

# ESTUDIO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN POR AGUA HELADA MEDIANTE CONDENSADO POR AGUA DE MAR EN EL HOTEL MELIÁ INTERNACIONAL VARADERO

Heidi López Peguero<sup>1</sup>, Eduardo Antonio Acosta González<sup>2</sup>, Yulissa González  
González<sup>3</sup>

*1, 2, 3. Universidad de Matanzas, sede «Camilo  
Cienfuegos», Vía Blanca Km.3½, Matanzas, Cuba.*

[heidi.lopez@est.umcc.cu](mailto:heidi.lopez@est.umcc.cu)

## Resumen

El presente trabajo se realiza en el hotel Meliá Internacional Varadero ubicado en el kilómetro uno de la carretera Las Américas. Debido a que es un hotel ecológico y la tendencia actual en la climatización de grandes edificaciones, incluyendo el sector hotelero, es hacia la instalación de sistemas centralizados de climatización por agua helada, dadas sus ventajas en cuanto a costo inicial, eficiencia, facilidades y flexibilidad de operación; una de sus novedades constructivas es el empleo de un sistema centralizado de climatización por agua helada con sistema de condensado por agua de mar. Este facilita el consumo mínimo y es más ecológico, al producir menos contaminación sonora. Es por ello que, el objetivo general de la presente investigación es: investigar sobre sistemas centralizados de climatización por agua helada mediante condensado por agua de mar en el hotel Meliá Internacional Varadero.

*Palabras claves: Agua helada; climatización; condensación por agua de mar.*

---



Monografías 2020  
Universidad de Matanzas © 2020  
ISBN: 978-959-16-4472-5

## Introducción

Cuba, en la región del Caribe es uno de los destinos preferidos para miles de visitantes cada año, con una oferta marcada por la diversidad y el disfrute sano del sol, cuenta con una amplia gama de particularidades como son la enorme variedad de su flora y fauna, playas, paisajes y su clima, que tienen su origen en la propia naturaleza de la isla, además de las costumbres y tradiciones heredadas desde la época de la colonia (Vidal Franco, 2015).

El sector hotelero se caracteriza en general por su elevado, y en ocasiones poco racional, consumo energético. Dentro de los costos energéticos en un hotel turístico la electricidad representa la mayor partida, y son la climatización y el alumbrado las áreas que consumen más energía eléctrica. El consumo de climatización puede representar alrededor del 65 % del total del consumo de electricidad, debido fundamentalmente a las altas temperaturas.

Es por ello que, cualquier programa de ahorro de energía y reducción de costos energéticos en un hotel turístico debe enfocarse, en primer plano, hacia la eficiencia del sistema de climatización, ya que existen importantes potenciales de ahorro alcanzables con un diseño adecuado del sistema y con estrategias operacionales enfocadas al ahorro de energía.

La tendencia actual en la climatización de grandes edificaciones, incluyendo el sector hotelero, es hacia la instalación de sistemas centralizados de climatización por agua helada (SCCAH), dadas sus ventajas en cuanto a costo inicial, eficiencia, facilidades y flexibilidad de operación. El diseño y funcionamiento de los enfriadores de agua helada o *chillers*, ha sido y son objeto de minuciosos estudios dado el peso que tienen en el consumo total de energía (Montelíer Hernández, 2010).

Elegir e instalar un equipo de refrigeración puede ser un aspecto que se tenga que analizar muy bien. Contar con el equipo adecuado garantizará no solo una mayor eficiencia energética, sino la capacidad de aumentar la producción a largo plazo. Los sistemas de agua helada solucionan muchos problemas de una forma eficaz, pues en estos sistemas el agua se utiliza como refrigerante y viaja a lo largo del edificio, lo que suministra a cada equipo evaporador el caudal necesario para alcanzar las condiciones de confort en cada recinto que se desee climatizar (Valverde Pérez, 2018).

Es por ello que, el objetivo general de la presente investigación es: investigar sobre SCCAH mediante condensado por agua de mar en el hotel Meliá Internacional Varadero.

## Desarrollo

En países de clima tropical los sistemas de climatización juegan un papel fundamental para mantener las condiciones de confort en las edificaciones, ya sean hoteles, hospitales u otras instalaciones, con variaciones entre ellos de acuerdo con las necesidades de cada local. El diseño de dicho sistema siempre tiene como objetivo minimizar el consumo de los equipos de la forma más eficaz posible para mantener el confort.

La climatización se define como: dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.

Partes que trata la climatización:

- ✓ En primer lugar, la ventilación.
- ✓ En épocas frías, la calefacción.
- ✓ En épocas cálidas, la refrigeración.
- ✓ Cada una de las partes puede darse por separado, con una instalación particular, o dos de ellas, o las tres, en una instalación conjunta.

Esta última opción suele ser la mejor y más rentable desde los puntos de vista de instalación y de consumo energético.

El objetivo de la climatización es: mantener los ambientes interiores en condiciones de confort durante todo el año, controlando la temperatura, humedad, velocidad, presión y pureza del aire en la zona ocupada, y pudiendo adaptarse a situaciones de carga parcial.

Existen dos tipos fundamentales de equipos de climatización empleados:

- ✓ Unidades de expansión directa o equipos autónomos: son aquellas en las que la transferencia térmica se lleva a cabo entre un fluido refrigerante a baja temperatura y el aire a enfriar. El evaporador o el condensador del sistema de refrigeración está en contacto directo con el medio a enfriar o calentar.
- ✓ Unidades de expansión indirecta o equipos centralizados: el evaporador o el condensador del sistema de refrigeración enfría o calienta un fluido secundario que se hace circular para enfriar o calentar al medio. En general, el equipo productor de frío estará situado en un local distinto al de utilización.

Los sistemas de climatización están repartidos en dos grandes grupos: los sistemas de climatización localizados y los sistemas de climatización centralizados, estos últimos se dividen a su vez en: todo aire, aire-agua y todo agua (Alba González, 2013).

