



136
Zejeu

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"SISTEMA DE RECUPERACION
INTERNA DE CALOR PARA
AIRE ACONDICIONADO"**

FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA MECANICA
P R E S E N T A :
JORGE HUMBERTO MORENO HERNANDEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

A mis padres...

**Que me han llevado por el camino correcto de la vida,
inculcándome mis principios y apoyándome en todos los momentos
y decisiones importantes de mi vida. Gracias.**

A Hugo...

Mi hermano por ser la esencia de mi ser.

A Monica, José y Romina...

**Por el amor y cariño,
que me brindan.**

A Carla...

**Con todo mi amor,
te adoro en la rosa y en la espina.**

A mis amigos...

**Herman y Sergio una verdadera amistad
es algo con lo que se sueña,
pero muy pocas veces se presenta en la realidad,
doy gracias a Dios,
por contar con su amistad incondicionalmente.**

A Rodrigo..

**Por su apoyo y contribución en la
conclusión de esta tesis.**

**A todas las personas que colaboraron
con la elaboración de esta tesis.**

**A mis compañeros de trabajo,
por todo su apoyo y ayuda.**

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	1
CAPITULO I	4
1 CONCEPTOS BÁSICOS Y COMPONENTES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON CICLO REVERSIBLE CON ALIMENTACIÓN DE AGUA A LOS CONDENSADORES	4
1.1. <i>CICLO DE REFRIGERACIÓN BÁSICO</i>	4
1.2. <i>DIAGRAMA DE MOLIERE</i>	10
1.3. <i>CICLO DE REFRIGERACIÓN REVERSIBLE</i>	14
CAPITULO II	17
2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. (DE RECUPERACIÓN DE CALOR CON CICLO REVERSIBLE CON ALIMENTACIÓN DE AGUA A LOS CONDENSADORES PARA AHORRO DE ENERGÍA	17
2.1. <i>VENTAJAS DEL SISTEMA</i>	17
2.2. <i>PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA</i>	21
2.3. <i>FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA</i>	22
2.4. <i>OPERACIÓN EN LAS DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO</i>	25
2.5. <i>CARACTERÍSTICAS PARA UNA BUENA APLICACIÓN</i>	29
CAPITULO III	31
3 DISEÑO DEL SISTEMA. PROCEDIMIENTO CORRECTO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA	31
3.1.- <i>CALCULAR LA CARGA BLOQUE DE ENFRIAMIENTO DEL EDIFICIO</i>	31
3.2.- <i>CALCULAR LA CARGA BLOQUE DE CALEFACCIÓN DEL EDIFICIO</i>	31
3.3.- <i>SELECCIONAR TODAS LAS UNIDADES PARA EL EDIFICIO</i>	31
3.4.- <i>DETERMINAR EL GASTO DE AGUA DEL SISTEMA</i>	32
3.5.- <i>SELECCIÓN DEL ENFRIADOR DE AGUA (normalmente torre de enfriamiento cerrada)</i>	35
3.6.- <i>SELECCIÓN DEL CALENTADOR DE AGUA</i>	36
3.7. <i>COMO TEMPLARSE EL AIRE EXTERIOR</i>	38
3.8. <i>CONTROL DE LAS PERDIDAS DE CARGAS DE CALOR</i>	39
3.9. <i>ARREGLO APROPIADO PARA LOS COMPONENTES DEL SISTEMA</i>	40

3.10. REGLAS QUE RIGEN EL DISEÑO DE LAS TUBERÍAS DEL SISTEMA.....	41
3.11. COMO DIMENSIONAR LA TUBERÍA DEL SISTEMA.....	43
3.12. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA TUBERÍA.....	43
3.13. CALCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCIÓN.....	45
3.14. CALCULO DE LA BOMBA PRINCIPAL.....	46
3.15. CALCULO DEL CABALLAJE DE LA BOMBA.....	46
3.16. AISLAMIENTO DEL SISTEMA.....	47
3.17. PAUTAS PARA LA SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	47
3.18. INSTALACIÓN Y OPERACIÓN CORRECTA DE LA BOMBA.....	48
3.19. DISEÑO Y CALCULO DE LA LÍNEA DE DRENAJE DE CONDENSADOS.....	49
3.20. COMO MINIMIZAR LA TRANSMISIÓN DE RUIDO.....	53
3.21. RECOMENDACIONES PARA PROVEER UN ÁREA DE SERVICIO ACCESIBLE.....	55
3.22. TIPO DE RECHAZADORES DE CALOR RECOMENDADOS:.....	56
3.23. PROTECCIÓN PARA LAS TORRES DEL CONGELAMIENTO.....	62
3.24. DONDE INSTALAR LA TORRE.....	66
3.25. QUE CANTIDAD DE AGUA DE REMPLAZO Y PURGA SE NECESITA.....	67
3.26. CUANDO SE RECOMIENDA USAR UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	68
3.27. COMO DIMENSIONAR EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	71
3.28. CUANDO PODRÍA EL PROYECTISTA USAR LA OPCIÓN DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA.....	76
3.29. VENTAJAS DE SUBZONIFICAR.....	78
3.30. IMPORTANCIA DE LA LIMPIEZA DEL SISTEMA.....	79
3.31. CONTROL TOTAL DEL SISTEMA.....	81
CAPITULO IV.....	93
4 DISEÑO DEL SISTEMA BOMBA DE CALOR CON CONDENSADOR ENFRIADO POR AGUA.....	93
4.1 CALCULO DE LA CARGA BLOQUE DE ENFRIAMIENTO.....	93
4.2. CALCULO DE LA CARGA BLOQUE PARA CALEFACCIÓN.....	97
4.3. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES.....	98
4.4. DETERMINAR EL GASTO DE AGUA DEL SISTEMA.....	99
4.5. SELECCIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.....	99
4.6. SELECCIÓN DEL CALENTADOR DE AGUA.....	102

CAPITULO V.....	105
5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE INSTALACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA.....	105
<i>5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL COSTO POR INSTALACIÓN.....</i>	<i>105</i>
<i>5.2. COMPORTAMIENTO Y NECESIDADES POR ORIENTACIÓN A DIFERENTE HORARIO Y TEMPERATURA EXTERIOR.....</i>	<i>106</i>
<i>5.3. ANÁLISIS DEL COSTO DE OPERACIÓN.....</i>	<i>120</i>
CAPITULO VI.....	125
6 CONCLUSIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127

CAPITULO

1

Conceptos básicos y componentes de un sistema de refrigeración con ciclo reversible con alimentación de agua a los componentes

CAPITULO I

1 CONCEPTOS BÁSICOS Y COMPONENTES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON CICLO REVERSIBLE CON ALIMENTACIÓN DE AGUA A LOS CONDENSADORES.

1.1. CICLO DE REFRIGERACIÓN BÁSICO

Consta básicamente de un serpentín evaporador, un compresor, un condensador y una válvula de expansión.

EVAPORADOR.

Inicialmente, el refrigerante líquido a baja presión y baja temperatura entra al evaporador donde éste absorbe el calor del aire o agua que se va a enfriar. Esta transferencia de calor vaporiza el refrigerante, aquí se produce el efecto de refrigeración.

Provee la superficie necesaria para transferir calor del medio a enfriarse evaporando el refrigerante.

El líquido que sale de la válvula de expansión cambia a vapor, conforme va absorbiendo calor del espacio a refrigerar.

La vaporización se lleva a cabo a presión y temperatura constante.

TIPO DE EVAPORADORES.

Evaporador de expansión seca.- El líquido se alimenta a través de una válvula de expansión que provee el líquido de tal modo que éste se vaya evaporando, conforme va entrando hasta que salga del evaporador.

Para cualquier tipo de evaporador, el gasto de refrigerante depende de la rapidez de la evaporación y aumenta o disminuye según la carga.

Cuando en un evaporador seco la carga es pequeña, la cantidad de líquido en el mismo es pequeña; pero cuando la carga aumenta la cantidad de líquido, también aumenta; por esto, en este tipo de evaporador, la eficiencia aumenta al aumentar la carga.

Construcción del evaporador de tubos con aletas.

Estos son del tipo desnudos, a los que se les instalan aletas. Las aletas son absorbedores secundarios de calor y tienen por objeto aumentar el área o superficie del evaporador.

Las aletas remueven el calor del aire que, por lo general, no estaría en contacto directo con el serpentín desnudo.

En algunos casos, la aleta va soldada al serpentín y en otros entra a presión, pero siempre debe haber buen contacto entre la aleta y la tubería.

Cuando la distancia entre las aletas es demasiado reducida, se forma mucho hielo que impide el paso de aire; cuando no se llega al punto de congelación, como con el aire acondicionado, puede haber hasta 14 aletas por pulgada de serpentín, pero esto no es muy recomendable ya que si no se tienen filtros en la instalación hay que darle mantenimiento muy seguido al serpentín.

Actualmente se utilizan aletas onduladas ya que producen una turbulencia en el aire y esto aumenta la transferencia de calor.

LÍNEA DE SUCCIÓN.

Es la línea que transporta el vapor de baja presión del evaporador al compresor.

COMPRESOR.

La función del compresor es succionar el refrigerante en estado gaseoso del evaporador y recircularlo en el sistema, en esta misma acción comprime dicho gas y sensiblemente lo calienta o sobrecalienta .

Cuando el refrigerante sale del compresor es vapor sobrecalentado a alta presión y alta temperatura.

TIPO DE COMPRESORES.

Compresor abierto es aquel que tiene externamente la flecha del motor.

Si el motor se encuentra en la misma carcasa del compresor se le conoce como compresor hermético.

Los tipos de compresores más utilizados en área del aire acondicionado para lograr este ciclo de forma eficiente son:

- * Reciprocante.
- * Centrifugo.
- * Tornillo.
- * Rotativo.

LÍNEA DE DESCARGA.

Transporta, del compresor al condensador, el vapor a alta presión y temperatura.

CONDENSADOR.

La función del condensador es cambiar nuevamente el estado del refrigerante a líquido para volverlo a utilizar en el evaporador.

El vapor entra al condensador, ahí mismo, el calor sensible y latente del refrigerante en estado gaseoso es transferido al agente condensante regresándolo al estado líquido. El calor es transferido al agente condensante que puede ser agua o aire dependiendo del tipo de condensador que se tenga, éste debe de estar a menor temperatura que la temperatura de condensación del refrigerante que depende de la presión a la que se encuentre el refrigerante.

Proporciona la superficie de transferencia de calor necesaria para que el calor fluya del refrigerante al medio de enfriamiento, aire o agua.

CONDENSACIÓN.

En el condensador es donde el agente absorbe el calor del refrigerante, transformando el gas sobrecalentado que sale del compresor, en líquido saturado o subenfriado.

El calor absorbido por el condensador es igual que el calor absorbido en el evaporador más el calor equivalente al trabajo suministrado por el compresor.

TIPO DE CONDENSADORES.

Enfriados por aire.

Enfriados por agua.

Condensadores que usan como medio, el agua, pueden clasificarse de la siguiente manera:

• **Sistema Abierto** .- Torre de enfriamiento.

• **Sistema Cerrado** .- Usando condensadores evaporativos o bien conocidas como torres cerradas.

Tubos encaquetados o bien conocidos como un tubo coaxial.

LÍNEA LÍQUIDA.

Transporta refrigerante líquido, del tanque receptor a la válvula de control de flujo.

DISPOSITIVOS DE EXPANSIÓN.

Finalmente el refrigerante líquido a alta presión pasa a través del dispositivo de expansión. Generalmente se utiliza una válvula de expansión la cual tiene la función de regular el flujo del refrigerante para poder evaporarlo nuevamente. En el dispositivo de expansión se produce una diferencia de presiones que divide al ciclo en lado de alta presión (antes de la válvula) y el lado de baja presión (después de la válvula hasta la succión del compresor). Cuando el líquido pasa a través de la válvula, su presión es reducida a la presión de diseño del evaporador.

Esta reducción de presión causa que una pequeña porción del líquido hierva enfriándose el líquido restante a la temperatura del evaporador.

Finalmente el líquido enfriado entra al evaporador para repetir el ciclo.

Controla la cantidad necesaria de refrigerante al evaporador y reduce la presión del líquido que entra al evaporador, de modo que el líquido se evapore en el evaporador a la presión y temperatura deseadas.

EXPANSIÓN .

El proceso de expansión ocurre en la válvula; la presión del líquido se reduce la presión de condensación a la presión de evaporación. Cuando ocurre la expansión a través del orificio de la válvula, la temperatura del líquido también se reduce de la temperatura de condensación a la de evaporación.

TUBOS CAPILARES.

El tubo capilar es el método más sencillo para controlar el flujo, consiste, exclusivamente, en una longitud fija de tubo de pequeño diámetro, instalado entre el condensador y el evaporador.

Debido a la gran pérdida de fricción por su pequeño diámetro, el tubo capilar trabaja como un regulador de flujo fijo.

Este sistema sólo da el máximo de eficiencia a ciertas cargas; en otras la eficiencia es baja. Se usa en unidades pequeñas, y en todos los refrigeradores y congeladores domésticos.

TUBO CAPILAR.

Todas las unidades de refrigeración requieren de un aparato que disminuya la presión del flujo del refrigerante del lado de baja presión de acuerdo de las demandas del sistema, éste tipo de expansión a sido muy popular para unidades pequeñas hasta 5 T.R.

Los tubos capilares operarán bajo el principio que el líquido que pasa a través de él es mucho más controlable que el gas, éste consiste en una línea de pequeño diámetro, la cual, cuando es usada con el propósito de controlar el flujo del refrigerante en el sistema, se conecta a la salida del condensador y en la entrada del evaporador.

En algunas ocasiones es soldada a la salida del área de la línea de succión para propósitos de un Intercambiador de calor.

TANQUE RECIBIDOR.

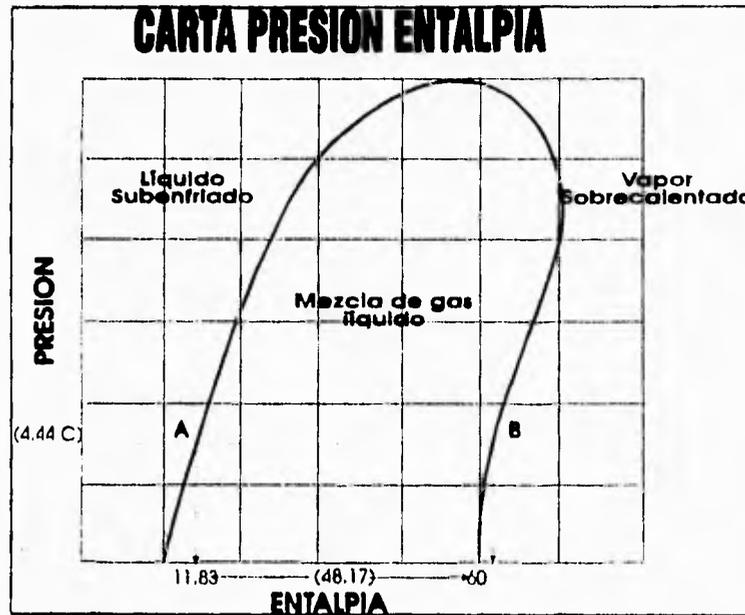
Almacena refrigerante, a fin de que exista un continuo suministro del mismo cuando se requiera.

CONDENSADOR EVAPORATIVO.-

Es actualmente uno de los más usados en los sistemas de aire acondicionado y de refrigeración industrial. El agua fría que recircula en el propio condensador, absorbe el calor de condensación y, a su vez, el agua se enfría por el aire que se satura con la propia agua y toma el calor latente de evaporación del calor sensible del agua.

1.2. DIAGRAMA DE MOLIÈRE

Usando la carta de presión-entalpía es una representación gráfica de la presión del refrigerante (eje vertical) contra la entalpía (eje horizontal). La entalpía del refrigerante es el calor absorbido ó rechazado por el refrigerante (ambos calor sensible y calor latente).



GRÁFICA 1.2.1.

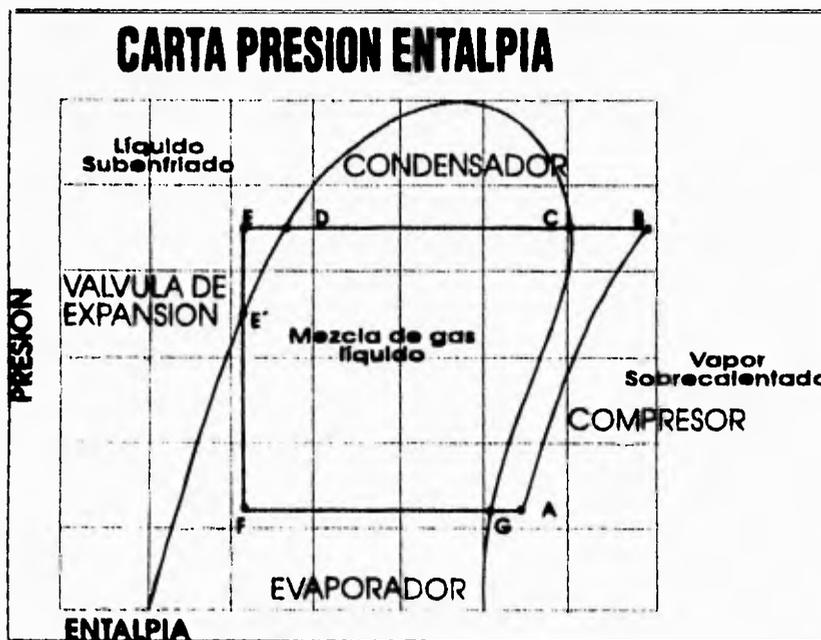
Por ejemplo el punto A representa el contenido de calor de una libra de líquido saturado de refrigerante-22 a 4.9 Kg./cm². de presión el cual corresponde a una temperatura de 4.44 °C.

De otra manera el punto B representa el contenido de calor de una libra de vapor saturado a la misma presión.

La diferencia de calor contenido entre los puntos A y B es de (48.17 kcal por Kg.) esta cantidad de calor es requerido para transformar un kilogramo de líquido saturado a un kilogramo de vapor saturado a la misma presión y temperatura.

Inversamente, para remover los mismos 48.17 kcal por Kg. y transformar un kilogramo de vapor a líquido a la misma temperatura y la misma presión, si el calor contenido del vapor a cualquier presión cae a la derecha de la curva es vapor sobrecalentado, sobrecalentado significa que el calor contenido del vapor es mayor que el requerido para vaporizarse.

De la misma forma el calor contenido del líquido cae a la izquierda de la curva es líquido subenfriado. Esto es que el calor adicional tiene que ser removido del líquido después de haber sido condensado.



GRÁFICA 1.2.2.

La representación gráfica del ciclo de refrigeración básico puede ser sobrepuesta en la carta para demostrar el funcionamiento de cada uno de los componentes del ciclo de refrigeración.

Empezando en el punto A el compresor recibe refrigerante en forma de vapor sobrecalentado y le eleva la presión hasta el punto B. donde comienza la condensación, el punto B es donde el condensador rechaza la cantidad de calor y balancea la carga de calor impuesta

por el sistema. La transferencia de calor en el condensador disipa el sobrecalentamiento trayendo al vapor a la línea de saturación C. Posteriormente el calor removido es tomado del refrigerante que pasa a través de la mezcla líquido-vapor hasta la línea de líquido saturado punto D.

Finalmente el líquido entra a la zona de subenfriamiento del condensador donde el calor contenido es reducido hasta el punto E.

La reducción de presión de E a F es entre el condensador y el evaporador.

Parte de la caída de presión total es dentro de la línea de líquido y el resto es cuando pasa a través de la válvula de expansión.

El refrigerante subenfriado primero pasa por la línea de saturación (E') una vez ya saturado la reducción de presión al punto F provoca que parte del líquido hierva, éste proceso de absorber calor enfría sensiblemente el líquido restante a la temperatura del evaporador.

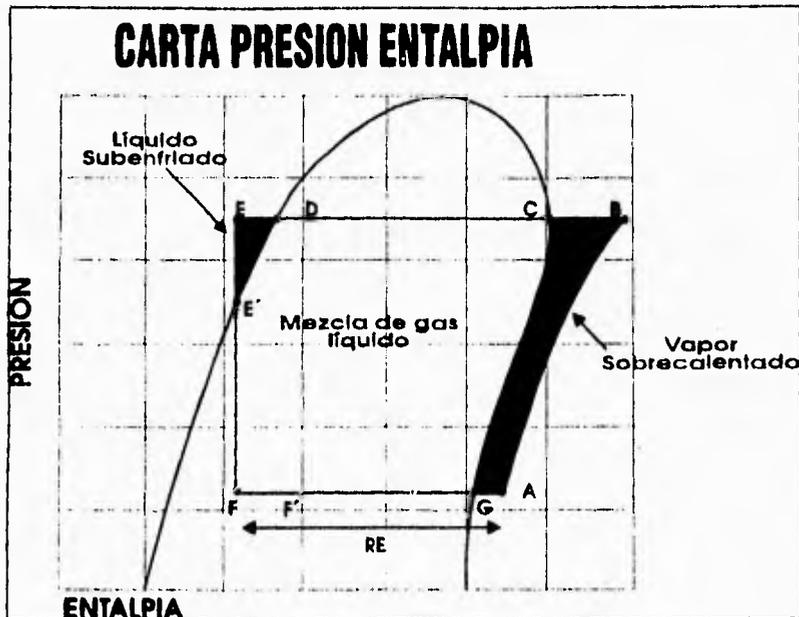
Durante el proceso de reducción de presión de E a F, la entalpía o el calor total del refrigerante no cambia, la pérdida de calor necesaria para enfriar sensiblemente el líquido es simplemente absorbida por el flash gas, la pérdida de calor no es debida al sistema.

Finalmente la mezcla del gas líquido entra al evaporador (F). Aquí el calor es transferido del aire o agua para enfriar parte del líquido de la mezcla. El suministro del calor vaporiza el líquido trayéndolo a la línea de vapor saturado (G).

En los tubos finales del evaporador, el calor adicional es absorbido por el vapor sobrecalentado. La extensión del sobrecalentamiento es representado por G -A .

El vapor sobrecalentado es regresado al compresor para poder repetir el ciclo.

Los valores de subenfriamiento y sobrecalentamiento del refrigerante son mostrados en la siguiente figura.



GRÁFICA 1.2.3.

Primero el sobrecalentamiento del vapor, este se encuentra completamente vaporizado en el punto G sacando al vapor de la mezcla de vapor-líquido. entonces el sobrecalentamiento ocurre del punto G a A , esto es para asegurar que el vapor que va a entrar al compresor no contenga nada de refrigerante líquido.

Por otra parte el subenfriamiento mejora el funcionamiento del ciclo.

Por ejemplo, la entalpía o la diferencia de calor contenido, $F - A$ es el efecto de refrigeración (RE) del refrigerante. Esta es la cantidad de calor que cada libra de refrigerante va a absorber en el evaporador en el proceso de enfriamiento de aire o agua.

Los beneficios del subenfriamiento pueden ser demostrados con la comparación de esta máquina con una que produce muy poco o nada de subenfriamiento. Comparando con una máquina que no tenga subenfriamiento que simplemente conduzca el refrigerante líquido saturado del condensador al evaporador de D a F' como se muestra en la figura esto produce un efecto de refrigeración menor de F' a A. Esto se traduce a que una máquina sin subenfriamiento debe evaporar substancialmente mas refrigerante con un serpentín más grande para que produzca la capacidad dada. Además el compresor debe manejar una cantidad mayor de vapor resultando utilizar un compresor de mayor capacidad.

1.3. CICLO DE REFRIGERACIÓN REVERSIBLE.

BOMBA DE CALOR.

La bomba de calor es la que tiene la capacidad de suministrar un efecto de enfriamiento y también de calefacción con el mismo equipo, utilizándose mucho en edificios residenciales y comerciales.

VÁLVULA REVERSIBLE DE 4 VÍAS.

Las válvulas reversibles de 4 vías 2 posiciones operan normalmente por medio de una solenoide piloto, estas están diseñadas para cambiar la dirección del flujo del refrigerante en algunas partes del sistema de refrigeración, estas son utilizadas en refrigeración y en todos los sistemas de bomba de calor para aire acondicionado.

En la siguiente figura se muestra una válvula de 4 vías en el ciclo de enfriamiento.

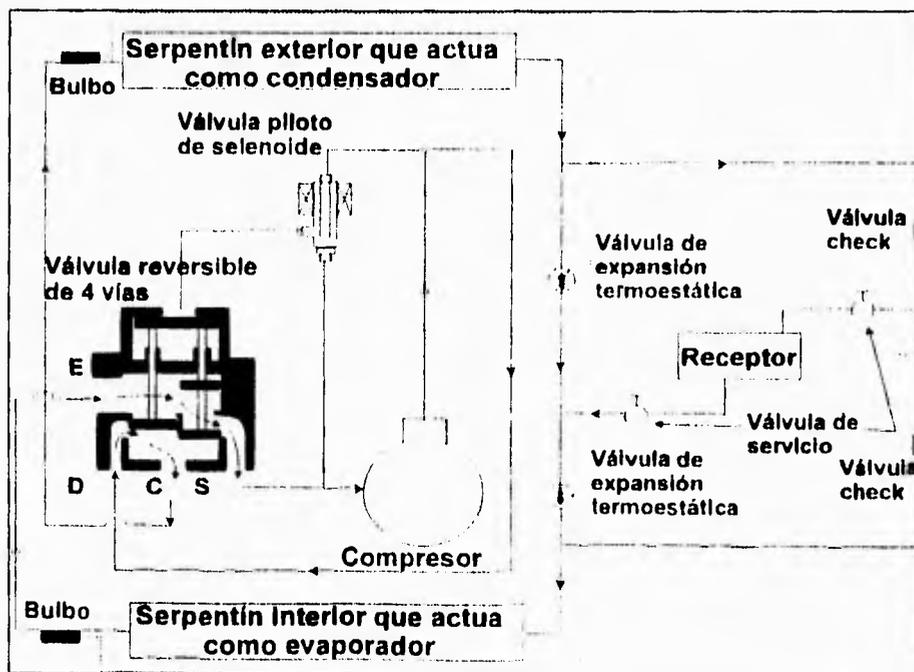


FIGURA 1.3.1.

Aquí se muestra una válvula solenoide piloto de 3 vías que se encuentra energizada y a su vez conectada a la cámara superior de la válvula de 4 vías, el pistón de la válvula está conectado a la línea de succión del compresor, provocando que el pistón suba.

En esta posición, el gas caliente del compresor entra por D y sale por C, y el gas frío que proviene del evaporador entra por E y sale por S.

En la figura 1.3.2, la válvula solenoide piloto está desenergizada y la cámara superior de la válvula de cuatro vías, el pistón está conectado a la descarga del compresor moviendo el pistón hacia abajo.

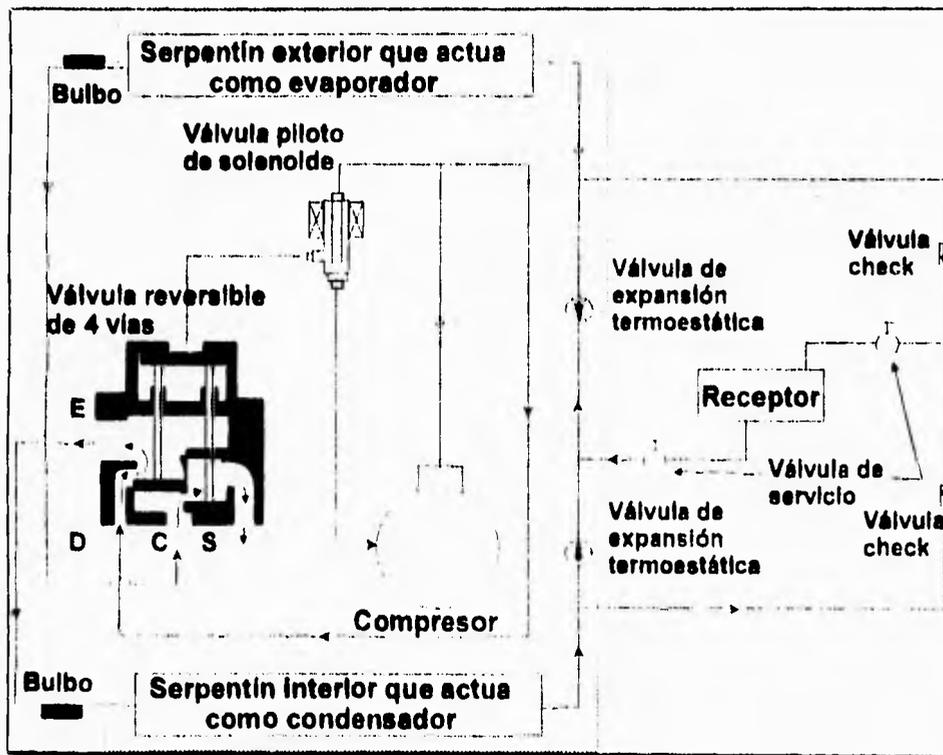


FIGURA 1.3.2.

En esta posición, el gas caliente del compresor pasa por D-E y el gas frío del evaporador pasa por C-S.

Después de haberse hecho el cambio de la válvula reversible la diferencial de presión a través del pistón es reducida por medio de ecualización a un valor muy bajo el cual es igual a la caída de presión que hay a través de la válvula causada por el flujo del refrigerante.

La válvula entonces se mantiene en esta posición debido a la caída de presión que hay en la válvula cuando esta tiene sus puertos cerrados.

Si por alguna razón, la válvula reversible cambia de posición durante un periodo de corte, entonces esta va a regresar a la posición última seleccionada por la válvula solenoide de piloto cuando la operación del compresor es reanudada.

CAPITULO



Descripción del sistema. (de recuperación de calor con ciclo reversible con alimentación de agua a los condensadores para ahorro de energía)

CAPITULO II

2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. (DE RECUPERACIÓN DE CALOR CON CICLO REVERSIBLE CON ALIMENTACIÓN DE AGUA A LOS CONDENSADORES PARA AHORRO DE ENERGÍA.

2.1. VENTAJAS DEL SISTEMA.

AHORRO DE ENERGÍA.

Este sistema provee un excelente ahorro de energía y es propiamente más eficiente que un sistema dividido.

Esto se traduce a un consumo menor de energía y de costo de operación.

La energía utilizada puede provenir de cualquier tipo de combustible como lo son: electricidad, gas, petróleo, carbón, energía solar.

Para el calor requerido, si se dispone de agua caliente o vapor de algún tipo de proceso en el cual sobren estos componentes.

VENTAJAS DEL DUEÑO.-

Ahorros inmediatos son realizados al ser un sistema sencillo y de un tiempo de instalación rápido, también por la simplicidad de diseño y la flexibilidad de su instalación.

Otra de las ventajas para el dueño es el arranque del sistema por no ser tan complejo casi no hay problemas de mal funcionamiento.

Las unidades pueden ser medidas individualmente haciendo de este sistema un buen prospecto para edificios tipo condominio en los cuales el inquilino paga su consumo de aire acondicionado , otras aplicaciones.

VENTAJAS DEL INQUILINO.-

Cada ocupante tiene su control individual de calefacción o enfriamiento durante cualquier época del año, sin preocuparse de las condiciones exteriores.

Con un simple termostato se puede acondicionar el área al nivel de confort deseado. El área acondicionada es mayor, debido a lo compacto del sistema. Esto permite mayor flexibilidad para oficinas, cuartos de tiempo compartido y espacio para almacenar.

BAJO COSTO INICIAL.

Para este tipo de sistema se instalan unidades ensambladas en fábrica esto se traduce a un menor costo de instalación por tener poca mano de obra en el lugar de la construcción.

Control de la temperatura de forma auto suficiente.

Solamente se deberán comprar las unidades necesarias para el trabajo inicial unidades adicionales se comprarán e instalarán al sistema según los requerimientos del mismo. Esto no solamente contribuye al aumento de liquidez, también provee la flexibilidad necesaria de incrementar la zonificación según los requerimientos.

BAJO COSTO DE MANTENIMIENTO.-

Ya que muchos de los componentes son similares son fácilmente reparables o de fácil reemplazo si es necesario.

Debido a lo sencillo del sistema el costo de los servicios de un Ingeniero especializado no son requeridas en su operación.

