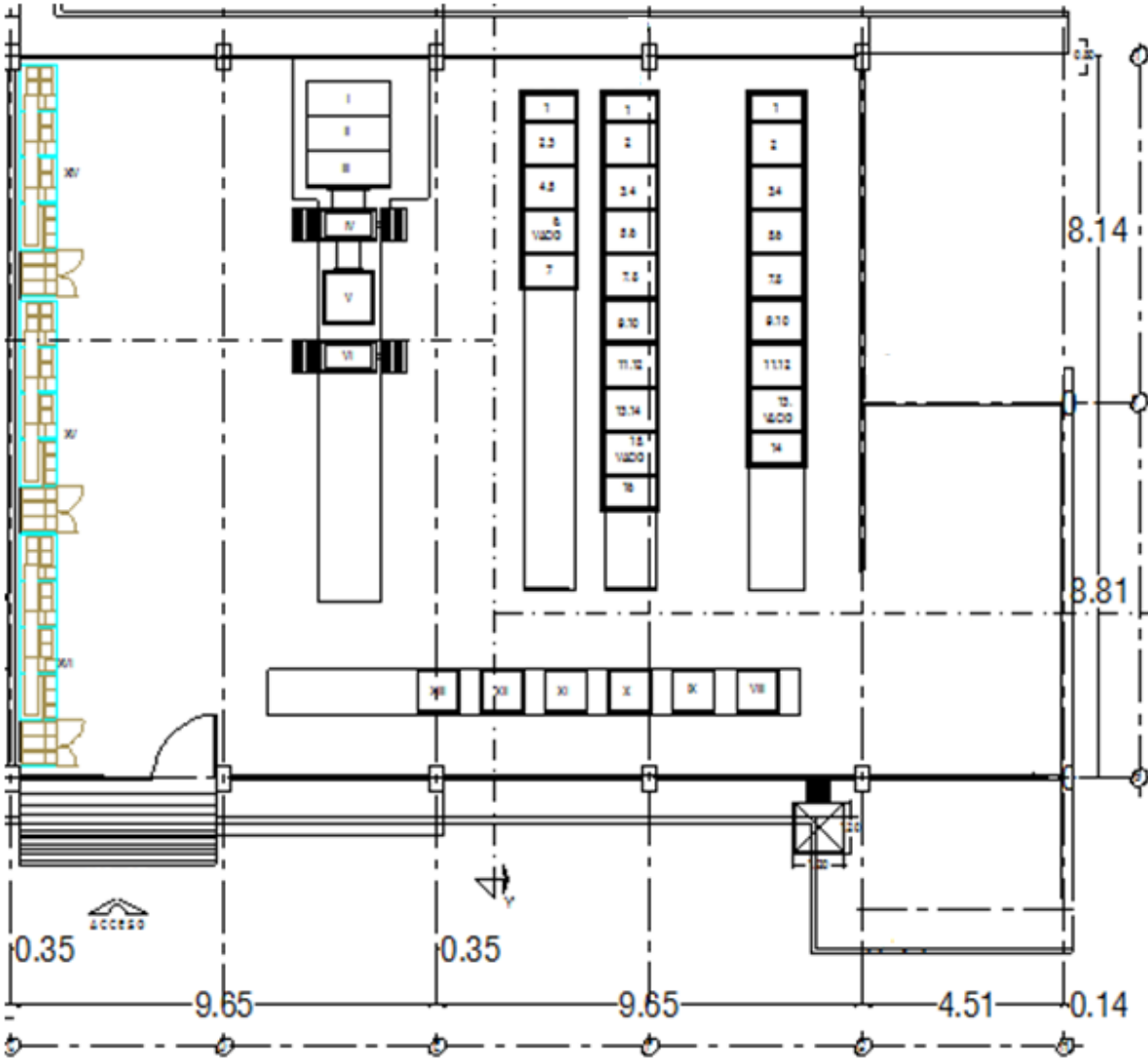


Fig. 4.7 Disposición de equipo eléctrico en subestación (vista superior).

Las medidas son las siguientes:

Pared uno (fachada frontal): está construida con ladrillo de 0.12m (4.7 plg) de ancho, acabado de cemento con espesor aproximado total de 0.04m (1.57 plg). En el lado exterior se cuenta con acabado durock nextGEN para estética del edificio.

Ancho 24.75m (81.20 ft)

Alto 5.62m (18.43 ft)

Cuenta con cinco ventanas sencillas (1 lámina polarizada verde oscuro), con bastidor metálico de aluminio. Cada una tiene las siguientes medidas:

Ancho 4.6m (15.09 ft)

Alto 1.5m (4.92 ft)

Tiene dos puertas de panel de policarbonato con marco de aluminio.

Ancho 2.76m (9.06 ft)

Alto 2.5m (8.20 ft)

Pared dos: colinda con oficinas de Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) en donde cuentan con una temperatura de 26°C (79 °F). Está construida con ladrillo de 0.12m (4.7 plg) de ancho, acabado de cemento con espesor aproximado total de 0.04 (1.57 plg).

Se tomará como pared 2 toda la parte colindante con estas oficinas. Se divide en tres paredes que tienen en conjunto las siguientes medidas:

Ancho 21.71m (71.22 ft)

Alto 5.62m (18.43 ft)

Pared tres (parte trasera de subestación): está construida con ladrillo de 0.12m (4.7 plg) de ancho, acabado de cemento con espesor aproximado total de 0.04m (1.57 plg). En el lado exterior se cuenta con acabado extra durock nextGEN para estética del edificio.

Ancho 20m (65.62 ft)

Alto 5.62m (18.43 ft)

Cuenta con cuatro ventanas sencillas (1 lámina polarizada verde oscuro), con bastidor metálico de aluminio. Cada una tiene las siguientes medidas:

Ancho 4.6m (15.09 ft)

Alto 1.5m (4.92 ft)

Pared cuatro: colinda con plantas de emergencia que solamente son utilizadas en caso de corte de suministro de energía eléctrica por parte de CFE (Comisión Federal de Electricidad). Es un espacio no acondicionado sin cielo falso, teniendo una temperatura de 31°C (88°F).

Está construida con ladrillo de 0.12 (4.7 plg) de ancho, acabado de cemento con espesor aproximado total de 0.04 (1.57 plg). Sus medidas son:

Ancho 16.96m (55.64ft)

Alto 5.62m (18.43ft)

El piso es de cemento, el edificio cuenta sólo con un piso, donde se encuentra la subestación.

El techo es de tipo arcotecho de acero galvanizado calibre 18 (1.2 mm = 0.047 plg).

4.1.3 Equipo presente en subestación y otras fuentes de calor

El número de personas máxima que puede existir en la subestación es de 3 realizando actividades como toma de lecturas en CCRs, supervisión de equipos, limpieza o en reposo.

En las siguientes tablas se enlistan equipos eléctricos presentes en subestación.

Tabla 4.1 Primer conjunto de reguladores (SwitchGear 1)

REGULADOR	CAPACIDAD		TRAYECTORIA DEL CIRCUITO
1	Regulador Constante(Siemens) 20kw	de Corriente	Cto. Barras de Parada (2)
2	Regulador Constante(Siemens) 30kw	de Corriente	Cto. Barras de Parada (2)
3	Regulador Constante(Siemens) 10kw	de Corriente	Reserva
4	Regulador Constante(Siemens) 20kw	de Corriente	Cto. 16 Rodajes A, A2, B3, B4, J, K, L, A4, PH
5	Regulador Constante(Siemens) 20kw	de Corriente	Cto. 17 Rodajes E1, B7, D, E
6	Regulador Constante(Siemens) 20kw	de Corriente	Cto. 13 Rodajes, B7, D, E2, E, G, H, B, D1

Tabla 4.2 Segundo conjunto de reguladores (SwitchGear 2)

REGULADOR	CAPACIDAD	TRAYECTORIA DEL CIRCUITO
1	Regulador de Corriente Constante(Siemens) 50 kw	Cto. 2 Pista 05R / 23L
2	Regulador de Corriente Constante(Siemens) 30kw	Reserva
3	Regulador de Corriente Constante(Siemens) 30kw	Reserva
4	Regulador de Corriente Constante(Siemens) 30kw	Cto. Barras de Parada (1)
5	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw	Cto. Rodajes C, C1, C2, C3
6	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw	Cto. Rodajes B3, A4
7	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw	Cto. Rodajes D, G, B, D1
8	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw	Cto. Rodajes A, A1, B2
9	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw	Cto. Rodajes E, F, B, H1, H
10	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 10kw	Cto. Conos de viento
11	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 10kw	Cto. Plataforma de contingencias
12	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 7.5kw	Cto. Sistema P.A.P.I 23R/23L
13	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 10kw	Reserva
14	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw	Cto. 1 Eje de pista 05R/23L
15	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw	Cto. 2 Eje de pista 05R/23L

Tabla 4.3 Tercer conjunto de reguladores (SwitchGear 3)

REGULADOR	CAPACIDAD			TRAYECTORIA DEL CIRCUITO
1	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 50kw			Cto. 2 Pista 05-R/23-L
2	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw			Reserva
3	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 30kw			Cto. 1 de Aproximación
4	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 30kw			Cto. Rodajes B, B1, B2, B3 ,B4, B5, B6, B7, E2
5	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 30kw			Cto. Rodajes B, E2, C2, B8, B9
6	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 30kw			Cto. Rodajes E, B4, E1, B7
7	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 30kw			Cto. Barras de parada (1)
8	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw			Cto. Aproximación 23D
9	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 30kw			Cto.Rodajes B4, A4, B6, B7
10	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 7.5kw			Cto. Sistema P.A.P.I 05R / 05L
11	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 10kw			Cto. Rodaje E2
12	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 10kw			Reserva
13	Regulador de Corriente Constante (Siemens) 20kw			Cto, Aproximación 05L

Tabla 4.4 Reguladores de control de pistas.

REGULADOR	CAPACIDAD			TRAYECTORIA
1	Regulador de Corriente (Westinghouse) 50kw	Constante		Cto. C1 Pista 05L/23R
2	Regulador de Corriente (Westinghouse) 50kw	Constante		Cto. C2 Pista 05L/23R
3	Regulador de Corriente (Westinghouse) 30kw	Constante		Cto. De Rodajes
4	Regulador de Corriente (Westinghouse) 30kw	Constante		Reserva
5	Regulador de Corriente (Westinghouse) 30kw	Constante		Reserva
6	Regulador de Corriente (Westinghouse) 30kw	Constante		Reserva
7	Regulador de Corriente (Westinghouse) 30kw	Constante		Cto. De Rodajes PH, E, J, L, K, A4
8	Regulador de Corriente (Westinghouse) 20kw	Constante		Cto. Señalamiento Vertical
9	Regulador de Corriente (Siemens) 30kw	Constante		Reserva
10	Regulador de Corriente (Siemens) 20kw	Constante		Reserva
11	Rack de cómputo de 2 PC's y pantallas touch screen para operación de barras de parada			Subestación de Ayudas Visuales

Tabla 4.5 Transformadores y Sistemas de energía ininterrumpida.

No.	EQUIPO Y CAPACIDAD	CANTIDAD
A	Transformador de 2000 KVA 480/220 V	1 PZA
B	Transformador De 300 KVA 480/220-127 V	1 PZA
C	Interruptor General	1 PZA
D	Tableros de control	1 PZA
E	UPS de 600 KVA	3 Conjuntos
F	Sistema de monitoreo con sensores.	1 Conjunto

4.2 Memoria de cálculo

La memoria de cálculo se desarrolló con temperaturas y humedad relativa máxima promedio que se puede llegar a registrar en verano en la zona de hangares de la ciudad de México. De igual forma se tomaron valores máximos de operación de los equipos eléctricos.

El cálculo de la carga térmica se debe realizar como se indica en el ASHRAE (o equivalente), aplicando las cargas externas e internas de calor que afectan al local por acondicionar.

4.2.1 Coeficientes globales de transmisión de calor U.

Los valores U extraídos de tablas o calculados que serán utilizados, fueron determinados para una velocidad de viento de 15mph. En el cálculo también se desarrolla la obtención de los coeficientes para paredes y techo (con cielo falso).