### 1.1 Sistemas de climatización centralizados

Se concentra la generación del fluido térmico a baja temperatura, el cual se transporta y distribuye a los locales a climatizar. Estos equipos como se muestra en la figura 1 presentan un intercambio indirecto entre el aire a acondicionar y el refrigerante a través de agua como fluido intermedio (sistemas hidrómicos) o salmuera. Las baterías que presentan son baterías de agua fría (Hernández Hernández, 2013).

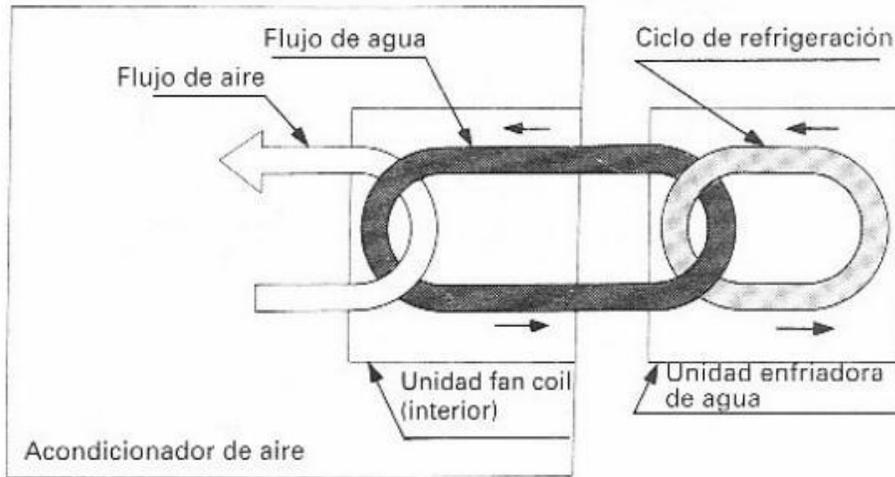


Figura 1. Sistema de climatización centralizado.

Fuente: Hernández Hernández, (2013).

El agua utilizada para la condensación puede ser agua de una torre de enfriamiento (ver figura 2), que es un equipo que transfiere calor desde el agua del condensador hacia el aire atmosférico, la mayor parte de esta transferencia se realiza por medio de la evaporación hacia la atmósfera de un pequeño porcentaje de agua. Dentro de las torres de enfriamiento de tiro mecánico se encuentran: las de tiro inducido y las de tiro forzado. En este tipo de torres se utiliza ventiladores para producir la circulación del aire. Si el ventilador está situado en el fondo de la torre se denomina “de tiro forzado” (Castro Navarro, 2017).

También, el agua utilizada para la condensación puede ser agua de pozos, lagos, ríos. Producen unos rendimientos energéticos mejores que las que utilizan aire exterior, debido a la menor temperatura de condensación y la mayor uniformidad de la temperatura a lo largo del año.

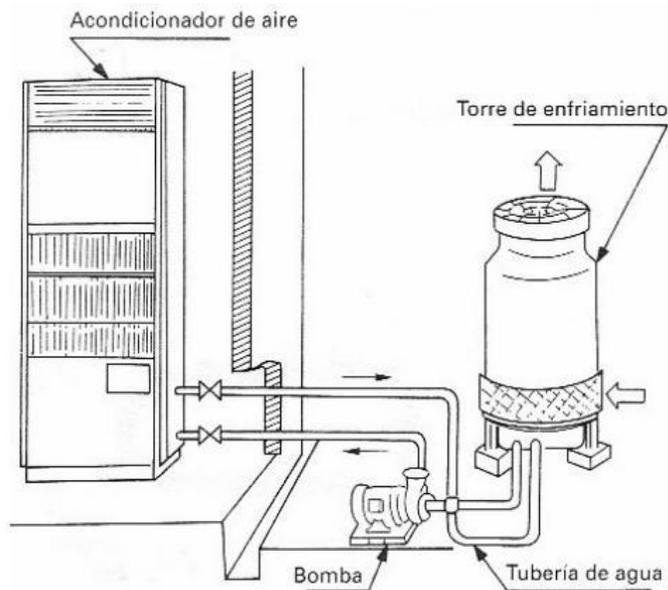


Figura 2. Equipo autónomo compacto condensado por agua.

Fuente: Hernández Hernández, (2013).

### 1.1.1 Caracterización de los sistemas de enfriamiento centralizados

Estas plantas como objeto de control, en sentido general, se caracterizan por ser multivariables, con afectaciones provocadas por señales de perturbación ocasionadas por las variaciones de las condiciones medioambientales, y los ruidos introducidos por los elementos finales de control (válvulas, bombas). Presentan características inherentemente no lineales y en muchos casos variantes con el tiempo. Los procesos que tienen lugar en dichas plantas presentan dinámicas complejas (grandes retardos dinámicos y de transportación). En la práctica real, son procesos que operan con características de relé, (procesos discontinuos o discretos), debido a las exigencias de arranque y parada de los equipos en su funcionamiento. Estas plantas presentan un modo de operación continuo-discreto y en la actualidad se conocen por sistemas híbridos de control, donde las posibilidades que brindan las estrategias clásicas de control automático, son muy amplias. De ahí que, mundialmente, la academia científica y los centros de investigación dediquen grandes esfuerzos en el estudio y desarrollo de estrategias de control modernas para estas plantas desde el punto de vista del ahorro de energía (Hernández Hernández, 2013).

### 1.2 Sistemas de agua helada

Los sistemas de agua helada, son aquellos que utilizan agua helada o caliente para el acondicionamiento de aire. Los sistemas de agua helada trabajan mediante *chillers*, los cuales funcionan bajo el ciclo de refrigeración. Estos contienen un compresor, un

condensador, dispositivos de expansión y evaporador; lo que los distingue es la utilización de agua para realizar el acondicionamiento.

La diferencia radical es que el refrigerante no realiza la transferencia directa con el recinto por acondicionar, sino que funciona como un transportador de energía, que absorbe calor del agua de proceso, bajándole la temperatura, para que este, en dado momento, adsorba calor del medio a acondicionar y reduzca la temperatura del recinto.