La falla de una unidad no afecta el funcionamiento del sistema.

BAJO COSTO DE OPERACIÓN.-

Debido al sistema, la energía puede ser transferida para cualquiera de las necesidades del edificio.

Los componentes auxiliares del sistema solamente operarán en los momentos que se requieran. El uso de energía solamente es usado en las áreas que estén ocupadas o se necesiten acondicionar. Debido a que con este sistema se tiene la facilidad de tener una buena zonificación, la operación de este sistema es muy buena cuando se tiene un edificio con mucha diversidad.

DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA.

La energía básica requerida es electricidad, sin embargo, para calefacción una de las fuentes de energía puede ser electricidad así como combustible, o cualquier fuente de calor solar. Esto ofrece una mayor versatilidad en el uso de la fuente de energía de mayor ahorro de energía.

CONTROL DE RUIDO.

Los altos niveles de ruido y el aire contaminado son por igual un gran problema, pero con un sistema de recuperación de calor no se van a tener calderas las cuales producen mucho ruido, no más generadoras de agua recíprocas o unidades centrifugas de alta velocidad, así como ventiladores centrifugos de alta velocidad y alta caída de presión estática, y todos los accesorios que puedan producir ruido.

Las unidades son acústicamente ensambladas y probadas en fábrica para unos niveles de ruido mínimos, aceptables para cualquiera de las aplicaciones.

FLEXIBILIDAD EN LA INSTALACIÓN.-

En el momento de la instalación, se pueden hacer cambios fácilmente para cada uno de los componentes, los diferentes arreglos de tuberías e instalación eléctrica son posibles con este tipo de sistemas y los detalles de la obra pueden ser manejados sin ningún problema.

Los módulos individuales del sistema se pueden cambiar de lugar permitiendo al inquilino cambios sin mucho problema, la instalación inicial se puede modificar o crear nuevas zonas en cualquier momento.

INSTALACIÓN RÁPIDA.-

El simple hecho de que las unidades son totalmente ensambladas en fábrica, el único trabajo en campo requerido es en algún pequeño ducto de baja presión, conexiones eléctricas, y la interconexión de la tubería no aislada que puede ser de acero, cobre o plástico.

Bombas, enfriador y calentador requieren controles de temperatura mínimos.

REQUERIMIENTOS MENORES DE ESPACIO.-

Debido a la eliminación de sistemas de ductos largos, calderas, enfriadores de agua, intercambiadores de calor, bombeo múltiple y accesorios tenemos mayor espacio disponible para el inquilino, esto se traduce a una mejor inversión.

Los equipos costosos para azoteas son eliminados.

CONTROL SENCILLO DE TEMPERATURA.-

Los controles de temperatura son eléctricos y auto suficientes, o pueden ser termostatos para ser montados en pared.

Los únicos controles necesarios son los de la temperatura del agua, y no tendremos la necesidad de utilizar controles caros y paneles electrónicos de gran tamaño. Los costos de mantenimiento se reducen y el inquilino entiende mejor el control de temperatura del sistema.

RIESGO MÍNIMO.

Desde que un sistema de recuperación de calor no depende de un sistema central, la calefacción o el enfriamiento del edificio entero no se pierde debido a la falla del equipo central, si esto sucede las unidades pueden ser fácilmente remplazadas en 30 minutos, esto asegura una gran satisfacción al inquilino y reduce el riesgo de que se pierdan clientes.

ARRANQUE DEL SISTEMA SENCILLO.-

Cualquier sistema requiere un procedimiento de arranque, la mayoría de los sistemas necesitan meses para un arranque efectivo debido a lo complejo que es controlar y balancear el sistema, pero este sistema puede ser arrancado y balanceado en días.

DISEÑO DEL SISTEMA RÁPIDO.-

El diseño de este sistema es muy sencillo ya que se utilizan un mínimo de controles así como ductos de baja presión (si el caso o aplicación lo requieren) el cálculo de tubería es muy sencillo. El tiempo de diseño ocupado en este sistema generalmente es la mitad del tiempo requerido de un sistema central, este factor se traduce a un diseño mucho más rápido y un ahorro substancial en tiempo y costo de diseño.

CONTROL INDIVIDUAL DE LAS UNIDADES DURANTE TODO EL AÑO.

Cada unidad tiene su control de temperatura, esto permite que cada ocupante controle la temperatura a su gusto, ya sea calefacción o enfriamiento a la hora o cualquier momento que lo dese durante todo el año.

2.2. PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA.

Además de las unidades básicas del sistema existen 5 componentes básicos en este sistema.

- 1) Rechazador de calor (TORRE DE ENFRIAMIENTO).
- 2) Suministro de calor (Calentador de agua).
- 3) Separador de aire (PURGADOR).
- 4) Tanque de expansión.
- 5) Bombas principales y de seguridad.

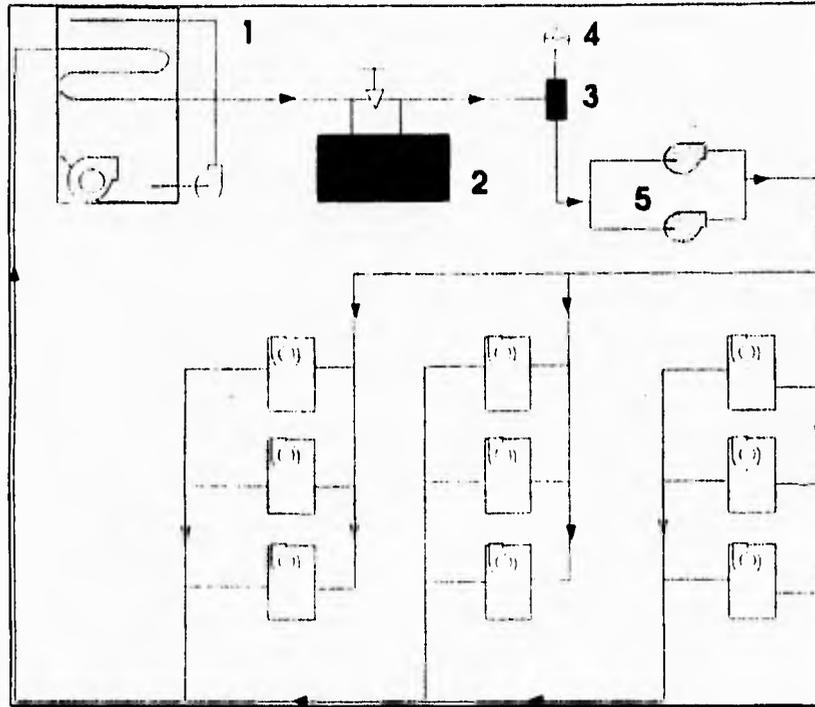


FIGURA 2.2.1.

2.3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Este es esencialmente un sistema de recuperación de calor, esta función de recuperación de calor se puede lograr mediante el entubamiento del condensador/evaporador intercambiador de calor a un sistema cerrado de agua.

Cuando estamos enfriando el condensado/evaporador funcionando como condensador, el calor es extraído del área acondicionada hacia el sistema cerrado de agua.

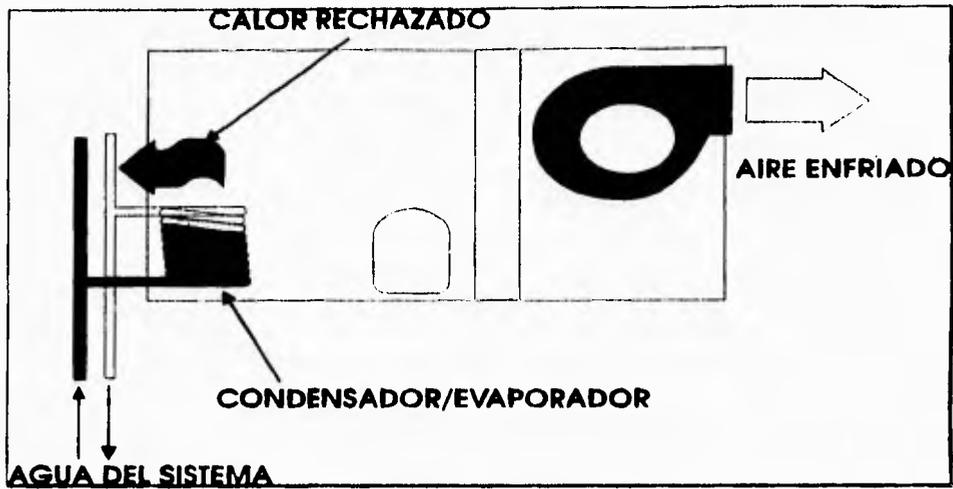


FIGURA 2.3.1.

Cuando estamos en calefacción el condensador/evaporador, funciona como evaporador, extrayendo el calor del sistema cerrado hacia el área a acondicionar.

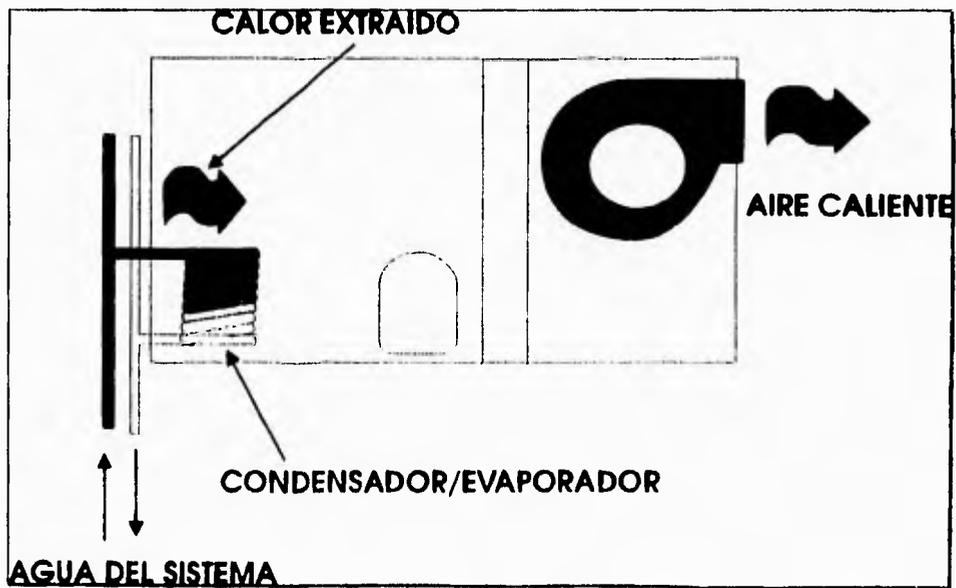


FIGURA 2.3.2.

Por lo tanto, durante las diferentes épocas del año, el potencial de ahorro de energía ocurre cuando las unidades que se encuentran en la parte central del edificio están enfriando, el calor es rechazado hacia el sistema y las unidades periféricas que están en calefacción; toman calor del sistema.

En otras palabras, el calor no necesario es transferido de las unidades interiores a las unidades que están en la periferia del edificio.

2.4. OPERACIÓN EN LAS DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO.

Durante climas calurosos cuando todas o la mayoría de las unidades están funcionando para enfriamiento el calor es removido del aire y es transferido al sistema cerrado de agua. El condensador evaporativo rechaza este calor al aire exterior, manteniendo aproximadamente 33°C la temperatura de salida del agua.

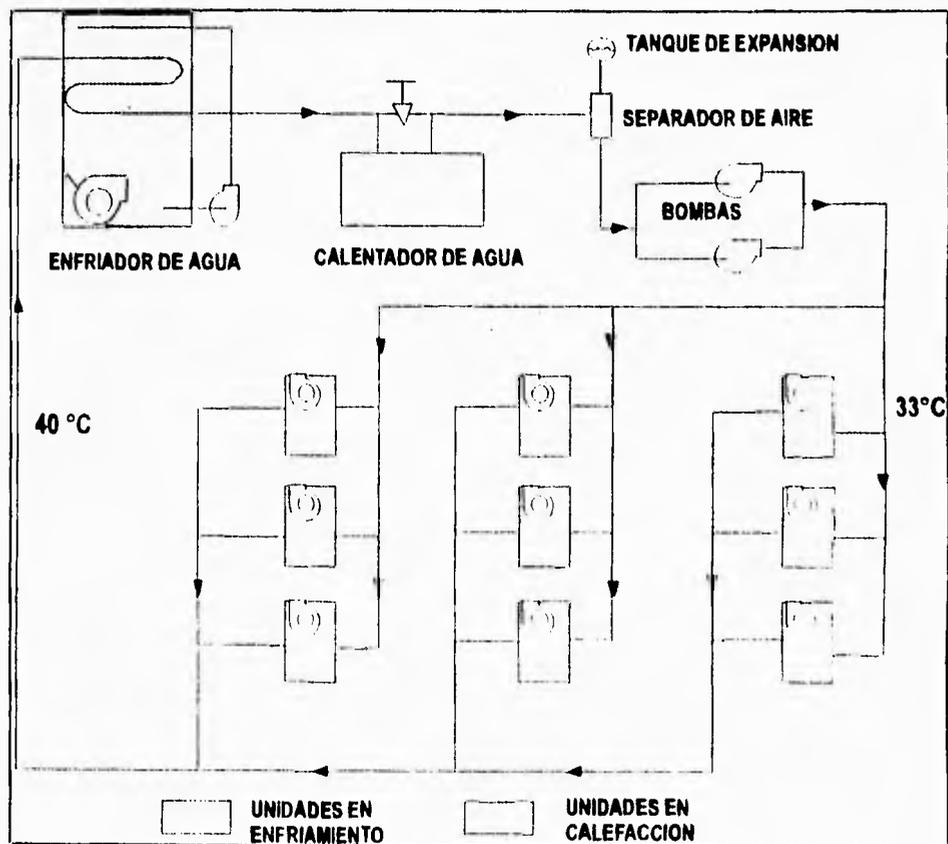


FIGURA 2.4.1.

Durante climas moderados, las unidades que se encuentran en áreas sombreadas del edificio están generalmente en calefacción mientras que las unidades que están del lado soleado se encuentran funcionando en enfriamiento.

Con un poco más de un 30% de las unidades en enfriamiento el porcentaje de la temperatura del agua en el sistema se incrementa, entonces una parte de la capacidad de la torre de enfriamiento es usada para disipar el calor excesivo.

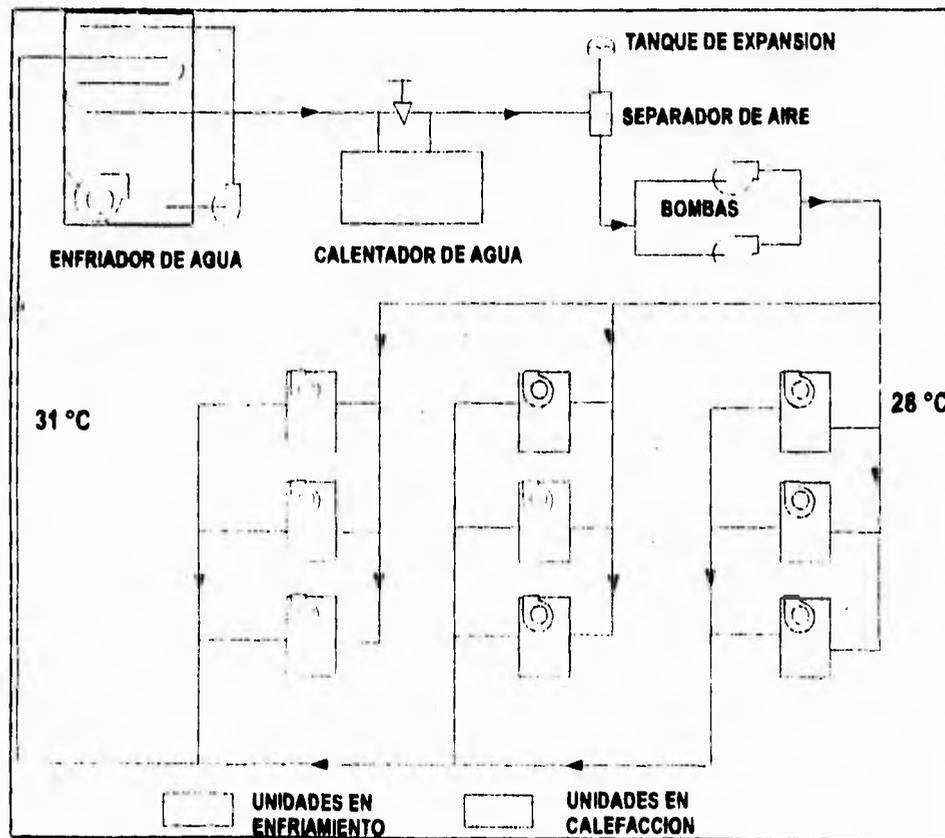


FIGURA 2.4.2.

Solamente durante climas extremadamente fríos cuando la mayoría de las unidades están en calefacción, es necesario suministrarle calor al sistema. El calentador de agua es usado cuando la temperatura del agua de retorno disminuye al valor mínimo. La suma de calor requerido es cuando cualquiera de las unidades empiezan a funcionar para enfriamiento.

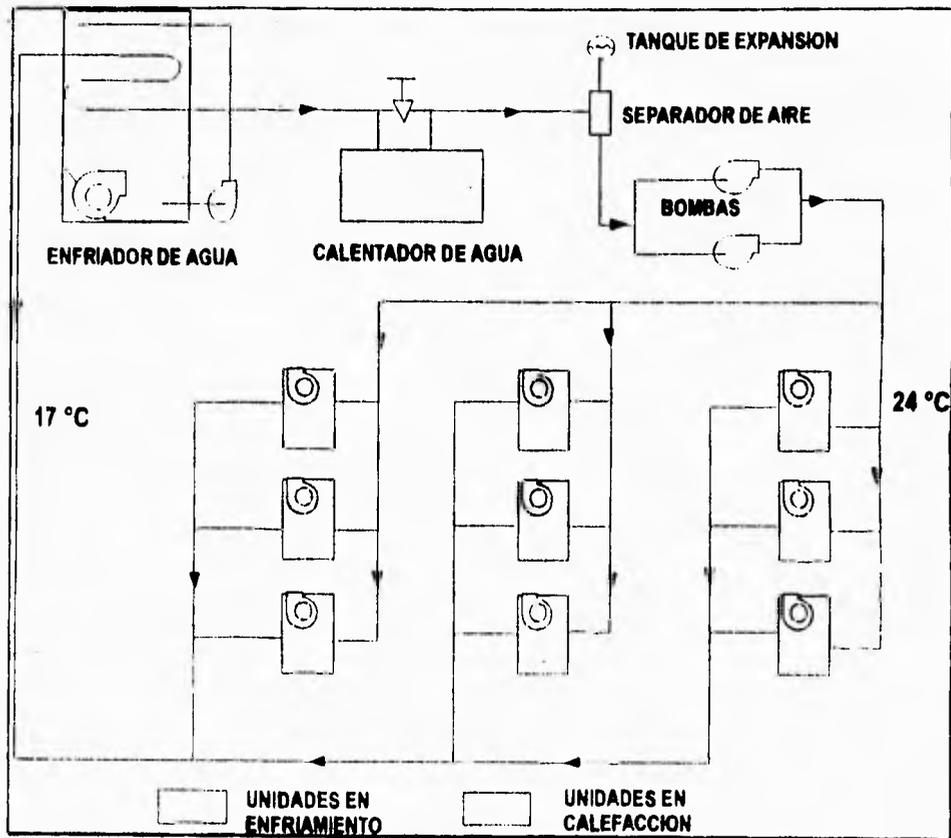


FIGURA 2.4.3.

Cargas pesadas en las áreas interiores. Esta aplicación es para un edificio de oficinas con ganancias de calor altas en las zonas internas como lo son personas, luces, equipos, etc. posiblemente se requiera (solamente) enfriamiento en estas áreas durante todo el año, el calor es tomado de estas áreas y rechazado hacia el sistema, previendo una fuente de calor para las unidades periféricas. Cuando aproximadamente una tercera parte de las unidades son de enfriamiento, suficiente calor es suministrado al sistema para balancear la demanda de calor.

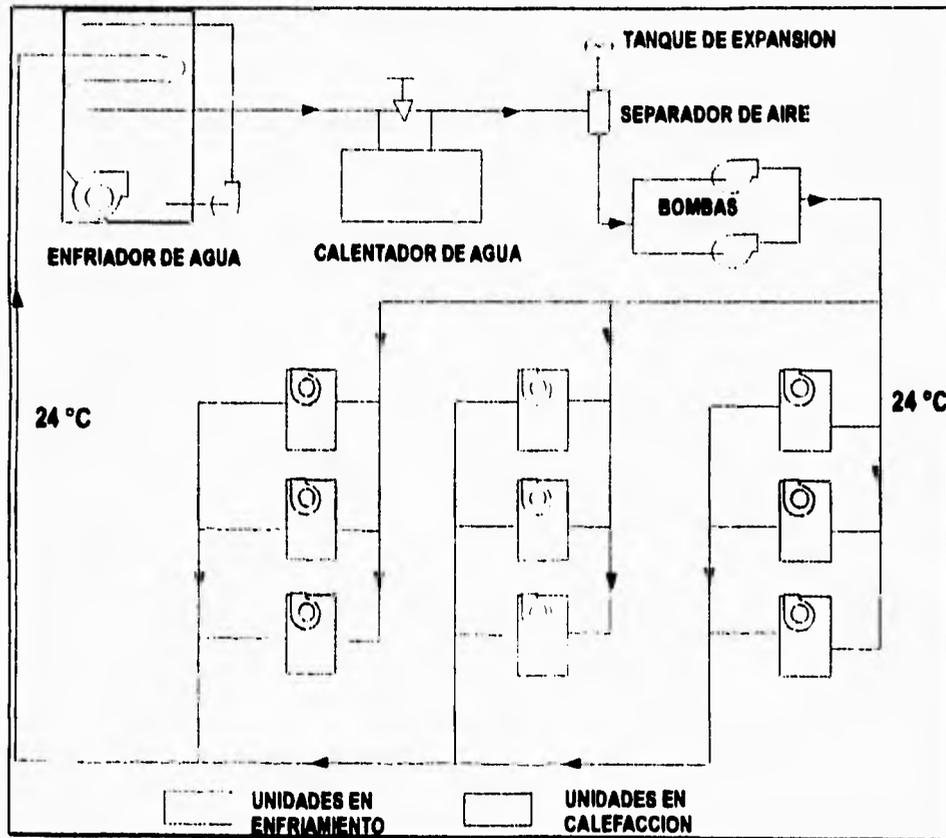


FIGURA 2.4.4.

2.5. CARACTERÍSTICAS PARA UNA BUENA APLICACIÓN.

¿ Que características deberá tener la construcción para la aplicación de un sistema de recuperación de calor con ciclo reversible ?

Este sistema es por definición un sistema de recuperación de calor. Por lo tanto las características que favorecen a un sistema con recuperación de calor también favorecen a un sistema con ciclo reversible .

Específicamente se deben hacer las siguientes preguntas.

1.- ¿ Se tienen áreas de enfriamiento y calefacción simultáneamente ?

2.- ¿ Se va usar para recuperación de calor ?

Si estas dos preguntas son contestadas positivamente la construcción es una muy buena candidata para un sistema con ciclo reversible. Sin embargo existen procedimientos que pueden ser tomados para adaptar el sistema a los requerimientos de la construcción sin que la misma conteste estas dos preguntas positivamente.

Con un tanque de almacenamiento apropiado el calor generado durante el ciclo de enfriamiento a lo largo de todo el día se puede usar como fuente de calor durante la noche. (nota: muchos de los nuevos edificios se construyen de acuerdo con los nuevos códigos, que tengan una carga neta de enfriamiento baja para bajas temperaturas ambientales. Entonces la fuente calor simultánea existe siempre y cuando la calefacción es requerida durante muchos meses de operación .)

Un punto importante que cabe mencionar es que este sistema tiene bastante más cualidades que un sistema de recuperación de calor únicamente.

* Es un sistema competitivo en costo de instalación.

* Provee de una buena flexibilidad para la zonificación.

* Con una capacidad apropiada de almacenamiento, es bien aplicado para sistemas de ahorro de energía. (nota: limitando la demanda de KW viene a ser igual o más importante que el ahorro de KW/H para minimizar los gastos del dueño .)

* Esto reduce el interés del constructor optimizador, ofreciendo un incremento en el costo de oportunidad.

En resumen, por las características tan similares entre un sistema de bomba de calor y recuperación de calor los dos son buenos candidatos pero por las características ya mencionadas, la bomba de calor es el mejor candidato para esta aplicación.

CAPITULO

Diseño del sistema .
Procedimiento correcto para el diseño del sistema.

CAPITULO III

3 DISEÑO DEL SISTEMA. PROCEDIMIENTO CORRECTO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA.

3.1.- CALCULAR LA CARGA BLOQUE DE ENFRIAMIENTO DEL EDIFICIO.

Existen varios métodos para el cálculo de carga térmica

- * Diferencia de temperatura equivalente
- * Función de transferencia.
- * Factor de carga de respuesta
- * Diferencial de temperatura de la carga de enfriamiento.

3.2.- CALCULAR LA CARGA BLOQUE DE CALEFACCIÓN DEL EDIFICIO.

- * Pérdidas de calor instantánea.

3.3.-SELECCIONAR TODAS LAS UNIDADES PARA EL EDIFICIO .

Después de haber calculado las cargas bloques de enfriamiento y calefacción.

Para una selección apropiada de las unidades de cada uno de los cuartos o zonas se debe considerar la carga mayor de las dos.

Cuando se seleccionan las unidades se aconseja que la temperatura de salida del agua sea 37.8° C, cuando las unidades están operando para enfriamiento y a 18.3° C aproximadamente cuando están operando para calefacción. Antes de finalizar las selecciones, hay que checar la temperatura del sistema.

Además, la temperatura de salida en calefacción se debe checar determinando la temperatura promedio del agua de suministro en invierno y substrayendo la caída de temperatura del agua cuando pasa a través del intercambiador de calor de las unidades.

3.4.- DETERMINAR EL GASTO DE AGUA DEL SISTEMA.

Para poder determinar el gasto de agua del sistema se muestra la siguiente tabla.

TEMPERATURA DE DISEÑO EXT. BULBO HUMEDO (°C)	TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA DEL ENFRIADOR (°C)	LITROS / SEG. POR T.R.	RANGO A 0,80 DE DIVERSIDAD	APROXIMACION (°C)
18,33	32,22	0,1262	6,27	13,89
18,89	32,22	0,1262	6,27	13,33
19,44	32,22	0,1262	6,27	12,78
20,00	32,22	0,1262	6,27	12,22
20,55	32,22	0,1262	6,27	11,67
21,11	32,22	0,1262	6,27	11,11
21,67	32,22	0,1262	6,27	10,55
22,22	32,22	0,1262	6,27	10,00
22,78	32,22	0,1262	6,27	9,44
23,33	32,22	0,1287	5,88	8,89
23,89	32,78	0,1382	5,88	8,89
24,44	33,00	0,1432	5,66	8,56
25,00	33,33	0,1489	5,43	8,33
25,55	33,61	0,1546	5,27	8,06
26,11	33,89	0,1609	5,05	7,78
26,67	34,16	0,1678	4,82	7,49
27,22	34,44	0,1754	4,60	7,22
27,78	34,72	0,1836	4,43	6,94

TABLA 3.4.1.

Esta tabla describe las características de funcionamiento de una torre de enfriamiento cerrada que esta en términos de la temperatura de bulbo húmedo para las condiciones de diseño de verano.

Conociendo la temperatura de diseño de bulbo húmedo para la ciudad donde se va a construir, el gasto de agua por tonelada, rango, y la aproximación son leídos directamente de la tabla.

Por ejemplo.-

A 25.55° C TBH y 0.80 de factor de diversidad

$$\begin{aligned}
 \text{Rango} &= T1 - T2 && = 5.27^\circ \text{ C.} \\
 \text{Aproximación} &= T2 - \text{TBH} && = 8.06^\circ \text{ C} \\
 T2 &= \text{TBH} + \text{Aproximación} && = 25.55^\circ \text{ C} + 8.06^\circ \text{ C} = 33.61^\circ \text{ C} \\
 T1 &= T2 + \text{Rango} && = 33.61^\circ \text{ C} + 5.27^\circ \text{ C} = 38.88^\circ \text{ C} \\
 \text{L S / T.R..} &&& = 0.1546
 \end{aligned}$$

Entonces, el sistema con 30 unidades las cuales su capacidad de enfriamiento es de 13,608.00 KCAL/H. cada una $30 \times 13,608.00 \times 0.1546 \text{ L S/ T.R.} = 20.87 \text{ L S.}$

La temperatura del agua a la entrada de cada unidad es de 33.61° C (T2) y la temperatura del agua a la salida de las unidades en operación es :

$$\begin{array}{r}
 5.27^\circ \text{ C Rango del enfriador} \\
 \text{-----} \\
 0.80 \quad \text{Factor de diversidad}
 \end{array}
 = 6.59^\circ \text{C incremento de temperatura}$$

$$33.61^\circ \text{ C} + 6.59^\circ \text{ C} = 40.2^\circ \text{ C} = \text{Temperatura del agua a la salida.}$$

Como previamente se indico, esta es la temperatura del agua que el proyectista utilizó cuando seleccionó las unidades.

Finalmente, la temperatura de mezcla del agua de retorno de las unidades operando y de las que no están operando es.-

$$0.80 \times 40.20^\circ \text{C} = 32.16^\circ \text{C}$$

$$0.20 \times 33.61^\circ \text{C} = 6.72^\circ \text{C}$$

$$\begin{array}{r} \text{Temperatura de retorno} = \\ \hline 36.66^\circ \text{C} \quad (\text{T1}) \end{array}$$

Entonces como se indicó el rango es

$$36.66^\circ \text{C} (\text{T1}) - 33.61^\circ \text{C} (\text{T2}) = 5.27^\circ \text{C}$$

Supongamos el mismo sistema a la misma temperatura de bulbo húmedo, el factor de diversidad se cambia a 0.85. Este nuevo factor de diversidad no cambia el gasto de agua de (0.1546 L/S.), el incremento de temperatura de cada unidad operando es de 6.59° C o la temperatura de salida de la torre es 33.61° C.

De cualquier forma, el rango usado para la selección de la torre cambia. Por ejemplo con 0.85 de factor de diversidad incrementa la temperatura de retorno hacia la torre (T1) de acuerdo a lo siguiente:

$$0.85 \times (33.61^\circ \text{C} + 6.59^\circ \text{C}) = 34.17^\circ \text{C}$$

$$0.15 \times 33.61^\circ \text{C} = 5.04^\circ \text{C}$$

$$\begin{array}{r} \text{Temperatura de retorno} \\ \hline = 39.21^\circ \text{C} (\text{T1}) \end{array}$$

Entonces el valor del rango es:

$$39.21^\circ \text{C} (\text{T1}) - 33.61^\circ \text{C} (\text{T2}) = 5.6^\circ \text{C}$$

Basando la selección con este rango, se requiere una torre más grande.

El proyectista deberá analizar la eficiencia del sistema, que al incrementar el gasto de agua esto tiene como consecuencia reducir la temperatura de retorno del sistema. Este análisis de eficiencia debe ser entre el incremento del tamaño de las bombas y aumentar la eficiencia de las unidades. Normalmente el gasto de agua de la torre considerado en la tabla, son considerados los mismos. El gasto de agua recomendado para un buen funcionamiento de la unidad es de 0.1262 a 0.2145 L/S / Tonelada de Refrigeración lo ideal es 0.1693 L/S / Tonelada de Refrigeración. Ligeros incrementos en el gasto de agua deben ser justificados (arriba de 0.2397 a 0.2524 L/S / Tonelada de Refrigeración no son permitidos.

Cualquier ahorro de energía obtenido incrementando la eficiencia de las unidades, es mayor que el obtenido en las bombas.