Por lo que se ha anexado el conjunto de tablas para su ejemplificación.

$$U_{\text{pared 1}} = 0.75$$

$$U_{\text{pared 2}} = 0.93$$

$$U_{\text{techo}} = 0.67$$

$$U_{\text{puerta}} = 2.63$$

$$U_{\text{ventana}} = 0.36$$

Estos valores podrán ser modificados para diferentes velocidades de aire en base tabla presentada en anexo.

4.2.2 Cálculo de carga térmica

Los cálculos se realizarán en sistema inglés, al final se muestran tablas de resultados tanto en sistema inglés como en Sistema Internacional (SI).

$$t_{d \text{ ext}} = 90 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_{w \text{ ext}} = 78.5 \text{ }^\circ\text{F}$$

Tabla 4.6 Condiciones atmosféricas iniciales.

VARIABLE	AIRE EXTERIOR	AIRE INTERIOR
t_d	90 °F	70 °F
t_w	78.5 °F	58.5 °F
HR	60 %	50 %
W_s	128 gr/lb	50.5 gr/lb
μ	14.25 ft ³ /lb	13.5 ft ³ /lb
h_a	42.1 BTU/lb	25.3 BTU/lb
t_r	74 °F	50.5 °F

Correcciones por altura y diferencia de presiones en condiciones exteriores de diseño.

$$\text{Presión en el DF} = 585 \text{ mm-Hg} = 23.03 \text{ plg-Hg}$$

$$\Delta P = P_{B \text{ DF}} = 23.03 - 29.92 = -6.8 \text{ plg-Hg}$$

Extrapolando $\Delta w'_s$ de tabla para correcciones en carta psicrométrica

ΔP	$\Delta w'_s$
$X_1 = -5$	$Y_1 = 31$
$X = -6$	$Y = 39$
$X_2 = -6.8$	$Y_2 = 45.4 = \Delta w'_s$

$$\Delta w_s = \Delta w'_s \left[1 - \left(0.01 \frac{t_d - t_w}{24} \right) \right] = 45.28 \text{ gr/lb}$$

$$w_{s \text{ DF}} = 128 + 45.28 = 173.28 \text{ gr/lb}$$

$$\mu_{\text{DF}} = \frac{0.754 (t_d + 460)}{P_{B \text{ DF}}} \left(1 + \frac{w_{s \text{ DF}}}{4360} \right) = 18.72 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$h = \Delta h + h' + h \text{ (a una presión de } 29.92 \text{ plg-Hg)}$$

Extrapolando de tabla para correcciones en carta psicrométrica.

ΔP	Δh
$X_1 = -5$	$Y_1 = 4.85$
$X = -6$	$Y = 6.1$
$X_2 = -6.8$	$Y_2 = 7.1 = \Delta h$

$$h_{\text{DF}} = 49.07 \text{ BTU/lb}_a$$

Humedad retirada del aire:

$$\text{Humedad retirada} = w_{s\text{-exterior}} - w_{s\text{-interior}}$$

$$\text{Humedad retirada} = 173.28 - 50.5 = 122.78 \text{ gr/lb}$$

Calor retirado del aire:

$$h_{\text{retirada}} = h_{DF} - h_{\text{int}}$$

$$h_{\text{retirada}} = 49.07 - 25.3 = 23.7 \text{ BTU/lb}$$

Carga Térmica

Paredes con radiación directa 1 y 3

$$\Delta t_d = 90 - 70 = 20 \text{ }^\circ\text{F}$$

Área de ventanas pared 1

$$A_v = 5 (15.09 \times 4.92) = 371.21 \text{ ft}^2$$

Área de ventanas pared 3

$$A_v = 4 (15.09 \times 4.92) = 296.97 \text{ ft}^2$$

Áreas de puertas

$$A_{\text{puertas}} = 2 (9.06 \times 8.20) = 148.58 \text{ ft}^2$$

Áreas de paredes.

$$A_{P1} = (81.2 \times 18.43) - (371.21 + 148.58) = 976.73 \text{ ft}^2$$

$$A_{P2} = 71.22 \times 18.43 = 1,312.59 \text{ ft}^2$$

$$A_{P3} = 65.62 \times 18.43 = 912.41 \text{ ft}^2$$

$$A_{P4} = 55.64 \times 18.43 = 1,025.45 \text{ ft}^2$$

Calculando coeficiente global de transferencia de calor "U" de la paredes.

Conductividad térmica "C" de:

Espesor ladrillo 4.7 plg = 0.12 m

Espesor cemento 1.57 plg = 0.04m

$$\text{Ladrillo común: } 0.8 \frac{w}{m \text{ } ^\circ K} \quad \therefore C_{\text{ladrillo}} = 6.66 \frac{w}{m^2 \text{ } ^\circ K} = 1.17 \frac{BTU}{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr}$$

$$\text{Cemento duro: } 1.047 \frac{w}{m \text{ } ^\circ K} \quad \therefore C_{\text{cemento}} = 26.17 \frac{w}{m^2 \text{ } ^\circ K} = 4.61 \frac{BTU}{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr}$$

Obteniendo resistencia térmica R

$$R_{\text{durock}} = 0.26 \frac{BTU}{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr} \quad \text{Valor obtenido del fabricante.}$$

Coeficiente U para paredes 1 y 3

$$R_{\text{total}} = \frac{1}{C_{\text{ladrillo}}} + \frac{1}{C_{\text{cemento}}} + R_{\text{durock}}$$

$$R_{\text{total}} = \frac{1}{1.17} + \frac{1}{4.61} + 0.26 = 1.33 \frac{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr}{BTU}$$

$$U = \frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{1.33} = 0.75 \frac{BTU}{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr}$$

Coeficiente para paredes 2 y 4

$$R_{\text{total}} = \frac{1}{C_{\text{ladrillo}}} + \frac{1}{C_{\text{cemento}}}$$

$$R_{\text{total}} = \frac{1}{1.17} + \frac{1}{4.61} = 1.07 \frac{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr}{BTU}$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{1.07} = 0.93 \frac{BTU}{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr}$$

$$Q_1 = (A_p)(U_p)(\Delta T)$$

$$Q_{p1} = (976.73)(0.75)(20+2.82) = 16,716.73 \frac{BTU}{hr}$$

$$Q_{p2} = (1,312.59)(0.93)(11) = 13,427.79 \frac{BTU}{hr}$$

$$Q_{p3} = (912.41)(0.75)(20+2.82) = 15,615.9 \frac{BTU}{hr}$$

$$Q_{p4} = (1,025.45)(0.93)(2) = 1,907.337 \frac{BTU}{hr}$$

$$Q_1 = 47,667.76 \frac{BTU}{hr}$$

Q_2 = Ganancia e calor por techos y pisos

$$Q_2 = (A_t)(U_t)(\Delta T_c) + (A_{piso})(U_{piso})(\Delta T_d)$$

No hay ganancia de calor por piso ya que es planta baja.

$$Q_{Techo} = (A)(U)(\Delta t_c)$$

Superficie total calculada en ft² de arco-techo de lámina de acero.

Área total de techo de subestación = 4807.59 ft²

Área de cielo falso = 4101.36 ft²

Calculando U_{techo}

Espesor arcotecho de 0.047 plg = 0.0012m

$$\text{Acero: } 47 \frac{w}{m \text{ } ^\circ K} \quad \therefore C_{acero} = 3,9166 \frac{w}{m^2 \text{ } ^\circ K} = 6,897.65 \frac{BTU}{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr}$$

$$U_{acero} = 6,897.65 \frac{BTU}{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr}$$

El edificio cuenta con cielo falso por lo que será necesario calcular un coeficiente combinado para techos inclinados y cielo horizontal basado en el área de cielo falso con la siguiente relación:

$$U_{\text{techo}} = \frac{U_{\text{acero}} U_c}{U_{\text{acero}} + \frac{U_c}{n}}$$

Donde:

U_{techo} = Coeficiente global total de transferencia de calor de techo.

U_{acero} = Coeficiente global de transferencia de calor calculado del acero.

U_c = Coeficiente global de transferencia de calor de cielo falso (tablas)

n = Relación de área de arcotecho entre área de cielo falso.

$$n = \frac{4807.54 \text{ ft}^2}{4101.36 \text{ ft}^2} = 1.17$$

$$U_{\text{techo}} = \frac{6897.65 (0.67)}{6897.65 + \frac{0.67}{1.17}} = 0.67 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \text{-hr}}$$

$$Q_2 = (4,101.36) (0.67) (20+9) = 79,682.42 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Q_3 = Ganancia de calor por puertas y ventanas

$$Q_3 = (A_{\text{puerta}})(U_{\text{puerta}})(\Delta T_c) + (A_v)(U_v)(\Delta T_d)$$

$$A_{\text{puertas}} = 148.58 \text{ ft}^2$$

$$A_{\text{ventanas}} = 668.18 \text{ ft}^2$$

Conductividad de panel de policarbotano.

Espesor de panel de policarbonato de $\frac{1}{2}$ plg = 0.0127m

$$C_{\text{panel}} = 0.19 \frac{w}{m \text{ } ^\circ K} \quad U = 14.96 \frac{w}{m^2 \text{ } ^\circ K} = 2.63 \frac{BTU}{ft^2 \text{ } ^\circ F-hr}$$

$$Q_{\text{puerta}} = (148.58) (2.63) (20+2.82) = 8,917.27 \frac{BTU}{hr}$$

Factor de corrección para vidrio polarizado verde oscuro = 0.32

Factor de corrección por marco metálico de aluminio = 1.13

$$Q_{\text{ventanas}} = (668.18) (1.13) (0.32) (20) = 4,832.28 \frac{BTU}{hr}$$

$$Q_3 = 8,917.27 + 4,832.28 = 13,749.55 \frac{BTU}{hr}$$

Q_4 = Ganancia de calor generada por infiltración.

$$Q_L = 0.68 V (W_{s \text{ exterior}} - W_{s \text{ interior}}) \frac{BTU}{hr}$$

$$Q_S = 1.08 V (\Delta T) \frac{BTU}{hr}$$

Determinando V

Infiltración de $3 \text{ ft}^3 / \text{min}$ por ft^2 de acuerdo a tabla 8 (Ver anexo)

$$V = (3) (74.29) = 222.87 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

$$Q_{4L} = 0.68 (222.82) (173.28 - 50.5) = 18,603.33 \frac{BTU}{hr}$$

$$Q_{4S} = 1.08 (222.82) (20) = 4,812.9 \frac{BTU}{hr}$$

Q_5 = No hay ganancia de calor por producto.

Q_6 = Ganancia de calor generada por personas.

Q_6 = (Número de personas) (Calor por persona)

$$Q_{6S} = (3) (530) = 1,590 \frac{BTU}{hr}$$

$$Q_{6L} = (3) (220) = 660 \frac{BTU}{hr}$$

Q_7 = Ganancia de calor por iluminación.

Q_7 = (cantidad de watts) (3.412)

$$Q_7 = (1,920 \text{ w}) (3.412) = 6,551.04 \frac{BTU}{hr}$$

Q_8 = Ganancia de calor generada por equipo eléctrico.

Ganancia de calor de reguladores CCR tomando en cuenta su eficiencia

Número de CCRs ((1- eficiencia) x capacidad del regulador en watts)

$$2 ((1-0.90) \times 7,500) = 1,500 \text{ watts}$$

$$6 ((1-0.90) \times 10,000) = 6,000 \text{ watts}$$

$$15((1-0.90) \times 20,000) = 30,000 \text{ watts}$$

$$16 ((1-0.92) \times 30,000) = 38,400 \text{ watts}$$

$$4 ((1-0.93) \times 50,000) = 14,000 \text{ watts}$$

$$\text{Total} = 89,900 \text{ watts}$$

Dos computadoras de 200 watts c/u

$$\text{Total} = 400 \text{ watts}$$

Dos pantallas LCD de 32 plg de 150 watts c/u

$$\text{Total} = 300 \text{ watts}$$

Dos transformadores, uno de 2,000 KVA y otro de 300 KVA

$$\text{Factor de potencia (FP)} = \frac{\text{Potencia Activa (w)}}{\text{Potencia Aparente (VA)}}$$

$$\text{FP} = \frac{P}{S} \quad \therefore P = \text{FP} \times S$$

$$P = (2,000 \text{ KVA}) (1 - 0.98) = 40 \text{ Kw} = 40,000 \text{ watts}$$

$$P = (300\text{KVA}) (1 - 0.97) = 9 \text{ Kw} = 9,000 \text{ watts}$$

Tres sistemas UPS

Tabla 4.7 Datos de entrada y salida tomados de pantalla en los gabinetes de UPS.