El proceso para quitar calor al refrigerante y pasarlo de gas a líquido, se da en el condensador, donde se hace pasar otro fluido que realiza la función de extraer calor al refrigerante, si este proceso se da con aire, se está ante la presencia de un condensador enfriado por aire, mientras que, si el fluido es agua, se tiene un condensador enfriado por agua.

Una vez que el refrigerante es enfriado en el condensador, se hace pasar por un intercambiador de calor, donde se realiza la transferencia de calor con el agua del proceso, el refrigerante, al tener una temperatura más baja, por el proceso en el condensador, adsorbe el calor del agua de proceso, el agua de proceso sale del *chiller* fría, y se dirige a los equipos terminales, para realizar la transferencia de calor final con el recinto que se quiera acondicionar (Castro Navarro, 2017).

### 1.2.1 Funcionamiento del sistema de climatización centralizado por agua helada

Una bomba lleva el agua fría del *chiller* al serpentín del ventilador en la habitación y este hace pasar el aire por los tubos del serpentín para que se enfríe por transferencia y posteriormente enfríe la habitación. Es evidente que en este sistema los gastos energéticos se producen en el *chiller* para enfriar el agua y en la bomba de agua fría para transportarla. En las bombas y los *chillers* se concentra el gasto energético y se debe estudiar cómo operarlos con un mínimo gasto energético. En los sistemas tradicionales de climatización, denominados de caudal de agua constante con válvulas de tres vías, la bomba del sistema trabaja constantemente a máxima velocidad y por ende el caudal de agua será siempre el máximo posible, al igual que su gasto energético. Como el caudal movido es siempre el máximo, los *chillers* están obligados a enfriar continuamente el máximo caudal de agua, ocasionándoles el máximo consumo energético. Es un sistema extremo desde el punto de vista de consumo energético.

Sería conveniente gobernar la bomba por un variador de velocidad, que permite variar su velocidad y por ende su caudal. Por esta razón, los *chillers* solo tendrán que enfriar el volumen de agua estrictamente necesario en vez del volumen total, esta forma de operación recibe el nombre de caudal variable (Hernández Hernández, 2013).

## 1.2.2 Sistema de tubería hidráulica

Para los sistemas de tubería de agua helada, es recomendable el uso de tubería en cobre o hierro negro (cuando los diámetros son mayores a tres pulgadas o cuando el caudal requerido es muy alto). La tubería de los sistemas hidráulicos, en general, se puede clasificar en dos tipos, los circuitos en serie y los sistemas de cabezales. Se exponen estas configuraciones a continuación:

### 1. Circuito en serie

Los circuitos en serie son aquellos donde el agua pasa a través de cada unidad terminal y luego vuelven a la bomba y al *chiller*, como toda el agua pasa por todas las unidades y estas no se pueden aislar entre sí (ver figura 3).

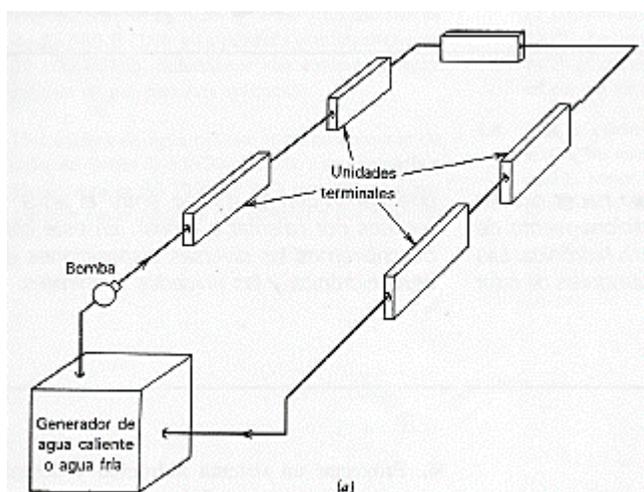


Figura 3. Circuito de tubería hidráulica en serie.

Fuente: Castro Navarro, (2017).

Este tipo de sistemas presenta una serie de desventajas:

- ✓ El mantenimiento de cualquier unidad terminal necesita la suspensión del sistema completo.
- ✓ No es posible el control separado de cada unidad, variando el flujo de agua o de temperatura.
- ✓ El número de unidades internas es limitado, como la temperatura del agua va aumentando por el intercambio con las unidades, la temperatura del agua en las últimas unidades puede ser muy alta y no enfriar.

### 2. Cabezal de una tubería

Estos sistemas tienen variación, dependiendo del número de cabezal de tubería que se utilice. El sistema por cabezal permite tener un control independiente por cada unidad evaporadora.

### 1.2.3 Sistema de bombeo de agua helada

Los sistemas de agua helada utilizan, en su mayoría, bombas centrífugas, las cuales permiten vencer la resistencia que ocasiona el flujo de agua en la tubería.

Las bombas centrífugas elevan la presión del agua aumentando primero la velocidad, para luego convertir esa velocidad en energía de presión, dentro de los conceptos más importantes del funcionamiento de las bombas son la presión, el flujo que genera, la potencia y la eficiencia, estas características a menudo se presentan en forma de curvas y son utilizadas para realizar la selección.

La capacidad de la bomba debe ser igual al flujo del sistema y una carga mayor a la pérdida de presión en el sistema. Existen varios factores que se deben considerar para la selección adecuada de bombas, estos se enlistan, a continuación:

1. Se debe seleccionar una bomba que trabaje cerca del punto de eficiencia más alto, por lo general, en el rango medio de las capacidades de flujo de la bomba.
2. No se debe seleccionar bombas que trabajen cerca de su capacidad máxima, no más del 50 % al 75 % del flujo máximo.
3. La pendiente de las curvas carga-flujo varía entre las bombas centrífugas, en sistemas hidrónicos. Se recomienda que se utilice bombas con curvas características de carga – flujo plano, por ejemplo, si hay una variación pequeña concomitante en la carga de la bomba, esto hará más fácil el balanceo y control de los flujos.
4. Cavitación, que se presenta cuando la presión en la tubería de aspiración cae por debajo de la presión de vapor, el líquido se evapora y es arrastrado por la corriente, estas burbujas de vapor desaparecen bruscamente, cuando alcanzan zonas de presión más altas en su camino a través de la bomba, generando presiones puntuales muy altas, que ocasionan ruidos excesivos, vibraciones y desgaste (Castro Navarro, 2017).

