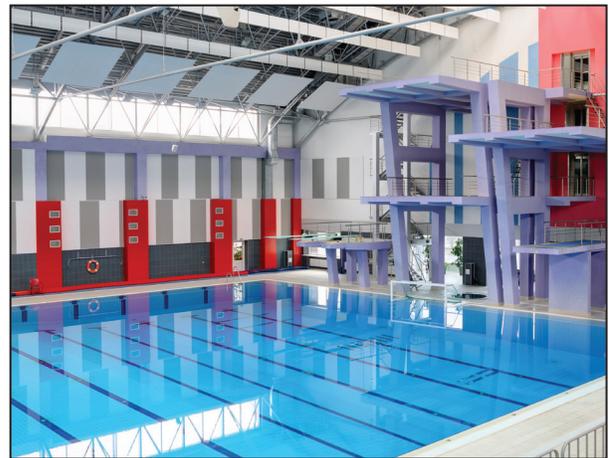




Guía de diseño de un sistema de HVAC integrado para el natatorio del siglo 21



Prólogo

Desert Aire ha escrito este documento a fin de proporcionar a los propietarios, contratistas mecánicos e ingenieros una guía útil para el diseño o la remodelación de una instalación de piscina cubierta.

Recién en los últimos años ha habido un gran avance en la comprensión de la complejidad del mantenimiento de la calidad del aire interior de una piscina. Esta guía intenta vincular los diversos elementos independientes del diseño de un sistema muy complejo, como la climatización (HVAC), estructura del edificio, sistema de tuberías, programación de las instalaciones y consumo de energía. Durante mucho tiempo, estos elementos se diseñaron de manera independiente, y rara vez se hizo un esfuerzo por integrarlos a fin de crear la mejor piscina cubierta para todas las partes interesadas.

Es nuestra expectativa que esta guía ayude a desarrollar el diálogo que resuelva los problemas de los diseños existentes y sirva como punto de referencia para nuevas construcciones. La guía también hará referencia a otros documentos o conocimientos de la industria para respaldar la creación de las especificaciones de diseño finales y el documento de construcción.

Esta guía será un documento vivo, por lo que nos complacerá recibir sus comentarios sobre las innovaciones y el pensamiento innovador que pueda ayudar a producir la piscina cubierta de la más alta calidad. No dude en ponerse en contacto con cualquier representante de ventas o miembro del personal de Desert Aire con sus comentarios.

Craig Burg



Presidente
Desert Aire Corp.
cburg@desert-aire.com

Índice

Panorama general	3
• El propósito del natatorio	
• Los objetivos del diseño de climatización (HVAC)	
Determinación de la carga de calefacción, enfriamiento y humedad	4
• Temperatura del aire y del agua	
• Humedad relativa	
• Flujo de aire sobre el agua	
• Factor de actividad	
• Carga de espectadores	
• Carga de ventilación	
Condensación e integridad del edificio	7
• Control del punto de rocío	
• Barrera de vapor	
• Presión negativa	
• Áreas de espectadores	
Problemas de salud de los nadadores	11
• Aire tóxico	
• Contaminantes más comunes transportados por el aire	
• Solución de captura en la fuente	
• Uso de productos químicos en la piscina	
• Cloro	
• Alternativas para el cloro	
• Piscinas de agua salada	
Diseño correcto del flujo de aire	13
• Diseño de conductos	
• Tasa de aire de suministro	
Consideraciones de diseño de equipos de deshumidificación	15
• Componentes del sistema deshumidificador	
• Opciones de diseño de deshumidificadores	
• Economizadores	
• Modo de purga	
• Maximización de la recuperación de energía	
• Integración con la captura en la fuente	
• Recuperación de energía en el sistema de extracción baja	
• Consideraciones sobre la instalación	
Puesta en marcha	22
• Puesta en marcha certificada por la fábrica	
• Capacitación del personal del establecimiento	
Conclusiones	22

Guía de diseño de un sistema de HVAC integrado para el natatorio del siglo 21

Panorama general

El propósito del natatorio

El natatorio es un edificio que contiene una o más estructuras e instalaciones acuáticas en las que el público en general se expone al agua con propósitos de uso recreativo o terapéutico.

Aunque a menudo consideramos los lugares acuáticos como piscinas cubiertas para nadar y bucear, pueden contener no solo agua quieta. El término puede utilizarse para describir parques acuáticos interiores en los que el público se expone al agua mediante contacto o rociado, como ocurre con las piscinas de llegada de toboganes acuáticos y con los rociadores.

Un natatorio puede estar ubicado en un edificio específico o en uno no específico, como un edificio escolar o un gimnasio. El natatorio también puede alojar vestidores, lavatorios y oficinas. Los vestidores, oficinas del personal y salas de almacenamiento no deben ser parte del sistema mecánico de HVAC de la sala de piscina.