	Entrada (kw)	Salida (kw)	Calor generado (kw)
Línea 1	55	45	10
Línea 2	16	1.4	14.6
Línea 3	20	6.5	13.5

$$\text{Total} = 38.1 \text{ kw} = 38,100 \text{ watts}$$

$$Q_8 = (\text{Total watts}) (3.412)$$

$$Q_8 = (177,700 \text{ watts}) (3.412) = 606,312.4 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} + 10\% \text{ (Factor de seguridad)}$$

$$Q_8 = 666,943.64 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Por seguridad se agrega el 10% a ésta ganancia.

$$Q_8 = 769,406 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_{S \text{ TOTAL}} = 820,067.32 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_{L \text{ TOTAL}} = 20,193.33 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 840,260.65 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

4.2.2 Cálculo de mínima cantidad de aire suministrado y condiciones

Mínima cantidad de aire suministrado: si la temperatura varía en 20°F menor a $t_{dint} = 70^\circ\text{F}$, es decir la temperatura en los difusores será de $t_{sum} = 50^\circ\text{F}$

$$M = \frac{Q_{S\ TOTAL}}{0.24 (t_{d\ int} - t_{sum})}$$

$$M = \frac{820,067.32 \frac{BTU}{hr}}{0.24 (70 - 50)} = 170,847.36 \frac{lb}{hr}$$

Condiciones de aire de suministro: Obteniendo valores de condiciones de aire de suministro de carta Psicrometrica

$$Q_L = M (W_{sint} - W_{sum}) \frac{1050}{7000}$$

$$W_{sum} = W_{sint} - \frac{7000 (Q_L)}{1050 M}$$

$$W_{sum} = 50.5 - \frac{7000 (20,193.33)}{1050 (170,847.36)} = 49.71 \frac{gr}{lb}$$

Entrando con $t_{sum} = 50^\circ\text{F}$ y $W_{sum} = 49.71 \frac{gr}{lb}$ tenemos los siguientes valores.

Tabla 4.8 Condiciones de aire de suministro.

Aire de suministro	
W_{sum}	49.71 gr / lb
t_w	49 °F
h_{sum}	19.75 BTU / lb
t_r	48 °F
μ_{sum}	13 ft ³ / lb

Aire suministrado por el ventilador:

$$V = \frac{M \mu_{sum}}{60} = \frac{170,847.36 (13)}{60} = 37,016.93 \frac{ft^3}{min}$$

4.2.3 Capacidad del acondicionador

Aire que se requiere para ventilación es de $7.5 \frac{ft^3}{min}$ por persona, teniendo un máximo de 3 personas dentro de la subestación.

$$V = (3 \text{ personas}) (7.5) = 22.5 \frac{ft^3}{min}$$

$$M = \frac{60 V}{\mu_{sum}} = \frac{60 (22.5)}{13} = 103 \frac{lb}{hr}$$

$$M_R = 170,847.36 - 103 = 170,744.36 \frac{lb}{hr}$$

Condiciones De la mezcla de aire fresco y el aire re circulado:

$$103 (90) + 170,744.36 (70) = 170,847.36 t$$

$$t = 70.01 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$103 (42.1) + 170,744.36 (25.3) = 170,847.36 h$$

$$h = 25.31 \frac{BTU}{lb}$$

$$q = 192,040.82 (25.31 - 19.75) = 949,911.32 \frac{BTU}{hr}$$

Realizando conversión de BTU / hr a Toneladas de refrigeración (TR):

$$\frac{949,911.32 \frac{BTU}{hr}}{12,000 \frac{BTU}{hr - Ton}} = 79.15 TR$$

El cálculo final de carga térmica indica que son 79.15 TR suficientes para mantener el nivel de temperatura adecuado.

Tablas de resultados

Tabla 4.9 Calor y humedad a retirar.

Concepto	Sist. Ingles	Sist. Internacional
Humedad retirada w_s	122.78 gr / lb	270.68 gr / kg
Calor retirado h_a	23.77 BTU / lb	55 kj / kg

Tabla 4.10 Ganancias de calor

Ganancia de calor.	Sist. Ingles (BTU /hr)	Sist. Internacional (watts)
Q_1	47,667.76	13,970.62
Q_2	79,682.42	23,353.58
Q_3	13,749.56	4,029.76
Q_4 SENSIBLE	4,812.9	1,410.58
Q_4 LATENTE	18,603.33	5,452.32
Q_5 SENSIBLE	660	193.43
Q_5 LATENTE	1,590	466
Q_7	6,551.04	1,929
Q_8	666,943.64	195,470

Tabla 4.11 Ganancias totales de calor

Ganancias totales	Sist. Ingles (BTU /hr)	Sist. Internacional (watts)
Q_S TOTAL	820,067.32	240,347.98
Q_L TOTAL	20,193.33	5,918.32
Q TOTAL	840,260.65	246,266.31

4.3 Desarrollo del proyecto

- a) El desarrollo del proyecto debe ser realizado obedeciendo la NOM-011-ENER.
- b) El diseño del sistema de aire acondicionado debe cumplir con los requerimientos de esta Especificación y los del ASHRAE Handbook: Fundamentals (o equivalente).
- c) Para el diseño del sistema de aire acondicionado se deben aplicar las condiciones climatológicas y de diseño, especificadas en los documentos proporcionados por el proyectista para su desarrollo.

4.3.1 Distribución de aire

- a) La distribución del volumen de aire debe ser por medio de ductos.
- b) Los ductos se deben localizar en el espacio existente entre el techo y el plafón o en el espacio entre el piso y piso falso, según sea el caso, sin interferir con otras instalaciones.
- c) El diseño del ducto debe cumplir con los requerimientos del ASHRAE (Handbook: Fundamentals, Air Duct Design), del NFPA 90A, y manual SMACNA (o equivalentes).
- d) En todas las uniones de ductos con equipos de aire acondicionado, se debe instalar una junta flexible anti-vibratoria del tipo no inflamable y sellada.

Protección de ductos.

- a) Los ductos exteriores de aire acondicionado (en este caso serán del plenum extendido en reducción Fig.4.8) se deben proteger con una camisa de lámina de aluminio lisa, engargolada en sus extremos.

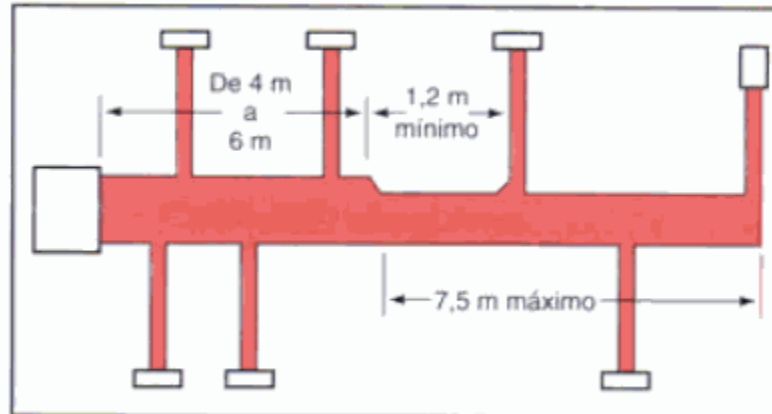


Fig 4.8 Sistema de plenum extendido en reducción. (Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado, Volumen 3, William C. Whitman, William M. Johnson)

- b) El aislamiento de ductos circulares interiores debe de ser termo-acústico fabricado con fibra de vidrio aglutinada con resina fenólica de fraguado térmico para soportar temperaturas altas.



Fig.4.9 Ducto circular con aislamiento.

- c) El aislamiento de la tubería de agua helada debe ser protegido con lámina de aluminio, traslapada a cada 300 mm, longitudinal y transversalmente, sujeta con remaches “pop” de 3 mm (1/8 plg).
- d) La protección de la tubería de refrigerante se debe realizar de acuerdo a los requerimientos especificados por el fabricante del equipo.

Soportes para ductos:

- a) Los ductos se deben soportar (como mínimo) con ángulo de acero al carbón de 3 x 38 mm, sujetar con espárrago de 10 mm (3/8 plg) de diámetro con tuerca y rondana, fijar al muro o techo con ancla (HILTI o equivalente), tuerca hexagonal y rondana de presión, con una separación máxima a lo largo del ducto de 3 metros
- b) Para fijación de ductos exteriores se deben usar, como mínimo, cinchos de solera de acero al carbono, de 25 mm de ancho x 3 mm de espesor.

Difusores y rejillas (de inyección, de retorno y de puerta):

- a) El diseño para la distribución de aire debe ser uniforme, evitar puntos calientes o turbulencia en los locales, y tener el tipo y cantidad de difusores o rejillas, aplicando los parámetros: tiro (alcance), velocidad terminal y velocidad residual.
- b) Los difusores y rejillas deben ser de aluminio con acabado de pintura (estándar del fabricante).
- c) Los difusores y rejillas de volumen variable deben tener una conexión de entrada de aire, un pleno con aislamiento acústico interno, aislamiento

térmico externo, un regulador de volumen ajustable. El regulador debe mantener el caudal a diferentes presiones del sistema y se debe ajustar para el período de máxima carga térmica.

- d) Las rejillas de retorno deben ser de aletas fijas con control de volumen y construidas totalmente de aluminio, con acabado de pintura (estándar del fabricante).
- e) En los casos que se requiera modular, evitar o permitir el flujo de aire, deben instalarse compuertas accionadas con motor eléctrico. Las compuertas de control de flujo pueden ser de aletas opuestas o paralelas.
- f) Compuertas en ducto contra incendio, contra humo y/o mixtas.
 - En los cuartos de control que contengan sistemas de supresión de fuego a base de agente limpio, deben instalarse compuertas contra humo en los ductos de inyección y retorno. Cuando el sistema de supresión se active, las compuertas deben cerrar automáticamente.
 - Deben equiparse para proporcionar una señal o alarma que indiquen su condición de abierta, cerrada o falla de acuerdo a los requisitos del proyecto.

Purificación de aire (Filtración)

- a) Los sistemas de aire acondicionado, presurización y ventilación deben tener medios de filtración que aseguren la calidad del aire, libre de contaminantes dentro de los locales. El proyectista debe realizar un análisis de contaminantes y sus concentraciones, para determinar los filtros requeridos en la toma de aire exterior. El sistema de filtración debe cumplir con los requerimientos de la ISA-71.04.

- b) Para determinar el filtro del sistema, se debe considerar el tipo de local, localización, clasificación del área y contaminantes exteriores.
- c) En el cuarto subestación eléctrica se debe instalar en la sección de filtración de la manejadora de aire, los filtros requeridos por el proyecto, y como mínimo lo siguiente:
- Pre-filtros permanentes con marco, lavables, eficiencia de 35 a 50%.
 - Pre-filtro para purificar el aire tipo bolsa de media sintética con eficiencia de 80-85%, (opcional)
 - Filtro tipo HEPA con eficiencia de 99.97% en partículas de 0.3 micras (opcional para aire de suministro).

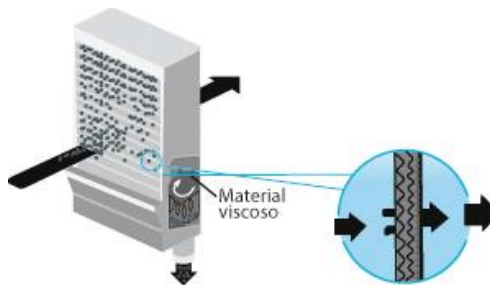


Fig. 4.10 Filtro HEPA.

Presurización

- a) El sistema de presurización y/o extracción de aire debe mantener una presión positiva dentro del local que impida la entrada de gases o vapores contaminantes que afecten la salud de los ocupantes y/o las instalaciones, y debe asegurar la calidad, distribución y velocidad del aire.