### 1.3 Las enfriadoras de agua o *chiller*

Dentro de los sistemas de climatización centralizados, las enfriadoras de agua (*chiller* como también se les conoce), son de los más empleados. Su principio de funcionamiento se basa en el bombeo de agua helada hacia los locales que se desea climatizar, en los que por medio de unidades terminales (por ejemplo, *fan-coil*) se logra intercambiar calor entre el aire de los locales y el agua helada. Una vez realizado el intercambio de energía, el agua retorna hacia las unidades enfriadoras siendo nuevamente enfriada y reenviada hacia los locales a

climatizar. Este tipo de sistema se puede configurar de distintas maneras y se pueden utilizar dos tipos de máquinas generadoras de agua helada, los enfriados por aire o *chiller* modular y enfriados por agua o mini *chiller*.

Cada opción será la más adecuada, dependiendo de diversos factores como las características del local a climatizar, la disponibilidad y costo del agua, así como las tarifas de energía eléctrica en el lugar de la aplicación. Cuando se realiza la selección del equipo de refrigeración puede considerarse que los equipos enfriados por agua son más eficientes que los enfriados por aire, debido a que las temperaturas alcanzadas para la condensación del refrigerante, son menores con agua que con aire. Es necesario señalar que en la opción de condensación por agua, habría que involucrar los costos de agua, del tratamiento de la misma y del consumo eléctrico de las bombas de agua de condensación y de los ventiladores de las torres de enfriamiento (Guerra Plasencia, 2004).

### 1.3.1 *Chillers* modulares o enfriados por aire

Los *chillers* enfriados por aire son una unidad central de aire acondicionado, la cual utiliza aire en el condensador para disipar el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador (ver figura 3). Una de las grandes ventajas es que no requiere de una torre de enfriamiento, por lo que la inversión inicial y costos de mantenimiento son menores, en comparación con los enfriados por agua. En este caso, la transferencia de calor se realiza por medio de ventiladores, los cuales obligan al refrigerante a convertirse nuevamente en líquido mediante un flujo de aire que circula a través de las aletas de aluminio. El refrigerante fluye entonces en los tubos de cobre del condensador y, una vez que se enfría, regresa al evaporador a través de la válvula de expansión electrónica que controla el flujo de refrigerante para repetir el ciclo (Valverde Pérez, 2018).

Todos los *chillers* modulares se conectan a un compresor maestro, que controla el funcionamiento de los sistemas dependientes. En dado caso de que el *chiller* maestro falle, los secundarios seguirán funcionando y se seleccionará un nuevo *chiller* maestro que funcionará hasta que el anterior vuelva a estar en línea (Patrón Ayón, 2016).

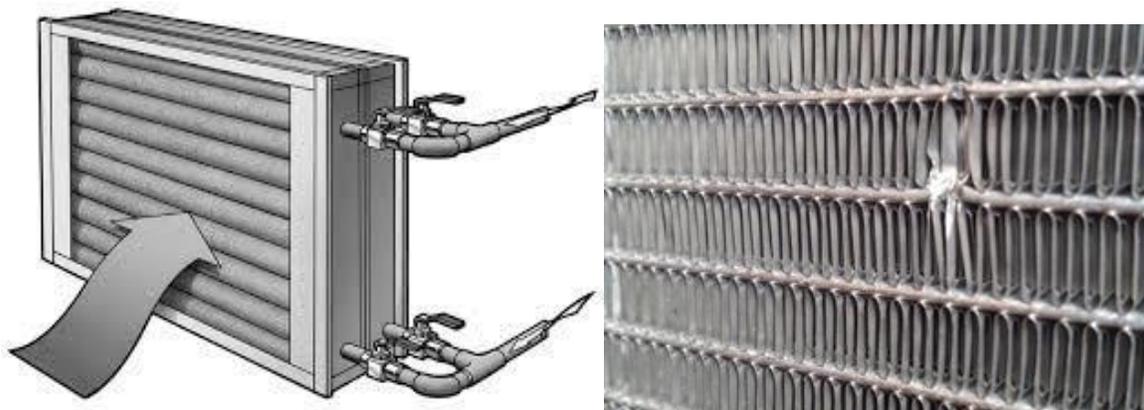


Figura 3. Condensadores enfriados por aire aletas  
Fuente: Castro Navarro, (2017).

### 1.3.2 Mini *chiller* o enfriados por agua

El mini *chiller* (ver figuras 4 y 5) es un equipo que se puede utilizar tanto en el área residencial como en la de procesos, en la que son más recurridos para las inyectoras de plástico, ya que al trabajar a una temperatura de 300 °C, necesitan un método de enfriamiento, de lo contrario el tiempo de vida de la inyectora se reduciría notablemente. Cuenta con una bomba de llenado rápido, que es necesaria para que el equipo tenga un suministro de agua constante. En muchos equipos es necesario la instalación de un termostato, este por el contrario ya lo trae integrado, junto con un manómetro. Sus principales componentes son:

- ✓ Estructura: la base y los paneles están hechos de acero galvanizado, pintados con pintura epoxica para asegurar la total resistencia a la contaminación atmosférica.
- ✓ Condensador: la función principal del condensador es la de transformar el refrigerante de un estado gaseoso a uno líquido, para poder eliminar el calor del sistema.
- ✓ Motor del ventilador: para asegurar una alta eficiencia en el intercambiado de calor, la unidad está equipada con ventiladores de aletas axiales.
- ✓ Evaporador: en esta etapa se enfría el agua que va a ser enviada al espacio a enfriar o al proceso, esto sucede debido a que el refrigerante absorbe el calor del agua, provocando que el agua se enfríe.
- ✓ Módulo hidráulico: está equipado con un tanque de expansión, intercambiador de placas, y bomba de circulación de agua.
- ✓ Panel de control: está compuesto de acuerdo con IEC 204-1/EN60335-2-40