También existen desventajas cuando se utiliza menor gasto de agua que el recomendado. Reduciendo el gasto de agua no solamente se reduce la capacidad y la eficiencia de las unidades en ambas funciones, tanto en enfriamiento como en calefacción, más sin embargo aumenta las posibilidades de que los controles de seguridad de las unidades funcionen y estos van estar parando el funcionamiento de las mismas por dos problemas, alta presión (enfriamiento) y por baja temperatura (calefacción)

3.5.- SELECCIÓN DEL ENFRIADOR DE AGUA (normalmente torre de enfriamiento cerrada)

* Sumando la carga total del sistema, a esto hay que añadirle las KCAL/H equivalentes en KW de todas las unidades.- Multiplicando los KW por 660.5. Determinar el gasto de agua del paso anterior

* Calcular la carga bloque y sumar todas las cargas picos del edificio.

Determinar el factor de diversidad.

$$\text{Factor de diversidad} = \frac{\text{Carga bloque}}{\text{Suma de los picos}}$$

* Para obtener la temperatura de salida del enfriador (T2) , nos basamos en la temperatura de diseño de bulbo húmedo más 7.23 °C aproximadamente.

Conociendo el gasto de agua de diseño del paso NUM.3.4, y el incremento de temperatura del agua en las unidades aplicar el factor de diversidad para determinar la temperatura de retorno del enfriador de agua (T1). De aquí el rango (T1 -T2) y la

aproximación (T2 - TBH) son establecidos. Con esta información se puede seleccionar el enfriador de agua evaporativo.

NOTA:

Mientras se utiliza el factor de diversidad para seleccionar el enfriador de agua, este factor de diversidad no se debe utilizar para reducir el gasto de agua del sistema ya que como se discutió anteriormente la reducción de este gasto de agua disminuye la eficiencia de las unidades y aumenta los problemas para el control de las mismas.

De otra manera si el factor de diversidad no se utiliza en la selección del enfriador de agua, se va a seleccionar uno más grande del requerido, esto beneficia ligeramente al sistema pero haciendo un análisis de costo de operación esto nos va a indicar que seleccionar un enfriador de agua sobredimensionado no es una buena inversión.

* Los factores de diversidad típicos utilizados para este sistema son:

90 % para sistemas que utilizan un gasto de agua de hasta 12.62 L/S.

85 % para sistemas que utilizan un gasto de agua de 12.62 a 18.93 L/S.

80 % para sistemas desde 18.93 L/S y más.

3.6.- SELECCIÓN DEL CALENTADOR DE AGUA.

El calor suministrado al sistema puede provenir de combustible fósil electricidad, vapor o agua caliente de un intercambiador de calor.

* **Para sistemas sin ahorro de energía nocturno y precalentamiento matutino.**

* Calcular la carga bloque del edificio para calefacción.

* Multiplicar la carga bloque de calefacción por:

Promedio COP de calefacción -1

Promedio COP de calefacción

El COP (Coefficient of performance) este es el coeficiente de operación para calefacción por lo tanto es el calor de rechazo del condensador entre la energía suministrada al compresor.

NOTA:

Este valor debe de ser muy cercano a 70 %.

* Seleccionar el calentador de agua (caldera) que va a proveer la capacidad de calefacción requerida.

*** Para sistemas con ahorro de energía nocturno y precalentamiento matutino.**

* Ya que todas las unidades van a arrancar tan pronto arranque el sistema, el calentador debe de ser del tamaño necesario para suministrar el suficiente calor para balancear el calor absorbido de todas las unidades que están conectadas al sistema. Como regla general se considera aproximadamente 2,243 KCAL/H. de cada 3,024 KCAL/H de la carga de enfriamiento. Si el arranque matutino incluye al arranque simultáneo del equipo de enfriamiento de cuartos de computo por ejemplo, este calor de rechazo puede ser utilizado para reducir el tamaño del calentador.

NOTA:

El equipo de enfriamiento debe de operar completamente, y la carga resultante se considera una fuente de calor segura.

*** Para sistemas con ahorro de energía nocturno y precalentamiento matutino con un tanque de almacenamiento de calor.**

* El tamaño del calentador se puede reducir cuando se utiliza un tanque de almacenamiento de calor con la suficiente capacidad, este es utilizado para ayudar al sistema a precalentar al edificio antes de sus horas de operación normales.

Otra forma de reducir el tamaño del calentador es utilizando un control esquemático que solamente caliente parte del edificio en ese momento.

En resumen, la selección del tamaño del calentador es muy importante para poder minimizar los gastos iniciales, seleccionar el calentador que solucione las necesidades del sistema y al mismo tiempo sea el más pequeño. Cuando se selecciona un calentador chico se corre el riesgo de no poder mantener la temperatura del sistema, y esto da como resultado que el sistema se este protegiendo y como consecuencia se este apagando en cualquier momento. Por lo tanto, esta no es un área donde se pueda reducir el gasto inicial.

3.7. COMO TEMPLARSE EL AIRE EXTERIOR

El aire exterior utilizado para ventilación casi siempre necesita ser templado del punto de vista de calefacción, y en algunas ocasiones, es necesario templarlo del punto de vista de enfriamiento para deshumidificación.

Existen algunas formas para templar este aire de manera eficiente por ejemplo:

- * Si la entrada del aire exterior y de extracción se encuentran muy cerca uno del otro una rueda de calor puede ser utilizada. La eficiencia de esta rueda de calor transfiere ambos calor sensible y calor latente, puede ser tan buena como de un 80 a 85 %. Cuando dicho dispositivo es usado es muy importante que este aire se filtre para que no se ensucie el aire, para este rango de eficiencia de transferencia de calor.

- * Otro arreglo que puede ser usado cuando la entrada del aire exterior y de extracción se encuentran muy cerca uno del otro son las tuberías calientes. La eficiencia de la tubería caliente es muy similar a la que hay alrededor de todo el sistema.

- * Si hacemos un análisis minucioso y este muestra que el sistema necesita demasiado calor la mayoría del tiempo cuando la temperatura del aire exterior es abajo de 15.55° C se puede utilizar un serpentín para calefacción en el sistema de templado de aire.

NOTA:

Cuando este tipo de arreglo es hecho el sistema debe de estar protegido con el porcentaje necesario de glicol por el lado del agua.

* Si se tienen ganancias grandes de calor para áreas interiores, estas pueden ser utilizadas, todo el aire exterior puede ser enviado a estas unidades las cuales en su momento nos proporcionarán el templado requerido. En algunos casos el aire exterior es templado por medio de una resistencia eléctrica, calefacción de gas o un intercambiador de calor. Mientras estos métodos no ofrecen ningún ahorro de energía con respecto a los otros el costo inicial es substancialmente menor.

NOTA:

El calor auxiliar suministrado por la resistencia eléctrica o calefactor de gas obviamente no tiene que ser suministrado por el calentador de agua (caldera). Entonces cuando estos aparatos son utilizados el aire exterior templado no se va a considerar cuando se seleccione el calentador de agua.

3.8. CONTROL DE LAS PERDIDAS DE CARGAS DE CALOR.

Para climas fríos, puede ser necesario usar calefacción abajo de las ventanas para prevenir las pérdidas de calor en las áreas que tienen ventanas muy grandes en el edificio.

Existen varios arreglos que pueden lograr esto.

* Instalar unidades tipo consola debajo de las áreas de vidrio.

* Resistencia eléctrica en la base de la pared ó un radiador aletado en la pared.

NOTA:

Si se utiliza una resistencia eléctrica, este valor de calor no tiene que ser suministrado por el calentador de agua. Por lo tanto la capacidad del calentador de agua puede ser reducido por esta misma cantidad, si inicialmente se consideró en el cálculo de carga para calefacción.

3.9. ARREGLO APROPIADO PARA LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.

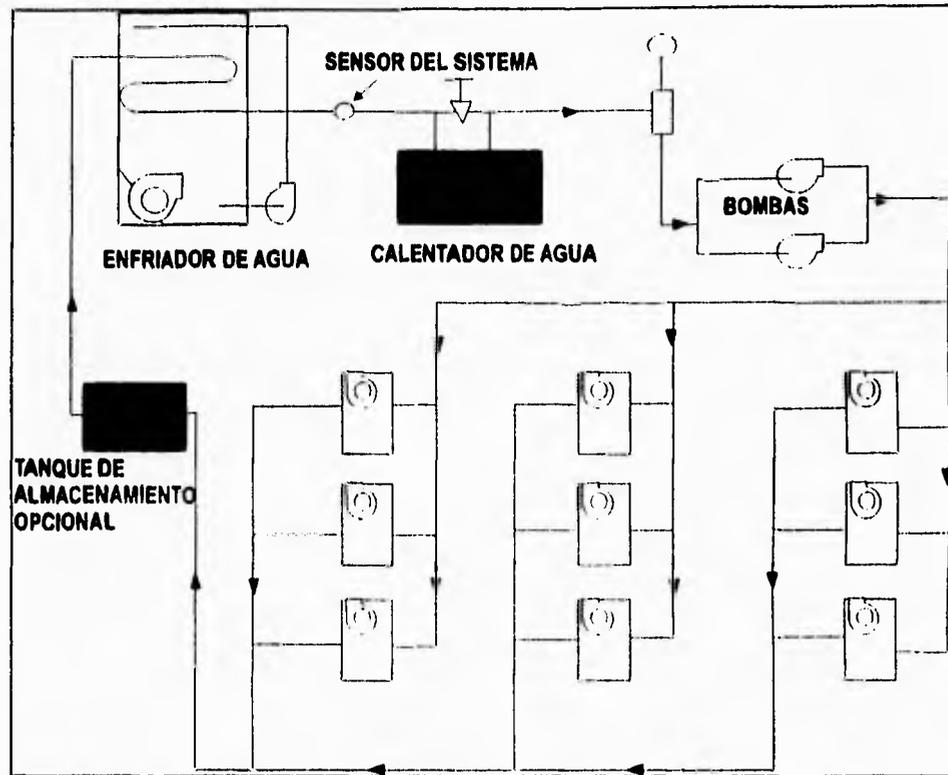


FIGURA 3.9.1.

Primero las bombas de agua siempre estarán situadas entre el equipo auxiliar (enfriador de agua, calentador de agua etc.) y las unidades del sistema. En este arreglo las bombas presurizan toda la tubería que suministra agua al sistema mientras que la regulación del agua de remplazo mantiene una presión positiva en la succión de la bomba. Esto te asegura una presión positiva a través de todo el sistema.

Usando el diagrama anterior podemos observar el arreglo típico de los componentes del sistema.

Es práctico poner el tanque de almacenamiento entre el enfriador de agua y las unidades del sistema. Esto permite suministrarle rápidamente calor al sistema con el calentador de agua sin la necesidad de utilizar el tanque de almacenamiento.

Mientras el control del sistema va ser discutido posteriormente, un punto muy importante que cabe mencionar, es la localización del sensor de temperatura del sistema. Específicamente este se coloca después del enfriador de agua y antes del calentador de agua. Esta localización del sensor provee un control estable para ambos tanto enfriador y calentador de agua. Si se llegará a poner este sensor a la salida del calentador de agua, habría un gran porcentaje de probabilidad de que cuando el calentador este funcionando va tener un ciclo excesivo.

3.10. REGLAS QUE RIGEN EL DISEÑO DE LAS TUBERÍAS DEL SISTEMA.

El sistema de tubería debe suministrar todas y cada una de las unidades, y se recomienda cuando sea posible utilizar un arreglo de retorno inverso. Típicamente, en un edificio de varios niveles, las conexiones deben de ser de retorno directo mientras las unidades en cada piso están en un arreglo de retorno inverso. El beneficio del retorno inverso es que ayuda al balanceo del sistema. El balance es logrado porque cada unidad provee esencialmente la misma cantidad de suministro más la tubería de retorno. En cualquier piso en el arreglo de retorno inverso incrementando unidades no aumenta el costo del sistema. Sin embargo, en un edificio de varios niveles comparado con un arreglo de retorno directo, el retorno inverso puede ser substancialmente más caro. Entonces el retorno inverso no es normalmente usado para unidades verticales en línea.

En lugar de eso, válvulas de balance, indicadores de flujo son usados para balancear el suministro de agua necesario para cada uno de los diferentes niveles.

En un edificio de varios niveles la aplicación de retorno directo el exceso de la bomba principal es normalmente disipado llevando las caldas de presión a través de las válvulas de balanceo a la salida de la tubería de cada piso. En los pisos más cercanos a la bomba las caldas de presión pueden ser relativamente altas. Entonces, en lugar de considerar grandes caldas de presión a través de las válvulas, el tamaño de la tubería en estos pisos puede

ser reducida, y parte de la presión que se va a reducir, resultando esto un gran ahorro en el costo de la tubería.

Las válvulas de balanceo y los indicadores de flujo deben de ser instalados al principio de cada tubería de suministro. Si es posible las conexiones de suministro y retorno deben de ser instaladas cerca una de la otra, con un termómetro permanente en la línea de retorno. Con la temperatura leída en el termómetro podremos checar en el lado del agua durante el arranque y ayudar al personal de mantenimiento.

Además de la tubería se deberá incluir al sistema:

- * Válvula de drenaje en la parte inferior de cada una de las conexiones, provee una sencilla limpieza del sistema al arranque y para servicio de rutina.
- * Válvulas de servicio y balanceo, tuercas unión para cada unidad, que nos va a permitir mover la unidad para servicio.
- * Filtro a la succión de cada bomba.
- * Válvulas de servicio y balanceo, indicadores de flujo y "T" de drenaje a la salida del suministro y retorno para cada piso, facilitando el balanceo del sistema y el servicio.

Determinar el gasto de agua para cada una de las unidades.

El gasto de agua para cada sección del sistema puede ser determinado, después que el gasto de agua del sistema a sido establecido anteriormente. Generalmente calcular el gasto de agua para cada una de las unidades es muy sencillo, pero esto depende de los límites de gasto de agua para cada y una de las diferentes marcas del mercado.

3.11. COMO DIMENSIONAR LA TUBERÍA DEL SISTEMA

El propósito de establecer el tamaño de la tubería que cumpla con las siguientes necesidades.

- * Diseñar un sistema en el que se tengan pérdidas por fricción razonables.
- * Diseñar un sistema de agua que no se tengan problemas de ruido.
- * Hacer estos dos puntos anteriores a un costo razonable

El proyectista debe establecer un comparativo entre usar tubería pequeña, con alto flujo, pérdidas de fricción grandes y problemas de ruido contra tubería grande, con bajo flujo, pequeñas pérdidas por fricción y un alto costo inicial.

3.12. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA TUBERÍA.

Existen tres tipos de materiales que normalmente se utilizan para el diseño de tubería para este sistema.

- * Tubería de acero negro.
- * Tubería de cobre.
- * Tubería de PVC ó CPVC:

En muchos casos, se atornillan las conexiones que son de hierro colado para tubería pequeña de acero negro. Cuando la tubería es mayor de 5 cm, de diámetro lo que normalmente se hace es soldar las conexiones. Si se utiliza tubería soldada, las uniones de los ramales deberán ser roscables ó soldables.

Finalmente, si la presión del agua es mayor de 7.03 Kg./cm². se debe utilizar tubería adecuada a la presión. Tubería de PVC ó CPVC puede ser utilizada cuando lo permitan las normas. La aplicación de este material requiere una consideración especial con respecto al soporte, control del sistema ya que esta tiene un coeficiente de expansión muy alto, debe prever el movimiento de la tubería.

A continuación mencionaremos algunas de las ventajas y de las desventajas de la tubería de plástico.

VENTAJAS

* Esencialmente es inmune a la corrosión, oxidación, ataque galvánico ó electroilítico. Entonces esta es recomendado para un grado menor.

* La tubería es fácil de cortar y las conexiones son fáciles de instalar.

* Para tuberías de 5 a 15 cm. considerando ambos materiales y mano de obra, este puede ofrecer un ahorro en el costo de instalación.

* La tubería de plástico es más fácil de soplear y de limpiar que la tubería de acero.

* Una combinación de tubería de plástico y acero puede ser usada esto aumentará la presión y los problemas de expansión.

DESVENTAJAS

* Muchas normas no permiten que la tubería de plástico sea instalada en los plenos de retorno del aire.

* Si al sistema le entra agua caliente arriba de 55 °C es muy probable que la tubería de plástico se deforme o se eche a perder.

* Se incrementa el número de colgantes y de soportes.

* El sistema debe ser diseñado para cantidades grandes de expansión de la misma.

* Ya que se tienen limitaciones de presión, se debe tener cuidado cuando se utiliza en edificios de varios niveles.

Cuando se utiliza tubería de plástico, alto impacto se recomienda utilizar tubería de la resistencia adecuada. Además cuando se tiene una bomba de seguridad con un control de secuencia automático más interparos para corte de todas las unidades para la falta de agua se debe considerar para todas las aplicaciones de tubería de PVC y CPVC. Además el proyectista debe apearse muy de cerca a todas las instrucciones de aplicación que provee el fabricante de las tuberías.

Cuando se dimensiona la tubería del sistema se debe usar aproximadamente 0.21 Kg./cm². de caída de presión como máximo. Además es práctico limitar la velocidad del agua a 1.22 m/seg. para tuberías menores de 5 cm. y 1.83 m/seg. para tuberías mayores de 5 cm. de diámetro. Estas recomendaciones nos ayudarán a minimizar la bomba principal así como los niveles de ruido.

De otra manera la velocidad del agua deberá de ser suficientemente alta para que el aire pueda ceder el suficiente calor. La velocidad mínima para el sistema es de 0.5 a 0.6 m/seg.

3.13. CALCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCIÓN.

Una vez establecido el gasto de agua del sistema, las pérdidas por fricción pueden ser calculadas. Para determinar la longitud total de la tubería del sistema las conexiones se deben considerar. La industria acepta el método de longitud equivalente para el cálculo de caída de presión en las conexiones. La suma medida de la longitud de la tubería más las longitudes equivalentes de las conexiones es usada para determinar las pérdidas por fricción de la tubería del sistema. Si el proyectista opta por no determinar la longitud equivalente de cada conexión, un aproximado razonable de longitud total equivalente se puede obtener, si el sistema tiene un número normal de conexiones multiplicando la longitud de la tubería medida por 1.3.

3.14. CALCULO DE LA BOMBA PRINCIPAL.

El cabalaje de la bomba debe vencer la suma de todas las caídas de presión del sistema. Específicamente la bomba debe de vencer la suma de todas las caídas de presión por fricción que hay en:

- * La tubería.
- * El enfriador de agua (torre).
- * Calentador de agua (caldera).
- * Filtros de las bombas.
- * Separadores de aire.
- * Caída de presión hasta la unidad más lejana del sistema de bombeo.

NOTA:

No siempre la unidad que este más alejada del sistema de bombeo es la que tiene la mayor caída de presión, ya que puede haber una unidad más cercana pero la caída presión interna es mayor. Checar si esta condición existe en el arreglo del sistema.

3.15. CALCULO DEL CABALLAJE DE LA BOMBA.

En este punto, ambos gasto de agua total y la presión total del sistema son conocidos.

El siguiente paso es calcular el cabalaje de la bomba usando la siguiente ecuación.

$$\text{POT. AL FRENO (HP)} = \frac{\text{GASTO DE AGUA (m}^3\text{/hr.) X CARGA DINÁMICA (m) X DENSIDAD}}{275 \text{ X EFICIENCIA DE LA BOMBA.}}$$

Si se usa solución de glicol etílico, le densidad para las diferentes concentraciones son:

PORCENTAJE DE GLICOL	DENSIDAD
30 %	1.03
40 %	1.05
50 %	1.06

3.16. AISLAMIENTO DEL SISTEMA

Para este sistema no se requiere el aislamiento excepto en aquellas secciones donde la tubería pasa por áreas no calentables o por el exterior del edificio. Esto se debe a que la temperatura normal del edificio es entre 15.55 y 32.22 °C, entonces las tuberías del sistema no van a condensar, ni tampoco va tener altas pérdidas de calor.

NOTA:

Cuando no sea requerido el aislamiento, las limitaciones de la velocidad del agua se deben considerar estrictamente para evitar la transmisión de ruido a los alrededores.

3.17. PAUTAS PARA LA SELECCIÓN DE LA BOMBA.

- * Seleccionar una bomba que cumpla con el gasto de agua determinado previamente, carga dinámica total y cabalaje requeridos.
- * Usar una bomba que opere en la curva de operación estándar. Usar una bomba con una presión relativa constante para asegurar un adecuado flujo a diferentes puntos del sistema, aún cuando exista un sistema con un recorrido corto de tubería podemos tener un exceso de flujo a través de las unidades de baja caída de presión localizadas en un lugar cercano a la bomba.
- * Se debe poner una bomba de seguridad con un control de secuencia automático. Además se necesita un relevador de paro el cual para el funcionamiento de todas las unidades en el

momento que el suministro del agua falle. Este control de paro es requerido ya que la falta de agua en el sistema puede ocasionar lo siguiente:

* Si las unidades están operando en enfriamiento estas van a dispararse ó parar por salirse del límite de alta presión.

Si las unidades están operando en calefacción estas van a dispararse ó parar por salirse del límite de baja temperatura

Ya que este tipo de fallas provoca que cada unidad se encuentre fuera de operación por su propio relevador, cualquier persona podría tener acceso a cada unidad para pararlas o restablecerlas.

La bomba auxiliar ayuda a minimizar el riesgo que esto puede provocar, mientras que el relevador de corte por falta de agua elimina completamente este problema.

Si el proyectista va a utilizar tubería de plástico la necesidad de ambas protecciones viene a ser mas importante. La razón es, si las unidades permitieran dispararse en alta presión la temperatura del agua en el intercambiador de calor se incrementaría posiblemente hasta 60 °C. Si el problema se arreglará rápidamente no dándole tiempo al intercambiador de calor de enfriar el agua, esta temperatura de 60 °C del agua podría ser bombeada al sistema. El calor podría causar que la tubería de plástico se deforme y por su alto coeficiente de expansión va a provocar que el movimiento de la tubería rompa las uniones dando como resultado un daño mayor en el sistema.

3.18. INSTALACIÓN Y OPERACIÓN CORRECTA DE LA BOMBA

Cuando se instala la bomba en la azotea, lo mejor es montarla en una base antivibratoria a base de resortes. Además de la base de concreto la cual debe de tener una altura aproximada de 15 cm. con respecto al nivel del suelo. Si las bombas se instalan sobre una base de tacones de neopreno esto es realmente satisfactorio.

Finalmente, la bomba de agua opera normalmente de forma continua. Sin embargo, para ahorrar energía, el proyectista puede escoger apagar la bomba cuando el edificio no este ocupado.

La experiencia nos muestra que hacer esto nos puede acarrear problemas de operación, para minimizar estos problemas se recomienda lo siguiente:

- * Un paro remoto debe ser usado para prevenir que alguna de las unidades sea arrancada durante el paro de la bomba principal.

- * Un retardador de tiempo entre el arranque de la bomba y el arranque de las unidades debe ser instalado para proveer a la bomba el tiempo necesario para que se restablezca el flujo de agua de diseño a través del sistema. Normalmente un retardador de 15 a 30 segundos es adecuado.

- * Para prevenir que las unidades paren su funcionamiento por los controles de baja temperatura, tanto la temperatura del área o la temperatura del sistema no deben bajar del límite inferior de temperatura que son aproximadamente 15.55 °C. Por esta razón, la bomba deberá estar operando continuamente cuando la temperatura del aire exterior es menor de 12.78 °C.

NOTA:

Si el edificio va ser ocupado en fines de semana o más tiempo del de un día normal de trabajo, obviamente las unidades no pueden operar sin el suministro de agua que es proporcionado por la bomba de circulación. Esto es un inconveniente de ciclar la operación de la bomba.

3.19. DISEÑO Y CALCULO DE LA LÍNEA DE DRENAJE DE CONDENSADOS.

En general, el aire pasa por el serpentín de enfriamiento y la humedad se condensa cuando el aire alcanza la temperatura de punto de rocío. Esto hace necesario que el fabricante instale una charola de condensado en la parte inferior de cada serpentín y que el contratista instale una tubería para condensados adecuada. El cierre de la línea de drenaje con las charolas de condensado es similar a cualquier arreglo de drenaje de condensados. El propósito

principal de esta línea de drenaje es el de sacar toda el agua de condensado sin la necesidad de cualquier tipo de mantenimiento por pequeño que sea. Las dimensiones recomendadas para la línea de drenaje son las sig.:

TONELADAS DE ENFRIAMIENTO

2	5	30	50	170	300	430	700
3/4	1	1.25	1.5	2	3	4	5

DIMENSIONES RECOMENDADAS EN PULGADAS.

NOTA:

Dímetros menores de 3/4 " no se recomiendan. Si el recorrido del agua es horizontal se debe tener cuando menos una inclinación de 1 %, e incrementar el diámetro de la misma a 1".

OBSTRUCCIÓN Y SOBREFLUJO.- A pesar de que la línea de condensados del sistema se dimensionó e instaló de forma correcta la obstrucción y el sobre flujo pueden ocurrir. Para tener una operación libre de problemas, al dueño se le deberá proporcionar un programa regular de limpieza de las charolas de condensados.

ARREGLO.- Si la línea de drenaje de condensados es horizontal deberá tener una inclinación de cuando menos 1 % en la dirección del flujo. Puntos bajos y tubería sin inclinaciones no son permitidas, debido a que en estas partes de la tubería se va a concentrar tierra o lodo dando como resultado la obstrucción y el sobreflujo en la tubería.

Para poder sopletear o limpiar las líneas de drenaje de condensados a cada unidad deberá conectársele su drenaje de condensados.

CALCULO DE CONDENSADOS.- La cantidad de condensados de cada unidad va ser producida por las condiciones de diseño, estas pueden ser calculadas usando la carta psicométrica. Si el proyectista no tiene el cuidado de hacer esta tarea que es muy laboriosa, puede tomar como referencia un valor de 1.36 litros/hr/ton. Sin embargo si la unidad va a estar operando en una

área donde se tiene una carga alta de calor latente este valor puede ser tan alto como de 2.76 litros/hr/ton.

PRESIÓN DISPONIBLE.- Presión disponible es necesaria para inducir el flujo de agua desde la charola de condensado hasta un punto donde se tenga un diferencial de alturas entre la unidad y el punto final. Las pérdidas por fricción juegan un papel insignificante ya que el flujo del agua es muy pequeño comparado con el tamaño de tubería recomendado para esta aplicación

MATERIAL.- Generalmente la línea de condensados es tubería de PVC, eliminando la necesidad del aislamiento. Si las normas locales prohíben utilizar PVC, se puede utilizar tubería de cobre del tipo "M". Si las normas interfieren con el uso de cobre tipo "M", se puede utilizar cobre tipo "L" o con recubrimiento de zinc, el peso estándar de la tubería puede ser utilizado. Cuando se utiliza cobre, conexiones se deben soldarse y puede hacerse con soldadura 95-5.

TRAMPAS Y VENTEOS.- Cuando la línea de condensados es horizontal y las unidades son del tipo de tiro forzado de debe instalar una trampa de aire en la línea de drenaje. Puesto que la charola de drenaje esta del lado de la entrada del ventilador , cuando el ventilador esta operando la presión de la charola es menor que la presión atmosférica. Entonces si la línea de drenaje no tiene trampa de aire el flujo inverso del aire es inducido adentro de la línea de drenaje y esto va a impedir el desalojo de los condensados.

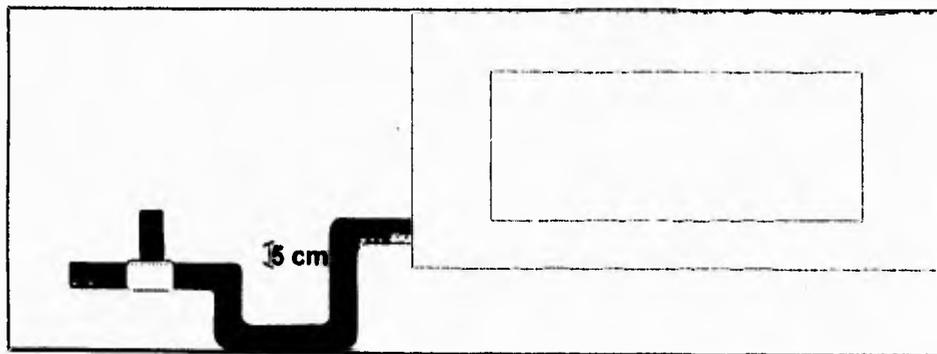


FIGURA 3.19.1.

La trampa se construye instalando 5 cms. de presión de agua. Entonces cuando el ventilador es encendido, la presión dentro de la unidad es ligeramente menor, causando que el agua en la trampa, se incremente en la parte de la tubería que se encuentra en posición vertical. Esto produce que la columna de agua sea lo suficientemente alta para balancear la diferencia de presiones. Una vez instalada la columna de agua, el condensado adicional simplemente se llena y el trapeado pasando por la línea de condensados.

Cuando un espacio es particularmente crítico, la altura mínima de la trampa es 50 % mayor que la presión negativa creada por el ventilador. Esto es por la pérdida de presión del filtro sucio y el serpentín en pulgadas de columna de agua.

Para equilibrar la presión en la línea de drenaje con respecto a la atmosférica, se debe instalar el venteo. La tubería de venteo deberá de ser aproximadamente 5 cms. más alta que la conexión de la charola de condensados. Cuando se ventea la línea de drenaje de esta manera elimina el peligro de cualquier obstrucción del flujo del agua causado por una tubería pandeada, obstruida etc.. del trapeado de aire en la línea e impidiendo el flujo de los condensados.

NOTA:

Para unidades del tipo horizontal se requiere que en el campo se instalen trampas y venteos, para unidades del tipo verticales y verticales en línea solamente requieren venteos, ya que estos dos tipos de unidades son equipadas desde su fabricación con trampas. Puesto que las unidades tipo consola son de tiro inducido no necesitan trampas de aire ni venteos.

FINALIZACIÓN DEL DRENAJE.- La línea de drenaje debe desembocar hacia los drenajes de cada piso ó al caño. No es conveniente que la descarga del agua de condensados se haga a la tierra ya que esta agua puede traer lodo y residuos, por lo tanto a la salida de la tubería se formaría una como montaña de lodo y los residuos se acumularían hasta llegar a tapar la tubería del drenaje.

ALGAS.- Cuando existe crecimiento de algas en las charolas de drenaje y por el arreglo del sistema de drenaje, estas se pueden desarrollar en ciertas zonas, cuando este fenómeno ocurre se recomienda consultar a un especialista de tratamientos de agua, para que recomiende un tratamiento a base de químicos.

AISLAMIENTO.- Puesto que los condensados pueden ser considerablemente fríos, una línea de drenaje metálica (cobre o acero) deberá tener un recubrimiento con cualquier tipo de aislante. Normalmente 1/2" de aislamiento de fibra de vidrio, prefabricada, flexible aislamiento de neopreno es bien aplicado.

3.20. COMO MINIMIZAR LA TRANSMISIÓN DE RUIDO.

PARA UNIDADES HORIZONTALES

Con la instalación correcta de las unidades horizontales se puede minimizar una parte significativa en los niveles de ruido.

Para aplicaciones críticas, la unidad deberá ser instalada afuera del área a acondicionar.

Por ejemplo: En la figura mostrada se intenta concentrar el ruido en un área donde no sea tan crítica en cuanto a los niveles de ruido, en lugar del área crítica. Sin embargo con este arreglo pueden existir problemas de ruido.

Para poder minimizar los niveles de ruido en unidades del tipo horizontal se recomiendan las siguientes reglas:

- 1.- Usar conduit flexible para las conexiones de alambrado eléctrico para poder prevenir un corto circuito de la vibración de la estructura del edificio.
- 2.- Mantener al menos a 2.5 metros de intervalo en la instalación de dos unidades adjuntas, porque la suma logarítmica de dos sonidos puede presentar problemas.
- 3.- El ruido en áreas críticas, se deberá instalar una base acústica de aproximadamente dos veces del área de la base de la unidad, podrá ser instalada en la parte inferior de la unidad y esto ayudará a atenuar la transmisión de ruido directo por la vibración. La base debe ser construida de 2.54 cms. y 2.73 Kg. de densidad para satisfacer las necesidades de niveles de ruido.

4.- El uso de una lona ahulada en las interconexiones del ducto con la boca de descarga de la unidad, es para prevenir la transmisión de vibración de la unidad al área a acondicionar.

5.- Manteniendo una velocidad del aire a través del ducto menor a 5.0 mts/s. Checar la caída de presión estática en el ducto contra la capacidad estática del ventilador.