- b) Los cuartos con presión positiva e inyección de aire limpio deben mantener una presión positiva en el interior. La presión positiva se logrará calculando el aire de retorno con 5% menos que el aire de impulsión total.

4.3.2 Selección de equipo(s)

Los equipos que se seleccionaron fueron 3 unidades de aire acondicionado de precisión, de 30 TR cada una, marca "Data Air Inc" modelo DAAD/U-30. Suficientes para cumplir con los requerimientos del proyecto, tanto de capacidad de enfriamiento como de manejo de volumen de aire, cada una con su propia línea de distribución, contando con 4 difusores.

Serán 12 difusores en total dispuestos como se muestran en las siguientes figuras

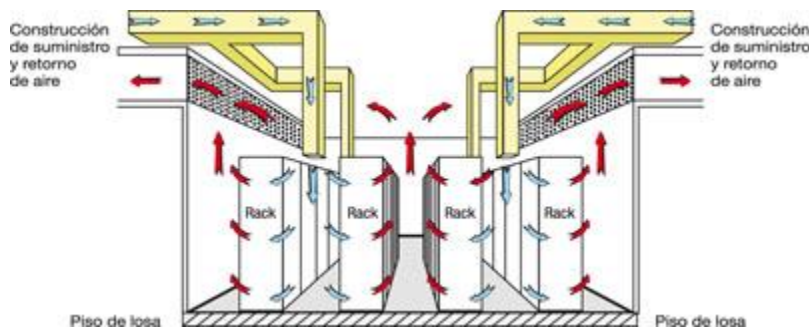


Fig. 4.11 Disposición de difusores en instalaciones con alta carga sensible.

La recomendación de ASHRAE es no inyectar aire de menos de 18°C (65°F) directamente a los equipos es por eso que la disposición de los difusores será hacia los pasillos y debe ser lo más dirigida posible.

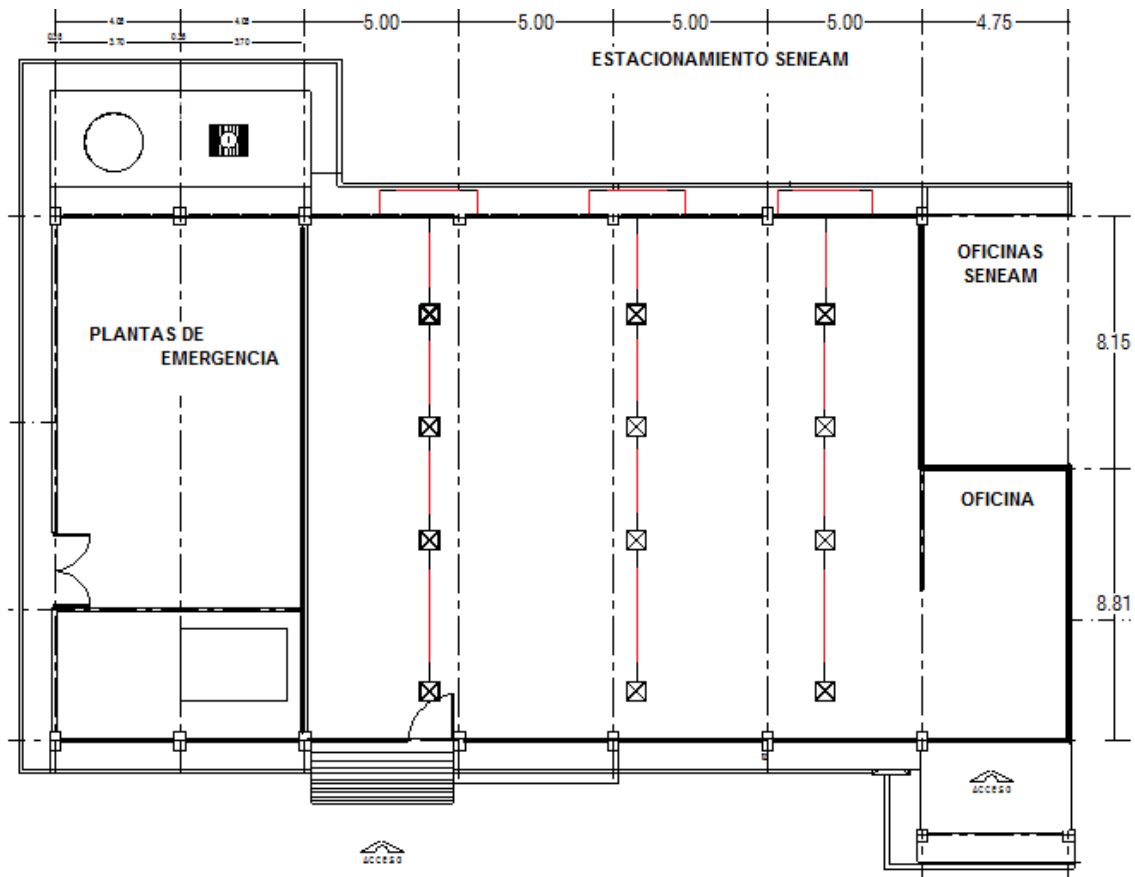


Fig 4.12. Disposición de difusores en subestación

En la tabla 4.12 se muestra comparación de costos entre un sistema de precisión y un sistema convencional, tomando en cuenta las características de operación de cada sistema, tales como tiempos de operación, eficiencia y relación de calor sensible.

Tabla 4.12 Costos de Sistemas de aire acondicionado

Concepto	Equipo de precisión (30 T.R.)	Equipo tipo dividido (30 T.R.)
Costo equipo	\$ 1,036,800 (M.N)	\$ 345,600 (M.N)
Costo instalación	\$ 70,000.00 (M.N.)	\$ 211,200 (M.N)
Costo mantenimiento	\$ 36,000.00 M.N. (año)	\$ 36,000.00 M.N. (año)
Total	\$ 1,142,800.00 (M.N.)	\$ 592,800.00 (M.N.)

CONCLUSIONES

Al inicio del proyecto, durante la inspección física de la subestación en el AICM me di cuenta que el reto comenzaría con tomar las medidas necesaria para el cálculo de carga térmica, ya que como se muestra en los planos en el capítulo 4, se trataba de un edificio de poco más de 10 metros; las medidas fueron tomadas con exactitud.

Al continuar con la observación, la arquitectura del edificio no era regular, es decir, el techo es arcotecho, y dos de las paredes contaban con un recubrimiento para fachada, éste dejaba un espacio promedio de 20 cm respecto a la pared y no sabía si eso afectaría en el cálculo. Investigando me di cuenta de que el espacio de aire no afectaría en él ya que se trataba de un espacio con filtraciones, tal vez si hubiese sido aire encapsulado como en las espumas aislantes hubiese influenciado en el cálculo.

El techo representó también un problema, ya que no contaba con alguna fórmula que me facilitara el cálculo de ganancia de calor, así que decidí obtener el área total del arcotecho por métodos trigonométricos y considerarlo como techo inclinado.

Otro aspecto que sin duda fue el más importante, fue conseguir las fichas técnicas de los distintos equipos que se encuentran en la subestación, en éstas se detallan varias características como: el rango de temperaturas, la HR de operación y eficiencia. Afortunadamente con apoyo de las empresas citadas en la tesis, se pudieron conseguir, de esta manera el objetivo ha sido cumplido.

Los problemas que surgen en una subestación de ayudas visuales por falta de AA se originan por el exceso de humedad relativa, de temperatura y por contaminantes diversos. Al tener humedad alta el problema que se presenta es la corrosión en los metales que constituyen los circuitos y las carcasas de los equipos eléctrico-electrónicos (CCRs, UPSs, transformadores, computadoras y sistema de monitoreo) los metales más utilizados son acero al carbón, cobre,

níquel y plata; los más afectados fueron: acero al carbón, cobre y plata. Los contaminantes más comunes en la atmósfera fueron: el dióxido de azufre (SO_2) y el cloruro de sodio (NaCl). El problema de los contaminantes se soluciona con los 4 filtros de 4 pulgadas de espesor, 30% de eficiencia c/u, basado en ASHRAE Std. 52-76.

El segundo problema fue la electricidad estática que se soluciona con un control riguroso y constante de HR por medio de sistemas de AA capaces de percibir y reaccionar ante cualquier variación de las condiciones atmosféricas requeridas.

El cálculo de carga térmica fue realizado con éxito, se incluyeron todos los factores presentados en el capítulo tercero, en el cálculo se tomó en cuenta una carga operacional del 100% de la subestación y condiciones máximas de temperatura y humedad, se obtuvo que la capacidad del acondicionador debe ser de 79 TR y el aire que debe ser suministrado por el ventilador es de 37,016.03 ft^3/min .

Para cumplir estos requerimientos, se sugieren 3 unidades acondicionadoras de precisión de la marca "Data Air Inc." Modelo DAAD/U-30 con una capacidad de 30TR c/u con capacidad de circulación de total de aire de 42,000 ft^3/min , que superan la necesidad de 37,016.93 ft^3/min obtenida en el cálculo. Entre las 3 unidades acondicionadoras removerán 966,300 BTU/hr de calor sensible y un calor total de 1,110,900 BTU/hr contra 820,067.32 BTU/hr de calor sensible y 840,260.65 BTU/hr de calor total a retirar en la subestación. La relación de calor sensible fue de 97.6 %.

La recomendación de ASHRAE es no inyectar aire de menos de 18°C (65°F) y 80% de HR "directamente" a los equipos, es por eso que la disposición de los difusores será hacia los pasillos y debe ser lo más dirigida posible para evitar cuestiones de condensación. Recordando que por regla general la temperatura de entrada debe ser 2°F por debajo de la temperatura del cuarto por cada pie entre el piso y el techo.

Es indispensable la utilización de equipos de precisión, cuando se toma la decisión de aceptar el mayor riesgo de usar sistemas de enfriamiento convencionales para equipo electrónico sensible, generalmente es por motivos de mayor costo inicial de los sistemas de precisión. Sin embargo, debido a que los sistemas de enfriamiento de precisión están diseñados y dimensionados para los altos requerimientos de enfriamiento sensible por el año completo de operación del centro de datos, su costo de operación es más bajo a lo largo de su vida útil que el de los sistemas convencionales. Por lo tanto, cuando se tiene en cuenta tanto el costo inicial como el costo de operación, los sistemas de enfriamiento de precisión realmente dan la mejor solución en cuanto a costo-efecto para el enfriamiento de equipos electrónicos sensibles.

Para concluir, el aire acondicionado en instalaciones de este tipo es de suma importancia porque la integridad física de las personas podría estar en peligro en caso de fallas ocasionadas dentro de la subestación. El problema radica en que al presentarse fallas en los reguladores o en alguno de los transformadores éstas inhabilitan las señalizaciones que dirigen a los pilotos a un aterrizaje sin contratiempos.

Otro aspecto no menos importante es el económico, un aeropuerto sin ayudas visuales, simplemente no sirve. Las pérdidas son enormes, tanto para el aeropuerto como para las aerolíneas. Sin duda alguna el aire acondicionado ha ido ganando terreno en nuestros días, y lo seguirá haciendo, con tal de satisfacer las necesidades de la humanidad.

GLOSARIO:

Aire primario: éste se suministra a una presión y velocidad elevadas mediante una unidad de tratamiento de aire central.

Calor latente: calor agregado o eliminado a una sustancia que provoca el cambio de estado de sólido a líquido, de líquido a gaseoso o viceversa, sin cambiar su temperatura.

Calor sensible: calor agregado o eliminado de una sustancia, medido con un termómetro.

Carga térmica: cantidad de calor por remover (enfriamiento), adicionar (calefacción) o ambas.

CCRs: reguladores de corriente constante que proporciona tres o cinco niveles de salidas de precisión para dar energía a los circuitos de iluminación en serie en las pistas de aterrizaje y despegue y las pistas de rodaje.

Chiller: unidad enfriadora de líquidos.

Ciclo: es aquel proceso o serie de procesos en los cuales el estado inicial será el mismo que el estado final.