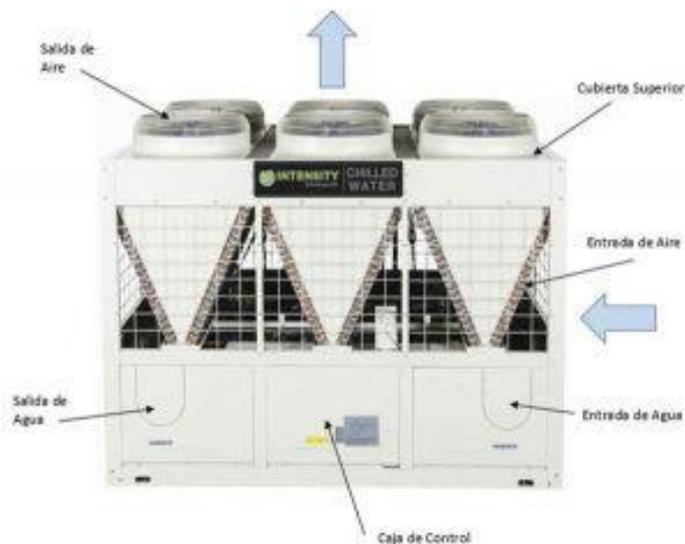


Figura 4. Mini *chiller*.

Fuente: Patrón Ayón, (2016).

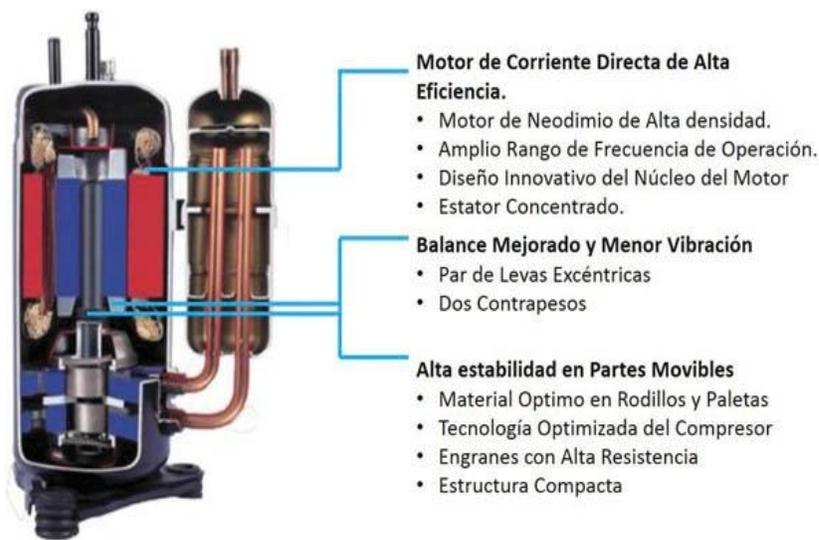


Figura 5. Interior de un mini *chiller*.

Fuente: Patrón Ayón, (2016).

El motor de corriente directa de los mini *chiller* tiene una gran eficiencia, la cual permite modular el consumo de electricidad por medio de la demanda requerida por el ambiente. Este sistema asegura una regulación de alta eficiencia energética y de temperatura, logrando una contribución significativa para mitigar el impacto al medio ambiente.

El nuevo diseño de los componentes del intercambiador provoca una menor resistencia del aire, que mejora el intercambio de temperatura ya que la superficie de contacto es mayor. De igual manera las aletas están recubiertas de una película hidrofílica que ayudan a optimizar el intercambio de calor.

Se diseñó una nueva forma en las aletas, así como el sistema de descarga de aire, provocando el aumento del flujo de aire de salida y reduciendo el ruido de operación. Además, con la aplicación de intercambiadores de calor de placas de alta eficiencia se redujo significativamente el consumo energético. Se cuenta con un gabinete protector metálico con pintura de poliéster aprueba de óxido. Construido con protección de voltaje, protección de corriente, protección de congelamiento, protección de flujo de aire (Patrón Ayón, 2016).

#### 1.4 Métodos de eliminación de calor en los *chillers*

De acuerdo con las actuales restricciones medioambientales de los edificios, tres métodos se adoptan:

- ✓ Refrigerado por agua del sistema;
- ✓ Refrigerado por aire del sistema;
- ✓ Sistema de torre de enfriamiento.

Cuando un sitio está cerca de un mar o de un lago, esta agua se puede utilizar en los sistemas calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC). Los limitados recursos de agua dulce y las restricciones del gobierno sobre el uso de torres de refrigeración en el pasado han provocado el uso de sistemas de enfriamiento centralizados por agua de mar como uno de los más populares métodos de rechazo de calor. El enfriamiento directo e indirecto de agua de mar son dos opciones aplicables. En los sistemas HVAC indirectos que utilizan agua de mar, el líquido enfría el condensador indirectamente al pasar a través de un intercambiador de calor, donde se enfría el agua de refrigeración del condensador. En los sistemas HVAC directos que utilizan agua de mar, el líquido enfría el condensador directamente al pasar a través de las tuberías del condensador, en este caso, la eficiencia es generalmente alta pues un intercambiador de calor intermedio se omite. Sin embargo, el propio condensador debe ser de materiales especiales. Los sistemas de enfriamiento centralizados que utilizan agua de mar para el rechazo de calor son ampliamente utilizados en pequeñas y medianas empresas.