6.- Toda la red de ductos deberá tener aislamiento de 2.54 cms y 0.7 Kg. de densidad. Esto no solamente ayuda a la reducción de los niveles de ruido sino también ayuda a que las caras exteriores del ducto no se tenga condensación.

7.- Usar codos de 90° aislados, sin alabes guías y esto disminuye ligeramente el ruido de la descarga del ventilador.

8.- No instalar la rejilla de retorno abajo o cerca de la unidad. Se recomienda que la instalación de la rejilla de retorno al menos 1.5 ó 2.0 metros alejada de la unidad.

9.- Cuando sea posible dejar una longitud recta de 4 a 5 veces del diámetro de vueltas ó alimentaciones de aire.

10.- Para aplicaciones de varios difusores, utilizar conexiones tipo " T " y ducto flexible con una compuerta de balanceo instalada al principio de cada salida de aire. Use cuando menos de 3 a 4 diámetros de ducto flexible de baja presión, corriente hacia abajo de la compuerta de balanceo para hacer la conexión del difusor. Esta longitud de ducto flexible proporciona a la corriente de aire la oportunidad de enderezarse antes de pasar por el difusor. Además el ducto flexible absorbe el ruido aproximadamente 2.3 db por cada 0.3 metros de longitud.

UNIDADES VERTICALES MONTADAS EN PISO.-

Antes de utilizar unidades verticales revisar las recomendaciones dadas para las unidades horizontales.

Además proporcionamos las siguientes recomendaciones:

1.- Para unidades instaladas en armarios instalar un atenuador de ruido en la rejilla de retorno.

2.- Cuando sea posible hacer el codo en la misma dirección de la rotación del ventilador.

3.- Para minimizar la transmisión por vibración al piso montar la unidad sobre una goma o una base de corcho. Como alternativa de 10 a 13 milímetros una plancha de goma.

PARA UNIDADES TIPO CONSOLA Y VERTICALES EN LÍNEA

Debido a que este tipo de unidades se instalan directamente en el área a acondicionar, es muy poco lo que puede hacer el proyectista para una atenuación adicional. Entonces los niveles de ruido proporcionados por el fabricante deberán ser chequeados cuidadosamente antes de ser aplicados a un sistema.

3.21. RECOMENDACIONES PARA PROVEER UN ÁREA DE SERVICIO ACCESIBLE.

Es muy importante que todas las unidades sean fácilmente accedidas para ambos servicio y mantenimiento. Para proveer el acceso necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

UNIDADES HORIZONTALES.-

1.- La unidad oculta deberá tener una puerta de acceso embisagrada, y se deberá colocar la misma entre el plafón y la loza, el plafón que podrá ser por secciones podrá quitarse con facilidad y estará sobre barras tipo "T". La abertura de acceso deberá de ser lo suficientemente grande para poder mover la unidad entera.

2.- Acceso sencillo a los soportes, a las válvulas de agua a las conexiones de agua de las unidades, acceso para ambos lados y para todos lados, y para todas las conexiones eléctricas.

3.- Para poder mover la unidad, no pasar la tubería por la parte inferior de la unidad.

4.- Se utiliza ducto de retorno, habrá que hacerle una abertura al ducto para el remplazo del filtro.

UNIDADES VERTICALES

1.- Acceso para el remplazo del filtro y limpieza de la charola de drenaje. Asegurarse que la tubería de agua no interfiera al acceso del filtro.

2.- Acceso para el remplazo del ventilador, motor del ventilador, compresor y serpentín.

NOTA: Como una mejor alternativa es proveer un cuarto de maquinas con una puerta lo suficientemente grande para poder pasar la unidad y poder reparar la unidad en un centro de servicio.

3.- Acceso a todas las conexiones eléctricas.

3.22. TIPO DE RECHAZADORES DE CALOR RECOMENDADOS:

Existen tres tipos de sistemas de rechazadores de calor que comúnmente se utilizan para este tipo de sistemas.

* Circuito cerrado (tome de enfriamiento evaporativa)

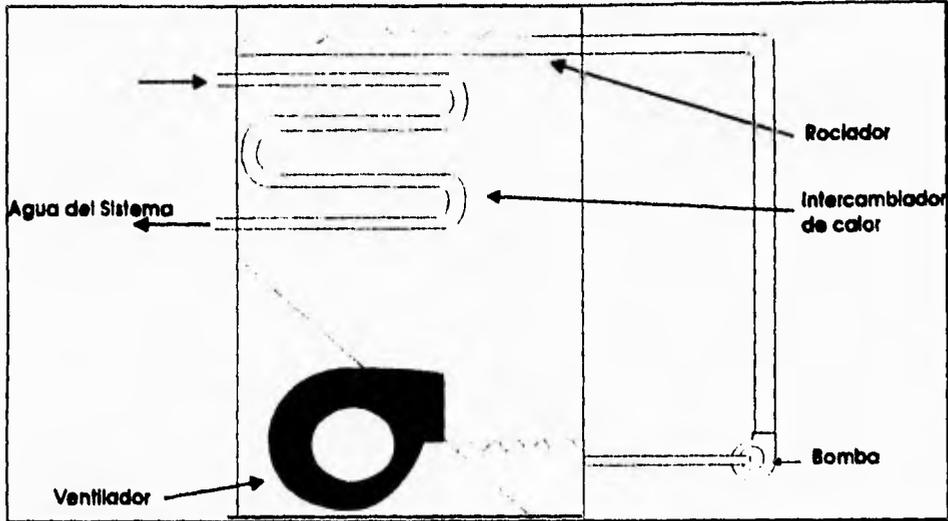


FIGURA 3.22.1.

* (torre de enfriamiento abierta/ intercambiador de calor)

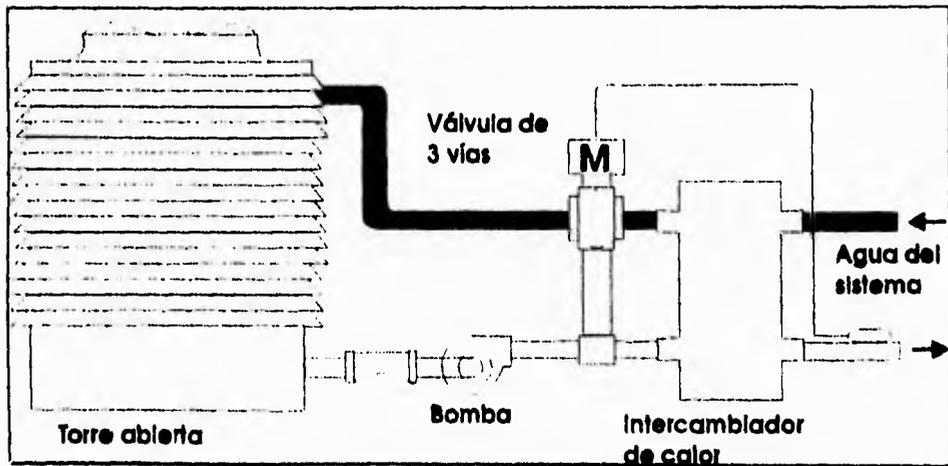


FIGURA 3.22.2.

* Intercambiador de calor de vapor / intercambiador de calor.

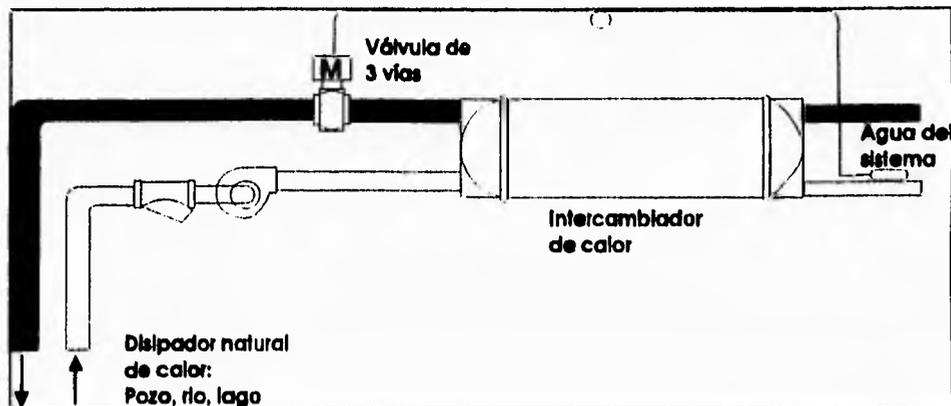


FIGURA 3.22.3.

Una característica importante de todos estos rechazadores de calor es de que el sistema de agua, nunca sea expuesto a la atmósfera. Esto es un requerimiento muy importante para este tipo de sistema, porque si usamos agua de una torre de enfriamiento abierta es seguro que tengamos problemas de corrosión e incrustamiento en los intercambiadores de calor de cada una de las unidades.

La práctica de usar una torre de enfriamiento abierta y el remplazo de las unidades cuando el intercambiador de calor falla es permitido pero no recomendado. Ya que la torre evaporativa y la torre de enfriamiento abierta con intercambiador de calor son las que comúnmente se utilizan para este sistema.

TORRE DE ENFRIAMIENTO CERRADA

La mayoría de las aplicaciones de este tipo de sistemas utilizan torres de enfriamiento cerradas, en aplicaciones de 604,800 KCAL/H. o menores estas técnicas de rechazo de calor son las más efectivas en cuanto a costo.

Algunas de las ventajas de este tipo de enfriador son:

- * Torre y accesorios son sencillos (una sola pieza), ensamblado en fabrica en forma de paquete.
- * El Intercambiador de calor es parte integral de la torre, eliminando la necesidad de instalar una bomba.
- * Se pueden utilizar unas compuertas moduladoras para poder controlar la temperatura del sistema cerrado, minimizando los problemas de congelamiento.
- * Si el ventilador de la torre puede vencer la caída de presión estática de algún ducto que vaya al del edificio exterior esto nos permite que la torre pueda ser instalada en el interior del edificio.
- * Mientras esto varia substancialmente, para instalaciones menores de 453,600 KCAL/H. El costo de instalación es típicamente menor que el de una torre de enfriamiento abierta con Intercambiador de calor.

Existen dos tipos de torres de enfriamiento cerradas ya sean aquellas con ventiladores centrífugos y aquellas con ventiladores de propela.

Debido a que las torres de enfriamiento con ventilador centrífugo ofrecen un mejor control de temperatura, se tiene la flexibilidad de vencer una caída de presión estática, menores niveles de ruido de este tipo de torre es la que se utiliza en la mayoría de los casos. Sin embargo esto va a depender del tipo de aplicación que esta tenga.

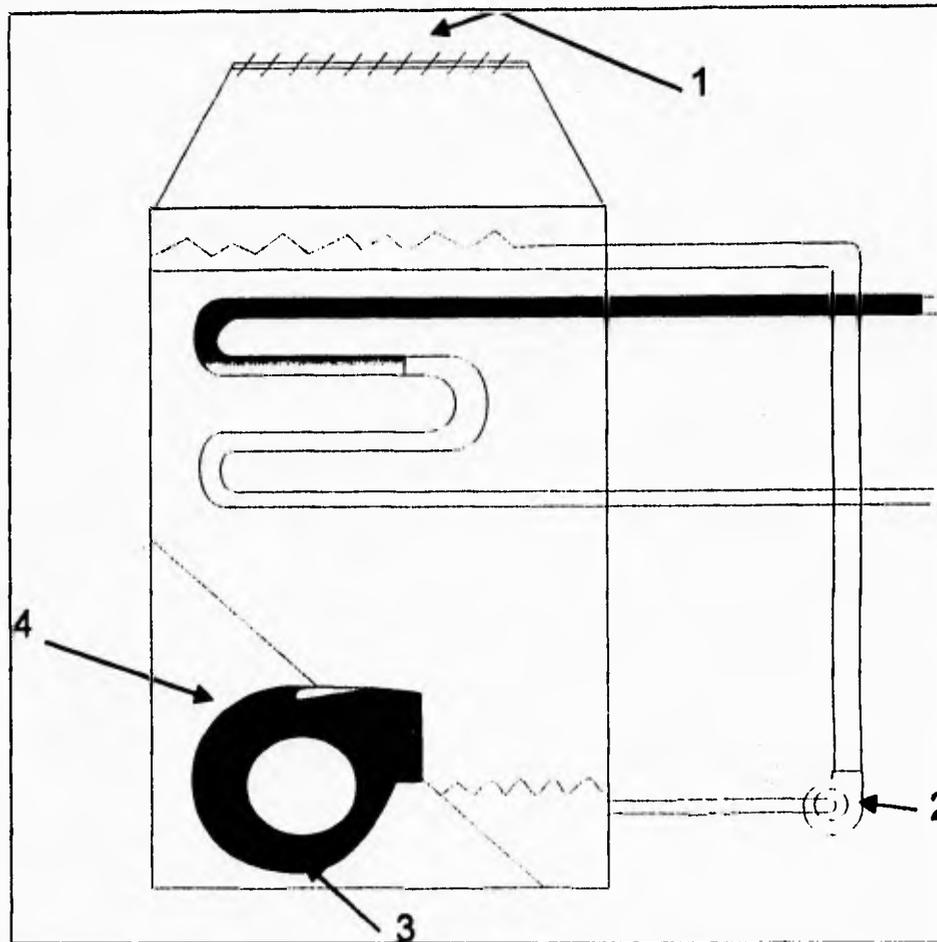


FIGURA 3.22.4.

Aquí se muestran los componentes y accesorios comúnmente utilizados en una torre de enfriamiento cerrada para este tipo de sistema.

La torre estabiliza la temperatura del agua del sistema usando la siguiente secuencia de control.

1.- Con la compuerta de descarga abierta se produce un enfriamiento convectivo.

2.- Se prende la bomba que esprea los tubos y estos se humedecen dándonos una corriente de aire natural produciendo el enfriamiento evaporativo.

3.- Arrancando el o los ventiladores esto nos produce una corriente de aire forzada y un enfriamiento evaporativo. También ventiladores de 2 velocidades o un arreglo de varios ventiladores se pueden utilizar y esto nos da como resultado etapas adicionales de enfriamiento. Un mínimo de dos etapas se recomienda para prevenir el ciclo excesivo de los ventiladores y motores.

4.- Moviendo la posición de la compuerta del ventilador de la torre se va a modular el flujo de aire y esto nos da como consecuencia un control de temperatura del sistema cerrado, variando la capacidad del enfriamiento evaporativo.

Modulando el ventilador también provee una protección por congelamiento para aquellas aplicaciones donde la torre va a rechazar grandes cantidades de calor con temperaturas bajas exteriores.

TORRE DE ENFRIAMIENTO ABIERTA CON INTERCAMBIADOR DE CALOR.

Cuando el tamaño de sistema excede e rango de 453,600 a 604,800 KCAL/H. Normalmente se considera utilizar una torre abierta con intercambiador de calor separado. El intercambiador de calor utilizado para este arreglo puede ser para el tipo de platos. Tiene una mejor resolución en la medición de sus temperaturas es el más utilizado.

Algunas de las ventajas que tiene el arreglo de una de la torre de enfriamiento con intercambiador de calor son:

- * La torre abierta se instala al exterior, y cuando se tiene más temperaturas críticas el Intercambiador de calor se instala en el interior.
- * No existen perdidas de calor en el sistema de agua a través de la torre durante las épocas de invierno.
- * El espacio requerido del intercambiador de calor es de menor que el requerido por una torre cerrada.
- * La temperatura de salida del agua del intercambiador de calor se va a controlar con mayor exactitud con una válvula de 3 vías que tenga un sensor de temperatura, la torre puede ser de

cualquier diseño ya sea ; ventilador centrífugo o axial de flujo opuesto, ventilador de propela de flujo cruzado o extracción.

* La bomba de agua de la torre de 2 velocidades para la reducción en los costos de operación

Como se a dicho una de las principales ventajas de este arreglo es para temperaturas criticas y componentes de alto precio, el Intercambiador de calor se instala en el interior, esto significa que el problema de anticongelamiento y las pérdidas de calor en invierno son eliminados esencialmente.

El sumidero de la torre es el único componente que debe ser protegido. Este método de protección será discutido posteriormente.

Además se debe prever que tengamos una presión positiva en la succión en la bomba de la torre para prever la cavitación. En la mayoría de los casos ambas torre y la bomba son montadas en la azotea. Cuando la torre y la bomba se instalan al mismo nivel del sistema, En este caso, alguna de las dos debe ser elevada o considerar una bomba que este sumergida o usar un sumidero para tener la una presión positiva en la succión

Finalmente, se deberá tener una bomba de seguridad para la torre, ya que si se tiene una sola bomba y esta falla provocará que el sistema deje de rechazar calor.

3.23. PROTECCIÓN PARA LAS TORRES DEL CONGELAMIENTO

Esto se refiere básicamente para torres cerradas debido a que es más factible la congelación en este tipo de torres que las abiertas con intercambiador de calor.

Es muy importante considerar una protección de congelamiento para un sistema de torre cerrada. Típicamente la protección la podemos obtener con cualquiera de los siguientes métodos.

1.- * Ubicar la torre en el interior del edificio.

2.- * Utilizando una solución de glicol etílico.

3.- * Protección para invierno cuando se instala la torre en el exterior.

UBICACIÓN DE LA TORRE EN EL INTERIOR

Posiblemente cuando se coloca la torre en el interior es la mejor protección, y además esto minimiza las pérdidas de calor a través de la torre cuando esta operando en la época de invierno.

Mientras se usan torres de enfriamiento pequeñas pueden tener la entrada de aire a base de ductos, torres de mayor capacidad generalmente utilizan un pleno cercado a la entrada, en ambas aplicaciones la descarga es al exterior. Típicamente se instalan compuertas de dos posiciones en la entrada, o una persiana a la entrada y a la descarga. Estas compuertas son controladas para cerrarse cuando la torre es desenergizada, minimizando la transferencia de calor.

Además las compuertas de entrada y descarga, el uso de una compuerta de descarga del ventilador o una compuerta de tipo voluta nos provee de una protección adicional del congelamiento. El hecho de modular este aparato podremos tener un mejor control de temperatura eliminando la necesidad de drenar el sumidero de la torre cuando se este operando en la época de invierno.

Inversamente, si no utilizamos la modulación de la compuerta del ventilador, el sumidero de la torre deberá drenarse cuando la temperatura exterior este por debajo de la de congelamiento. Entonces la torre operará como un enfriador seco, mientras que la instalación de la torre en el interior va a tener un costo inicial más alto, la estructura cercana no necesitará estar en un espacio con acabado, entonces se minimizará el costo inicial por instalar la torre en el interior.

USO DE UNA SOLUCIÓN DE GLICOL ETÍLICO.

* Uno de los más sencillos e inocentes métodos para la protección de congelamiento es agregarle el porcentaje requerido de glicol etílico al sistema. Mientras con este método obtenemos una buena protección, tenemos las siguientes desventajas:

* El precio del glicol es caro.

- * Se deberán utilizar Inhibidores para tener una protección a la corrosión.
- * Esto reduce las capacidades de enfriamiento y calefacción.
- * Esto incrementa la potencia al freno de la bomba.
- * El personal de operación puede tener el olvido de checar y mantener el porcentaje requerido de glicol así como la concentración del Inhibidor.

Protección contra invierno de la unidad exterior

Este método no es relativamente caro, para tener una adecuada protección contra invierno la torre deberá ser equipada con:

- * Cuando menos 5 centímetros de aislamiento térmico.
- * La compuerta de descarga deberá ser a prueba de hielo y con cierre positivo.
- * Calefactor del sumidero en el caso de que el sumidero no sea drenado.
- * Toda la tubería que este a la intemperie deberá ser aislada térmicamente así como las bombas que se utilizan para el esparido.

En el caso de que no se tenga un buen aislamiento y fallen las compuertas de cierre positivo esto incrementará substancialmente las pérdidas de calor en la torre durante la época de invierno.

La siguiente tabla nos proporciona las pérdidas de temperaturas típicas en el sistema asociadas con la variación de grados de congelamiento. Estos datos están basados asumiendo 70 Km./h velocidad del viento y un diferencial de temperatura de 35 °C entre la temperatura exterior y la temperatura del agua del sistema.

GRADO DE CONGELAMIENTO	PERDIDA DE TEMPERATURA (°C)
* Con compuerta y unidad aislada de fabrica.	0.14
* Compuerta de clerre.	0.44
* Sin compuerta y sin aislamiento.	0.72

TABLA 3.23.1.

Una inspección rápida nos mostrará que debido a estas pérdidas habrá un aumento sustancial en el costo de operación. Por ejemplo: supongamos un sistema de 302,400 KCAL/H: y 18.93 l/s, y una torre con pérdidas de calor de 0.72 °C.

$$Q = M C_p \Delta t$$

$$Q = 1 \text{ L/Kg.} \times 18.93 \text{ l/s} \times 3,600 \text{ 1 Cp} \times 0.722.$$

$$Q = 49,202.86 \text{ KCAL/H.}$$

$$49,202.86 / 860.5 \text{ KCAL/H/KW/H}$$

$$57.18 \text{ KW/H} \times \text{N} \$ 0.3118/\text{KW} = \$ 17.82/\text{hr.}$$

$$\$ 427.68 / \text{día} = \text{N} \$ 12,830.40 / \text{al mes perdido.}$$

Muchos proyectistas prefieren utilizar una válvula de vaciado de seguridad automática y ventear el aire al agua de drenaje del intercambiador de calor de la torre cuando la temperatura del sistema esta por abajo de 10 °C y la temperatura ambiente es inferior de la de congelación. Esto se utiliza únicamente para un sistema de seguridad y la intención principal de este sistema de seguridad es utilizarlo para cuando se tenga una falla en el suministro de energía eléctrica prolongada cuando la temperatura del medio ambiente se encuentre por debajo de la de congelación.

Otros proyectistas prefieren drenar el agua del sumidero de la torre durante las épocas frías.

(Existen dos clases de obras que llenen algo al respecto con este tema, basándose en experiencias personales)

* Drenaje manual de la torre. asegurándose que se tenga el correcto drenaje del sumidero ya que pueden existir desechos o basuras que tapen el drenaje del sumidero.

* Utilizando una válvula de drenaje automática que va a drenar el sumidero cuando la temperatura del aire exterior se encuentre entre 1 y 3 °C

Finalmente, una de las mejores formas de mejorar la operación de la torre de enfriamiento para un sistema abierto o cerrado, cuando el clima es frío, utilizar un sumidero interior. En esta aplicación el agua se drena por gravedad al sumidero interior, eliminando el problema de congelamiento.

3.24. DONDE INSTALAR LA TORRE.

Muchos de los problemas se pueden eliminar o cuando menos minimizarlos, esto se logra a través de una instalación apropiada de la torre. Específicamente, se deben hacer unas consideraciones cuando se va a determinar la focalización de la torre de enfriamiento.

- * Acceso de aire apropiado a la torre.
- * Descarga del aire de la torre.
- * Niveles de ruido.
- * Interferencia a causa de otros extractores.
- * Acceso para servicio.

ACCESO DE AIRE APROPIADO

Las torres utilizan grandes volúmenes de aire. Por lo tanto es absolutamente necesario tener una área libre para el flujo del aire, teniendo una caída de presión baja o casi nula del lado del aire. Además la torre debe ser ubicada de tal forma que la descarga de aire no se este recirculando, esto es que el aire caliente vuelva a pasar a través de la torre. La recirculación de aire va a provocar que la capacidad de la torre disminuya en la época de verano, y en invierno que se forme hielo en el ventilador, también el congelamiento del aire húmedo cuando este hace contacto con el metal frío.

Todos los fabricantes de torres normalmente nos proporcionan los datos de diseño de sus máquinas donde nos recomiendan los claros de las torres, en el caso que existan paredes adyacentes a la ubicación de las torres, así mismo cuando existe una instalación de

varias torres las distancias mínimas entre ellas, y finalmente la capacidad de aire que va a manejar la torre contra la caída de presión.

DESCARGA DE LA TORRE.

El aire de descarga de la torre puede contener pequeñas cantidades de químicos del agua tratada, además en ciertas épocas del año una pluma de niebla de humedad se produce cuando hace contacto con el aire frío. Tomando en cuenta y considerando los aires dominantes, la torre será instalada donde el aire de descarga impulsado por los ventiladores, no llegue a las áreas que pueden sufrir algún tipo de daño como lo son las áreas de estacionamientos, edificios aledaños etc.

INTERFERENCIA A CAUSA DE OTROS EXTRACTORES.

La torre debe ser instalada en un área la cual, la torre no tendrá ninguna interferencia causada por extractores de aire de otros equipos como incineradores ó calderas. Si la torre le entran los gases provenientes de este tipo de equipos, el agua de la torre los va a absorber y vamos a tener problemas muy severos de corrosión.

ACCESO PARA EL SERVICIO.

Cuando se instala la torre normalmente se deja el área necesaria, no solamente para tener un buen acceso para el servicio sino también se debe considerar el área suficiente para el cambio de motores ventiladores e intercambiador de calor así como el cambio completo de la misma.

3.25. QUE CANTIDAD DE AGUA DE REPLAZO Y PURGA SE NECESITA

Las torres de enfriamiento necesitan aproximadamente 7.57 litros de agua por 3,024 KCAL/H para extraer el calor, y enviarlo a la atmósfera.

DEMOSTRACIÓN:

Una 3,024 KCAL/H de refrigeración liberan.

$3,024 \text{ KCAL/H} + (1.3 \text{ KW} \times 860.5 \text{ KCAL/KW}) = 4,142.65 \text{ KCAL/H}$. La vaporización de 7.57 litros de agua absorbe.-

$7.57 \text{ litros} \times 1 \text{ Kg./L} \times 555.56 \text{ KCAL/H CALOR DE VAPORIZACIÓN/ KG.} = 4,205.59 \text{ KCAL/H}$.

Entonces el agua de remplazo deben de ser aproximadamente 7.57 litros de agua por 3,024 KCAL/hora. Sin embargo cuando el agua se esta evaporando, los químicos disueltos, minerales y el sarro que contiene el agua se están concentrando en el sumidero de la torre. Este tipo de solución concentrada va a provocar corrosión y va atacar a los tubos del intercambiador de calor ó taponear las espreas, para poder prevenir esto es necesario agregar agua adicional. A este suministro adicional de agua se le llama agua de purga y es agregado a razón de 7.57 litros de agua por 3,024 KCAL-hora aproximadamente.

Por lo tanto el flujo de agua suministrado para el remplazo y purga es de 15.14 litros de agua por 3,024 KCAL/hora aproximadamente. Este valor es normalmente de 2 a 2.5 % del gasto de agua del sistema.

3.26. CUANDO SE RECOMIENDA USAR UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

Una respuesta apropiada, de cuando es recomendable usar un tanque de almacenamiento, se debe hacer un estudio de ahorro de energía y de ahí podremos evaluar y hacer una comparación, entre el costo inicial y el ahorro de energía, es importante hacer este estudio lo más exacto posible, ya que teniendo valores reales de operación sabemos nosotros en cuanto tiempo se recupera el dinero de la inversión inicial. Sin embargo últimamente el uso de tanques de almacenamiento a ido aumentando, no solamente porque el tanque puede almacenar el calor generado durante el día, para usarse durante la noche, pero el tanque ayuda al funcionamiento y optimizando al sistema a través del uso de sistemas de ahorro de energía.

Debido al incremento de los costos de energía, y al incremento del costo de energía es extremadamente caro y las cuentas del consumo de energía eléctrica son altísimas el

número de obras que están utilizando tanques de almacenamiento a ido aumentando en forma dramática.

Los tipos más comunes de tanques son:

- * Tanques de baja temperatura.
- * Tanques de alta temperatura.

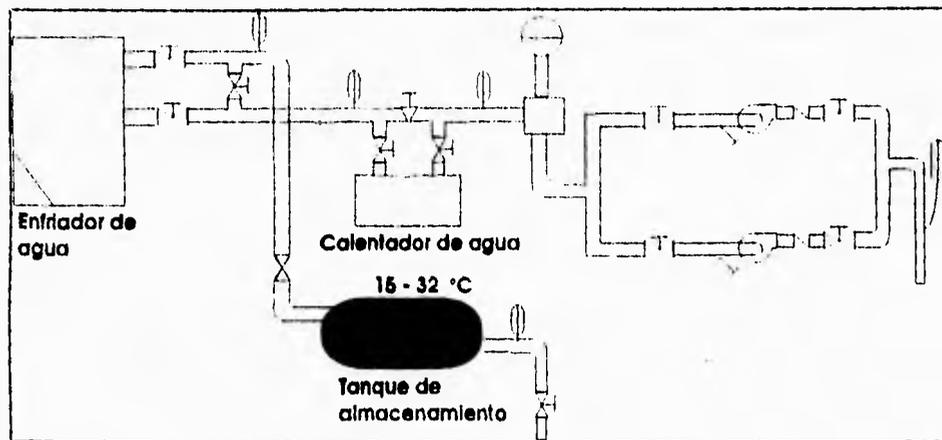


FIGURA 3.26.1.

Un tanque de almacenamiento de baja temperatura almacena energía en un rango correspondiente de 15 a 32 °C estas son las temperaturas límites del sistema. Esta energía almacenada puede ser utilizada para satisfacer a ambas cargas tanto de enfriamiento como de calefacción.

Por ejemplo, el calor rechazado cuando las unidades están trabajando para enfriamiento durante el día puede ser almacenando, puede ser usado para suministrar el calor absorbido y ser manejado para la carga de calefacción durante la noche. Además en la época de verano la torre puede ser operada para reducirle al sistema la temperatura del agua almacenada, tomando como ventaja las temperaturas de bulbo húmedo de la torre y parte del día la tarifa en el periodo base si es posible. Inversamente durante los periodos que se necesita calefacción, el calentador de agua puede ser operado, elevando las temperaturas del agua del sistema y del agua almacenada, una vez más tomando ventaja de la tarifa en el periodo base si

es posible. Finalmente si el edificio tiene los controles de ahorro de energía nocturno y precalentamiento matutino las temperaturas del agua del sistema y la almacenada pueden ser elevadas durante la noche asegurándose que el calentador de agua no va ser energizado durante el precalentamiento matutino.

Cada una de estas secuencias de operación utilizadas para el almacenamiento, la cantidad de agua y el nivel de energía requeridos, cualquiera de los dos pueda absorber el calor de rechazo (enfriamiento) o suministrar el calor absorbido (calefacción) necesario para proveer al sistema durante el periodo de alta demanda (punta). Entonces durante el precalentamiento matutino en calefacción o enfriamiento matutino en enfriamiento, cuando todas las unidades de bomba de calor están operando, la fuente de calor o el calor guardado esta disponible sin la necesidad que enfriador ó calentador de agua estén operando. Esto ayuda a limitar la carga pico de KW del edificio.



FIGURA 3.26.2.

Un tanque de almacenamiento de alta temperatura se puede usar de diferentes formas. Sin embargo las mejores aplicaciones es en áreas donde:

- * Cuando se tiene durante el día las tarifas de precio alto ó tarifa de periodo punta.
- * La demanda de la carga es significativa.

Para aplicaciones en estas áreas la compra de energía durante las horas de tarifa base puede ser usada para elevar la temperatura del agua almacenada a 82 °C o más. Entonces durante el precalentamiento matutino o si la carga neta de calefacción se genera durante el día, el agua calentada es extraída del tanque y suministrada al sistema para mantener ya sea la temperatura mínima del sistema o si el sistema de ahorro de energía es usado, de la temperatura de operación dictada por el sistema.

Ya que el agua almacenada por el tanque tiene una alta temperatura esta puede ser ligeramente menor que un tanque de baja temperatura puede ser dimensionado para una cantidad de calor comparable.

3.27. COMO DIMENSIONAR EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Primero, los tanques deben ser de construcción de acero (y resiste aproximadamente 21.1 Kg./cm² según las normas ASME y 10.55 Kg./cm² por abajo de instalación) (consultar especificaciones del fabricante)

Para dimensionar adecuadamente el tanque, hay que conocer las respuestas de las siguientes preguntas.

- * Que cantidad de calor va ser almacenado.
- * Cual es el costo de la energía eléctrica considerando ambos KW/H Y KW pico
- * Cuales son las restricciones presupuestales del trabajo.
- * Existe el espacio suficiente.
- * La construcción puede soportar el tanque de almacenamiento.