Ciclo de carnot: se define ciclo de Carnot como un proceso cíclico reversible que utiliza un gas perfecto, y que consta de dos transformaciones isotérmicas y dos adiabáticas.

Climatización: Consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados.

Condiciones climatológicas: Condiciones del clima exterior de cada lugar. Incluye temperatura, humedad relativa, altura sobre el nivel del mar, velocidad y dirección del viento.

Conductancia: La conductancia térmica C es la intensidad de transferencia de calor, se mide en $(\text{BTU} / \text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F})$. Éste factor difiere de la conductividad térmica en el hecho de que es un factor para espesores de algún material, mientras que K es un factor de transferencia de calor por pulgada de espesor.

Conductividad térmica: El calor que se transfiere por conducción varía directamente con la diferencia de temperatura, tiempo y área pero inversamente con el espesor del material.

La conductividad (K) dependerá del tipo de material y se define como la intensidad de transferencia de calor a través del mismo, su unidades en el sistema ingles serán $(\text{BTU}/\text{hr}\cdot\text{ft}^2)$. Entonces para reducir la transferencia de calor e través de un material K deberá ser tan pequeño como sea posible

Coefficiente total de transferencia de calor: su representación será con la letra “ U ” y se define como la intensidad total de transferencia de calor a través de un material o miembro estructural compuesto por paredes paralelas.

Contaminantes en el aire del medio ambiente: sustancias que existen en estado sólido, líquido o gaseoso, que afecta a los equipos e instrumentos utilizados para el monitoreo y control de proceso.

Densidad: es la relación que existe entre la cantidad de masa que contiene la unidad de volumen.

Electrolito: Un electrolito es una solución de sales en agua, que da lugar a la formación de iones y que permiten que la energía eléctrica pase a través de ellos.

Energía interna: es la energía que se genera por el movimiento de moléculas que componen la materia, entre más energía cinética y potencial haya, la energía interna será mayor.

Entalpia: expresa la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno.

Entropía: representa a la fracción de energía en un sistema que no está disponible para poder realizar o llevar a cabo un trabajo específico.

Evaporador: Cambiador de calor en el que el refrigerante se evapora al absorber calor de otro fluido.

Expansión directa (ED): Sistema de refrigeración, donde el medio que actúa como absorbedor de calor es refrigerante y requiere un circuito de tubería refrigerante para conectar serpentín evaporador, compresor y serpentín condensador.

Grado de saturación del aire: cantidad de agua que un determinado volumen de aire puede absorber, como máximo, a la temperatura considerada. La humedad es entonces el 100% como máximo (temperatura de rocío).

Humedad relativa (HR): La relación de la presión parcial del vapor de agua contenido en el aire con la presión de saturación del vapor correspondiente a la temperatura existente o la relación de la densidad del vapor de agua en el aire y la densidad de saturación a la temperatura correspondiente.

Ion: Se define como ion a un átomo que ha perdido su neutralidad.

Metal ferroso: Es un metal compuesto por Hierro (Fe), se le nombra ferroso por su nomenclatura tradicional. En un metal ferroso el Hierro está en su mínimo número de oxidación

Metal no ferroso: Metales que no contienen hierro como elemento base.

Presurización: El proceso de suministrar aire a un espacio para aumentar la presión interna con respecto a la exterior para impedir la entrada de gas, vapores tóxicos, inflamables y/o explosivos.

Proceso electroquímico: Son aquellos en donde se produce la transformación entre la energía eléctrica y la energía química

Proceso psicrométrico: Procesos mediante el cual el aire es tratado de acuerdo a las necesidades industriales o domésticas. Los procesos pueden ser: enfriado, calentado, humectación, secado o combinados

Resistencia térmica: La resistencia térmica R es la resistencia de un material al flujo de calor y se medirá en $^{\circ}\text{F}\cdot\text{ft}^2 / \text{BTU}\cdot\text{hr}$. Se define como el recíproco del coeficiente de transferencia de calor.

Sistema: es una porción limitada de espacio que tiene como finalidad en estudio de sus cualidades

Sistema de aire acondicionado: Conjunto de instalaciones y equipos para controlar la temperatura y humedad para comodidad de las personas, así como para cumplir con los requerimientos de temperatura y humedad establecidos por los fabricantes de equipo especial.

Sistema termodinámico abierto: existe flujo de masa y de energía a través de sus fronteras.

Sistema termodinámico aislado: no existe flujo de masa ni de energía a través de sus fronteras.

Sistema termodinámico cerrado: no existe flujo de masa pero si de energía a través de sus fronteras.

Subestación: Es una instalación que modifica y establece los niveles de tensión necesarios para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica.

Tonelada de refrigeración (TR): Cantidad de calor requerida para fundir (1) tonelada de hielo sólido en (24) horas (1 TR = 12 000 BTU/h = 3516 Watts).

UPSs: En español es SAI, sistema de alimentación ininterrumpida, una fuente de suministro eléctrico que posee una batería con el fin de seguir dando energía a un dispositivo en el caso de interrupción eléctrica, también protege de sobretensiones etcétera.

ANEXOS

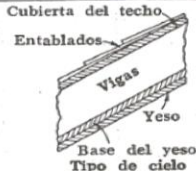
Anexo 1. Tablas de coeficientes U-

Tabla 1. Corrección por temperatura por efecto solar.

Tipo de Superficie	Pared Este	Pared Sur	Pared Oeste	Techo Plano
Superficies de color oscuro tales como: Techo de arcilla negra Techo de chapopote Pintura negra	8	5	8	20
Superficies de color medio tales como: Madera sin pintar Ladrillo Losa roja Cemento oscuro Pintura roja, gris o verde	6	4	6	15
Superficies de color claro tales como: Piedra blanca Cemento de color claro Pintura blanca	4	2	4	9

*Obtenida de Manual de refrigeración Gilvert Copeland parte 3.

Tabla 2. Coeficientes de transmisión (U) en pisos y cielos de madera.

 <p>Cubierta del techo Entablados Vigas Yeso Base del yeso Tipo de cielo (Aplicado directamente a las vigas del techo)</p>	Tablas de madera (dimensiones de la madera* 1 x 4 espaciadas a 2 plg)				Capa de asfalto o cubierta de rollo (sobre cubierta sólida de madera)*				Pizarra o ladrillo† (sobre cubierta sólida de madera)*				Número
	Aislamiento entre las vigas												
	Ninguno	Espesor del aislamiento			Ninguno	Espesor del aislamiento			Ninguno	Espesor del aislamiento			
		1 plg	2 plg	3 plg		1 plg	2 plg	3 plg		1 plg	2 plg	3 plg	
A	B	C†	D†	E	F	G‡	H‡	I	J	K‡	L‡		
Sin cielo falso aplicado en vigas	0.48§	0.15	0.10	0.081	0.52§	0.15	0.11	0.084	0.55§	0.16	0.11	0.085	1
Yeso en tiras de metal 	0.31	0.14	0.10	0.061	0.33	0.15	0.10	0.083	0.34	0.15	0.10	0.083	2
Cartón de yeso (¾ plg) decorado	0.30	0.14	0.10	0.080	0.32	0.15	0.10	0.082	0.33	0.15	0.10	0.083	3
Yeso en tiras de madera	0.29	0.14	0.10	0.080	0.31	0.14	0.10	0.081	0.32	0.15	0.10	0.082	4
Estuco de yeso (¾ plg)¶	0.29	0.14	0.10	0.079	0.31	0.14	0.10	0.081	0.32	0.15	0.10	0.082	5
Triplay (¾ plg) liso o decorado	0.29	0.14	0.099	0.079	0.30	0.14	0.10	0.081	0.31	0.15	0.10	0.081	6
Cartón de aislamiento (½ plg) liso o decorado	0.22	0.12	0.090	0.072	0.23	0.12	0.091	0.074	0.24	0.13	0.092	0.074	7
Cartón de aislamiento (½ plg) con mortero¶	0.22	0.12	0.088	0.072	0.22	0.12	0.090	0.073	0.23	0.12	0.091	0.074	8
Cartón de aislamiento (1 plg) con mortero¶	0.16	0.10	0.078	0.064	0.17	0.10	0.079	0.065	0.17	0.10	0.080	0.066	9

*Obtenida de Aire acondicionado y refrigeración, B.H. Jennings y S.R.Lewis, Ed. CECSA

Tabla 3. Coeficientes de transmisión (U) combinados para techos inclinados no ventilados y cielo horizontal basado en el área de cielo.

Coeficiente del cielo falso (de la Tabla 4-10)	Tipo de techado y cubierta del techo						Número
	Entablado de madera sobre madera			Capas de asfalto o en rollo para techado sobre cubierta de madera			
	Sin aislamiento en el techo (vigas expuestas) (U _r = 0.48)	Cartón de aislamiento de ½" bajo las vigas (U _r = 0.22)	Cartón de aislamiento de 1" bajo las vigas (U _r = 0.16)	Sin aislamiento en el techo (vigas expuestas) (U _r = 0.53)	Cartón de aislamiento de ½" bajo las vigas (U _r = 0.23)	Cartón de aislamiento de 1" bajo las vigas (U _r = 0.17)	
	A	B	C	D	E	F	
0.10	0.085	0.073	0.066	0.087	0.074	0.067	19
0.11	0.092	0.078	0.07	0.094	0.079	0.071	20
0.12	0.099	0.082	0.074	0.10	0.083	0.075	21
0.13	0.11	0.087	0.078	0.11	0.088	0.079	22
0.14	0.11	0.091	0.081	0.11	0.093	0.083	23
0.15	0.12	0.096	0.084	0.12	0.097	0.086	24
0.16	0.13	0.10	0.087	0.13	0.10	0.089	25
0.17	0.13	0.10	0.090	0.13	0.10	0.092	26
0.18	0.14	0.11	0.093	0.14	0.11	0.095	27
0.19	0.14	0.11	0.095	0.15	0.11	0.098	28
0.20	0.15	0.11	0.098	0.15	0.12	0.10	29
0.21	0.15	0.12	0.10	0.16	0.12	0.10	30
0.22	0.16	0.12	0.10	0.17	0.12	0.11	31
0.23	0.16	0.12	0.10	0.17	0.12	0.11	32
0.24	0.17	0.13	0.11	0.18	0.12	0.11	33
0.25	0.17	0.13	0.11	0.18	0.13	0.11	34
0.26	0.18	0.13	0.11	0.19	0.13	0.11	35
0.27	0.18	0.13	0.11	0.19	0.13	0.12	36
0.28	0.19	0.14	0.12	0.19	0.14	0.12	37
0.29	0.19	0.14	0.12	0.20	0.14	0.12	38
0.30	0.20	0.14	0.12	0.20	0.14	0.12	39
0.34	0.21	0.15	0.12	0.22	0.15	0.13	40
0.35	0.22	0.15	0.13	0.22	0.15	0.13	41
0.36	0.22	0.15	0.13	0.23	0.15	0.13	42
0.37	0.23	0.15	0.13	0.23	0.16	0.13	43
0.45	0.25	0.17	0.13	0.26	0.17	0.14	44
0.59	0.29	0.18	0.14	0.30	0.19	0.15	45
0.61	0.29	0.18	0.15	0.31	0.19	0.15	46
0.62	0.30	0.19	0.15	0.31	0.19	0.15	47
0.67	0.31	0.19	0.15	0.33	0.20	0.16	48
0.69	0.31	0.19	0.15	0.33	0.20	0.16	49

Cálculos basados para n=1.2 usando la formula siguiente:

$$U_{\text{techo}} = \frac{U_{\text{acero}} U_c}{U_{\text{acero}} + U_c n}$$

Tabla obtenida de Aire acondicionado y refrigeración, B.H. Jennings y S.R.Lewis, Ed. CECSA

Tabla 4. Coeficientes (U) de ventanas, tragaluces y paredes de bloques de vidrio.