Esta guía de diseño se enfoca en natatorios y centros acuáticos grandes, pero muchos de los conceptos podrían aplicarse a piscinas cubiertas comerciales y residenciales más pequeñas.

Los objetivos del diseño de climatización (HVAC)

Las diversas maneras en que las personas utilizan los edificios con piscinas cubiertas para usos recreativos, competitivos y de salud continúan evolucionando. Estos usos imponen a los sistemas de HVAC y a los edificios mismas exigencias que no estaban presentes en la generación anterior. Afortunadamente, existen avances en el conocimiento, comprensión, estrategias y tecnología que enfrentan los desafíos del natatorio actual.

El alcance de las consideraciones de diseño de HVAC para natatorios y centros acuáticos grandes se ha ampliado en el siglo 21, reflejando la profundidad y el alcance de las exigencias. Ahora los objetivos incluyen la protección de la salud de los nadadores, entrenadores y espectadores; la promoción de la integridad estructural a largo plazo del edificio y los sistemas de soporte; y la conservación de los recursos de energía, agua y tratamiento de agua.

Pero existe un principio fundamental que se aplica al diseño de los sistemas de HVAC cualquiera sea el propósito, tamaño y ubicación del natatorio; el sistema de HVAC debe funcionar en armonía con los sistemas que controlan la temperatura del agua y la calidad del agua.

Para los ingenieros que deben traducir estos objetivos en metas de diseño, se requiere un enfoque integrado y sostenible. Estas metas de diseño deben reconciliar las tareas intensivas de deshumidificación del espacio, calefacción y enfriamiento del interior, calentamiento del agua de la piscina y cumplimiento de los requisitos del aire exterior.

Afortunadamente, los ingenieros de diseño actuales tienen acceso a toda una gama de estrategias y tecnologías de equipos para resolver los problemas. Estas tecnologías y estrategias complementan los recursos puestos a disposición por las asociaciones profesionales y las sociedades de ingeniería; y los objetivos se manifiestan en los códigos y normas de construcción. Por ejemplo, la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., ASHRAE) proporciona orientación y recursos para el diseño de salas de piscinas.

El Código Modelo de Salud Acuática (Model Aquatic Health Code, MAHC), publicado por los Centros de Control y Prevención de Enfermedades (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) de los EE. UU., es una adición más reciente a los recursos disponibles para los ingenieros mecánicos.

El MAHC, publicado por primera vez a fines de 2014, es un conjunto de pautas para las instalaciones acuáticas públicas. De acuerdo con los CDC, el MAHC 'reúne los conocimientos más recientes basados en la ciencia y las mejores prácticas para ayudar a los funcionarios gubernamentales estatales y locales en el desarrollo de códigos para piscinas. Los códigos para piscinas son reglas específicas que deben observar los diseñadores, constructores y gerentes de spas, piscinas, parques acuáticos y fuentes interactivas para mantener la diversión y reducir lesiones y enfermedades'.

El MAHC abarca los recintos acuáticos tradicionales, como aquellos que circundan las piscinas y los spas. Además, el MAHC trata sobre las estructuras contemporáneas que contienen agua, como las piscinas de olas, piscinas de surf, piscinas terapéuticas y rociadores.

A fin de reunir los mejores conocimientos y prácticas, el MAHC establece que el diseño, construcción e instalación de sistemas de climatización de instalaciones acuáticas interiores deberá cumplir con los códigos locales, así como con la probada norma ANSI/ASHRAE 62.1-2019, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality).

En conjunto, esta matriz de tecnologías y de estrategias proporciona a los ingenieros mecánicos las herramientas esenciales para equilibrar diversas condiciones de operación, variaciones estacionales y necesidades de eventos especiales con códigos y normas de edificación para los continuos problemas críticos de la humedad relativa y la calidad del aire interior.

Determinación de la carga de calefacción, enfriamiento y humedad

Las cargas de calefacción, enfriamiento y humedad de un natatorio son el producto de variaciones estacionales en la temperatura y la humedad del aire exterior, ganancias y pérdidas solares y la presencia de espectadores y áreas de gradas.

- La carga de calefacción es la cantidad de energía térmica que debe aportarse a un natatorio para alcanzar o mantener un nivel de temperatura objetivo. Esto se considera a menudo el cálculo de la pérdida térmica, y es un factor dominante debido a la alta temperatura interna de diseño de un área de piscina cubierta.
- La carga de enfriamiento es la cantidad de energía térmica que debe extraerse para alcanzar la temperatura objetivo. Este es el cálculo de la ganancia térmica, siendo la ganancia solar y el calor de la iluminación las partes más significativas de esta carga.
- La carga de humedad es la cantidad de humedad que debe extraerse para alcanzar un nivel de humedad relativa objetivo. La carga de humedad tiene tres componentes: evaporación desde la superficie del agua; contenido de humedad del aire de ventilación; y evaporación de los espectadores.