Como ya se discutió anteriormente, uno de los mejores usos de un tanque de almacenamiento, es el de almacenar la suficiente energía de calor para poder eliminar la necesidad de operar el calentador de agua durante el precalentamiento matutino y por consecuencia ayudando a limitar la demanda de KW del edificio. Normalmente cuando se hace la selección del tamaño requerido del tanque, cuando menos cumple o ayuda con este requerimiento.

Ya que este sistema contiene relativamente una gran masa de agua, típicamente de 40.1 a 45.4 Kg. por cada 3,024 KCAL/H. por ton esto provee una cierta cantidad de almacenaje. La pregunta a contestar es de su temperatura de arranque, cuantos minutos la masa de agua va a proveer una fuente de calor antes de que su temperatura caiga por abajo de la mínima de 15.55 °C. Y que masa de agua adicional con la misma temperatura de arranque es requerida

para traer desde la temperatura de ahorro de energía nocturno hasta la temperatura de precalentamiento matutino sin necesidad de usar el calentador de agua.

Lo primero que hay que determinar es cuanto tiempo va a tardar en elevarse la temperatura del edificio desde la temperatura de ahorro de energía nocturno hasta la temperatura para el precalentamiento matutino establecida. Esto va a variar muchísimo, dependiendo de la temperatura que alcance el sistema durante la noche, de la temperatura ambiente y de la capacidad de las unidades.

A continuación mencionamos los pasos a seguir para determinar el periodo de precalentamiento

1.- Calcular la cantidad de calor requerido para incrementar la temperatura del edificio de la temperatura del sistema nocturno hasta la temperatura de inicio para el precalentamiento matutino. Este cálculo se hace suponiendo que la compuerta de aire exterior esta cerrada y aprovechando el calor producido por luces o cualquier calor misceláneo producido por algún equipo que esta operando durante este periodo de tiempo.

2.- Dividir este valor entre la suma de la capacidad de calefacción de todas las unidades

3.- Multiplicar este numero por 60 para determinar el número de minutos que la va a tomar al edificio para encontrarse en la temperatura de operación. La experiencia nos muestra que el tiempo de este periodo de precalentamiento se encuentra en el rango de 60 a 90 minutos.

Una vez que se conoce el periodo de precalentamiento matutino se puede determinar y seleccionar el tamaño del tanque, de la siguiente manera.

Suponiendo las condiciones de diseño para invierno, 45 % de las unidades están enfriando y un 55 % están en calefacción. Usando esta relación de porcentajes y asumiendo que la temperatura del agua es de 32.22 °C, el promedio de la temperatura del agua a la salida de las unidades y por lo tanto la temperatura del agua de entrada al tanque de almacenamiento es determinada.

NOTA:

Este cálculo esta basado en 7 °C de incremento en la temperatura del agua cuando pasa a través de las unidades y estas están en el modo de enfriamiento y baja 4.5 °C la temperatura del agua cuando pasa por las unidades que están operando en calefacción.

1.- Enfriamiento

$$.45 \times (32.22 + 7) = 17.65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Temperatura de la mezcla

Calefacción

$$.55 \times (32.22 - 4.5) = 15.23$$

32.78 °C

Entonces la temperatura que se usa cuando esta baja para calefacción es:

$$32.78 \text{ } ^\circ\text{C} - 15.55 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (mínimo)} = 17.33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.- Suponiendo que el sistema llene 45.39 Kg. de agua por 3,024 KCAL/H.

$$45.39 \text{ Kg.} \times 17.33 \text{ } ^\circ\text{C} \times 1 \text{ Kcal/Kg. } ^\circ\text{C calor específico} = 786.6 \text{ KCAL.}$$

3.- Ya que el calor absorbido es 3,024 KCAL/H.

$$\frac{786.6 \text{ KCAL}}{3,024 \text{ KCAL/H.}} = 0.26 \text{ horas } \text{ ó } 15.6 \text{ minutos.}$$

Entonces, sin ayuda, el sistema podrá suministrar durante 15.6 minutos calefacción antes que la temperatura baje a 15.55 °C que es el mínimo. Suponiendo que el edificio necesita 90 minutos para que tenga la temperatura especificada, por lo tanto hay que suministrarle la suficiente masa de agua adicional 90 - 15.6 ó 74.4 minutos más de calefacción.

Por lo tanto.

$$4.- \frac{74.4 \text{ min.}}{60 \text{ min./hr}} \times 3,024 \text{ KCAL/H} = 3,749.76 \text{ KCAL.}$$

$$5.- \frac{3,749.76 \text{ KCAL}}{17.22 \text{ KCAL/KG.}} = 217.76 \text{ KG. } \text{ ó } \frac{217.76 \text{ KG.}}{1 \text{ KG./L.}} = 217.76 \text{ L.}$$

Las condiciones para este ejemplo, la selección del tamaño del tanque de almacenamiento, considerando 217.76 litros X 3,024 Kcal/H que va a suministrar la fuente de calor necesaria para retomar al edificio a la temperatura sin la necesidad de utilizar el calentador de agua.

En este ejemplo, la relación de las cargas de enfriamiento y calefacción producen una temperatura de almacenamiento de 32.78 °C. De cualquier modo, las aplicaciones donde tengamos un porcentaje mayor de unidades trabajando en enfriamiento esto va a producir una temperatura del agua almacenada más alta. Por ejemplo, supongamos la misma temperatura del agua da suministro 32.22 °C, con 85 % de las unidades trabajando en enfriamiento y el otro 15 % trabajando para calefacción.

1.- Enfriamiento

$$.85 \times (32.22 + 7) = 33.34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Temperatura de la mezcla

Calefacción

$$.15 \times (32.22 - 4.5) = 4.24$$

37.58 °C

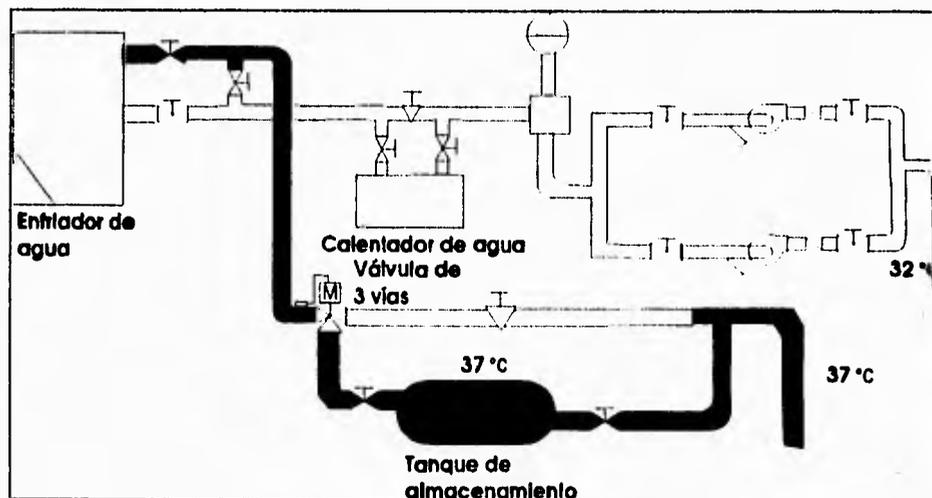


FIGURA 3.27.1.

Tomando ventaja de las temperaturas más altas almacenadas, esto nos da como resultado la selección de un tanque más chico, el tanque se conecta al sistema en paralelo como se muestra

en la fig. anterior. El flujo de agua a través del tanque y el (bypass) son controlados por una válvula de tres vías y una válvula mezcladora.

Durante la operación en el transcurso del día la válvula de tres vías se encuentra en su posición normal cerrando el puerto del (bypass) y abriendo el puerto del tanque, cargando el tanque con, en este ejemplo, 37 °C agua. Al mismo tiempo, el calor que tenemos en exceso es removido por la torre, retomando el agua al sistema a 32 °C.

Cuando el sistema se encuentra trabajando en los modos de ahorro de energía nocturno ó el de precalentamiento matutino, la válvula de tres vías, la cual es ajustada para controlar a 21 °C para este ejemplo esta energizada. Sensando la temperatura del agua a la salida del tanque a 37 °C, la válvula cierra el puerto del tanque y abre el puerto del (bypass) recirculando el agua al sistema. Puesto que las unidades están trabajando en calefacción solamente durante el periodo de ahorro de energía nocturno , el calor de absorción es removido del sistema reduciéndose su temperatura. Cuando la temperatura del sistema es reducida ligeramente menor al punto de operación 21 °C la válvula de tres vías esta modulando, mezclando y almacenando el agua del sistema, en las proporciones necesarias para poder producir unos 21 °C en la temperatura de la mezcla.

El segundo método es dimensionar ó seleccionar el tanque de un tamaño tal que reserve o almacene el calor generado durante el día para ser utilizado durante la noche.

Es importante darse cuenta que muchos de los edificios modernos generan una carga neta de enfriamiento durante la operación en el transcurso del día y de misma forma a temperaturas exteriores bajas. Sabiendo esto podemos seguir los siguientes pasos generales:

1.- Calcular la cantidad de calor requerido para poder mantener la temperatura mínima de diseño durante el periodo de ahorro de energía nocturno del edificio en el día de diseño para invierno.

2.- Multiplicar este valor por
$$\frac{COP - 1}{COP}$$

para determinar la cantidad de calor que se requiere almacenar. Esto nos establece el limite superior del tamaño del tanque.

3.- Calcular la cantidad de exceso de calor generado durante un día típico de invierno. Entonces calcular el tamaño del tanque de la manera que se describió en el ejemplo anterior. El tamaño del tanque no necesariamente podrá exceder el límite establecido en el paso número 2. Ahora el proyectista podrá evaluar el costo del tanque de almacenamiento contra el beneficio del costo de operación del sistema para determinar el tamaño del tanque óptimo.

En general las alternativas de diseño son:

- 1.- El tanque más grande requerido. Esto es que el tanque debe ser lo suficientemente grande para almacenar todo el exceso de calor generado durante las horas de ocupación del edificio en un día típico de invierno.
- 2.- Un tanque lo suficientemente grande para poder manejar los requerimientos del precalentamiento matutino.
- 3.- Un compromiso para seleccionar el tamaño del tanque que está en algún lugar intermedio.

Analizando el ahorro en el costo de operación contra el gasto inicial es un problema muy difícil, porque por el gran número de variables involucradas. Por esta razón es conveniente contar con un programa de análisis económico. En general, la experiencia nos muestra que tamaño de tanques de hasta 10 a 20 litros por metro cuadrado puede ser justificado y esa facilidad de almacenaje podrá ser tan grande como las restricciones presupuestales que nos permita la obra.

3.28. CUANDO PODRÍA EL PROYECTISTA USAR LA OPCIÓN DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

La opción de calefacción adicional es a base de una resistencia eléctrica que es instalada en el campo, en el caso de las unidades verticales y horizontales la resistencia eléctrica se instala en el ducto, para las unidades tipo consola y verticales en línea la resistencia eléctrica se instala en la unidad y esto se hace desde fábrica.

Las principales ventajas de utilizar la resistencia eléctrica son:

* **Calefacción eléctrica se puede medir fácilmente, dándole una buena aplicación con este tipo de calefacción, el inquilino puede estar seguro que solamente pagará lo que consume su resistencia eléctrica.**

* **En el caso de que alguna de las unidades fallen con esto se podrá suministrar calor al área a acondicionar.**

* **Únicamente se requiere de un switch para la resistencia eléctrica eliminando la necesidad de un calentador convencional de mucho mayor tamaño.**

* **En muchos casos la instalación de esta sistema nos ofrece ahorros en la inversión inicial sobre los sistemas que tienen que utilizar una caldera (para un sistema donde no tenemos calefacción eléctrica ó unidades de bomba de calor) Por ejemplo, el calibre del alambrado usado para alimentar al compresor es del mismo calibre que el que necesita la resistencia eléctrica. Por lo tanto el único costo adicional es el de la resistencia eléctrica y de los controles requeridos para su correcta operación.**

* **La vida del compresor es mayor, ya que el compresor esta en operación un menor número de horas, comparado con un sistema con caldera.**

* **El calor puede ser suministrado durante la construcción y el arranque del sistema.**

El control de la calefacción eléctrica es muy sencillo. La bomba de calor opera en el modo de calefacción hasta que el agua del sistema sea menor a 18.33 °C. En este punto, el termostato montado en la unidad va a sensar la temperatura del sistema.

* **Paros del ciclo de refrigeración**

* **Permite que los calentadores sean energizados por el termostato de cuarto.**

Debido que hay un cierto número de unidades operando en el modo de enfriamiento, la temperatura del sistema se incrementara nuevamente. Cuando la temperatura alcanza aproximadamente los 23.9 °C las unidades en el modo de calefacción invertiran a la operación de bomba de calor. Estas unidades están equipadas con control de emergencia dominante el cual permite que entre el calefactor eléctrico y opere en cualquier momento. Esto asegura calor, a pesar de que lleguen a fallar el flujo de agua del sistema ó la temperatura.

ALGUNAS DE LAS DESVENTAJAS DE LA CALEFACCIÓN ELÉCTRICA SON:

* **La principal desventaja de la calefacción eléctrica es que cuando se usa realmente no se piensa en el concepto del ahorro de energía, ya que el consumo de energía es bastante mayor que un sistema donde se tiene una caldera y un tanque de almacenamiento de calor. Por**

ejemplo, no se puede comprar energía eléctrica durante las horas ó periodo de tarifa base y almacenarse ni tampoco el tanque de almacenamiento puede ser cargado con un alto nivel de energía para limitar el pico de KW durante el precalentamiento matutino.

Esta desventaja se reduce en las áreas donde no se tiene pago por consumo eléctrico durante ciertas horas del día o que no se tiene un periodo de tarifa punta de energía eléctrica.

* La calefacción adicional debe ser por medio de una resistencia eléctrica. En instalaciones donde los combustibles fósiles son disponibles, la eliminación de esta fuente de energía potencial puede dar como resultado un aumento en los pagos de consumo de energía eléctrica.

Cuando se utiliza una resistencia eléctrica, el calor perdido a través de la torre y en la tubería que esta instalada al exterior debe ser controlado. Porque si la mayoría de las unidades están operando en el modo de calefacción, se esta adicionando muy poco calor al sistema. Durante estos periodos de pérdida de calor a través de la torre, la tubería que se encuentra al exterior y por debajo de la tierra, puede ser un factor que cause que las unidades se protejan por los controles de baja temperatura. Para vencer las pérdidas de calor se recomienda utilizar un pequeño arrancador para la caldera , el tamaño de este va a depender de hasta que grado de congelación de la torre y habiendo calculado las pérdidas de calor a través de la tubería.

3.29. VENTAJAS DE SUBZONIFICAR.

La subzonificación ofrece al proyectista una forma muy económica de controlar con mucha flexibilidad la temperatura de 2 zonas, siempre y cuando las 2 zonas tengan una ligera diferencia en sus características de cargas térmicas.

Aquí se ilustra una buena oportunidad para tener una subzonificación. Estos espacios adyacentes que se encuentran en la misma orientación del edificio. Uno de estos espacios tiene un área mayor de vidrio y las condiciones de diseño son diferentes para cada uno de los espacios. En este ejemplo se va a subzonificar el espacio que contiene menor superficie de vidrio.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Para poder tener un control independiente para la subzona, se instala un kit de subzonificación en el ducto que acondiciona este espacio. El kit consiste de un serpentín que es controlado por una válvula termostática de 3 vías. Además se utiliza una compuerta de balanceo, que se utiliza para balancear la cantidad de aire que se suministra a estos espacios.

El serpentín que subzonifica debe instalarse en serie a la salida del agua del intercambiador de calor de la unidad de bomba de calor. Entonces cuando la unidad este trabajando en el modo de enfriamiento, dispondremos de agua caliente para recalentar el aire de inyección de la subzona. Inversamente cuando la unidad opera para calefacción, dispondremos de agua fría para enfriar el aire de inyección. Mientras que el termostato principal controla la unidad, la temperatura de la subzona es controlada por el kit el cual permite que la subzona sea controlada independientemente.

3.30. IMPORTANCIA DE LA LIMPIEZA DEL SISTEMA.

La limpieza y el sopleado de este sistema es el paso principal para asegurar un arranque exitoso y una eficiencia continua del sistema.

Durante la construcción, se debe tener cuidado y prevenir la suciedad ó que agentes extraños entren al sistema de la tubería y así como a los componentes del sistema por el lado del agua. La tubería instalada en campo debe ser tapada y protegida así como la torre de enfriamiento calderas etc. Esto se debe tener muy presente. Y antes de que se instale cada componente, debe ser examinado de cualquier evidencia de suciedad y limpiarse de ser necesario. Después de que se a instalado el sistema este se limpia y se soplea de la sig. manera:

1.- Aislando cada uno de los intercambiadores de calor de las unidades del proceso del sopleado puentando las unidades con conexiones tipo manguera entre las tuberías de suministro y retorno.

2.- Quitar el suministro de energía eléctrica de las unidades y el rechazador de calor ó torre de enfriamiento.

3.- Abrir los purgadores de aire y llenar el sistema con agua. Observar la purga del aire mientras nos aseguramos que el sistema no tiene sobre flujo.

4.- Checar que las bombas y el sistema de agua en general este perfectamente cerrado y sin fugas. Checar la alineación de la bomba y el motor. Reparar cualquier fuga antes de proseguir con el sig. paso.

5.- Una vez los filtros instalados y la bomba de circulación de agua funcionando, checar sistemáticamente la purga de aire y añadir agua de remplazo según sea necesario.

6.- Energizar la caldera y elevar la temperatura del agua hasta 27 °C aproximadamente. Abrir el drenaje en el punto más bajo del sistema. Añadir agua de remplazo en la misma proporción que el agua de purga. Continuar purgando el agua cuando menos 3 horas ó hasta que se vea que el sistema esta limpio. Finalmente drenar el agua del sistema completamente.

7.- Rellenar el sistema y añadir trisodio de fosfato con una proporción de 1 Kg. por cada 378 litros de agua. Ajustar la caldera hasta que la temperatura del agua en el sistema llegue hasta 38 °C. Circular la solución por un mínimo de 8 horas de preferencia que circule durante 24 horas. Parar las bombas y drenar el sistema. Repetir esta operación de ser necesario.

8.- Quitar la conexión de las mangueras y conectar cada una de ellas al suministro y retorno de cada unidad. Limpiar el filtro de la bomba.

9.- Rellenar el sistema de agua y purgar el sistema, probar el agua del sistema con papel tornasol. Checar que la alcalinidad del agua este en un rango de PHI de 7.5 a 8.5, si la prueba nos indica que el agua es muy ácida habrá que añadir la cantidad necesaria de químicos para que se encuentre en este rango.

10.- Después de que el procedimiento de limpieza se a terminado, ajustar los controles de temperatura del agua del sistema para que funcionen dentro del rango calculado, checar todos los controles del sistema, alarmas y protecciones.

3.31. CONTROL TOTAL DEL SISTEMA

Este sistema tiene 3 categorías de control cada una de ellas se discutirán separadamente.

- * Control del sistema.
- * Control del equipo auxiliar.
- * Control de las unidades.

CONTROL DEL SISTEMA.

La función de controlar el sistema, es mantener la temperatura del mismo entre 15.55 y 32.22 °C aproximadamente. Dentro de este rango, podemos asegurar que las unidades trabajarán de forma correcta y segura para ambas condiciones, la de enfriamiento y la de calefacción.

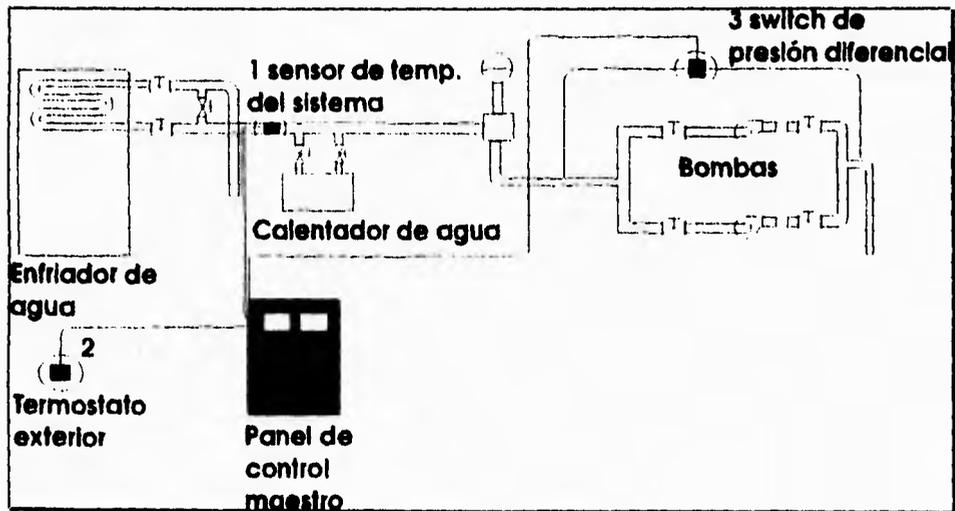


FIGURA 3.31.1.

Aquí se ilustra los diferentes puntos que hay que sensor. Estos son:

- 1.- Sensor de temperatura del agua del sistema.
- 2.- Sensor de temperatura del aire exterior.
- 3.- Switch diferencial de presión o switch de flujo.

Las funciones del sistema son controladas.

Mientras los puntos de control pueden variar, la siguiente secuencia de operación nos describe el control de temperatura del sistema cuando usamos torre de enfriamiento de circuito cerrado y caldera.

° C	MODO DE OPERACIÓN	SECUENCIA DE OPERACIÓN
14	ALARMA	
15-20	CALENTADOR AGUA	PARA CUANDO T.E. ES MENOR DE 15 °C
24	PUNTO MEDIO	
29	ENFRIADOR	ABRIENDO COMPUERTAS DE LA TORRE.
31	DE	COMIENZA ESPREADO DE LA BOMBA.
32	AGUA	OPERA PRIMER ETAPA DE VENTILADORES
34		OPERA SEGUNDA ETAPA DE VENTILADORES
41	ALARMA	

TABLA 3.31.2.

Inicialmente tomamos arbitrariamente un punto medio de 24 °C la temperatura del sistema es detectada por el sensor de temperatura 1 es permitido operarlo sin acción del control. A 29 °C, la torre de 2 posiciones tiene la compuerta abierta teniendo un enfriamiento convectivo. Un incremento mayor de 31 °C en la temperatura del agua esto provoca que funcione la bomba para esprear los tubos de la torre. Previamente se estableció la corriente de convección, el agua evaporada de la superficie del Intercambiador de calor incrementando la relación de enfriamiento. Cuando la temperatura finalmente se incrementa a 32 °C el primer ventilador arranca. Incrementando la relación del enfriamiento evaporativo. Los ventiladores trabajan por etapas de tal modo que todos los ventiladores estén funcionando cuando la temperatura del sistema alcance los 34 °C.

Inversamente una caída en la temperatura del sistema, este control opera con un diferencial de 2 a 3 grados entre cada una de las etapas. La temperatura se lleva de 28 °C hacia abajo por ejemplo 18 °C (nota: temperatura operación sin llegar abajo de 15 °C). En este punto la primer etapa de la capacidad de la caldera es energizada. Las etapas adicionales se obtienen con un regulador ajustable.

Si la temperatura del sistema se desvía fuera de los límites de una correcta operación el sistema se corta o para y la alarma empieza a sonar. Por ejemplo.- Si la temperatura del sistema se incrementa a 41 °C o bajara a 14 °C, las unidades, caldera, y la torre deberán parar su funcionamiento y el personal de operación será alertado por la alarma.

La pérdida del flujo de agua es también muy crítico, principalmente si la temperatura exterior esta por debajo de la de congelamiento. Cuando se llega a detectar la pérdida del flujo de agua por cualquiera de los dos switch de flujo ó switch diferencial de presión el sistema deberá parar inmediatamente.

La falla repentina de la caldera puede causar un daño menor, mientras que la falta de energía en la torre de enfriamiento va a ocasionar congelamiento por lo tanto los tubos del intercambiador de calor se van a fisurar o romper. El congelamiento en la torre va a ocurrir rápidamente cuando existen temperaturas exteriores muy bajas y se pierde la circulación de agua. Cuando la circulación se restablece la torre ó la caldera y las unidades del sistema deben arrancar otra vez por medio de relevadores de tiempo en diferentes tiempos para minimizar el consumo de energía eléctrica instantáneo por el arranque del sistema al mismo tiempo.

TEMPERATURAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS °C	ENFRIAMIENTO	CALEFACCIÓN
TEMP. MÁXIMA DE AIRE DE RETORNO.	35 °C	29 °C
TEMP. MÍNIMA DE AIRE DE RETORNO.	11 °C	15 °C
TEMP. MÁXIMA DEL AGUA DE SUMINISTRO.	38 °C	35 °C
TEMP. MÍNIMA DEL AGUA DE RETORNO.	15 °C	15 °C

TABLA 3.31.3.

La tabla anterior nos enseña las temperaturas mínimas y máximas para el aire y agua a las que pueden trabajar las unidades.

CUALES SON LOS CONTROLES RECOMENDADOS PARA LA TORRE Y LA CALDERA.

TORRE.-

* Las torres deberán ser suministradas cuando menos con 2 etapas de control. Si tenemos muy poco control de las etapas de la torre vamos a ciclear excesivamente y como resultado tendremos un mayor desgaste en el motor y las chumaceras.

* Si la torre va a operar a temperaturas menores de 0 °C tenemos 2 alternativas.

1.- Drenar el sumidero y operar la torre como un enfriador seco de 4.5 y 8 °C. Ya que tenemos una baja caída de presión por el lado del aire cuando usamos la torre como torre seca vamos a tener grandes flujos de aire y el ventilador de tipo FC va ser sobrecargado, por lo tanto va ser necesario sobredimensionar el ventilador.

2.- Cuando no se drena el sumidero de la torre se recomienda un control más exacto del flujo del aire. por ejemplo.- Usando una compuerta moduladora en el ventilador, esto no solamente nos va a proteger de la congelación sino también en el ahorro de energía cuando estemos trabajando el sistema con cargas parciales.

La protección de la falta de circulación de agua es la más importante en este sistema sobre todo cuando la torre es cerrada y no se tiene glicol etílico en el sistema, la razón de esto es, si tenemos falta de circulación de agua en la torre esta se congelará rápidamente, por lo tanto es esencial tener un control de protección con respuesta rápida para la falta de circulación de agua para este tipo de sistema.

* Si usamos una torre cerrada en una obra donde una parte relativamente pequeña del sistema se va a arrancar antes de que se haya restablecido por completo, un ventilador con compuertas moduladoras se usará para prevenir el cicleo excesivo del ventilador, cuando tengamos bajas cargas inherentes.

CALDERA

* Cuando se utiliza una caldera de gas, el agua calentada se debe mantener a 60 °C o más. La razón de esta necesidad es que los productos para la combustión se deben mantener a una temperatura alta para evitar la condensación en los tubos de la caldera. La humedad condensada se puede mezclar con otros productos para la combustión y esta mezcla provocará ácido sulfúrico y otros ácidos corrosivos.

* Después de cualquier tipo de corte o paro de seguridad la capacidad de las etapas de un calentador eléctrico se debe de restablecer con un relevador de tiempo para limitar el consumo de energía eléctrica instantáneo por el arranque del sistema al mismo tiempo.

CONTROLES PARA LOS CALENTADORES DE AGUA.

La localización del sensor para el control del calentador de agua es muy importante. Siguiendo estas dos reglas generales tendremos una buena aplicación para este control.-

* Si se utiliza un control modulador, el sensor se instala a la salida del calentador de agua.

NOTA: Este sensor no debe ser confundido con el sensor del sistema discutido previamente.

* Si se utiliza un control de etapas, el cual se utiliza para calentadores eléctricos, sensar la temperatura y las funciones del control están en función del control central que esta a la entrada del calentador de agua.

La razón por la cual se ubican en 2 diferentes lugares son:

CONTROL MODULADOR

Cuando se utiliza este tipo de control, el sensor se instala a la salida del calentador de agua, desde este lugar se puede controlar el calentador virtualmente a través de un número infinito de pasos de capacidad manteniendo la temperatura del agua de suministro con una muy buena exactitud.

CONTROL POR ETAPAS

Cuando controlamos a la salida del calentador de agua tenemos un control muy exacto para la temperatura del agua al suministro, un calentador de agua con control de capacidad por etapas como el que utiliza un calentador eléctrico no puede ser controlado desde este punto. Un control instalado a la salida del calentador provoca que este tipo de unidades sean cicleadas excesivamente. Por lo tanto un calentador de agua con capacidad por etapas debe ser controlado desde la entrada del calentador por el lado del agua.

El concepto de instalar el control a la entrada es el de medir la temperatura del agua a la entrada y determinar la diferencia con respecto a la temperatura de operación y conociendo

la cantidad de calor que suministra cada una de las etapas, se puede mantener una temperatura razonable del agua de suministro. En resumen.- El calor específico suministrado y métodos de control se encuentran dentro de estas categorías.

CONTROL MODULADOR.- Sensor en la salida por el lado del agua.

- * Calderas de combustible fósil.
- * Intercambiadores de calor de agua caliente.
- * Convertidores de vapor.

CONTROL POR ETAPAS.- En la entrada por el lado del agua.

- * Calentadores eléctricos.

Ilustra el lugar recomendado para instalar el sensor.

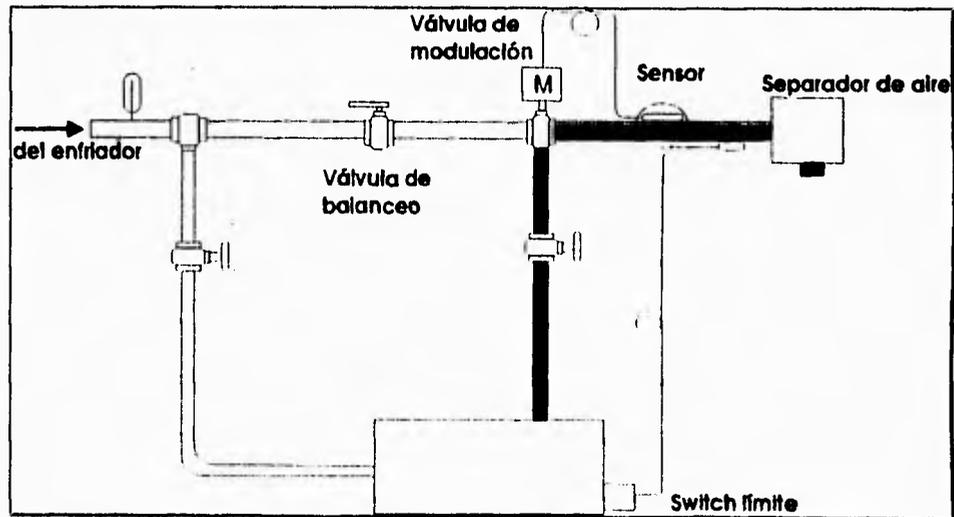


FIGURA 3.31.4.

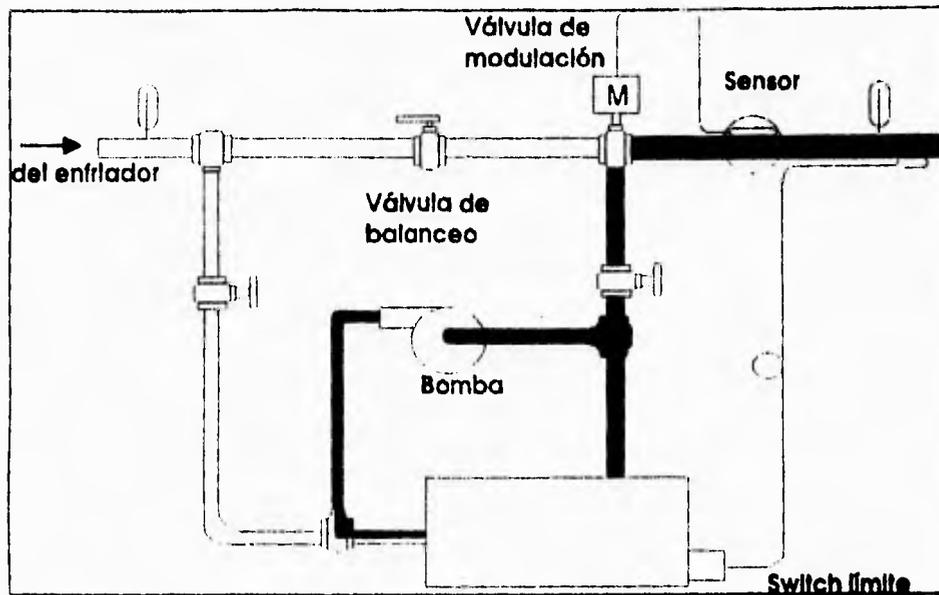


FIGURA 3.31.5.