En Hong Kong, se ha utilizado el sistema de enfriamiento por aire cuando un edificio está alejado de la costa. Un condensador enfriado por aire es un intercambiador de calor aire-refrigerante, donde el aire absorbe el calor del refrigerante directamente sin ninguna transferencia de masa entre ellos. El condensador refrigerado por aire se prefiere en las zonas donde está limitada la fuente de agua disponible. Por lo general, se utilizan ventiladores para hacer cumplir la transferencia de calor entre el aire y el refrigerante en el condensador. La tasa de flujo de aire a través del condensador afecta el rendimiento del enfriador mientras que la temperatura del aire no es controlable. El aumento de la tasa de flujo de aire (velocidad del ventilador) reducirá la temperatura de condensación de los enfriadores y por lo tanto reducir el consumo de energía de los enfriadores.

La torre de refrigeración, un sistema de rechazo muy convencional, es un intercambiador de calor aire-agua. En una torre de refrigeración, los procesos de transferencia de masa y calor se combinan con el agua de refrigeración, que absorbe el calor del refrigerante y luego rechaza el calor al aire. La transferencia de masa de la evaporación consume agua. Esta pérdida es de aproximadamente 5 por ciento del agua necesaria. Cuanto mayor sea la torre de refrigeración para un conjunto dado de velocidades de flujo de agua y aire, más pequeña será esta diferencia de temperatura (Hernández Hernández, 2013).

## 1.5 Eficiencia en los SCCAH

La eficiencia de los SCCAH depende fundamentalmente de las estrategias de operación aplicadas al mismo. Existen varias vías para alcanzar el rango óptimo de eficiencia, por ejemplo: mejorar el ciclo de compresión de vapor, perfeccionar el proceso en los circuitos primario y secundario, la transferencia de energía entre los elementos que componen el

sistema, ajustar las temperaturas del agua de entrada y salida de los *chillers*, el *set point* en las unidades terminales (intercambiadores de las habitaciones) y el flujo de agua helada.

Cuando se analiza con detalle cada uno de los subsistemas que integran el SCCAH, se observa que existen tres elementos consumidores de energía: el *chiller*, los ventiladores del sistema de extracción de calor, y las bombas de agua. Pensar en aumentar la eficiencia del sistema implica que se minimice el consumo energético total.

Es importante señalar que la interacción entre los tres subsistemas provoca que, al minimizar el consumo de uno, se incremente el consumo de los otros dos. Por ejemplo, al aumentar el *set point* de temperatura de agua helada, disminuye el consumo de la unidad enfriadora, pero las bombas de los circuitos primario y secundario necesitan suministrar un mayor flujo hacia los intercambiadores de las habitaciones, y los ventiladores del condensador precisan de extraer mayor cantidad de calor al refrigerante, por lo que tanto bombas y ventiladores incrementan su consumo. Por otro lado, si se disminuye el flujo de agua, el *chiller* precisa enfriar más con el consiguiente aumento del gasto. A partir de lo antes mencionado la optimización sistemática del sistema implica la reducción del consumo en su conjunto y no en cada sistema de forma independiente (Alba González, 2013).

El progreso hacia nuevas estrategias, junto a la aplicación de herramientas modernas desarrolladas bajo conceptos de ahorro energético, es sin dudas un camino adecuado a seguir para lograr la reducción de los gastos de energía en instalaciones de este tipo. Dentro de estas herramientas están la simulación térmica de edificaciones, las redes neuronales artificiales, la lógica difusa, los algoritmos genéticos, control predictivo, control adaptativo y control óptimo (Hernández Hernández, 2013).

## 1.6 Medidas a tomar para el uso de los sistemas de agua helada

Se deben asegurar ciertos aspectos antes de encender el equipo:

- ✓ Las tuberías deben de estar libres de cualquier impureza.
- ✓ Es muy importante que el agua ingrese al intercambiador de calor por el puerto de entrada, de otra manera la eficiencia va a decaer.
- ✓ La tubería de entrada al evaporador debe de tener una válvula de control, para que pueda existir un corte para proteger el equipo.
- ✓ Las válvulas de salida deben de tener un sensor de temperatura (de esta manera se pueda mantener una temperatura específica en el sistema).
- ✓ Para facilitar el mantenimiento, las tuberías de entrada y salida deben de tener un termostato o manómetro, ya que la unidad no está equipada con instrumentos de temperatura o presión.
- ✓ Al evaporador debe de proveérsele un filtro con más de 40 mayas por pulgada. El filtro debe de ser instalado lo más cerca de la tubería de entrada, y estar protegido del calor.
- ✓ Una medida de protección para que los *chillers* no sufran graves fallas en invierno es vaciar el agua para que esta no se congele, ya que si es así puede dañar los serpentines

y el equipo interno del *chiller* a causa de la expansión del agua al momento de congelarse. Otra opción es la de agregar glicol al agua, ya que esta puede bajar la temperatura de solidificación del agua hasta  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (esta temperatura varía dependiendo de la cantidad de glicol que se agregue), lo que evita que se congele, y una vez que se necesite usar de nuevo el *chiller* solo se tiene que purgar el glicol y agregar nuevamente agua tratada (Patrón Ayón, 2016).

## 1.7 Aplicaciones de los *chillers*

Algunas de las aplicaciones más comunes de los *chillers* en procesos son:

- ✓ La industria plástica: enfriador del plástico caliente que es inyectado, soplado, extruido o sellado.
- ✓ La industria de la impresión: rodillos templados enfriados debido a la fricción y hornos que curan la tinta, junto con las lámparas ultravioletas también para los propósitos de curado.
- ✓ La industria HVAC: a gran escala los sistemas de aire acondicionado bombean el agua enfriada a las serpentinas en áreas específicas. Los sistemas de manejo de agua para cada área, abren y cierran el flujo de agua a través de áreas específicas manteniendo el aire en los cuartos a la temperatura deseada.
- ✓ La industria del cortado con láser: la tecnología ha creado máquinas que pueden cortar productos de acero muy específicos con el uso preciso de máquinas de corte con láser. Este láser opera a temperaturas muy altas y debe ser enfriado para funcionar correctamente (QuimiNet).