Sección A — Láminas verticales de vidrio							
Número de láminas	Una	Dos			Tres		
		½	½	1*	½	½	1*
Espacio de aire (plg)	Ninguna						
Exposición exterior	1.13	0.61	0.55	0.53	0.41	0.36	0.34
División interior	0.75	0.50	0.46	0.45	0.38	0.33	0.32

Sección B — Láminas horizontales de vidrio				
Número de láminas	Una	Dos		
		½	½	1*
Espacio de aire (Plg) ...	Ninguna			
Exposición exterior	1.40	0.70	0.66	0.63
División interior	0.96	0.59	0.56	0.56

Sección C — Paredes huecas de bloques de vidrio		
Descripción	U	
	Exposición exterior	Exposición interior
Espesor 5¾ × 5¾ × 3¾ plg	0.60	0.46
Espesor 7¾ × 7¾ × 3¾ plg	0.56	0.44
Espesor 11¾ × 11¾ × 3¾ plg	0.52	0.40
Espesor 7¾ × 3¾ × 3¾ plg pantalla de fibra de vidrio dividiendo la cavidad	0.48	0.38
Espesor 11¾ × 11¾ × 3¾ plg pantalla de fibra de vidrio dividiendo la cavidad	0.44	0.36

Sección D — Factores aproximados para aplicación a ventanas (multiplicar el valor de U para vidrio plano por estos factores)						
Descripción de la ventana	Vidrio simple		Vidrio doble†		Ventana con bastidor de seguridad‡	
	Por ciento de vidrio	Factor	Por ciento de vidrio	Factor	Por ciento de vidrio	Factor
Láminas	100	1.00	100	1.00
Bastidor de madera	80	0.90	80	0.95	80	0.90
	60	0.80	60	0.85	60	0.80
Bastidor metálico	80	1.00	80	1.20	80	1.00
Aluminio	80	1.10	80	1.30	80	1.10]

*Obtenida de Aire acondicionado y refrigeración, B.H. Jennings y S.R.Lewis, Ed. CECSA

Tabla 5. Factores de corrección para diferentes tipos de dispositivos protectores contra luz solar en ventanas.

Vidrio polarizado	Factor para cristal
Color ámbar	0.70
Rojo oscuro	0.56
Azul oscuro	0.60
Verde oscuro	0.32
Verde grisáceo	0.46
Opalescente claro	0.43
Opalescente oscuro	0.37

**Obtenida de Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, Hernández Goribar, Ed Limusa.*

Tabla 6. Ganancia de calor por personas.

Tipo de actividad	Tipo de aplicación	Calor total disipado, hombres adultos (Btuh)	Calor total disipado modificado* (Btuh)	Calor sensible (Btuh)	Calor latente (Btuh)
Sentados en reposo	Teatro por la tarde	390	330	180	150
	Teatro por la noche	390	350	195	155
Sentados; trabajo muy ligero	Oficinas, hoteles, apartamentos, restaurantes	450	400	195	205
Trabajo moderadamente activo	Oficinas, hoteles, apartamentos	475	450	200	250
Parados; trabajo ligero; caminando muy despacio	Tienda de departamentos; menudeo	550	450	200	250
Caminando; sentado; de pie; caminando lentamente	Botica	550	500	200	300
	Banco	550	500	200	300
Trabajo sedentario	Restaurante	490	550	220	330
Trabajo de banco, ligero	Fábrica	800	750	220	530
Trabajo moderado Bailando moderadamente	Ensamble piezas chicas	900	850	245	605
	Sala de baile	900	850	245	605
Caminando, 3 mph; trabajo moderadamente fuerte	Fábrica	1000	1000	300	700
Juego bolos (participante)	Bolos	1500	1450	465	985
	Fábrica	1500	1450	465	985
Trabajo pesado					

*Obtenida de Aire acondicionado y refrigeración, B.H. Jennings y S.R.Lewis, Ed. CECSA

Tabla 7. Conversión para coeficientes de pared (U) para varias velocidades de viento.

U para 15 mph*	U para velocidades del viento de 0 a 30 mph					
	0	5	10	20	25	30
0.050	0.049	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.060	0.059	0.059	0.060	0.060	0.060	0.060
0.070	0.068	0.069	0.070	0.070	0.070	0.070
0.080	0.078	0.079	0.080	0.080	0.080	0.080
0.090	0.087	0.089	0.090	0.090	0.091	0.091
0.100	0.096	0.099	0.100	0.100	0.101	0.101
0.110	0.105	0.108	0.109	0.110	0.111	0.111
0.130	0.123	0.127	0.129	0.131	0.131	0.131
0.150	0.141	0.147	0.149	0.151	0.151	0.152
0.170	0.158	0.166	0.169	0.171	0.172	0.172
0.190	0.175	0.184	0.188	0.191	0.192	0.193
0.210	0.192	0.203	0.208	0.212	0.213	0.213
0.230	0.209	0.222	0.227	0.232	0.233	0.234
0.250	0.226	0.241	0.247	0.252	0.253	0.254
0.270	0.241	0.259	0.266	0.273	0.274	0.275
0.290	0.257	0.278	0.286	0.293	0.295	0.296
0.310	0.273	0.296	0.305	0.313	0.315	0.317
0.330	0.288	0.314	0.324	0.333	0.336	0.338
0.350	0.303	0.332	0.344	0.354	0.357	0.359
0.370	0.318	0.350	0.363	0.375	0.378	0.380
0.390	0.333	0.368	0.382	0.395	0.399	0.401
0.410	0.347	0.385	0.402	0.416	0.420	0.422
0.430	0.362	0.403	0.421	0.436	0.441	0.444
0.450	0.376	0.420	0.439	0.457	0.462	0.465
0.500	0.410	0.464	0.487	0.509	0.514	0.518
0.600	0.474	0.548	0.581	0.612	0.620	0.626
0.700	0.535	0.631	0.675	0.716	0.728	0.736
0.800	0.592	0.711	0.766	0.821	0.836	0.847
0.900	0.645	0.789	0.858	0.927	0.946	0.960
1.000	0.695	0.865	0.949	1.034	1.058	1.075
1.100	0.742	0.939	1.039	1.142	1.170	1.192
1.200	0.786	1.010	1.129	1.250	1.285	1.318
1.300	0.828	1.080	1.217	1.359	1.400	1.430

Tabla obtenida de Aire acondicionado y refrigeración, B.H. Jennings y S.R.Lewis, Ed.

CECSA

Tabla 8. Volumen de aire por pie cuadrado de superficie de puertas.

Tipo de puerta.	Infiltración (ft ³ / min por ft ²)	Infiltración (ft ³ / min por ft ²)
Puerta de cristal; construcción normal 1 /16" de ranura.	9.0	20.0
Puerta normal de madera (3' x 7').	2.0	13.0
Puerta de garaje.	4.0	9.0
Puerta de fábricas pequeñas.	1.5	3.0

**Obtenida de Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, Hernández Goribar, Ed Limusa.*

Anexo 2.

Catálogo 1. Sistema de aire acondicionado sugerido en proyecto.

AIR COOLED: Performance data at OPTIONAL airflow

MODEL NUMBER		DAAD/U-06	DAAD/U-08	DAAD/U-10	DAAD/U-13	DAAD/U-16	DAAD/U-20	DAAD/U-26	DAAD/U-30
CAPACITY in Btu/hr									
80° F/67° WB 50% RH	Total	76,700	109,000	136,200	170,800	219,700	288,200	351,700	419,100
	Sensible	65,200	94,200	120,800	137,500	180,100	223,300	263,100	334,700
75° DB/62.5° WB 50% RH	Total	70,000	99,800	126,100	158,100	201,400	266,900	323,800	387,600
	Sensible	63,400	92,100	118,500	135,200	176,200	219,900	258,600	329,000
75° DB/61° WB 45% RH	Total	68,200	97,200	122,600	153,600	196,000	259,600	314,800	377,600
	Sensible	68,200	96,700	122,000	144,300	188,500	234,400	274,900	351,500
72° DB/60° WB 50% RH	Total	67,000	95,100	120,600	150,600	191,900	254,200	308,600	370,300
	Sensible	62,200	89,800	115,800	132,200	172,100	215,100	253,300	322,100
72° DB/58.6° WB 45% RH	Total	65,700	93,100	117,500	146,500	188,300	247,800	300,600	361,300
	Sensible	65,500	92,600	116,900	140,600	184,100	228,500	268,400	342,900
BLOWER SECTION									
Airflow - CFM		3,300	4,400	5,500	5,600	8,000	9,000	10,000	14,000
Standard motor - horsepower		1.5	3	5	5	5	7.5	7.5	3
External static pressure (E.S.P.) - inches of W.G.		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Number of motors/fans		1/1	1/1	1/1	1/1	1/2	1/2	1/2	3/3
Maximum E.S.P. (Standard Motor)	Downflow	0.9	1.2	1.2	1.1	1.2	1.5	1.0	0.6
	Upflow	0.7	0.9	1.0	0.6	0.9	1.1	1.6	0.5
Maximum E.S.P. (Next Size Motor)	Downflow	1.5	1.5	1.2	1.1	1.5	1.5	1.5	1.5
	Upflow	1.5	1.5	0.9	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5
Next size motor - horsepower		2	5	7.5	7.5	7.5	10	10	5
COMPRESSORS									
Type:									
Hermetic scroll		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Semi-hermetic		Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional
Number		2	2	2	2	2	2	2	2
Refrigerant type		R-22	R-22	R-22	R-22	R-22	R-22	R-22	R-22
EVAPORATOR COIL									
Face area - sq ft		12.2	12.2	12.2	14.5	24.4	24.4	24.4	32.5
Rows of coils		2	3	4	5	3	4	5	4
Face velocity - fpm		271	361	451	386	328	369	410	431
REHEAT SECTION									
Electric		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
kW		15	15	15	15	22.5	22.5	22.5	30
Capacity - Btu/hr		51,225	51,225	51,225	51,225	76,835	76,835	76,835	102,450
Hot gas		Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional
Capacity - Btu/hr		26,000	38,000	42,200	48,000	64,000	81,000	101,000	126,000
Steam		Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	N/A
Capacity - Btu/hr	Downflow	105,500	115,000	121,000	126,000	190,000	210,000	230,000	N/A
	Upflow	60,000	65,000	69,000	72,000	108,000	120,000	130,000	N/A
Hot water		Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	N/A
Capacity - Btu/hr	Downflow	70,000	81,000	86,000	90,000	130,000	145,000	160,000	N/A
	Upflow	34,300	44,800	47,500	49,400	74,200	82,000	90,700	N/A

AIR COOLED: Performance data at OPTIONAL airflow

MODEL NUMBER **DAAD/U-06** **DAAD/U-08** **DAAD/U-10** **DAAD/U-13** **DAAD/U-16** **DAAD/U-20** **DAAD/U-26** **DAAD/U-30**

HUMIDIFIER SECTION

Steam generator	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Capacity - lb/hr (Adjustable)	10-30	10-30	10-30	10-30	10-30	10-30	10-30	10-30
kW	3.3-10.2	3.3-10.2	3.3-10.2	3.3-10.2	3.3-10.2	3.3-10.2	3.3-10.2	3.3-10.2
Steam grid	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional
Capacity - lb/hr at 15 psi	31	31	31	31	31	31	31	31

FILTER SECTION

(4 inch thick, 30% efficient, based on ASHRAE Std. 52-76)

Quantity/Size	<i>Downflow</i>	3/20x25	3/20x25	3/20x25	2/20x25	3/20x25	3/20x25	3/20x25
		-	-	-	2/16x25	2/16x25	2/16x25	4/16x25
	<i>Upflow</i>	2/20x25	2/20x25	2/20x25	3/20x25	2/20x25	2/20x25	2/20x25
		-	-	-	2/16x25	2/16x25	2/16x25	4/16x25

CONNECTION SIZES

Liquid line - O.D. Copper (2 per unit)	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8
Hot gas line - O.D. Copper (2 per unit)	1/2	5/8	5/8	3/4	3/4	3/4	7/8	7/8
Suction line* - O.D. Copper (2 per unit)	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8
Condensate drain	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Humidifier supply	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4

(Note: Refer to Operation and Maintenance manual for recommended pipe sizing between unit and condenser.)

ELECTRICAL SECTION

Standard Motor

Electrical data based on STANDARD unit: electric reheat - YES, steam generator humidifier - YES, and STANDARD MOTOR.