NOTA.- Debido a que la mayoría de las calderas tienen un límite en cuanto a cantidad de agua, y su recuperación de calor es rápida. Entonces el control de temperatura de la caldera con un diferencial de banda ancho debe utilizarse para prevenir que el quemador tenga un ciclo corto, cuando la válvula es alimentada y modula el flujo de agua caliente del sistema.

Para reducir el ciclo del quemador y mantener un control de temperatura más exacto del sistema se debe instalar una bomba. En este arreglo, la bomba es controlada por.-

- * Operar en paralelo con el quemador.
- * Operar cuando el control de la válvula moduladora del circuito es energizada.

Entonces, cuando la válvula moduladora es accionada para medir el agua del sistema la bomba arranca dándole un calor adicional al agua ya que se recircula parte del agua precalentada. Consecuentemente la expansión de frecuencia de operación del quemador esta en función de la capacidad de almacenamiento del sistema.

Además, el agua fría del sistema es templada por la mezcla con el agua caliente del sistema antes de que entre a la caldera minimizando la posibilidad de que entre agua muy fría a la caldera esto con el tiempo puede dañar a la caldera.

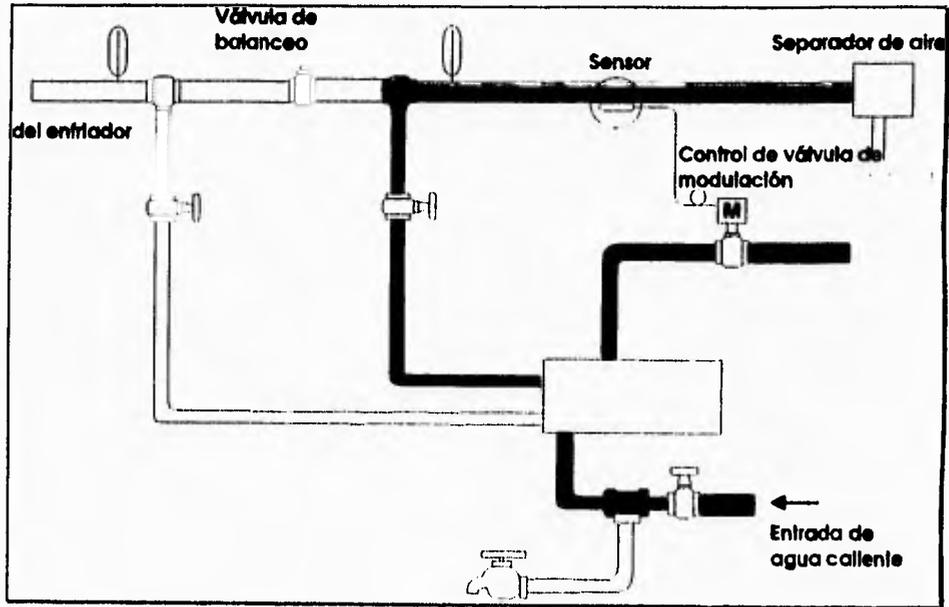


FIGURA 3.31.6.

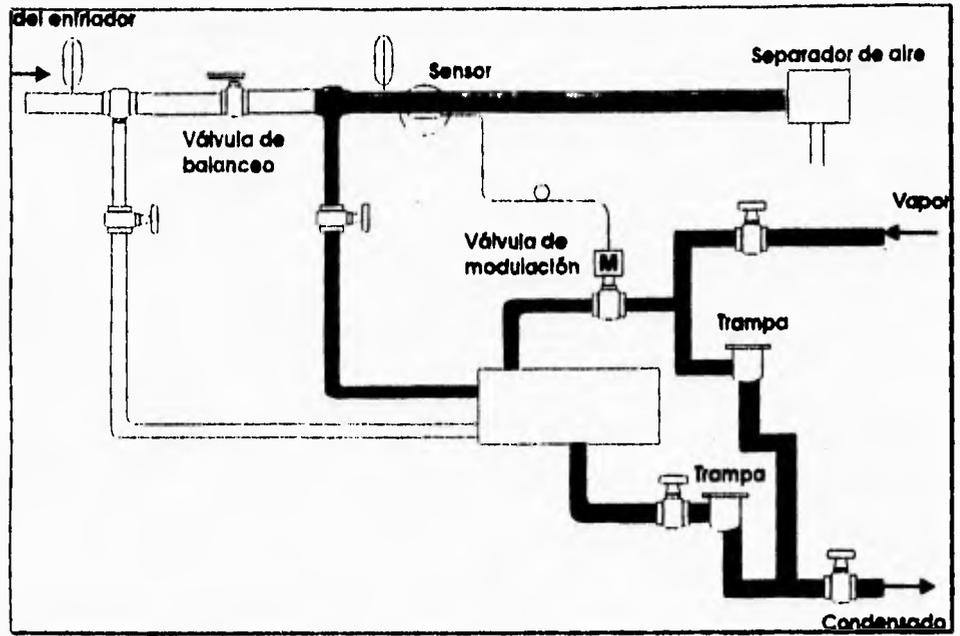


FIGURA 3.31.7.

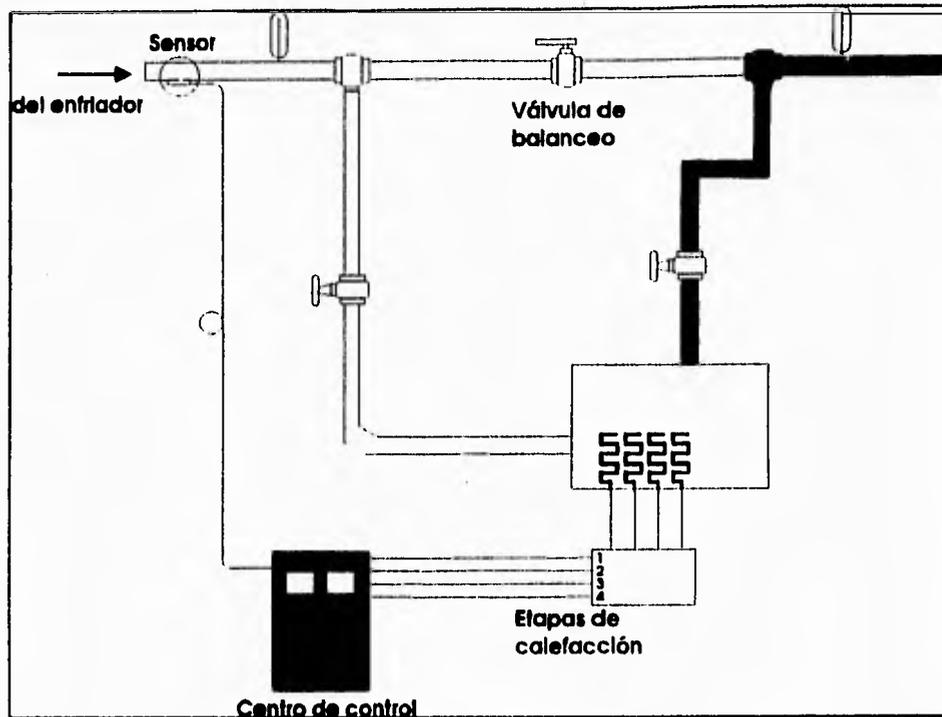


FIGURA 3.31.8.

El control del agua del sistema es un dispositivo de estado sólido que relaciona la temperatura con una señal DC variable a series de control. Se disponen con 4 a 6 etapas para el control de enfriamiento y de 1, 8 ó 16 etapas para el control de calefacción es ajustable entre 15 y 21 °C con un rango de ajuste regulado de 2 a 4.5 grados. El control del agua del sistema tiene una función no ajustable de restablecer que eleva el punto de operación para calefacción por 4.5 grados en respuesta que la temperatura exterior cambie de 15 hacia -15 °C.

Detectando la temperatura del agua del sistema en el punto que esta entre la torre de enfriamiento y la caldera, el panel responde cambiando la secuencia del equipo auxiliar de esta manera (NOTA: El sig. ejemplo es suponiendo que estamos utilizando un calentador eléctrico)

INCREMENTO DE LA TEMPERATURA

Iniciando arbitrariamente con una temperatura de 24 °C en el sistema la temperatura puede variar hasta 29 °C sin ningún tipo de control. A esta temperatura el actuador de la compuerta de la torre es energizado abriendo la compuerta, un aumento en la temperatura nos provoca las sig. acciones para controlar la temperatura del agua.- A 31 °C, la bomba del espreado arranca, a 32 °C la primer etapa de la torre arranca, a 34 °C la segunda etapa de la torre arranca.

BAJA DE LA TEMPERATURA

Cuando la temperatura del sistema baja la secuencia de control antes mencionada opera exactamente igual pero de forma Inversa pero con un diferencial de 2 a 3 grados entre cada una de las etapas. Una vez que la temperatura del sistema baja a la temperatura de operación para calefacción estamos asumiendo 18 °C, la primer etapa de la resistencia eléctrica es energizada. El calentador es entonces controlado por etapas de tal forma que esta completamente energizado cuando este en el rango de regulación.

NOTA.- Si utilizamos un número mayor de pasos o etapas para la calefacción tendremos un control más exacto, un mínimo de 4 etapas es recomendado.

Cuando utilizamos una caldera con quemador, la secuencia de control existe cuando se utiliza un control modulador. Para esta aplicación, cuando el agua baja a la temperatura de operación para calefacción, la primer etapa de calefacción se ubica en el sensor que va a operar la válvula moduladora y esta controla la temperatura del sistema.

CONTROL DE SEGURIDAD

En el momento que la bomba del sistema falle, que es detectada por el switch diferencial de presión o por el switch de flujo, el sistema entero (torre, caldera y unidades) deben parar. Después de 5 a 15 segundos con un relevador de tiempo y un secuenciador automático energiza la bomba standby y accione la alarma. Alguna luz indicadora que nos indique que la bomba principal falló. Cuando el agua del sistema se a restablecido con el relevador de tiempo entre etapas, para limitar el consumo de energía eléctrica Instantáneo por el arranque del sistema al mismo tiempo.

Finalmente, si la temperatura del agua del sistema cae fuera de los rangos de diseño 41 y 14 °C suena una alarma y energiza un juego de relevadores, con sus contactos normalmente cerrados en el control del agua del sistema abre los contactos, obteniendo una señal piloto usada para parar todo el sistema.

NOTA.- Si tenemos una temperatura de 14 °C en el sistema es crítico. Si la temperatura llega a este punto los condensados formados en la tubería no aislada, pueden ocasionar un daño de agua.

CAPITULO



Diseño del sistema bomba de calor con
condensador enfriado por agua.

CAPITULO IV

4 DISEÑO DEL SISTEMA BOMBA DE CALOR CON CONDENSADOR ENFRIADO POR AGUA.

4.1 CALCULO DE LA CARGA BLOQUE DE ENFRIAMIENTO

Para este caso se utilizo el método de "Diferencia de Temperaturas Equivalente"; este método consiste en el cálculo experimental de la diferencia de temperaturas que debiera haber entre el exterior y el interior para provocar, por pura transmisión, el efecto total logrado en la realidad por transmisión y radiación a través de muros y techos.

Condiciones del edificio.-

- 6 niveles tipo
- 1 nivel superior con azotea.

Área del edificio 801.88 Mts² con una altura de 2.40 Mts. por nivel.

CONDICIONES DE DISEÑO PARA VERANO.

CONDICIONES EXTERIORES

TBS ext.	32.0° C
TBH ext.	17.0° C
HUM rel.	25 %

CONDICIONES INTERIORES

TBS int.	22.0° C
TBH int.	15.0° C
HUM rel	50 %

CONDICIONES DE DISEÑO PARA INVIERNO.

CONDICIONES EXTERIORES

TBS ext.	-1.1° C
TBH ext.	-2.2° C
HUM rel.	80 %

CONDICIONES INTERIORES

TBS int.	22.0° C
TBH Int.	15.0° C
HUM rel	50 %

Para realizar los cálculos térmicos del edificio se tomaron en cuenta los siguientes factores de transmisión y asoleamiento.

MATERIAL	K (kcal-m/hr m ² °C)	ESPESOR
VIDRIO REFLEJANTE 0.006 mts.	0.6	
TECHO		
CONCRETO	1.5	0.15 mts.
TEZONTLE	0.16	0.10 mts.
LADRILLO	0.6	0.03 mts.
MURO		
POLIESTIRENO	0.35	0.07 mts.
CONCRETO	1.5	0.03 mts
YESO	0.138	0.03 mts.

Para obtener el factor U se utiliza la siguiente formula.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{29.3} + \frac{E}{K} + \frac{E}{K} + \frac{1}{8}}$$

Donde K es el coeficiente de conductividad térmica, E es el espesor del material y U es el coeficiente de transmisión total del muro o techo.

$$Q = U \times A \times \Delta T_e$$

donde:

Q = Energía recibida dentro del local (kcal/hr.)

U = Coeficiente de transmisión total del muro o techo (kcal/hr.m² °C).

A = Área del muro o techo (m²)

T_e = Diferencia de temperaturas equivalente entre el exterior y el interior (°C)

Para la carga térmica por iluminación se considero 10 Watts por metro cuadrado, la carga térmica por personal se considero para calor sensible 71 kcal/hr. y 70 kcal/hr. por persona, por ser condominios de lujo tenemos 51 m³/hr. por persona.

- 1.- Factor de calor sensible es igual a calor sensible entre calor total.
- 2.- Masa de aire necesario es igual a calor total entre la diferencia de la entalpia interior y la entalpia de inyección.
- 3.- Volumen de aire necesario es igual a la masa de aire entre la densidad.
- 4.- Numero de cambios por hora es igual a el volumen de aire necesario entre el volumen de aire del local.
- 5.- Masa de aire exterior es igual al numero de personas por los m³/hr. por persona.
- 6.- Masa de aire de retorno es igual a la masa de aire necesario menos el aire exterior.
- 7.- Entalpia de la mezcla es igual a la masa de aire exterior por la entalpia exterior mas la masa de aire de retorno por la entalpia interior entre la masa de aire necesario.
- 8.- La capacidad final del equipo es igual al volumen de aire necesario por la diferencia de la entalpia de mezcla e inyección.

ZONA	ASOLA (KCAL)	DIAPH (M2)	AREA (M2)	MEZCLA (°C)	INYECCION (°C)	AIRE (MJ/H)	SENSIBLE (KCAL)	TOTAL (KCAL)	MEZCLA (°C)	INYECCION (°C)	TOTAL (KCAL)	KW
INTERIORES	8 654,00	JUN,16	296,75	23,78	12,22	9 811,58	18 440,15	22 961,93	19,72	24,80	19 117,59	22,23
ULTIMO NIVEL	0,00		296,75	25,83	11,39	3 945,56	9 786,15	14 307,93	13,78	16,28		
INTERIORES	7 422,00	OIC,13	88,30	23,06	12,22	5 290,32	10 174,95	11 531,48	14,00	20,55	12 191,25	14,18
ULTIMO NIVEL	5 651,00	OIC,12	88,30	23,44	12,22	4 423,20	8 403,95	9 760,48	10,17	14,89		
PLANTA TIPO	6 985,00	ABR,8	106,85	23,61	11,22	5 193,94	10 103,31	11 761,29	21,39	27,04	9 785,11	11,38
ZONA SUR	6 536,00	ABR,8	106,85	23,78	12,22	4 979,46	9 654,31	11 312,29	21,11	25,80	7 770,36	9,04
ZONA ESTE	4 300,00	JUN,17	86,90	23,61	12,22	3 660,84	7 033,82	8 390,35	20,83	27,36	10 395,40	12,09
ULTIMO NIVEL	1 817,00	JUN,17	86,90	25,00	11,22	1 844,82	4 550,82	5 907,35	14,28	17,00		
PLANTA TIPO	9 867,00	ABR,16	109,02	23,33	12,22	5 611,96	13 277,33	15 538,22	20,56	25,41	8 407,57	9,78
ZONA NORTE	6 682,00	ABR,16	109,02	23,61	12,22	4 364,41	10 092,33	12 353,22	20,56	29,07	9 803,38	11,40
ULTIMO NIVEL	2 128,00	JUN,8	28,34	24,33	12,22	1 500,99	3 482,02	4 235,65	14,11	16,56		
PLANTA TIPO	2 009,00	JUN,8	28,34	23,61	12,22	1 454,38	3 363,02	4 116,65	17,39	30,75	7 302,73	8,49
ESQUINA 8	2 633,00	OIC,9	28,34	15,44	11,22	1 698,80	3 987,02	4 740,65	20,00	27,18	12 748,77	14,82
ULTIMO NIVEL	2 497,00	OIC,9	28,34	15,44	11,22	1 645,52	3 851,02	4 604,65	13,89	16,94		
PLANTA TIPO	3 369,00	DIC,15	28,34	15,56	11,22	1 987,08	4 723,02	5 476,65	19,17	25,86	9 978,55	11,60
ESQUINA 17	2 609,00	OIC,15	28,34	15,56	11,22	1 689,39	3 963,02	4 716,65	13,33	17,11		
ULTIMO NIVEL	2 962,00	JUN,16	28,34	24,17	12,22	1 827,66	4 316,02	5 069,65	19,44	30,43	5 040,57	5,86
PLANTA TIPO	2 145,00	JUN,17	28,34	15,56	11,22	1 507,65	3 499,02	4 252,65	13,44	17,94		
ESQUINA 23									19,00	28,52	4 514,09	5,25
ULTIMO NIVEL									13,28	17,50		
PLANTA TIPO									19,89	29,45	5 037,01	5,86
ESQUINA 17									13,78	17,67		
ULTIMO NIVEL									19,56	27,76	4 031,19	4,69
PLANTA TIPO									13,61	16,94		
ESQUINA 23									20,56	28,37	4 464,01	5,19
ULTIMO NIVEL									19,56	27,61	3 987,48	4,64
PLANTA TIPO									13,56	16,83		
ESQUINA 23									20,00	28,92	5 047,77	5,87
ULTIMO NIVEL									13,89	17,61		
PLANTA TIPO									19,17	28,29	4 359,31	5,07
									13,33	17,33		

CARGA BLOQUE DE ENFRIAMIENTO.

ULTIMO NIVEL		77,428.85 KCAL/H.
PLANTA TIPO (6)	55,542.85 KCAL/H.	333,257.10 KCAL/H.

410,686.00 KCAL/H.

CARGA PICO DE ENFRIAMIENTO.

ULTIMO NIVEL		89,705.87 KCAL/H.
PLANTA TIPO (6)	71,331.87 KCAL/H.	427,991.22 KCAL/H.

517,697.09 KCAL/H.

Para la carga bloque de calefacción se hizo por el método de pérdidas de calor instantáneas por ser condominios de lujo se considera el caso más crítico una noche de invierno donde se obtuvo el siguiente valor;

4.2. CALCULO DE LA CARGA BLOQUE PARA CALEFACCIÓN

CARGA BLOQUE PARA CALEFACCIÓN.

ULTIMO NIVEL		81,439.61 KCAL/H.
PLANTA TIPO (6)	62,542.53 KCAL/H.	375,255.18 KCAL/H.

456,695.00 KCAL/H.

4.3. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES

SELECCION DE LAS UNIDADES.

REF.	MODELO	CANTIDAD	L/S	L/S	T.A.S.E. (°C)	T.A.S.C. (°C)
I.U.N.	CCH030C	5	0,25	1,25	33,33	15,55
I.P.T.	CCH015C	30	0,12	3,60	34,44	15,00
S.U.N.	CCH042C	2	0,38	0,76	32,77	16,67
S.P.T.	CCH036C	12	0,32	3,84	33,33	16,67
E.U.N.	CCH024C	3	0,25	0,75	32,22	16,67
E.P.T.	CCH024C	18	0,25	4,50	32,22	16,67
N.U.N.	CCH012C	5	0,11	0,55	32,77	16,67
N.P.T.	CCH007C	30	0,06	1,80	33,89	15,00
O.U.N.	CCH030C	3	0,25	0,75	33,33	15,55
O.P.T.	CCH024C	18	0,25	4,50	32,22	17,22
E 1.U.N.	CCH024C	1	0,25	0,25	32,22	17,22
E 1.P.T.	CCH024C	6	0,25	1,50	33,33	17,22
E 8 U.N.	CCH030C	1	0,25	0,25	33,33	15,55
E 8 P.T.	CCH024C	6	0,25	1,50	32,22	16,67
E 17.U.N.	CCH030C	1	0,25	0,25	32,22	15,55
E 17.P.T.	CCH024C	6	0,25	1,50	32,22	16,67
E 23 U.N.	CCH030C	1	0,25	0,25	33,33	15,55
E 23 P.T.	CCH024C	6	0,25	1,50	32,22	17,22

154

29,30 L/S DEL SISTEMA

TABLA 4.3.1.

Debido a las condiciones de diseño para la Ciudad de México nos vimos en la necesidad de seleccionar unidades un poco más grandes en cuanto a la capacidad térmica pero cumpliendo con los requerimientos de aire.

En la tabla anterior tenemos los diferentes modelos, cantidades así como el gasto de agua de cada una de las unidades y el gasto total del sistema, también tenemos las temperaturas del agua a la salida en enfriamiento y temperatura del agua a la salida para calefacción. Estas temperaturas nos sirven para conocer la temperatura promedio del agua a la salida de las unidades y poder seleccionar la torre de enfriamiento cerrada. La temperatura del agua que se utilizó a la entrada de cada una de las unidades es de 23.89 °C.

4.4. DETERMINAR EL GASTO DE AGUA DEL SISTEMA.

Como se discutió en el capítulo anterior para poder determinar el gasto de agua es necesario conocer la temperatura de bulbo húmedo de diseño para verano de la ciudad como este proyecto es para la Ciudad de México la temperatura de bulbo húmedo es de 17.22 °C este valor no aparece en la tabla (3.4.1.), pero como podemos observar el gasto de agua se va reduciendo conforme la temperatura de bulbo húmedo es menor pero llega un momento que aunque la temperatura de bulbo húmedo disminuya el gasto de agua permanece constante debido a que las unidades tienen un gasto mínimo de operación, aquí específicamente se considero el gasto de agua mínimo de operación de cada una de las unidades que es muy aproximado a 0.1262 l/s.

4.5. SELECCIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.

Es muy importante determinar el factor de diversidad ya que con este valor podemos seleccionar el tamaño adecuado de la torre de enfriamiento o de los enfriadores de agua para el otro sistema obteniendo como resultado no sobredimensionar los mismos y tener un costo de instalación de acuerdo con las necesidades del sistema de aire acondicionado. Este valor se obtiene dividiendo la carga bloque entre la suma de los picos.

$$\frac{410,686.00 \text{ KCAL/H.}}{517,697.09 \text{ KCAL/H.}} = 0.79$$

* Para obtener la temperatura de salida del enfriador (T2), nos basamos en la temperatura de diseño de bulbo húmedo más 7.23 °C aproximadamente.

Conociendo el gasto de agua de diseño del paso NUM. 4, y el incremento de temperatura del agua en las unidades aplicar el factor de diversidad para determinar la temperatura de retorno del enfriador de agua (T1). De aquí el rango (T1 -T2) y la

aproximación (T2 - TBH) son establecidos. Con esta información se puede seleccionar el enfriador de agua evaporativo.

Para este proyecto específicamente se tomaron en cuenta los siguientes datos.

Temperatura de bulbo húmedo de la Ciudad de México 17.22° C.

Temperatura promedio del agua a la salida de las unidades operando 32.92° C.

$$\begin{aligned}
 \text{Rango} &= T1 - T2 && = 7.13^\circ \text{ C.} \\
 \text{Aproximación} &= T2 - \text{TBH} && = 7.23^\circ \text{ C} \\
 T2 &= \text{TBH} + \text{Aproximación} && = 16.66^\circ \text{ C} + 7.23^\circ \text{ C} = 23.89^\circ \text{ C} \\
 T1 &= T2 + \text{Rango} && = 23.89^\circ \text{ C} + 7.13^\circ \text{ C} = 31.02^\circ \text{ C} \\
 \text{L S / T.R.} &&& = 0.1262
 \end{aligned}$$

La temperatura del agua a la entrada de cada unidad es de 23.89° C (T2) y la temperatura del agua a la salida de las unidades en operación es :

$$\begin{aligned}
 &7.13^\circ \text{ C Rango del enfriador} \\
 &\text{-----} && = && 9.03^\circ \text{ C incremento de temperatura} \\
 &0.79 \text{ Factor de diversidad}
 \end{aligned}$$

$$23.89^\circ \text{ C} + 9.03^\circ \text{ C} = 32.92^\circ \text{ C} = \text{Temperatura del agua a la salida.}$$

Como previamente se indicó, esta es la temperatura del agua que el proyectista utilizó cuando seleccionó las unidades.

Finalmente, la temperatura de mezcla del agua de retorno de las unidades operando y de las que no están operando es.-

$$\begin{aligned}
 0.79 \times 32.92^\circ \text{ C} &= 26.00^\circ \text{ C} \\
 0.21 \times 23.89^\circ \text{ C} &= 5.02^\circ \text{ C} \\
 &\text{-----} \\
 \text{Temperatura de retorno} &= 31.02^\circ \text{ C (T1)}
 \end{aligned}$$

Entonces como se indicó el rango es

$$31.02^{\circ}\text{C} (\text{T1}) - 23.89^{\circ}\text{C} (\text{T2}) = 7.13^{\circ}\text{C}.$$

CAPACIDADES DE LOS EQUIPOS

REF.	MODELO	CANTIDAD	AIRE M3/H	CAP. KCAL/H	TOTAL KCAL/H	CON- SUMO. KW	CALOR DE RECHAZO KCAL/H
I.U.N.	CCH030C	5	1.963	6.567,12	32.835,60	2,391	43.122,88
I.P.T.	CCH015C	30	790	3.369,24	101.077,20	1,182	131.590,53
S.U.N.	CCH042C	2	2.646	9.245,88	18.491,76	3,348	24.253,67
S.P.T.	CCH036C	12	2.211	8.184,96	98.219,52	2,859	127.741,55
E.U.N.	CCH024C	3	1.732	5.997,60	17.992,80	1,958	23.047,38
E.P.T.	CCH024C	18	1.660	5.944,68	107.004,24	1,954	137.269,75
N.U.N.	CCH012C	5	733	2.658,60	13.293,00	0,989	17.548,17
N.P.T.	CCH007C	30	369	1.489,32	44.679,60	0,617	60.607,46
O.U.N.	CCH030C	3	1.871	6.511,68	19.535,04	2,384	25.689,34
O.P.T.	CCH024C	18	1.455	5.778,36	104.010,48	1,942	134.090,12
E.1.U.N.	CCH024C	1	1.501	5.816,16	5.816,16	1,944	7.488,97
E.1.P.T.	CCH024C	6	1.455	5.778,36	34.670,16	1,942	44.696,71
E.8.U.N.	CCH030C	1	1.699	6.405,84	6.405,84	2,37	8.445,23
E.8.P.T.	CCH024C	6	1.646	5.932,08	35.592,48	1,953	45.675,82
E.17.U.N.	CCH030C	1	1.988	6.579,72	6.579,72	2,393	8.638,90
E.17.P.T.	CCH024C	6	1.690	5.967,36	35.804,16	1,956	45.902,99
E.23.U.N.	CCH030C	1	1.828	6.489,00	6.489,00	2,381	8.537,85
E.23.P.T.	CCH024C	6	1.508	5.823,72	34.942,32	1,945	44.984,36

154

723.439,08

939.331,65

TABLA 4.5.1.

Como podemos observar en la tabla (4.5.1.) el calor de rechazo total del sistema que tendrá que ser disipado por las torres de enfriamiento es de 939,331.65 kcal/hr. este valor se tendrá que multiplicar por el factor de diversidad 0.79 dando como resultado 742,072.00 kcal/hr. estamos considerando 2 torres de enfriamiento cerradas al 66 % de la carga bloque dando como resultado la selección de una torre LSWA-58D que va a disipar 489,767.52 kcal/hr. con un gasto de agua de 19.33 l/s.

4.6. SELECCIÓN DEL CALENTADOR DE AGUA.

CARGA BLOQUE DE CALEFACCIÓN

ULTIMO NIVEL		81,439.61 KCAL/H.
PLANTA TIPO (6)	62,542.53 KCAL/H.	375,255.18 KCAL/H.

456,695.00 KCAL/H.

* Multiplicar la carga bloque de calefacción por:

Promedio COP de calefacción -1

Promedio COP de calefacción

$$\frac{4.24 - 1}{4.24} \times 456,695.00 \text{ KCAL/H.}$$

CAPACIDAD REQUERIDA PARA EL CALENTADOR DE AGUA.

348,983.92 KCAL/H.

La capacidad de la caldereta se reduce debido al calor producido por el compresor de cada una de las unidades, este calor se conoce como calor absorbido y es utilizado para la calefacción del sistema. Se selecciono una caldereta 520-350 para una capacidad de calefacción de 350,000 kcal/hr.

El arreglo de la tubería utilizado es de retorno inverso con esto tenemos un buen balanceo del sistema teniendo un ahorro en válvulas de balanceo, válvulas de drenaje e indicadores de flujo para cada uno de los diferentes pisos.

Al dimensionar la tubería en ambos sistemas se considero; pérdidas por fricción de 100 mm. columna de agua por cada metro de tubería instalada, tubería de acero para diámetros de 4 o mas pulgadas, tubería de cobre para diámetros de 3 o menos pulgadas. La velocidad del agua a través de la red de suministro y retorno para tuberías principales 3.2 m/s, para la tubería de 3 y 2 pulgadas de 2 a 1.2 m/s, para los ramales y conexiones con unidades de 1.1 a 0.5 m/s, con estas consideraciones nosotros podemos asegurar que evitaremos cualquier tipo de problemas causados por transmisión de ruido o en su defecto vibración.

El cálculo de las pérdidas por fricción tenemos 100 mm. columna de agua por cada metro, consideramos la suma medida de la longitud de la tubería más las longitudes equivalentes de todas las conexiones, reducciones, té, codos, filtros, válvulas, enfriador, separador de aire, caldera y caída de presión hasta la unidad más lejana del sistema de bombeo.

Seleccionando la bomba del sistema tenemos una bomba FM3008 para trabajar bajo las siguientes condiciones:

* Gasto de agua	29.30 l/s.
* Caída de presión	21.64 mts de columna de agua.
* Motor de la bomba	7.47 KW.
* Eficiencia	83 %.

Para el sistema convencional;

* Agua fría.	
* Modelo	FM3008
* Gasto de agua	23.31 l/s
* Caída de presión	21.34 mts de columna de agua.
* Motor de la bomba	6.12 KW.
* Eficiencia	79 %.

* Agua caliente.	
* Modelo	FM2508
* Gasto de agua	14.80 l/s
* Caída de presión	22.86 mts de columna de agua.
* Motor de la bomba	4.4 KW.
* Eficiencia	76 %.

CAPITULO



Análisis económico de instalación
y ahorro de energía.

CAPITULO V

5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE INSTALACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA

5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL COSTO POR INSTALACIÓN.

Analizando la tabla 5.1.1. se esta comparando el costo de los equipos incluyendo la instalación donde estamos desglosando cada uno de los conceptos que se consideran dentro de la instalación de aire acondicionado.