## 1.8 Situación ambiental en el sector turístico cubano

La gestión ambiental, se define como la conducción, dirección, control y administración del uso de los sistemas ambientales, a través de determinados instrumentos, reglamentos, normas, financiamiento y disposiciones institucionales y jurídicas. Su propósito es garantizar, sobre la base de los principios y directrices acordados previamente en el proceso de planificación, la adecuación de los medios de explotación de los recursos naturales, económicos y socio-culturales a las propiedades de los sistemas ambientales.

Para el turismo cubano, la aplicación eficaz de los instrumentos para la gestión ambiental posibilita contrarrestar las principales problemáticas en el proceso de gestión ambiental en los atractivos presentes en los destinos cubanos, fundamentalmente en los litorales costeros siendo la modalidad de sol y playa el principal producto que se ofrece a los mercados internacionales con los que opera la industria turística nacional. Para ello, se apoya en el marco regulatorio rectorado por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) amparado por la resolución No. 132 del 2009, que plantea la importancia de la evaluación de impacto ambiental.

Sin embargo, la actividad turística en su conjunto, termina siendo gran generador de residuos sólidos, un consumidor ineficiente de agua y combustibles fósiles, gran consumidor de papel y de una buena cantidad de productos no amigables con el medio ambiente, como por ejemplo los plásticos desechables, envases y productos de limpiezas.

El Ministerio del Turismo (MINTUR) tiene entre sus atribuciones y funciones específicas la participación con los organismos correspondientes en la elaboración de la política de conservación del medio ambiente y los recursos naturales y velar por el cumplimiento de la misma en la actividad turística.

Las empresas del sector turístico han ido desarrollando un conjunto de estrategias que posibilitan la protección medioambiental teniendo como prioridad las gestiones a cumplimentar para profundizar en los conocimientos sobre el manejo de los recursos que coadyuven a la armonización del desarrollo turístico con el medio ambiente y la sociedad local, siendo necesario que se implemente un modelo de gestión ambiental que incluya todos los procesos que componen este tipo de actividad.

En los hoteles de la cadena Gran Caribe, el costo energético alcanza valores que oscilan del ocho (8) al 16 % de los gastos, y puede llegar hasta el 20 % dependiendo de su infraestructura y los niveles de comercialización. Por eso, es fundamental el empleo de sistemas de climatización adecuados que minimicen el consumo y contribuyan con la protección del medio ambiente.

### 1.9 Sistemas de climatización centralizados en la hotelería cubana

El sistema todo-agua es uno de los más utilizados en Cuba para la climatización de grandes hoteles, conocido también como sistema de agua helada. Inicialmente, los sistemas de climatización utilizados, eran de tipo localizado, con unidades de ventana independientes. En estas unidades resulta difícil desarrollar una estrategia operacional desde un área central que permita controlar el sistema de forma efectiva y reducir los gastos por concepto de climatización. Para superar esta desventaja se ha generalizado la instalación de sistemas de climatización centralizados por agua helada en los nuevos hoteles del país. Estos sistemas son flexibles desde el punto de vista de control central y permiten establecer estrategias operacionales que reducen considerablemente los costos de energía, al mantener las condiciones de confort en las habitaciones y otras áreas de hotel.

Para hacer un uso eficiente de este tipo de instalaciones, con el objetivo de reducir los consumos energéticos se requiere desarrollar procedimientos y herramientas de control operacional, de acuerdo a la posibilidad específica que brinden los sistemas existentes.

La inversión inicial en estos sistemas centralizados es alrededor de 2.2 veces mayor que el de unidades de ventana, pero el confort que se logra es superior tanto por su operación más silenciosa, como desde la estética interior y exterior de la edificación, aspecto importante para cumplir con las exigencias de los hoteles de mayor categoría. Los sistemas

centralizados de aire acondicionado, se emplean en grandes hoteles, restaurantes, cines, teatros, centros comerciales, hospitales y en otros edificios públicos. Estos sistemas suelen instalarse durante la construcción del edificio, aunque en algunos casos se instalan durante remodelaciones de edificios existentes.

Los sistemas de climatización con recuperación del calor de condensación y condensadores adicionales enfriados por aire y de flujo constante de agua helada, son los que deben predominar en el país y en muchas regiones del mundo, pues a pesar de tener una inversión inicial superior a las unidades de ventana o de tipo “*split*” se logra un ahorro energético superior y los mismos permiten la implementación de estrategias operacionales encaminadas al ahorro de energía (Hernández Hernández, 2013).

#### 1.10 Sistema de climatización del hotel Meliá Internacional Varadero

El hotel Meliá Internacional Varadero pertenece a la cadena Gran Caribe S.A. y opera bajo la marca *Melia Hotels & Resorts* (ver figura 6). Fue inaugurado el 13 de febrero del 2019. Es un proyecto vanguardista que renace con un alto confort y modernidad. Hereda a través de su nombre la historia y prestigio de su predecesor, el cual tuvo el honor de haber sido visitado por el Comandante en Jefe de la Revolución Cubana, el ocho de enero durante su trayectoria con la Caravana de la Victoria en el año 1959. Se encuentra ubicado en el kilómetro uno de la carretera Las Américas.

Está formado por un edificio con 11 plantas y zona este y oeste con elevadores panorámicos, piscinas y 946 habitaciones, en su mayoría con vistas al mar. Su área de playa abarca aproximadamente 20000 metros cuadrados lo que proporciona mucha comodidad a los clientes que disfrutan de la misma durante su estancia en el hotel. Cuenta con cuatro espaciosas y cómodas piscinas, además de una de contraste y dos vinculadas al club de niños. Caracterizado por una gran variedad de servicios gastronómicos, que abarcan 18 restaurantes y 15 bares con más de 3500 capacidades entre todos.