208-230/3/60	FLA/MCA/MFS	57/70/80	64/77/80	76/88/90	79/90/100	105/127/150	120/145/150	124/149/150	156/189/200
460/3/60	FLA/MCA/MFS	27/33/35	30/37/40	37/43/45	40/46/50	50/60/70	55/66/70	66/74/90	74/89/100
575/3/60	FLA/MCA/MFS	21/26/30	24/29/30	30/34/35	30/35/40	39/47/50	50/56/60	53/60/70	60/72/80

Electrical data based on: electrical reheat - NO, steam generator humidifier - YES, and STANDARD MOTOR.

208-230/3/60	FLA/MCA/MFS	54/63/70	64/74/80	76/88/90	79/90/100	99/113/125	124/140/150	130/148/175	148/167/200
460/3/60	FLA/MCA/MFS	26/30/35	32/37/40	37/43/45	40/46/50	49/56/60	57/64/70	66/74/90	73/82/100
575/3/60	FLA/MCA/MFS	21/24/25	25/29/30	30/34/35	30/35/45	37/42/50	50/56/60	53/60/70	59/67/80

Electrical data based on: electrical reheat - YES, steam generator humidifier - NO, and STANDARD MOTOR.

208-230/3/60	FLA/MCA/MFS	57/70/80	64/77/80	76/88/90	73/89/90	105/127/150	120/145/150	124/149/150	156/189/200
460/3/60	FLA/MCA/MFS	27/33/35	30/37/40	34/41/45	36/43/45	50/60/70	55/66/70	59/72/80	74/89/100
575/3/60	FLA/MCA/MFS	21/26/30	24/29/30	30/34/35	30/35/40	39/47/50	50/56/60	53/60/70	60/72/80

Electrical data based on: electrical reheat - NO, steam generator humidifier - NO, and STANDARD MOTOR.

208-230/3/60	FLA/MCA/MFS	25/28/35	35/39/50	48/52/60	50/55/70	71/78/100	96/105/125	102/112/150	120/132/175
460/3/60	FLA/MCA/MFS	13/14/15	19/21/25	25/27/35	27/30/40	36/40/50	44/48/60	53/58/80	60/66/80
575/3/60	FLA/MCA/MFS	10/11/15	15/16/20	20/21/25	20/22/25	27/30/40	40/43/50	43/48/60	49/54/70

* Only applicable when compressors are in the condensing unit rather than the evaporator section.

FLA - Full load amps
MCA - Minimum circuit amps (wire sizing amps)
MFS - Maximum overcurrent protection device amps

Catálogo 2. Sistemas UPS.

CleanSource UPS
BATTERY-FREE SYSTEM

UPS 900
900 kVA / 720 kW
60 Hz

FACTORY INSTALLED STANDARD & OPTIONAL EQUIPMENT

Standard

- Flywheel energy storage for standby power
- Less than 150 second recharge
- Static bypass and wrap around contactor
- Bi-directional converter
- Local Emergency Power Off (EPO)
- RS232 or RS485 serial connection
- LCD monitor/control panel
- Programmable input and output contacts
- Redundant cooling fans
- Auto restart (programmable)
- Back feed protection
- Self-diagnostics
- Monitoring and alarms for all critical components
- Voltage regulation and power factor improvement
- Harmonic cancellation

Optional

- GenSTART™ 24 volt gen set start power
- Remote notification and monitoring via modem and paging, and/or Ethernet and e-mail
- CSView™ — real-time monitoring software
- Remote EPO
- Remote status panel
- Separate bypass input
- Maintenance bypass without increasing size
- Dual inputs
- 4-Wire input and output
- Redundant flywheel and power stage
- MODBUS and SNMP interfaces
- External synchronization

SPECIFICATIONS

SUMMARY DATA

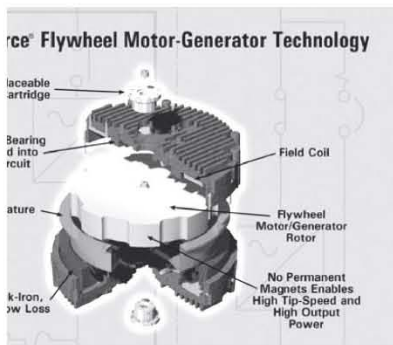
Maximum kVA	900
Maximum kW	720
Input voltage	480
Output voltage	480
AC input current	
Nominal amps	892
Maximum amps incl. recharge	1320
AC output current	
Nominal amps	1084
System efficiency	
At rated load and nominal input	97%
Heat rejection nominal/worst case	
75,900/156,700 BTU/Hr	22.3/45.9 kW

INPUT

Voltage	480 VAC, 3 phase, 3-wire plus ground (from grounded wire source); (4-wire optional)
Voltage range	+10%/-15% (programmable)
Power factor	0.99 at rated load and nominal voltage
Harmonic current distortion	
Linear load	3% max at 100% resistive load
Non-linear load	<8% with 100% non-linear load
Input frequency	60 Hz ± 10% max (programmable), ±3% (default)
Surge withstand	Meets IEEE 587/ANSI C62.41
Walk-in	1 to 15 seconds (programmable)

OUTPUT

Voltage	480 VAC, 3 phase, 3-wire plus ground (4-wire with optional 4-wire input)
Voltage regulation	
Steady-state	±2% of nominal for ±10% input and balanced or unbalanced load
Flywheel mode	±2% of nominal for steady-state balanced or unbalanced load
Transient	±5% of nominal for 100% load step
Voltage distortion	3%-full linear load, 5%-full non-linear load
Output frequency	60 Hz



(utility synchronized — normal operation ±0.2% free running)	
Slew rate	1 Hz per sec. max
Overload capability — normal operation with static bypass	
10 milliseconds	1000%
1 second	500%
30 seconds	Up to 200%
10 minutes	Up to 125%

ENVIRONMENTAL

Audible noise	Less than 75 dBA at 1 m (3.28 ft)
Temperature	
Operating	0° C to 40° C (32° F to 104° F)
Storage	-25° C to 70° C (-13° F to 150° F)
Humidity	5% to 95% (non-condensing)
Altitude	Up to 914.4 m (3,000 ft)
	(derate operating temperature range for higher elevation)
Emissions and immunity	FCC Class A, Subpart J of Part 15

STANDARDS AND LISTINGS

UL 1778 Listed
CUL CAN/CSA 22.2 No. 107.1 Listed



SUMMARY SPECIFICATIONS

CleanSource UPS 480V 60 Hz

MODEL	UPS 150	UPS 300	UPS 300 Exp	UPS 600	UPS 900
RATING	150kVA (120 kW)	300 kVA (240 kW)	300 kVA (240 kW)	600 kVA (480kW)	900 kVA (720 kW)
INPUT					
Voltage	480V +10%/-15% max (programmable)				
Frequency	60 Hz +/-10% max (programmable)				
Input current - nominal	151	297	297	595	892
Input current - maximum	320	440	440	880	1320
Power factor	0.99 at rated load and nominal voltage				
Harmonic current distortion					
Linear load	<3% at 100% linear load				
Non-linear load	<8% at 100% non linear load				
Surge withstand	Meets IEEE 587/ANSI C62.41				
OUTPUT					
Frequency	Input synchronized (normal operation), +/-0.2% free running				
Current - nominal amps	181	361	361	722	1084
Voltage - nominal	480V				
Voltage regulation					
Steady state	+/-2% for +/-10% input and balanced or unbalanced loads				
Flywheel mode	+/-2% for steady-state balanced or unbalanced loads				
Transient	+/-5% for 100% load step				
Voltage distortion	<3% linear loads and <5% for 100% non linear loads				
PHYSICAL DATA ⁽¹⁾					
	95%	97%	97%	97%	97%
Efficiency	at full load and nominal input				
Depth	34.0 in (865 mm)	34.0 in (865 mm)	34.0 in (865 mm)	34.0 in (865 mm)	34.0 in (865 mm)
Width	58.6 in (1,488 mm)	58.6 in (1,488 mm)	127 in (3,226 mm)	170 in (4,318 mm)	213 in (5,410 mm)
Total height	78 in (1982 mm)	78 in (1982 mm)	96 in (2438 mm)	96 in (2438 mm)	96 in (2438 mm)
Weight	4,585 lb (2080 kg)	4,585 lb (2080 kg)	7,050 lb (3,199 kg)	11,550 lb (5,241 kg)	16,050 lb (7,282 kg)

(1) Weights and dimensions of 480V units are for 3 wire configurations.

CleanSource UPS 380V/400V/415V

MODEL	UPS 150i	UPS 250	UPS 250 Exp	UPS 500	UPS 750
RATING	150kVA (120 kW)	250 kVA (200 kW)	250 kVA (200 kW)	500 kVA (400 kW)	750 kVA (600 kW)
INPUT					
Voltage	380/400/415 +10%/-15% (Programmable) ⁽²⁾				
Frequency - nominal	50 Hz or 60 Hz				
Input current - nominal amps	192/183/176	315/299/288	315/299/288	631/599/578	946/899/867
Input current - maximum amps	400	440	440	880	1320
Power factor	0.99 at rated load and nominal voltage				
Harmonic current distortion					
Linear load	<3% at 100% linear load				
Non-linear load	<8% at 100% non linear load				
Surge withstand	Meets IEEE 587/ANSI C62.41				
OUTPUT					
Frequency	Input synchronized (normal operation) nominal +/-0.2% free running				
Current	228/217/209	380/361/348	380/361/348	761/723/696	1140/1084/1044
Voltage - nominal	Same as input				
Voltage regulation					
Steady state	+/-2% for +/-10% input and balanced or unbalanced loads				
Flywheel mode	+/-2% for steady-state balanced or unbalanced loads				
Transient	+/-5% for 100% load step				
Voltage distortion	<3% linear loads and <5% for 100% non linear loads				
PHYSICAL DATA ⁽²⁾					
	95%	96.40%	96.40%	96.40%	96.40%
Depth	34.0 in (865 mm)	34.0 in (865 mm)	34.0 in (865 mm)	34.0 in (865 mm)	34.0 in (865 mm)
Width	64.6 in (1,641 mm)	64.6 in (1,641 mm)	127 in (3,226 mm)	170 in (4,318 mm)	213 in (5,410 mm)
Total height	78 in (1982 mm)	78 in (1982 mm)	96 in (2438 mm)	96 in (2438 mm)	96 in (2438 mm)
Weight	4,835 lb (2194 kg)	4,835 lb (2194 kg)	7,700 lb (3,494 kg)	12,200 lb (5,535 kg)	16,700 lb (7,577 kg)

(2) +/-10% max. at 380V

(3) Weights and dimensions are for 4 wire configurations



2128 W. Braker Lane, BK12 • Austin, TX 78758 • Tel: 512-836-6464 • Fax: 512-836-4511
www.activepower.com • e-mail: sales@activepower.com



Every effort has been made to ensure the accuracy of this information, however Active Power assumes no responsibility, and disclaims all liability for damages resulting from use of this information or for any errors or omissions. All the trademarks designated herein are the sole property of Active Power. ©2002 Active Power, Inc. All rights reserved. Materials and specifications are subject to change without notice.
The International System of Units (SI) is used in this publication.
62508C (10/02)

ADB

Signature Series™

Regulador enfriado por aire CCF L-828/L-829



Se muestra con ACE2 opcional

De acuerdo con las normas

- De la FAA:** L-828/L-829 AC 150/5345-10 (Edición actual) Certificado ETL
- De la ICAO:** Manual de diseño del aeródromo Parte 5, para.3.2.1.4 a 3.2.1.6
- Militar:** UFC 3-535-01; NAVAIR 51-50AAA-2

Usos

Proporciona tres o cinco niveles de salidas de precisión para dar energía a los circuitos de iluminación en serie en las pistas de aterrizaje y despegue y las pistas de rodaje.