CONCEPTO	BOMBA DE CALOR	4 TUBERÍAS
ENFRIADORES DE AGUA	\$ 327,074.80	\$ 666,772.80
MANEJO DE AIRE	\$ 943,224.60	\$ 471,426.30
CALDERA	\$ 69,480.00	\$ 138,960.00
SISTEMA DE BOMBEO	\$ 39,600.00	\$ 41,607.00
SISTEMA DE CONTROL	\$ 71,610.48	\$ 80,056.75
TUBERÍA	\$ 166,088.63	\$ 282,735.24
AISLAMIENTO	\$ 0.00	\$ 136,984.78
VÁLVULAS	\$ 18,729.00	\$ 73,087.20
COSTO TOTAL INSTALADO	\$ 1,635,807.40	\$ 1,891,629.90

TABLA 5.1.1.

Como podemos observar en la tabla anterior con el sistema de bomba de calor se tiene un ahorro en el costo de instalación de un **13.52 %** se considera un valor real ya que se utilizó el mismo criterio para la selección de los equipos y costos de instalación para ambos sistemas.

5.2. COMPORTAMIENTO Y NECESIDADES POR ORIENTACIÓN A DIFERENTE HORARIO Y TEMPERATURA EXTERIOR.

Haciendo un análisis general de las gráficas 5.2.1., 5.2.4., 5.2.7. y 5.2.10. podemos observar que para cada una de las 4 orientaciones la carga pico son a diferentes horas, para la orientación Norte a las 5 de la tarde tenemos la carga pico, el porcentaje de operación de las unidades que están en esta orientación es muy variable, pero el mayor tiempo están operando entre un 20 % y un 60 %, para la orientación Este, era de esperarse que durante la mañana las unidades operen del 60 % al 100 %, para la orientación Sur es muy variable como la orientación Norte, para la orientación Oeste durante la tarde tenemos que las unidades operan del 60 % al 100 %. La finalidad de comparar estas gráficas es hacer notar la importancia de la zonificación ya que el 100 % de las unidades no operan al mismo tiempo.

Analizando las gráficas 5.2.1., 5.2.2., y 5.2.3. estas pertenecen para la misma orientación Norte pero para diferentes temperaturas exteriores, al Norte es el caso más extremo donde la temperatura exterior es baja las unidades operan todo el tiempo en el modo de calefacción.

Analizando las gráficas 5.2.4., 5.2.5., y 5.2.6. estas pertenecen para la misma orientación Este pero para diferentes temperaturas exteriores, al Este para un temperatura exterior de 10 °C durante la tarde se necesita calefacción.

Analizando las gráficas 5.2.7., 5.2.8., y 5.2.9. estas pertenecen para la misma orientación Sur pero para diferentes temperaturas exteriores, al Sur para un temperatura exterior de 10 °C durante algunos meses se necesita calefacción.

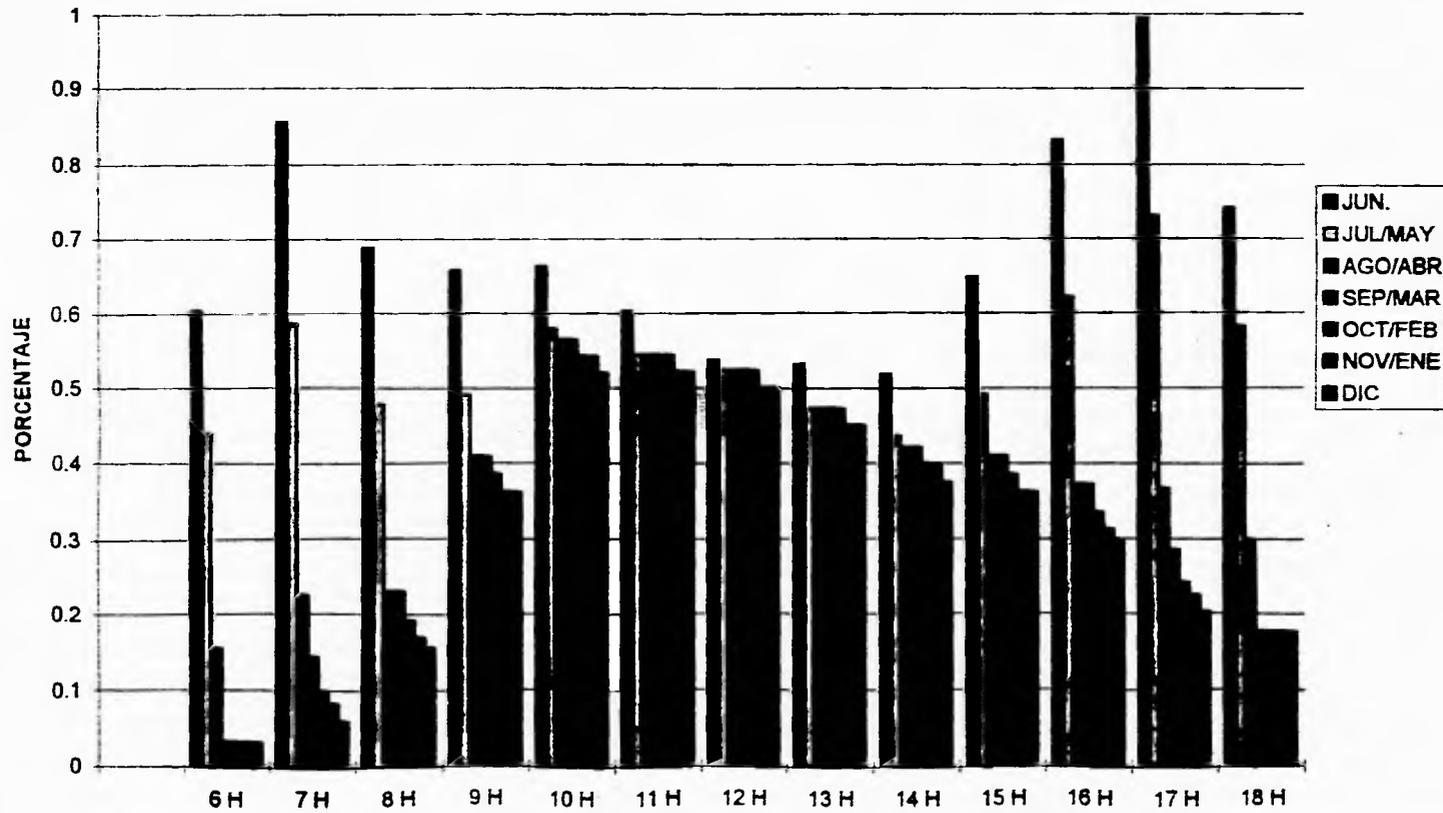
Analizando las gráficas 5.2.10., 5.2.11., y 5.2.12. estas pertenecen para la misma orientación Oeste pero para diferentes temperaturas exteriores, al Oeste para un temperatura exterior de 20 °C durante la mañana las unidades no operan prácticamente para 10 °C en la mañana estas unidades operan en calefacción.

Finalmente analizando las gráficas 5.2.3., 5.2.6., 5.2.9. y 5.2.12. todas estas gráficas son para 10 °C donde se puede apreciar que algunas unidades operan en calefacción y otras en enfriamiento para la misma hora donde tenemos un ahorro de energía ya que la torre y la caldera no están operando ya que el agua del sistema que es enfriada por algunas unidades es calentada por otras por lo tanto tenemos el ahorro de energía.

TESIS SIN PAGINACION

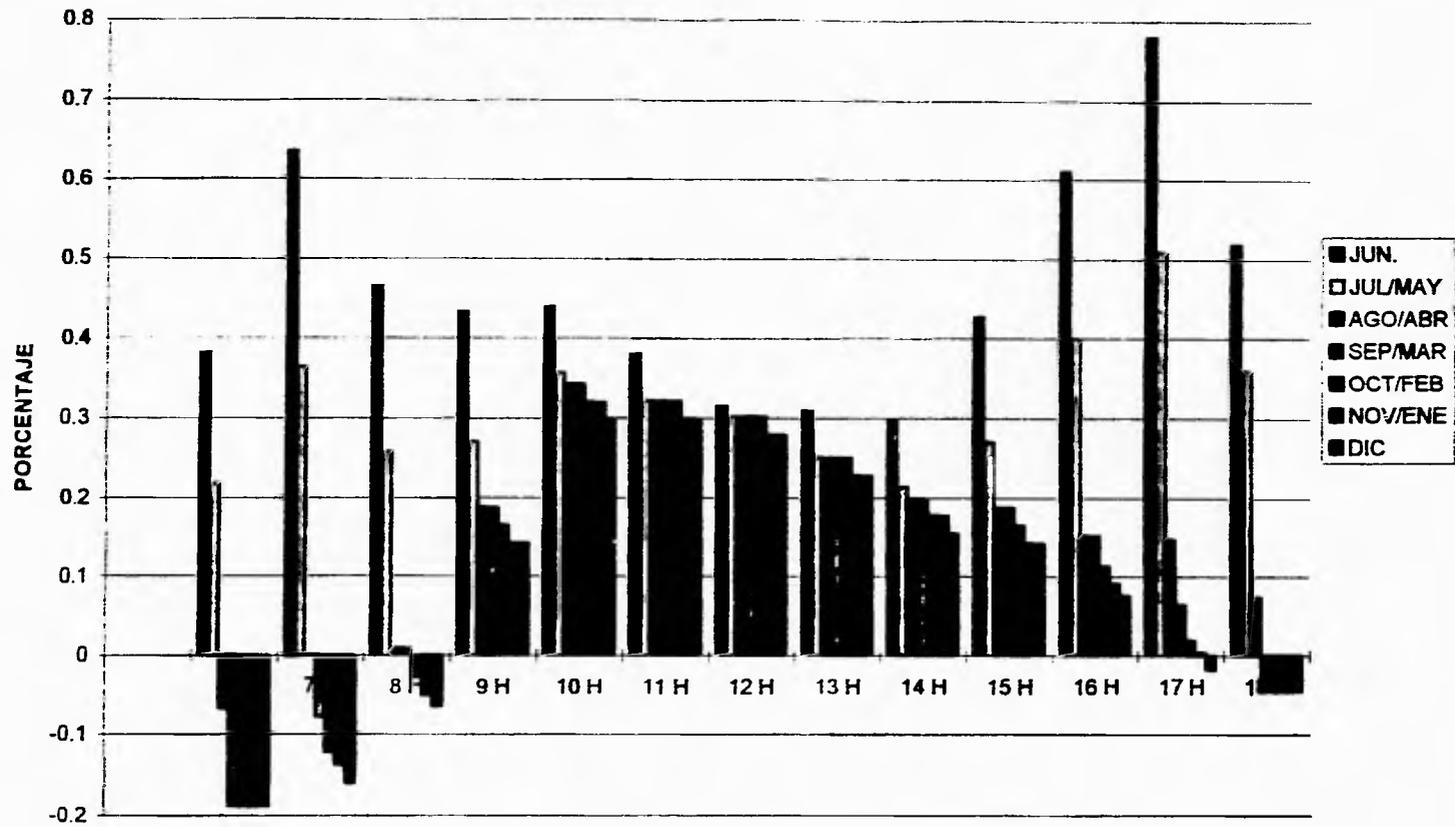
COMPLETA LA INFORMACION

NORTE 32 °C



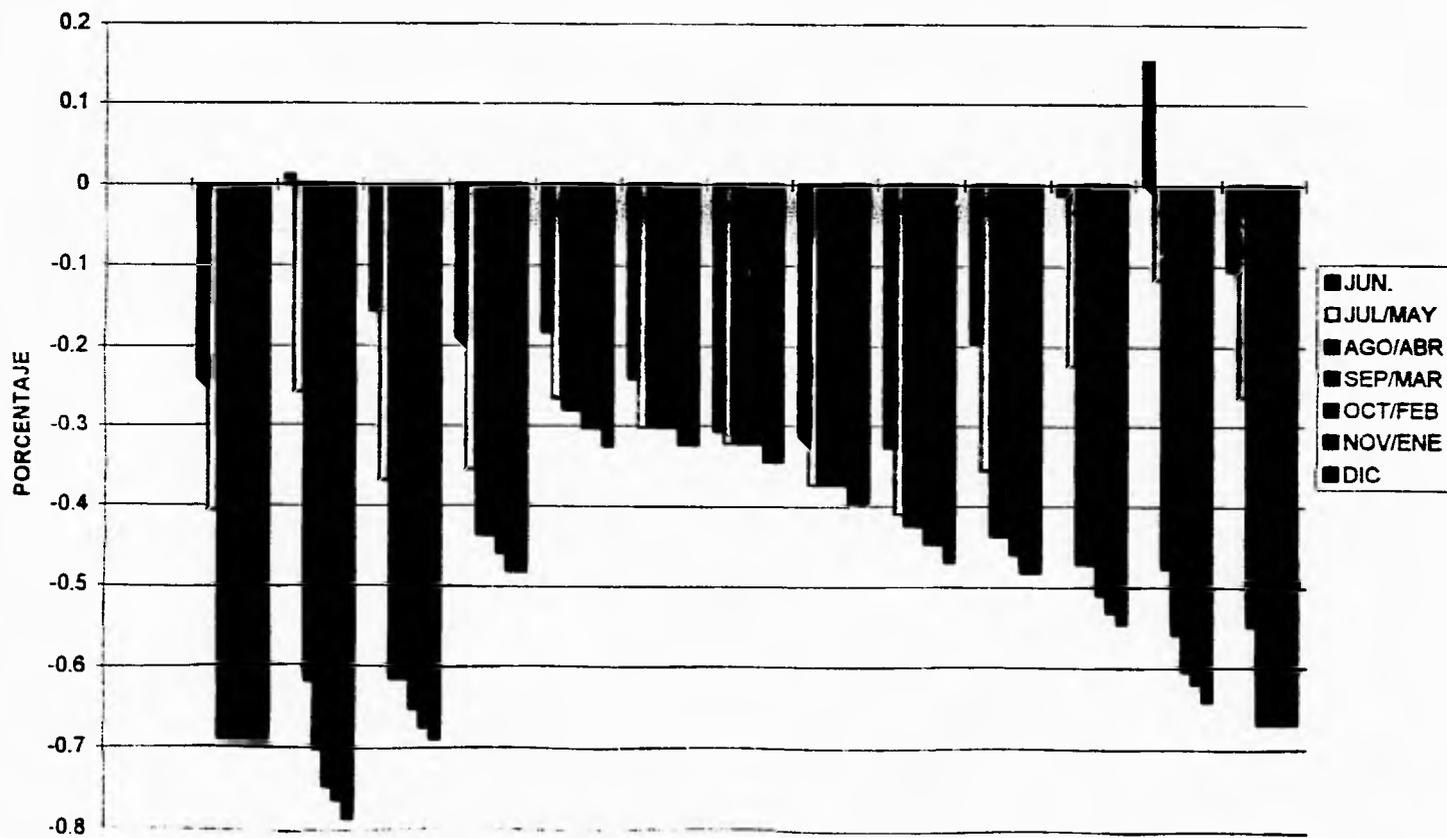
GRÁFICA 5.2.1.

NORTE 20 °C



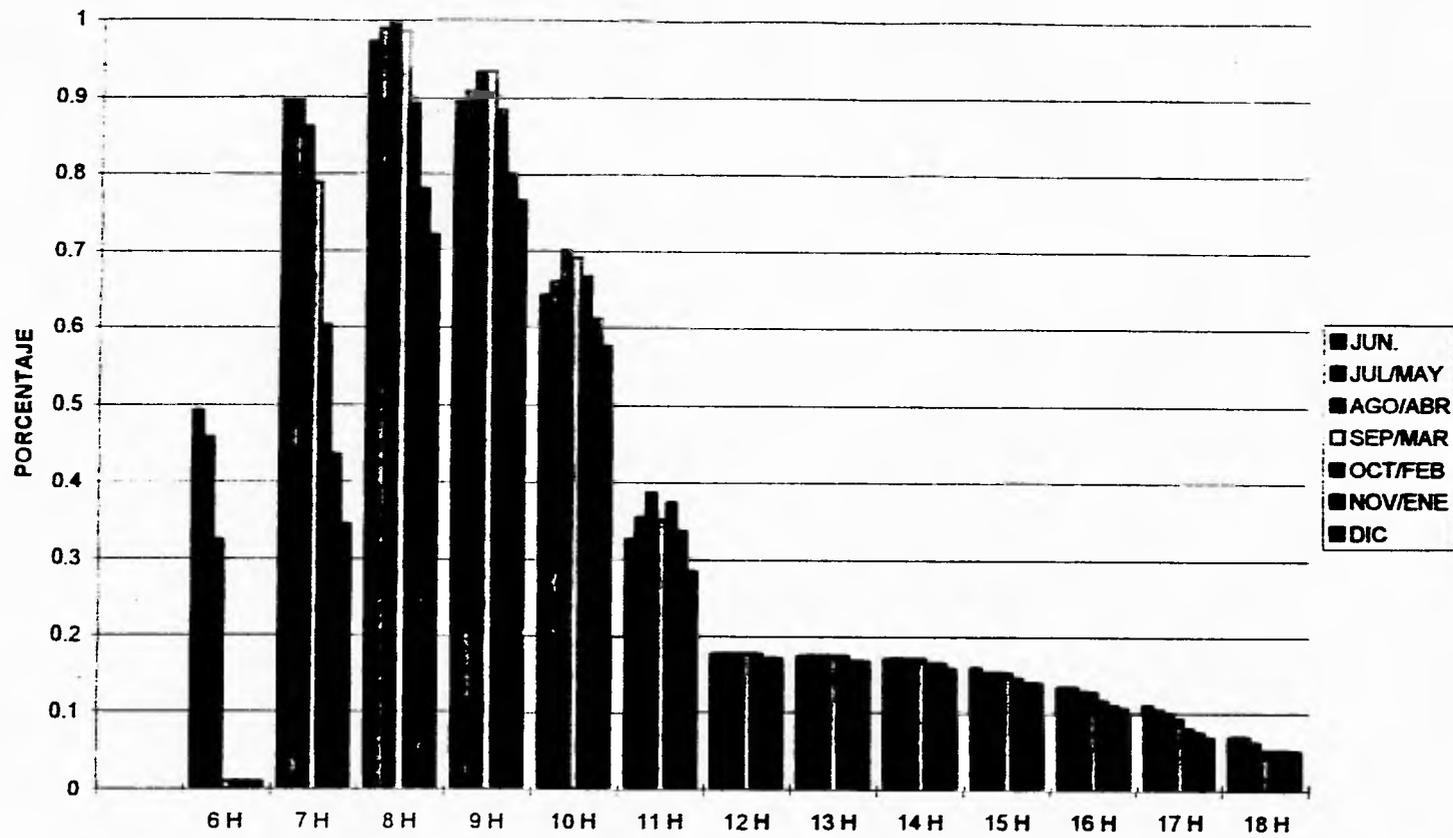
GRÁFICA 5.2.2.

NORTE 10 °C



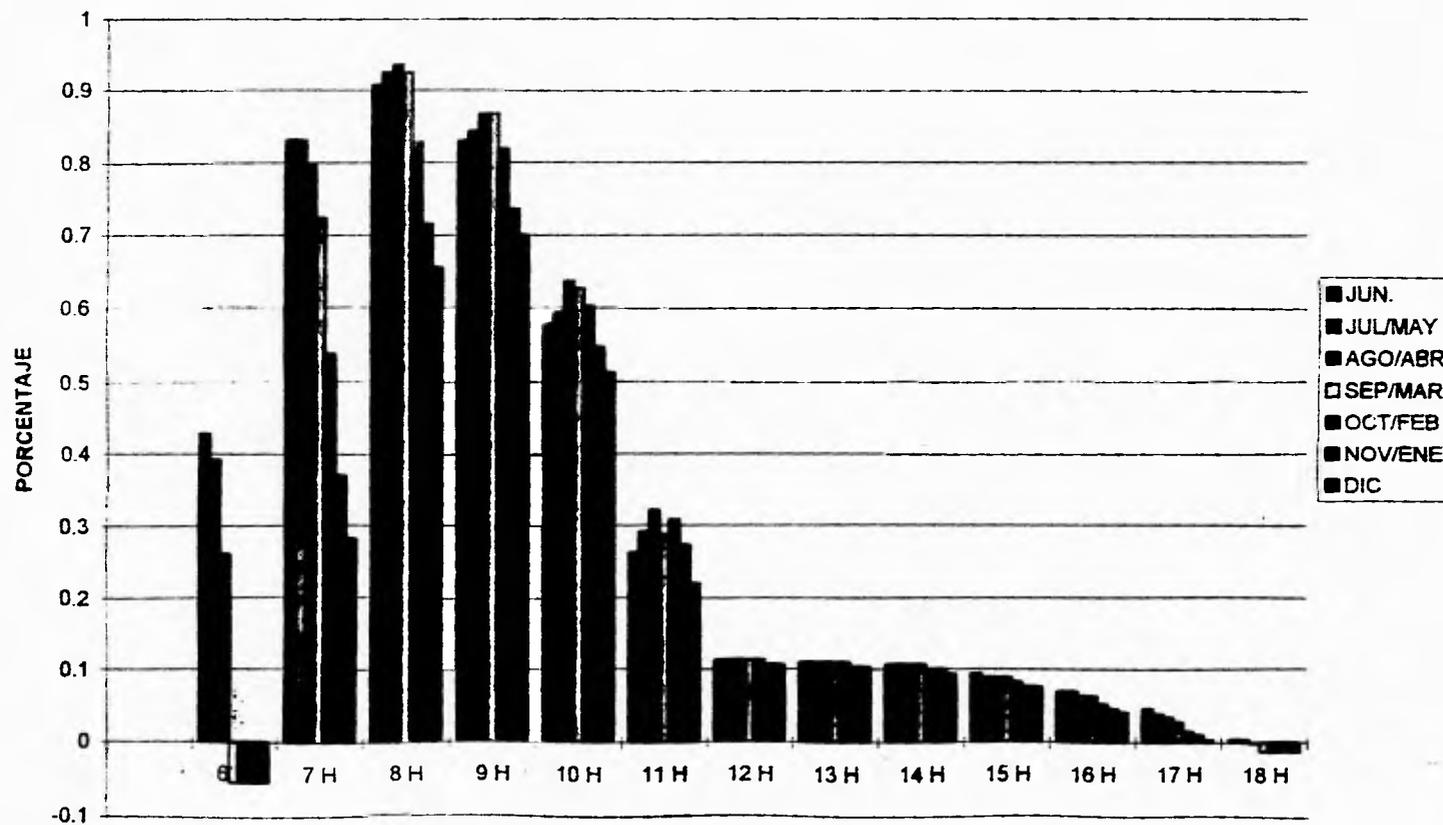
GRÁFICA 5.2.3.

ESTE 32 °C



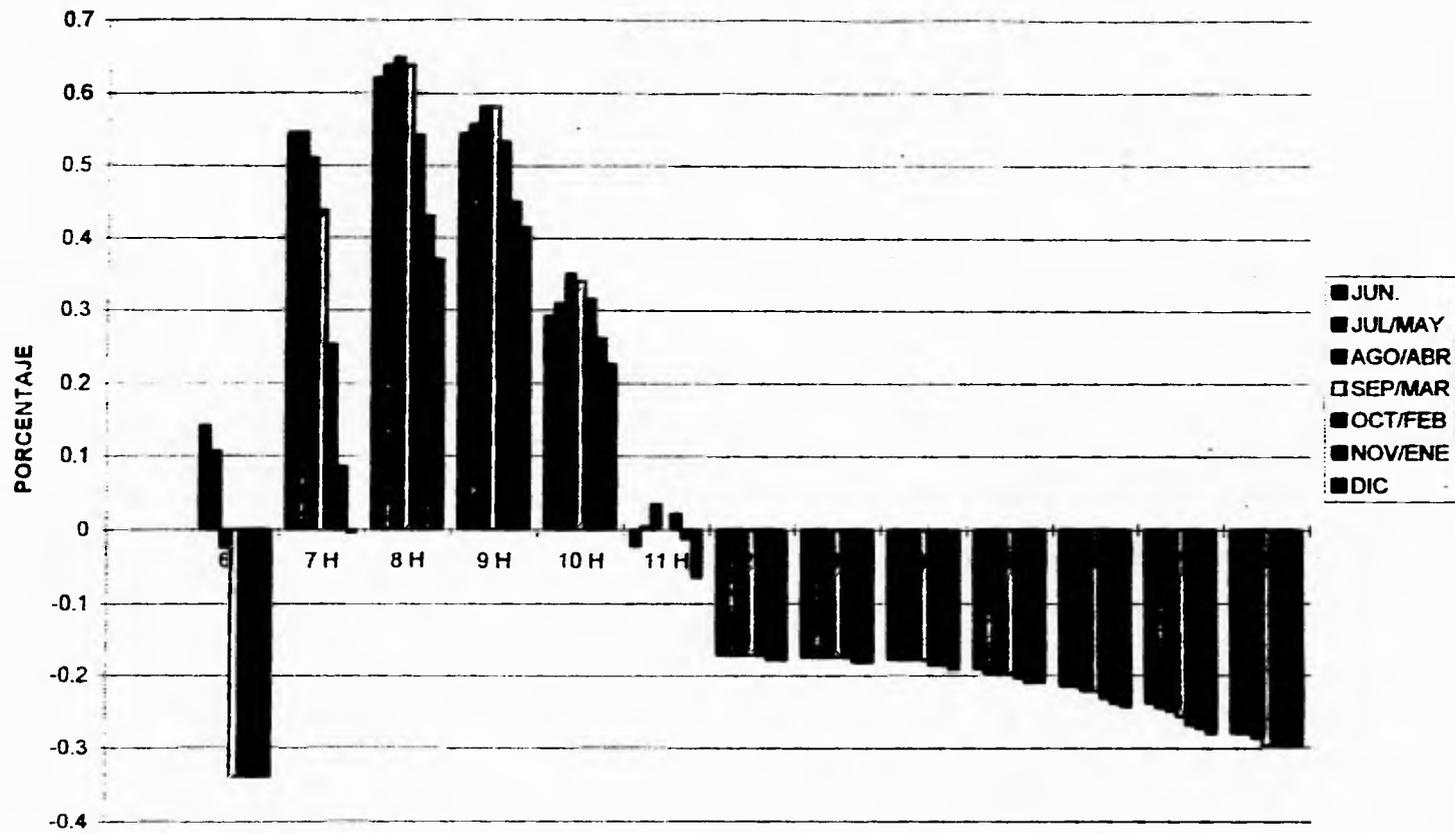
GRÁFICA 5.2.4.

ESTE 20 °C



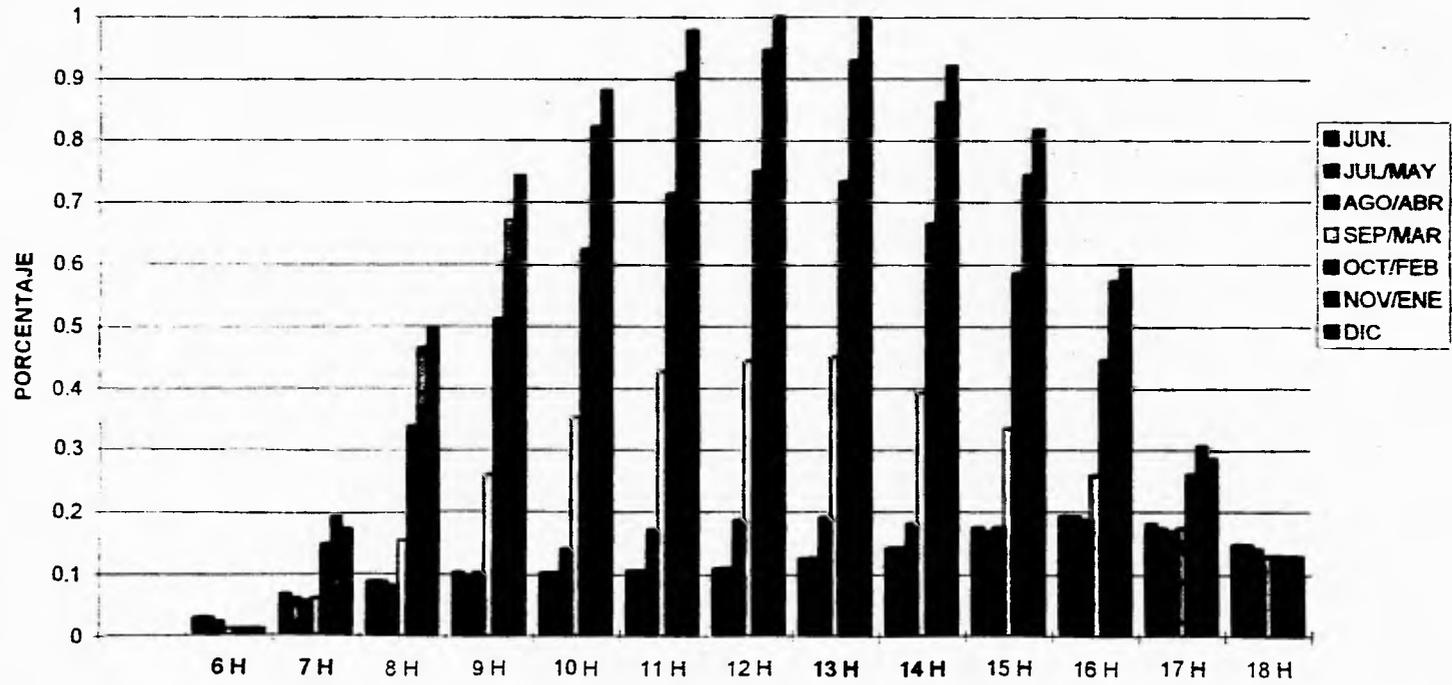
GRÁFICA 5.2.5.

ESTE 10 °C



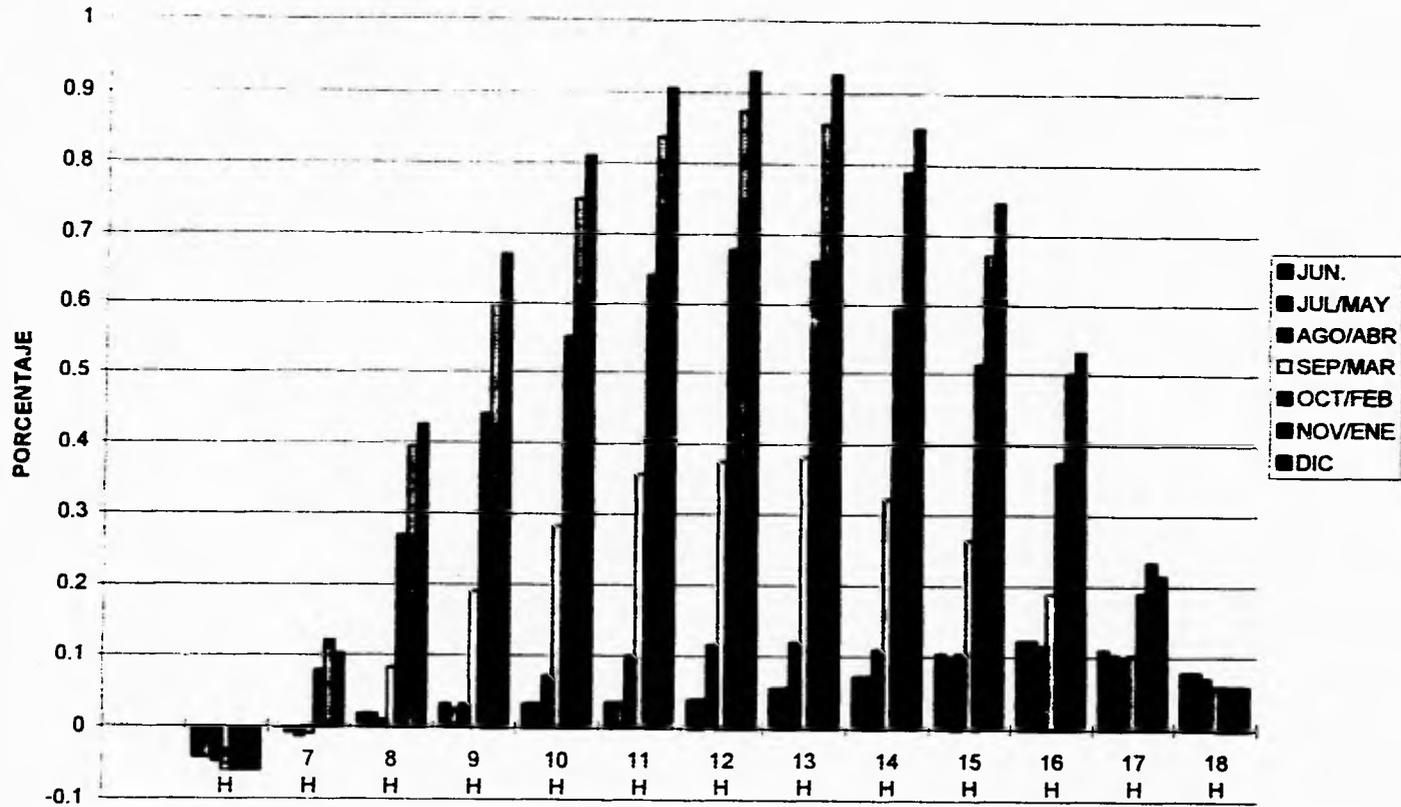
GRÁFICA 5.2.6.