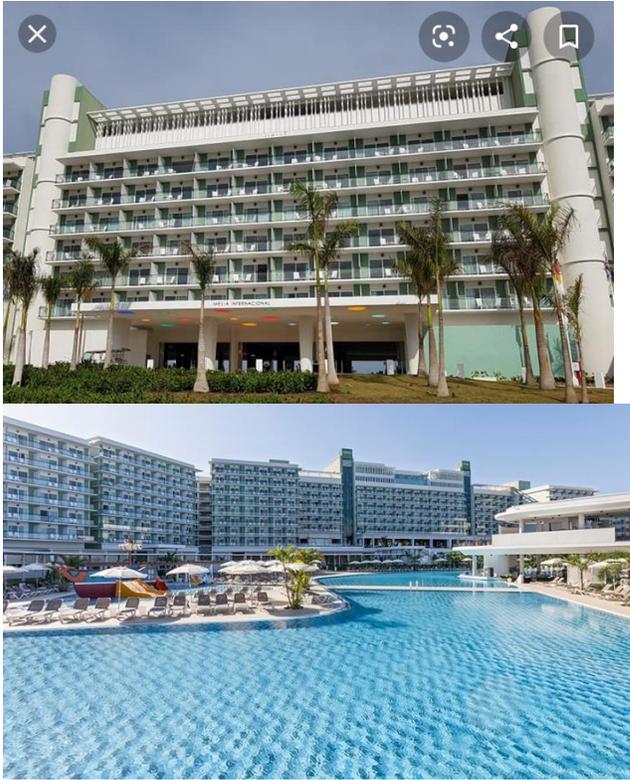


Figura 6. Hotel Meliá Internacional Varadero.

Fuente: documentos de la empresa.

Dispone de 10 tipologías de habitaciones de alto confort, modernidad y belleza, de ellas 268 comunicantes y nueve de minusválidos, lo que permite una mejor segmentación y diversificación de la oferta, ofreciendo servicio de habitaciones las 24 horas del día y WIFI disponible en todas sus habitaciones a libre costo. Dentro de su estructura comercial cuenta con un *The Level* Adulto para mayores de 18 años y un *The Level* Familia, ambos de muy alto estándar. Gran lobby en el nivel tres con vista a la playa y gran escalinata hacia las piscinas en planta baja. Nivel uno con toda una zona de galería comercial, gastronómica y amplias áreas de estar. Y un spa en la última planta con una piscina *infinity* y espectaculares vistas panorámicas de la mejor zona de playa de Varadero.

El hotel Meliá Internacional Varadero se construyó bajo el proyecto BREAM que es un estándar de calidad que se les otorga a las empresas constructoras en el mundo, que constituye una etiqueta de construcción sustentable, por lo que, es un hotel ecológico y es el único en Cuba que ha obtenido la Etiqueta Verde (*Green Label*) durante su fabricación.

Una de sus novedades constructivas es el empleo de un SCCAH con sistema de condensado por agua de mar, debido a que facilita el consumo mínimo y es más ecológico, al producir

menos contaminación sonora. Este sistema constituye una innovación del hotel, puesto que en la mayoría de los hoteles la condensación es por tiro forzado, es decir, mediante *chillers* que tienen electroventiladores que enfrían el condensador. En este caso, se realizaron cuatro pozos de infiltración que succionan el agua de mar, enfrían el *chiller* y la devuelven nuevamente. El sistema funciona con agua helada circulando a través de un serpentín a una temperatura de nueve grados Celsius y la existencia de un ventilador que lo enfría, de esta forma, circula a la habitación el aire fresco. Se produce en la sala de máquinas mediante cuatro chillers de 380 toneladas cada uno. El agua helada alimenta manejadoras, *fan coils* y los splits de todas las habitaciones. El sistema se encarga de distribuir el agua helada en seis circuitos a través de líneas de seis pulgadas que atraviesan el corredor técnico, distribuido por todo el hotel.

## Conclusiones

La tendencia actual en la climatización de grandes edificaciones, incluyendo el sector hotelero, es hacia la instalación de sistemas centralizados de climatización por agua helada (SCCAH), dadas sus ventajas en cuanto a costo inicial, eficiencia, facilidades y flexibilidad de operación. Los SCCAH son aquellos que utilizan agua helada para el acondicionamiento de aire y trabajan mediante *chillers*, que son unidades enfriadoras de líquidos, capaces de enfriar el ambiente usando la misma operación de refrigeración que los aires acondicionados o deshumidificadores. Una de las novedades constructivas del hotel Meliá Internacional Varadero es el empleo de un SCCAH con sistema de condensado por agua de mar, a diferencia de la mayoría de los hoteles donde la condensación es por tiro forzado, lo que facilita el consumo mínimo y es más ecológico, al producir menos contaminación sonora.

## Referencias bibliográficas

ALBA GONZÁLEZ, D. *Control predictivo basado en modelos térmicos de edificaciones con sistemas centralizados de climatización por agua helada*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2013.

CASTRO NAVARRO, J. A. *Diseño de sistema de agua helada para climatización artificial, en sector hotelero en Guanacaste*, 2017.

GUERRA PLASENCIA, A. y MONTELIER HERNÁNDEZ, S. *Análisis comparativo de estrategias de operación en sistemas de climatización centralizados por agua helada*, 2004.

HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Y. *Análisis bibliográfico sobre la aplicación de técnicas modernas del control en el ahorro de energía en procesos de climatización*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2013.

QUIMINET. ¿Qué es un Chiller? [en línea] [fecha de consulta: 2 de enero de 2020]. Disponible en: <https://www.quiminet.com>.

MONTELIER HERNÁNDEZ, S. et al. Estrategias operacionales para el ahorro de energía en sistemas centralizados de climatización por agua helada de hoteles turísticos. *Retos Turísticos*, No. 1, Vol. 9, 2010.

PATRÓN AYÓN, D. Sistemas de agua helada. *Cero Grados*, 2016.

VALVERDE PÉREZ, J. B. *Diseño Mecánico de un Sistema de Agua Helada para Acondicionamiento del Ambiente de la Ciudad Interactiva Kidzania*. Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2018.

VIDAL FRANCO, D. M. *Propuesta de acciones estratégicas para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en hoteles del Grupo Cubanacán*. Universidad de La Habana, 2015.