Para calcular las cargas de calefacción, enfriamiento y humedad a fin de especificar y dimensionar los equipos de HVAC, estas cargas se expresan como 'sensibles' y 'latentes'. El calor y las cargas sensibles son el calor que los nadadores y los usuarios del edificio sienten en su cuerpo, y son temperaturas que pueden medirse con un termómetro. El calor y las cargas latentes son la energía y el calor almacenados en la humedad, un producto de su cambio de estado de líquido a gaseoso. Estos dos componentes, al combinarse, proporcionan la especificación total del sistema que el equipo de HVAC, por diseño, debe eliminar.

El objetivo primordial de la gestión de las cargas de calefacción, enfriamiento y humedad es la sostenibilidad: asegurar que el natatorio pueda continuar cumpliendo con los fines para los que se lo construyó y hacerlo de manera segura y económica. Las consideraciones de diseño de HVAC relacionadas, como se indicó antes, consisten en la protección de la salud de los nadadores, buceadores, entrenadores y espectadores; la promoción de la integridad estructural a largo plazo del edificio y los sistemas de soporte; y la conservación de los recursos de energía, agua y tratamiento de agua.

El Manual de Aplicaciones de ASHRAE (ASHRAE Applications Handbook) proporciona fórmulas para el cálculo de la carga de humedad de los natatorios. Los factores que se utilizan en esas fórmulas incluyen la temperatura del aire y del agua, humedad relativa, caudal de aire sobre el agua, factor de actividad, carga de espectadores y carga de ventilación. Se tratará a continuación cada una de ellas.



Figura 1. Una sala de piscina con un sistema de HVAC sobrecargado

Una sala de piscina que no mantiene la temperatura correcta del aire y del agua de la piscina junto con el ajuste del intervalo de humedad relativa correcto, puede sobrecargar fácilmente hasta el mejor equipo de HVAC.

Temperatura del aire y del agua

Existen muchas combinaciones de temperatura del aire y del agua que se utilizan en las piscinas; ninguna condición es más correcta que otra. Por lo tanto, el propietario debe tomar una decisión sobre cuáles son los valores de ajuste de aire y de agua que utilizará en su instalación, ya que este será un factor clave en la selección del deshumidificador. El cambio de las condiciones de diseño después de haber instalado los sistemas de HVAC puede no ser posible.

ASHRAE recomienda mantener la temperatura del aire del natatorio dos o cuatro grados por encima de la temperatura del agua de la piscina, pero no por encima del umbral de confort de 86 °F. Existen varias razones para esta recomendación. Este es un esfuerzo para crear una condición de diseño que busca un equilibrio en el dimensionamiento general del deshumidificador y los costos de energía asociados con el mantenimiento de las condiciones en el espacio y en el agua de la piscina. Además, la mayor temperatura del aire ayuda a hacer que los nadadores no sientan tanto frío cuando salen de una piscina.

Sin embargo, los cambios recientes en la temperatura media del agua de una piscina cubierta pueden hacer que sea difícil mantener la temperatura del aire mayor que la temperatura del agua de la piscina. Un análisis de piscinas comerciales determinó que la temperatura media del agua de las piscinas había aumentado de 82 °F a 86 °F entre 2003 y 2013 debido a la prevalencia de las lecciones de natación dirigidas a aquellos niños de 10 años y menores y de las clases de natación vertical para personas mayores; ambos grupos de nadadores desean temperaturas de agua mayores que los nadadores recreativos o competitivos.

Es muy importante, al diseñar un sistema de deshumidificación para una instalación nueva o remodelada, que el propietario de la piscina comunique al ingeniero los valores de ajuste de operación deseados. De manera similar, es importante que el ingeniero comunique al operador de la piscina la importancia de mantener las condiciones en el natatorio y adherir a los valores de ajuste de diseño.

Un natatorio de 3500 pies cuadrados, diseñado para una temperatura del agua de la piscina de 82 °F y una temperatura del aire de 84 °F tendrá una tasa de evaporación de aproximadamente 159 lb/h con una humedad relativa del 55 %. Al elevar la temperatura del agua a 86 °F y mantener todos los demás factores iguales, la tasa de evaporación aumenta en un 33 %, hasta 211 lb/h. El sistema de deshumidificación diseñado para la temperatura menor del agua estará ahora considerablemente subdimensionado para manejar la mayor carga del agua de la piscina a mayor temperatura. Como se mencionó antes, la comunicación entre el ingeniero y el operador de la piscina es esencial al diseñar para una carga evaporativa específica.