Características

- La tecnología ferresonante produce EMI mínima, alta eficiencia y un factor de potencia cerca de la unidad para condiciones de prueba AC 150/5345-10, excediendo los requerimientos de la FAA y militares para el factor de potencia y la energía.
- No excede los límites de emisión de la línea de energía dados en la Tabla 4 de AC 150/5345-10 probado como se especifica en el Código de regulaciones federales (CFR) Título 47, Subparte B, Sección 15.107b. No excede los límites de emisión radiada dados en la Tabla 5 de AC 150/5345-10 probado como se especifica en el Código de regulaciones federales (CFR) Título 47, Subparte B, Sección 15.109b.
- La unidad ACE™ integrada opcional proporciona el último adelanto en control remoto y capacidades de monitoreo L-829. El modo de "ciclo" permite la salida de la corriente verdadera RMS y el valor del voltaje, VA, vatios, lámparas fundidas y resistencia del aislante de los circuitos en serie que se muestre como una alternativa. También se proporciona una indicación visual para todos los parámetros de monitoreo FAA.
- Sin encendido de entrada en transientes de corriente repentina
- Minimiza el espacio de piso requerido en una bóveda, los reguladores ADB 4-30kW se pueden apilar usando un juego para apilar. Ver la sección de los juegos para obtener más detalles.
- Disponible en dos clases y estilos:
Clase 1 = corriente de salida máxima 6.6A (4-30kW solamente)
Clase 2 = corriente de salida máxima 20A (15-70kW solamente)
Estilo 1 = 3 pasos de brillantez
Estilo 2 = 5 pasos de brillantez

Características (continuación)

- Si ocurre una pérdida de potencia de entrada, la operación se restablecerá en cinco segundos después de la restauración de la energía de entrada
- Los pasos de brillantez pueden cambiarse en el campo (entre 3 y 5 pasos). Se requiere una nueva etiqueta.
- Se puede hacer una mejora del equipo del L-828 al L-829 con unidad ACE
- Acabado de recubrimiento de polvo industrial
- Protección de la entrada de iluminación y protección de la salida de iluminación incluida

Suministro de electricidad

Energía de entrada:	60Hz, una sola fase disponible en 208, 240 y 480V AC
Factor de potencia*	0.99 o más para 4 a 30kW 0.95 o más para 50 a 70kW
Eficiencia*:	90% mínimo para 4 a 20kW 92% mínimo para 30kW 93% mínimo para 50kW 94% mínimo para 70kW
Control remoto:	120V AC, 60Hz o +48V DC, ±10%
Distorsión armónica total*	
Corriente THD:	9% máximo en todos los pasos
Voltaje THD:	1.9% máximo en todos los pasos

* Probado con carga resistiva al 100% de acuerdo con la FAA AC 150/5345-10 (Edición actual).

Teoría de operación

El sistema de circuitos ferresonante y de control de estado sólido regulan con precisión la salida de corriente dentro del rango permisible por la FAA desde sin carga hasta carga completa y con variaciones de voltaje de entrada de -5% a +10% del nominal.

Unidad ACE™

La unidad ACE proporciona monitoreo L-829 y una capacidad opcional de monitoreo de megahomios o CCR. Cada unidad se instala localmente en cada CCR que requiera control remoto y/o monitoreo dentro de la bóveda de la iluminación eléctrica del aeródromo. Los siguientes son monitores opcionales para monitoreo del CCR:

- Corriente de entrada del CCR
- Voltaje de entrada del CCR
- Voltamperios (VA) de entrada del CCR
- Energía de entrada del CCR (vatios)
- % de eficiencia de entrada del CCR

Unidad ACE™ (continuación)

La unidad ACE también es un componente del sistema de control y monitoreo ADB. Cada unidad puede conectarse fácilmente a un Sistema de monitoreo y control de iluminación de aeropuertos (ALCMS por sus siglas en inglés) simplemente agregando alambres de comunicación redundantes. Ver la hoja 2084 del catálogo ACE de ADB para mayor información adicional.

Condiciones ambientales de operación

Temperatura: De -40°C a +55°C (De -40°F a +131°F)

Humedad: De 10 a 95%

Altitud: 0 a 6,000 pies (2,000 m)

Juegos CCR

Varios juegos están disponibles para ajustar los CCR para los requerimientos de aplicaciones específicas.

Equipo controlador para detección de corriente 94A0343
Proporciona un cierre de contacto dedicado si la salida de corriente del CCR está presente

Equipo para medir el tiempo transcurrido 94A0290
Proporciona información sobre el tiempo transcurrido del CCR en los CCR L-828

Equipo de entrada de energía con protección contra relámpagos 94B0011
Proporciona protección de entrada de energía contra relámpagos en los CCR más antiguos. Se requiere protección de entrada de energía con protección contra relámpagos en los con la FAA AC 150/5345-10F

Equipo para apilar 94A0475-XX
Proporciona la habilidad para apilar de 4 a 30 CCR. La primera X es para el CCR inferior y la segunda X es para el CCR superior. Los tamaños del armazón son L (Grande), M (Mediano) y S (Pequeño). Hay seis combinaciones permisibles: LL, LM, LS, MM, MS y SS. Cuando se apilan los reguladores ADB, el regulador superior debe tener el mismo tamaño del armazón o menor que el regulador inferior. Solicitar la hoja 2096 del catálogo para obtener más detalles o descargarla de nuestro sitio Web.

Monitoreo auxiliar 94A0512
Proporciona tiempo de operación del CCR, el cual muestra las horas totales en cada paso de CCR, y la cuenta de ciclos del CCR, el cual muestra el número total de veces que se ha encendido/apagado el CCR.

Equipo de salida análoga de voltímetros del CCR	No. de repuesto
7.5kW, 6.6A; 20kW, 20A	94A0128
10-15kW, 6.6A; 30kW, 20A	94A0129
20-30kW, 6.6A	94A0130

Código de pedido

CCFXXXX-XXXX

Amperaje

66 = 6.6A salida
20 = 20A salida

Tamaño

04 = 4kW, 6.6A solamente
07 = 7.5kW, 6.6A solamente
10 = 10kW, 6.6A solamente
15 = 15kW
20 = 20kW
30 = 30kW
50 = 50kW, 20A solamente
70 = 70kW, 20A solamente

Rango de salida

3 = 3 pasos sin corte de la serie¹
4 = 3 pasos con corte de la serie¹
5 = 5 pasos sin corte de la serie
6 = 5 pasos con corte de la serie

Voltaje de entrada

1 = 208, 4-30kW solamente
2 = 240, 4-30kW solamente
3 = 480
5 = 220, 4-30kW solamente

Opciones de monitoreo

(Ver las notas de la aplicación)

0 = Ninguno (L-828 estándar)
1 = Monitor interfaz para escanear ALCMS
2 = Monitor de respuesta para escanear ALCMS
3 = Monitor L-829 (ACE)
4 = Sistema para monitorear la resistencia aislante de respuesta inmediata (IRMS)
5 = Monitor L-829 (ACE) e IRMS
6 = Medidor digital de energía L-829

Monitor de entrada/salida CCR

0 = Sin monitor opcional de circuito de entrada o salida CCR²
A = Con monitor L-829 o IRMS; sin monitor de entrada opcional CCR³
G = Con monitor L-829 o IRMS; con monitor de entrada opcional CCR³

Notas

• Se prefiere un CCR ferroresonante para aeropuertos que requieren bajo contenido armónico de salida (EMI) o que tienen cargas variantes, como las luces de protección para pista de aterrizaje y despegue que usan lámparas incandescentes (tungsteno-halógeno), REIL L-849 usando lámparas de destello de xenón o sistemas de condición de entrada a pistas de aterrizaje y despegue (RWSL, por sus siglas en inglés)

• Las luces de protección para pista de aterrizaje y despegue que usan lámparas incandescentes (tungsteno-halógeno) deben obtener la energía de CCR de tipo ferroresonante y no con CCR de tipo tiristor

¹ 3 pasos, 20A no es operación estándar FAA

² Se usa solo con opciones de monitoreo 0, 1, 2 y 6.

³ Se usa solo con opciones de monitoreo 3, 4 y 5.

Catálogo 4. Ficha de propiedades de durock en paredes de subestación.



Tablamiento marca DUROCK® NEXT GEN e+

Propiedades físicas	Resistencia a la flexión	52.7 kg/cm ² (750 psi)	ASTM C-947-03
	Capacidad de carga uniforme	Postes @30.5cm (12")	244kg/m ² (50psf)
	Absorción de agua en 24 horas	15% de su peso	ASTM C-473-07
	Resistencia a la extracción de clavos	79kg (125lbf)	ASTM C-473-07
	Incombustibilidad	Aprobado	ASTM E-136-04
	Propagación de flama	0	ASTM E-84-05
	Generación de humo	0	ASTM E-84-05
	Radio mínimo de flexión	2.44m (8')	
	Resistencia Térmica (R)	0.26 HR.ft ² *F/BTU 0.05K.m ² /W	ASTM C-177
	Congelamiento (número de ciclos sin deterioro)	100	ASTM C-666-03
	Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de carga uniforme positiva o negativa máxima del tablero a 40.6cm es de 170kg/m² (35psf). Para obtener más información sobre diseños de valores mayores consultar al Departamento Técnico de USG México. • Espacio máximo entre postes o elementos que reciban el tablamiento: 40.6cm (16"). • Deflexión máxima permisible para muros y plafones: L/360. • Separación máxima entre fijadores en sistemas de muros (tornillos DS): 20cm (8"). • Separación máxima entre fijadores en sistemas de plafón (tornillos DS): 15cm (6"). • Los tornillos deben ser DS de 1-1/4" en capa sencilla y DS de 1-5/8" en segundas capas. • Carga muerta máxima en sistemas de plafón: 36.6 kg/m² (7.5psf). • Calibre mínimo en bastidores metálicos: 20. • No usar fijadores (tornillos o clavos) especificados para tablero de yeso. • En sistemas de pisos con tablamiento DUROCK® NEXT GEN e+ no utilizar bases para piso de vinilo. • No usar accesorios (esquineros, rebordes, etcétera) metálicos sobre tablamiento DUROCK® NEXT GEN e+. 	
Almacenamiento	<p>Los tableros de cemento marca DUROCK® NEXT GEN e+, aún cuando han sido diseñados para uso exterior, debe almacenarse bajo techo y, en condiciones específicas.</p> <p>El almacén debe contar con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lugar cerrado, fresco y seco. • Las estibas deberán descansar sobre soportes, nunca sobre piso. • No se recomienda el acomodo de los tableros sobre sus cantos para: <ul style="list-style-type: none"> -Mantener la integridad del núcleo del canto y evitar que se fracture. -Seguridad de los operarios. 		

ST-DRKNGe+001
USG-100611



Página 2 de 3

BIBLIOGRAFÍA.

Libros

Carrier Air Congitioning Company, (1999), *Manual de aire acondicionado*, Marcombo, Barcelona.

Hernandez Goribar, E., (2010), *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*, Limusa, México.

Gieck, Q., (2007), *Manual de fórmulas técnicas*,(31^a edición), Alfaomega, México, Z5-Z9.

Jenings Burgess, H., (1970), *Aire acondicionado y refrigeración*, Continental, México.

Faires, V. M., (1982), *Termodinámica*, (2^a edición), Limusa, México.

Artículos

Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido, (2004), Artículo Aislamiento térmico y comportamiento energético de los edificios, Aipex, España.

Facultad de Ingeniería, *Balance térmico*, Universidad de Buenos Aires.

([http://materias.fi.uba.ar/6732/pdf/67\[1\].32_01-Balance%20termico%20Aire%20Acondicionado.pdf](http://materias.fi.uba.ar/6732/pdf/67[1].32_01-Balance%20termico%20Aire%20Acondicionado.pdf))

Pilatowsky Figueroa, I., *Artículo Psicrometría, métodos de humidificación y dehumidificación y sus aplicaciones en el diseño arquitectónico*, UNAM, México.

(<http://www.ucm.es/info/fisatom/docencia/Masterfisica/Renovables/info%20complementaria/psicrometria.pdf>)

Universidad De Las Americas Puebla, *Corrosión en la industria electrónica de Mexicali*, UDLAP, México.

(<http://hosting.udlap.mx/profesores/miguela.mendez/alephzero/archivo/historico/az56/corrosion56.html>)

Departamento de ingeniería mecánica y construcción, *Sistemas de climatización*, Universitat Jaume I., España.

(<http://www.emc.uji.es/asignatura/obtener.php?letra=9&codigo=29&fichero=1082540407929>)

Renedo, C., *Aire acondicionado, instalaciones de aire acondicionado*, Universidad de Cantabria, Ingeniería eléctrica energética, España.