SUR 32 °C



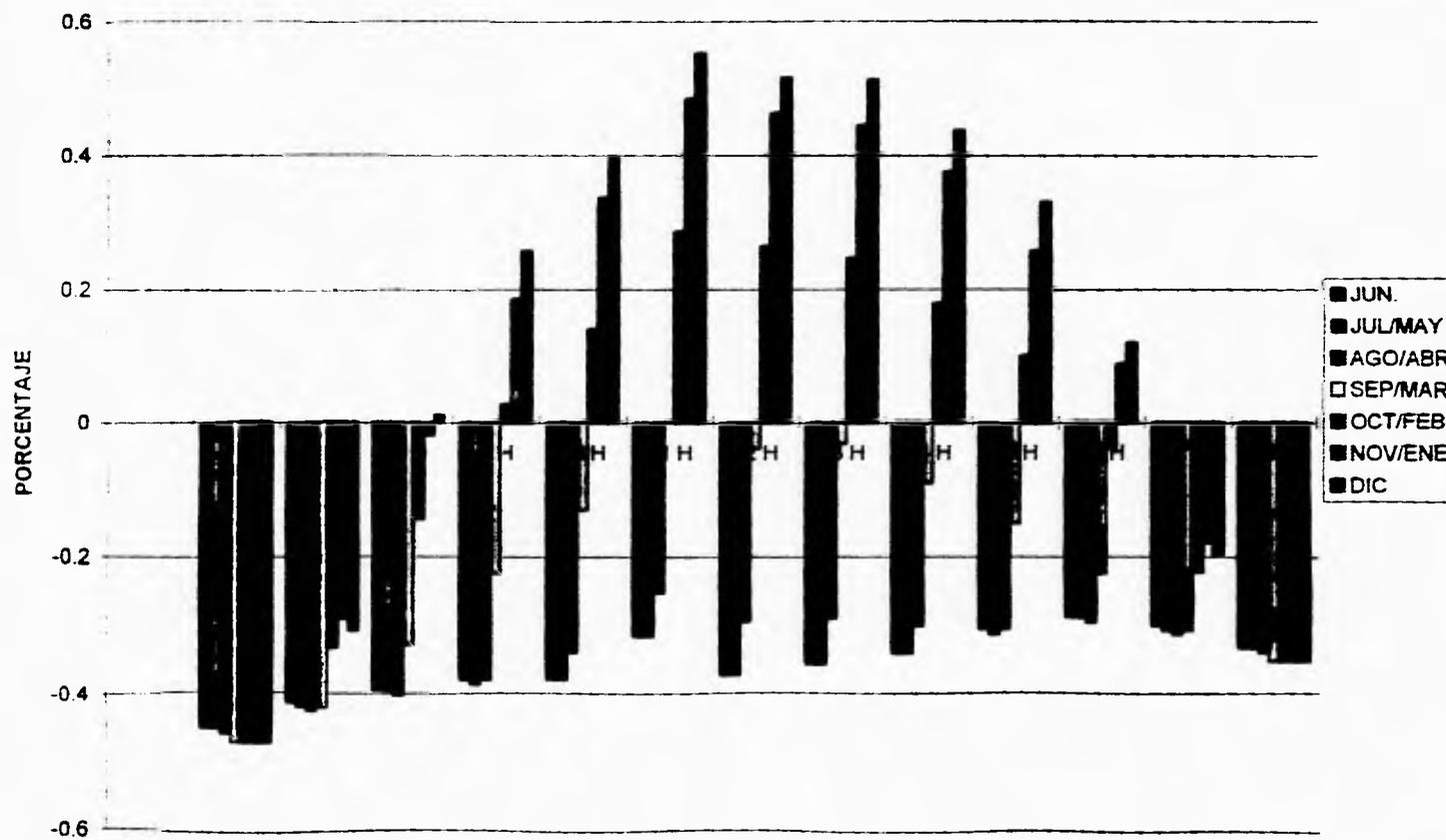
GRÁFICA 5.2.7.

SUR 20°C



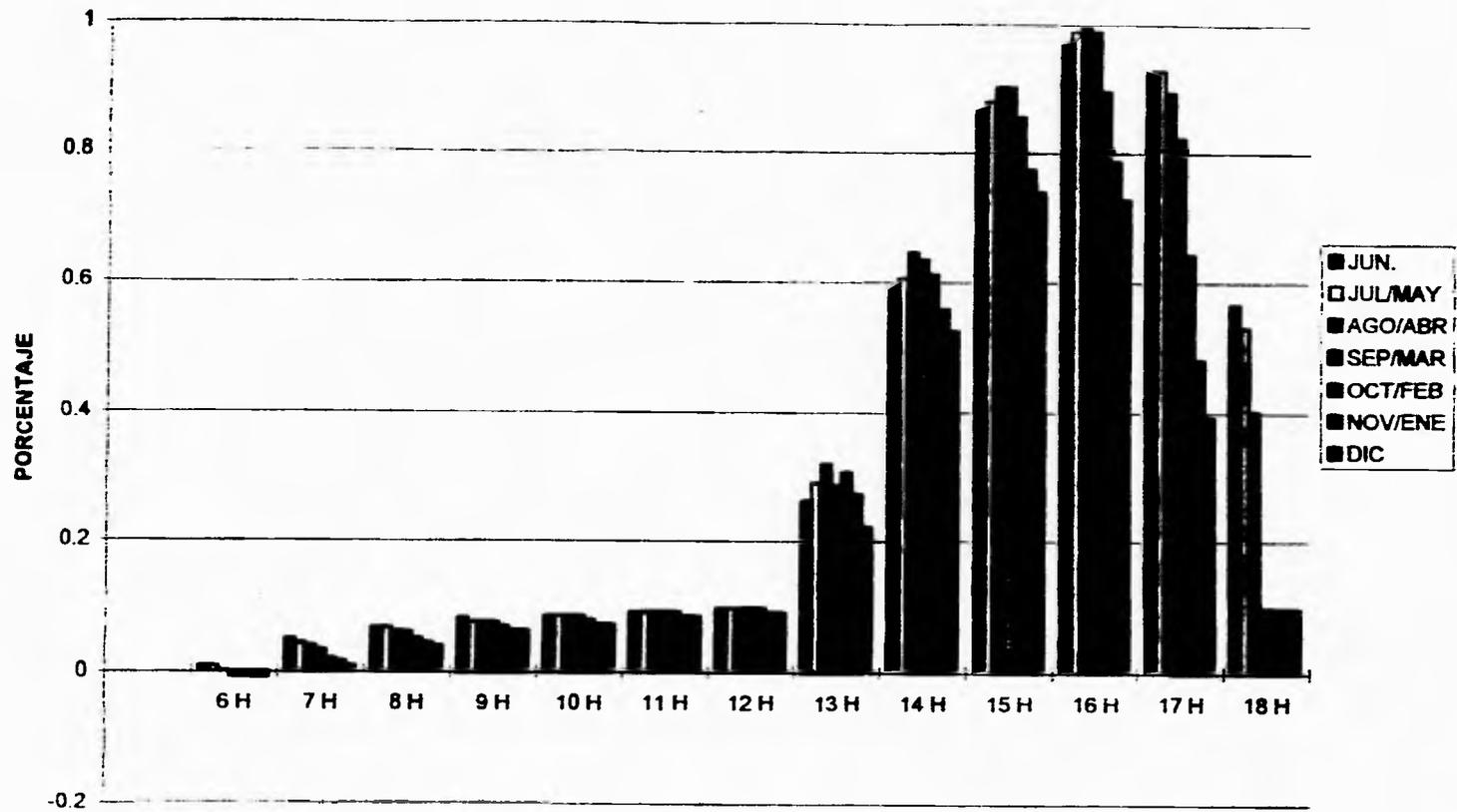
GRÁFICA 5.2.8.

SUR 10 °C



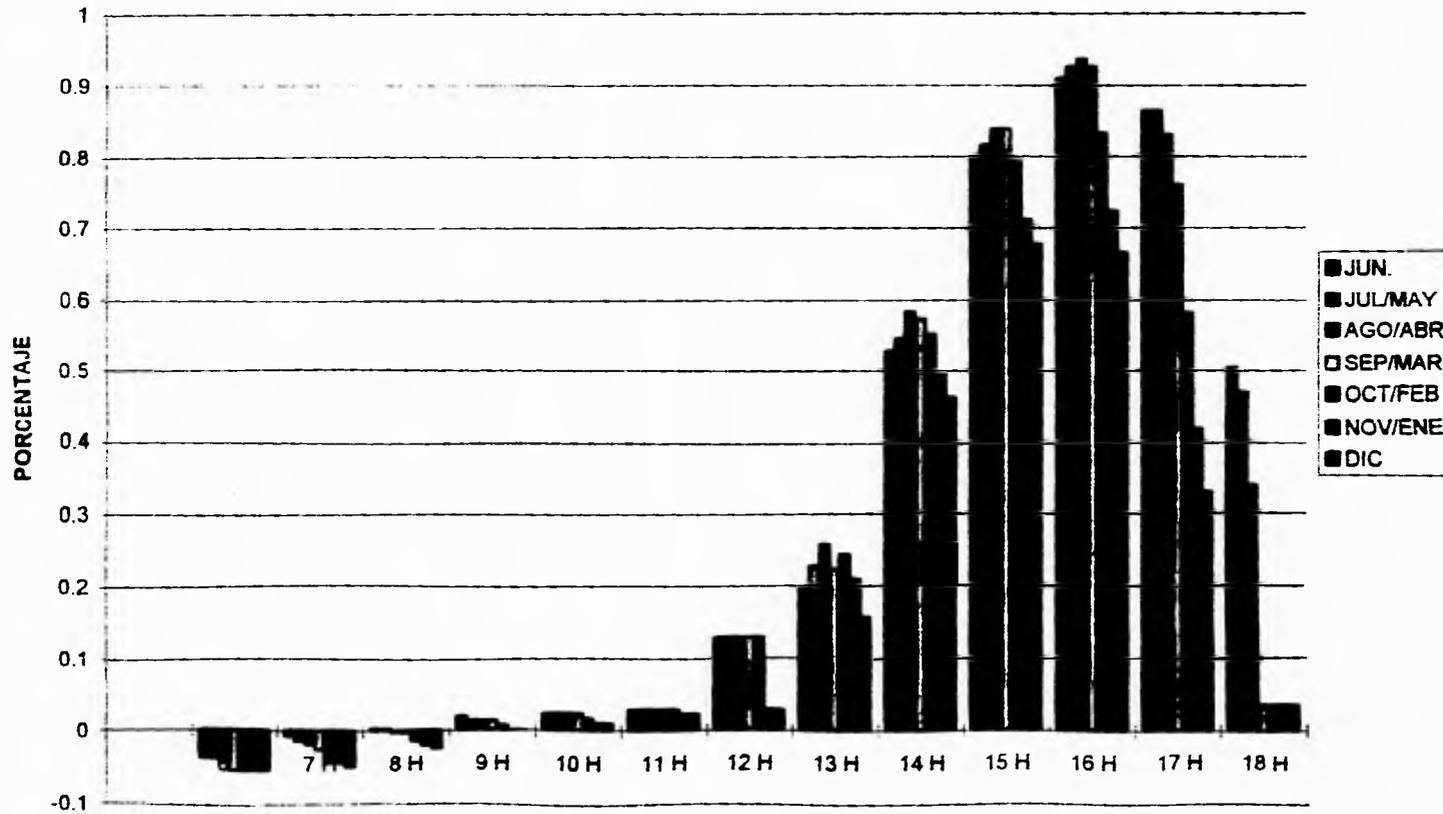
GRÁFICA 5.2.9.

OESTE 32°C



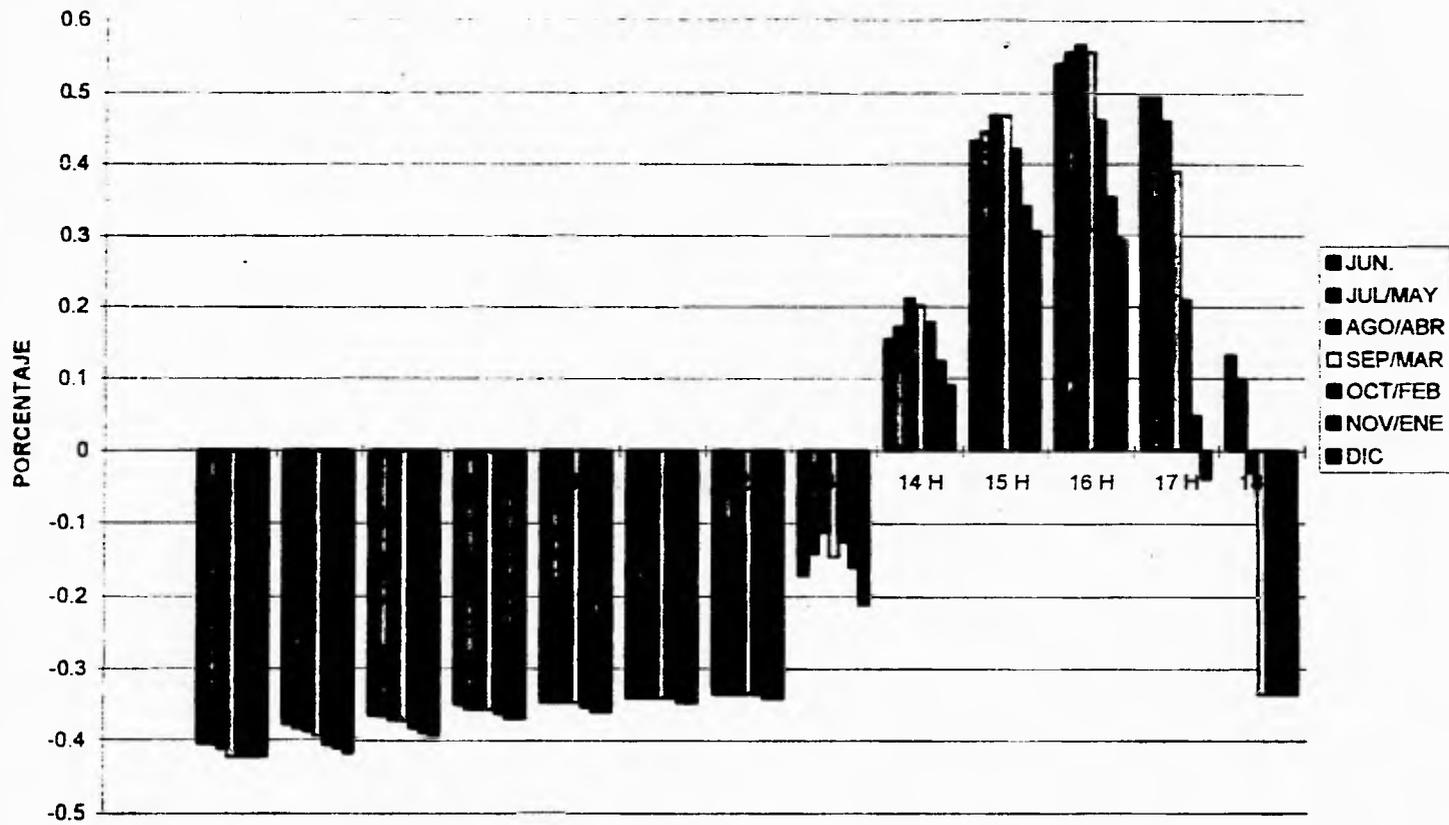
GRÁFICA 5.2.10.

OESTE 20 °C



GRÁFICA 5.2.11.

OESTE 10 °C

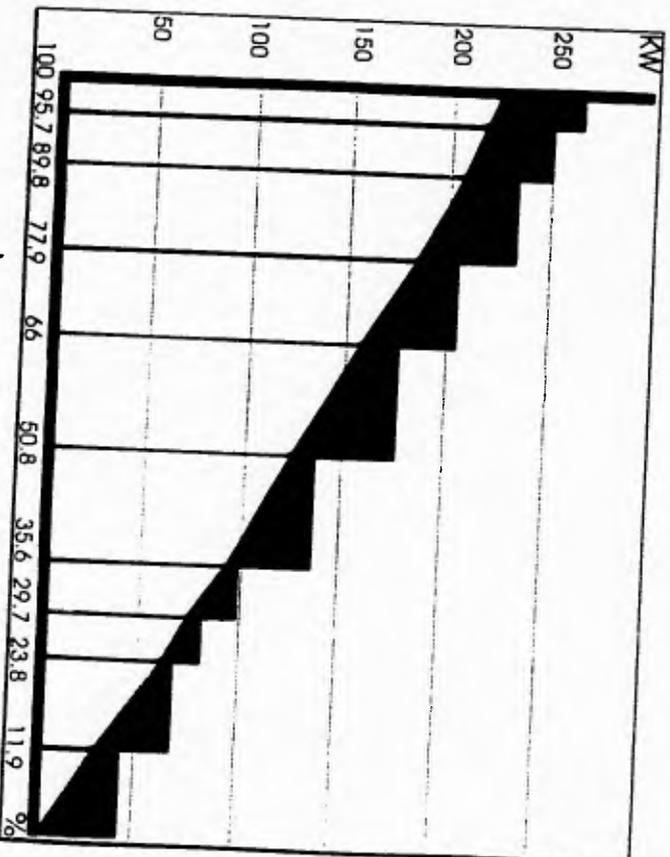


GRÁFICA 5.2.12.

5.3. ANÁLISIS DEL COSTO DE OPERACIÓN.

Con la siguiente gráfica 5.3.1. podemos apreciar a simple vista el ahorro de energía que tenemos para ambos sistemas:

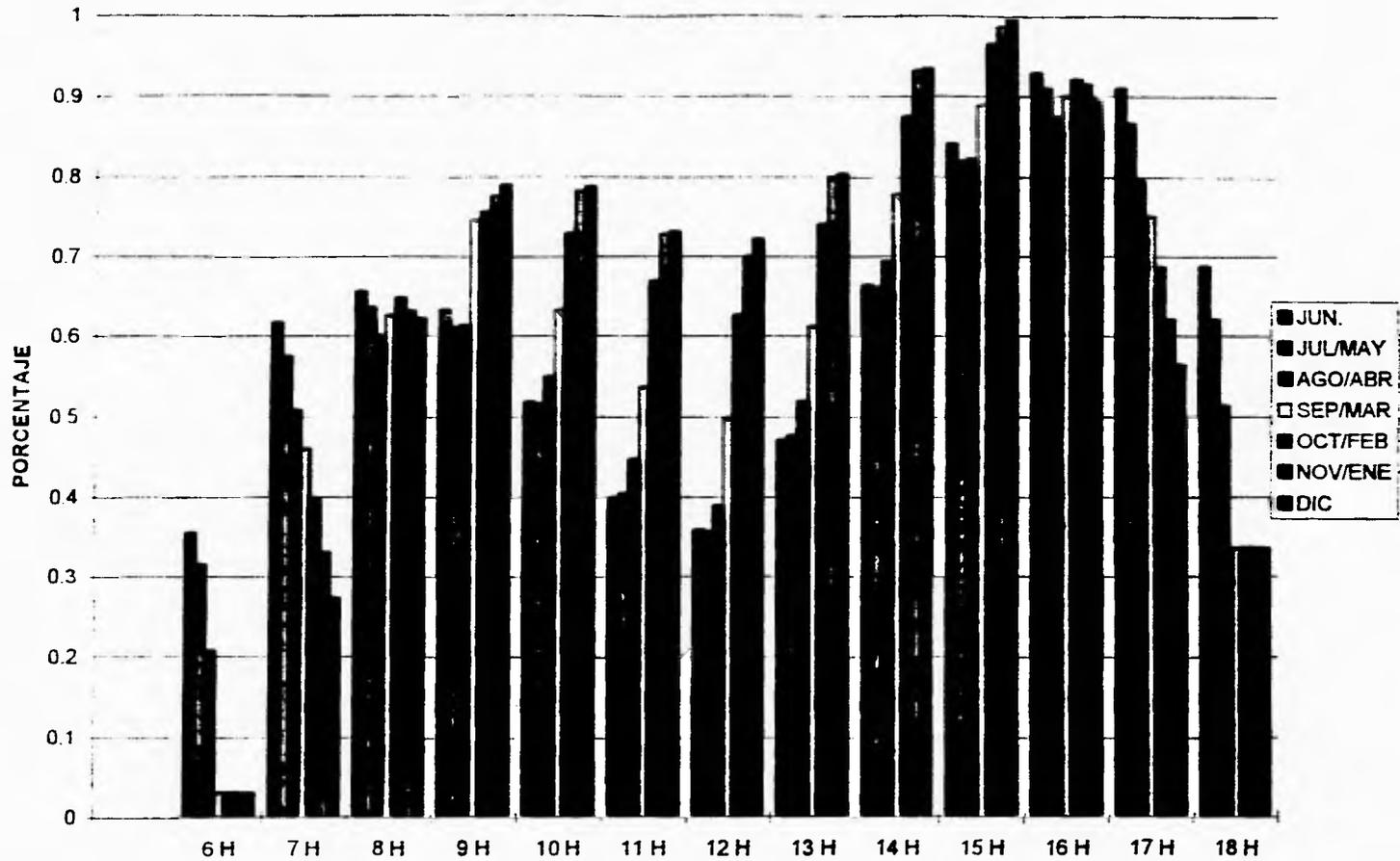
- 1.- El consumo de energía del sistema de bomba de calor es menor en los mismos puntos de operación.
- 2.- Por otra parte tenemos que el consumo del sistema de bomba de calor es lineal en proporción del porcentaje de operación mientras que el otro es por etapas a pesar de que se tienen enfriadores de líquido de ocho pasos cada uno.



GRAFICA 5.3.1.

Para poder realizar un análisis real del costo de operación fue necesario realizar la gráfica 5.3.2. con la cual obtuvimos el porcentaje de operación del sistema interrelacionado con las horas de operación durante el año

CARGA BLOQUE



GRÁFICA 5.3.2.

Con la siguiente tabla 5.3.3. tenemos el comparativo con porcentajes de operación en horas y consumo de energía eléctrica de los dos sistemas para obtener el costo de operación se considero el costo del KW/H para los dos sistemas de **N \$ 0.3118** nuevos pesos por KW/H.

PORCEN.	HORAS DE OPERACIÓN	BOMBA DE CALOR		4 TUBERÍAS	
		CONSUMO KW	COSTO N \$	CONSUMO KW	COSTO N \$
100 %	30	229	\$ 2,142.07	264	\$ 2,469.46
99 %	60	226	\$ 4,228.01	264	\$ 4,938.91
97 %	60	222	\$ 4,153.18	264	\$ 4,938.91
93 %	120	213	\$ 7,969.61	249	\$ 9,316.58
92 %	60	211	\$ 3,947.39	249	\$ 4,658.29
91 %	150	209	\$ 9,774.93	249	\$ 11,645.73
90 %	90	208	\$ 5,836.90	249	\$ 6,987.44
89 %	60	206	\$ 3,853.85	249	\$ 4,658.29
87 %	180	201	\$ 11,280.92	234	\$ 13,133.02
84 %	30	195	\$ 1,824.03	234	\$ 2,188.84
82 %	120	190	\$ 7,109.04	234	\$ 8,755.34
80 %	150	187	\$ 8,745.99	234	\$ 10,944.18
79 %	60	186	\$ 3,479.69	234	\$ 4,377.67
78 %	180	185	\$ 10,382.94	234	\$ 13,133.02
76 %	60	181	\$ 3,386.15	204	\$ 3,816.43
75 %	120	178	\$ 6,660.05	204	\$ 7,632.86
74 %	60	175	\$ 3,273.90	204	\$ 3,816.43
73 %	150	173	\$ 8,091.21	204	\$ 9,541.08
72 %	30	170	\$ 1,590.18	204	\$ 1,908.22
70 %	60	166	\$ 3,105.53	204	\$ 3,816.43
69 %	150	164	\$ 7,670.28	204	\$ 9,541.08
67 %	60	158	\$ 2,955.86	204	\$ 3,816.43
66 %	120	155	\$ 5,799.48	174	\$ 6,510.38
65 %	60	152	\$ 2,843.62	174	\$ 3,255.19
64 %	60	150	\$ 2,806.20	174	\$ 3,255.19

PORCEN.	HORAS DE OPERACIÓN	BOMBA DE CALOR		4 TUBERÍAS	
		CONSUMO KW	COSTO N \$	CONSUMO KW	COSTO N \$
63 %	270	148	\$ 12,459.53	174	\$ 14,648.36
62 %	180	146	\$ 8,194.10	174	\$ 9,765.58
61 %	180	143	\$ 8,025.73	174	\$ 9,765.58
60 %	60	141	\$ 2,637.83	174	\$ 3,255.19
57 %	60	134	\$ 2,506.87	174	\$ 3,255.19
56 %	30	132	\$ 1,234.73	174	\$ 1,627.60
55 %	60	129	\$ 2,413.33	174	\$ 3,255.19
54 %	60	127	\$ 2,375.92	174	\$ 3,255.19
52 %	90	125	\$ 3,507.75	174	\$ 4,882.79
51 %	180	124	\$ 6,959.38	174	\$ 9,765.58
50 %	60	121	\$ 2,263.67	135	\$ 2,525.58
48 %	60	117	\$ 2,188.84	135	\$ 2,525.58
47 %	30	114	\$ 1,066.36	135	\$ 1,262.79
46 %	60	112	\$ 2,095.30	135	\$ 2,525.58
45 %	60	110	\$ 2,057.88	135	\$ 2,525.58
40 %	150	100	\$ 4,677.00	135	\$ 6,313.95
39 %	60	98	\$ 1,833.38	135	\$ 2,525.58
36 %	90	95	\$ 2,665.89	135	\$ 3,788.37
35 %	30	94	\$ 879.28	97	\$ 907.34
34 %	210	85	\$ 5,565.63	97	\$ 6,351.37
33 %	60	83	\$ 1,552.76	97	\$ 1,814.68
32 %	60	80	\$ 1,496.64	97	\$ 1,814.88
27 %	30	66	\$ 636.07	82	\$ 767.03
21 %	60	53	\$ 991.52	66	\$ 1,234.73
3 %	210	15	\$ 982.17	41	\$ 2,684.60
		N \$ 214,178.53		N \$ 262,099.08	

TABLA 5.3.2.

Analizando la tabla anterior se tiene un ahorro del consumo de energía eléctrica de **N \$ 47,920.55** Nuevos pesos. anuales que equivale a un **18.28 %**. en el costo de operación anual.

Como se comento en el Capitulo III el ahorro de energía que podemos obtener debido al calor de rechazo que podemos utilizar en el sistema para precalentar agua de servicio. La cantidad de agua que necesitamos precalentar es de 860 litros por hora esta la podemos precalentar de 16 °C a 30 °C por lo tanto el calor requerido es de 12,414 Kcal/hr. para obtener este calor con una caldereta necesitaríamos consumir 2.78 litros de Gas Propano por hora el costo del litro de Gas es de N \$ 2.02 nuevos pesos por litro, por lo tanto el ahorro en todo el año es de **N \$ 24,596.00** Nuevos pesos.

CAPITULO

Conclusiones.

CAPITULO VI

6 CONCLUSIONES.

Como se menciona en el Capitulo II para esta aplicación el sistema tiene varias ventajas pero las más importantes es que el inquilino tiene un control individual y en el momento que lo dese puede tener apagado su aire acondicionado o prendido para calefacción o enfriamiento durante cualquier época del año u hora que lo dese, también es muy importante que con este sistema se le cobra única y exclusivamente el aire que el consuma lo único que hay que prorratear es el consumo de las bombas y los enfriadores evaporativos y este costo realmente es insignificante y se puede considerar dentro del costo de mantenimiento general otro punto importante es que si salen de vacaciones durante este lapso tampoco tienen un consumo de energía, y normalmente una familia se encuentra cuando menos 15 días del año fuera de su domicilio lo que se tiene un ahorro mayor no considerado en este trabajo y para el sistema convencional así sea una persona la que requiera acondicionar se tiene que arrancar el enfriador de agua.

Para el dueño la ventaja que tiene es que no es necesario que compre todos los equipos inicialmente puede ir comprando las unidades según venda los departamentos lo cual se traduce a que tiene mayor flujo de dinero.

Para los usuarios el sistema tiene la versatilidad de que si falla una unidad no afecta la operación de las otras en cambio con el sistema convencional si falla un enfriador esto puede causar serios problemas ya que se cae la mitad del sistema.

Durante el diseño del sistema fue necesario hacer algunas consideraciones debido a la aplicación del sistema así como por las condiciones de diseño de la Ciudad de México que nos orillaron a las siguientes consideraciones.

La selección de las unidades estas cumplían con las condiciones de enfriamiento sin ningún problema pero en relación a la cantidad de aire necesario según al área a acondicionar se tuvieron que seleccionar unas unidades ligeramente más grandes para que cumplieran con la cantidad de aire necesario para este proyecto. Por lo mismo se tomo la decisión de operar las unidades con el gasto de agua mínimo de operación ya que las condiciones de enfriamiento y calefacción se cumplen satisfactoriamente La selección de la torre evaporativa fue necesario

seleccionarla para que disipara el calor total de rechazo sin disminuir el gasto de agua ya que para este sistema es muy importante no reducir el gasto de agua para la selección del mismo. La selección del calentador se considera el calor cedido por el compresor por lo tanto es un calentador muy pequeño.

Haciendo un resumen del costo de instalación y ahorro de energía tenemos un **13.62 % de ahorro en el costo de la instalación** y un **18.28 % de ahorro en el consumo de energía eléctrica** con lo cual podemos considerar que este es un buen sistema en cuanto a ahorro de energía. Otro punto muy importante es el calor de rechazo del sistema que si lo utilizamos para cualquier tipo de aplicación antes mencionadas tenemos un ahorro de energía estamos aprovechando la cual no estamos desechando pero eso dependerá de una aplicación concreta para este caso tenemos precalentamiento de agua de servicios donde tenemos un ahorro de **N \$ 24,596.00 Nuevos pesos.**

En este proyecto no es necesario considerar los tanques de almacenamiento de hielo y calor debido a que en la Ciudad de México el costo de la energía eléctrica es muy barato y la diferencia de las tarifas por consumo de energía en horas pico no es significativamente grande, además el uso de un tanque implica un costo de instalación de precio alto, espacio y construcción especial en la obra civil por el peso de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.

- *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.*
FUNDAMENTALS HANDBOOK
1993.

- *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.*
HVAC SYSTEMS AND EQUIPMENT HANDBOOK
1992.

- *Carrier Air Conditioning Company.*
MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO.
1980.

- *Hernández Goribar Eduardo.*
FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION.
1990.

- *Trane Air Conditioning Company.*
AIR CONDITIONING MANUAL.
1985.

- *Bengoechea Olguin Rodrigo de*
APUNTES PERSONALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA.
1992.

* *Climate Master.*

WATER-SOURCE HEAT PUMP HEAT RECOVERY SYSTEMS.

1982.

* *McQuay Air Conditioning.*

WATER-SOURCE HEAT PUMP MANUAL.

1984.

* *Trane Air Conditioning.*

APPLICATIONS ENGINEERING MANUAL.

1980.

Memoria Técnica.

La presente tesis se elaboró utilizando los siguientes paquetes de computadora.

Corel Draw.
versión 4.0. y 5.0

Excel.
versión 5.0.

Powerpoint.
versión 4.0.

Word.
versión 6.0.