Humedad relativa

Como pieza central del equipo de los sistemas HVAC de natatorios, el deshumidificador controla la humedad en los recintos de piscina para contrarrestar lo que se crea por evaporación, cualesquiera sean las condiciones exteriores. Esto mejora la calidad del aire interior y el confort de los nadadores y los ocupantes. El control de humedad también protege los elementos estructurales, los muebles y los sistemas de soporte del edificio, como la iluminación.

ASHRAE recomienda que la humedad relativa de un natatorio se mantenga entre un 50 % y un 60 %. La menor humedad relativa aumenta los costos de operación debido a la mayor evaporación, y puede originar incomodidad en los nadadores a causa del enfriamiento evaporativo de su cuerpo al salir de la piscina. La mayor humedad relativa aumenta el riesgo para la estructura del edificio.

Flujo de aire sobre el agua

Uno de los recientes cambios en el diseño de natatorios es apartarse del diseño de conductos con rejillas que apuntan a la superficie del agua de la piscina. Ahora se recomienda que el aire se arrastre sobre la superficie del agua de la piscina a menos de 30 pies por minuto. Todo el suministro de aire debe apuntarse a las ventanas y paredes exteriores, y no a la piscina. Las razones de esto se indican en la sección Solución de captura en la fuente de esta guía.

La fórmula de ASHRAE para la carga de evaporación de una piscina supone que el aire no circulará a más de 30 pies por minuto. En la misma piscina mencionada anteriormente (3500 pies cuadrados con agua a 82 °F y aire a 84 °F) y aumentando el caudal de aire sobre el agua de la piscina de 30 a 125 pies por minuto, la carga evaporativa aumentará en un 40 %. Si el ingeniero de diseño de esa piscina utiliza la fórmula de la norma ASHRAE para calcular la carga evaporativa, pero tiene aire suministrado directamente sobre la superficie de la piscina, es muy probable que el equipo de deshumidificación seleccionado quede considerablemente subdimensionado.

Factor de actividad

Otro factor de la fórmula que debe considerar un ingeniero para hallar la carga evaporativa del natatorio, es el uso de la piscina. La fórmula de ASHRAE indica un factor de actividad basado en el tipo de piscina: desde un valor básico sin ocupación, para cualquier piscina, de 0.5 hasta un factor de actividad de 2 o mayor para un parque acuático. Se indican diferentes factores de actividad para condominios, piscinas terapéuticas, hoteles, piscinas públicas, spas y parques acuáticos. La subestimación del factor de actividad puede tener consecuencias importantes. Una piscina pública, escuela o la YMCA tienen un factor de actividad de 1. Al agregar elementos acuáticos como una piscina de olas o un tobogán acuático, la carga evaporativa de esa piscina puede duplicarse. El factor de actividad es considerablemente más alto con estos elementos acuáticos agregados.

Es muy importante que el arquitecto, el ingeniero y el operador de la piscina analicen cualquier elemento acuático que podría agregarse a una piscina pública que no se considere como un parque acuático. Toda remodelación de una piscina existente debe tener en cuenta la capacidad del equipo de deshumidificación presente antes de agregar elementos acuáticos.

Carga de espectadores

Los espectadores no son los nadadores que usan la piscina o el área adyacente a ella (cubierta), sino los observadores vestidos ubicados en un área separada. Cuando hay espectadores presentes, debe introducirse una cantidad adicional de flujo de aire para las áreas de espectadores. Esto mejorará el confort de los espectadores y la calidad del aire que los rodea. ASHRAE recomienda un caudal de aire de 6 a 8 cambios de aire por hora sobre el área de espectadores. También debe tomarse en consideración la carga evaporativa de los espectadores al calcular la carga total. Los nadadores no se consideran parte de la carga de espectadores.

Carga de ventilación

El código local de ventilación de edificios protege la salud y la seguridad públicas al proporcionar las normas y las protecciones mínimas para la ventilación. La mayoría de los códigos establece la cantidad de aire exterior que debe hacerse llegar al área de la piscina, con factores basados en el área de la superficie de la piscina, el área de goteo de los nadadores y las áreas de espectadores.

La mayoría de los códigos locales están basados en la norma ASHRAE 62.1, el código de ventilación aceptado por la industria para la calidad del aire interior, el cual define el volumen mínimo de aire exterior que debe introducirse en el recinto de la piscina cubierta. La norma existe para proteger la salud de los usuarios del natatorio.

Este volumen, por lo general, es solo un pequeño porcentaje del volumen de aire total requerido por un sistema de deshumidificación para mantener la humedad del espacio. La correcta interpretación también puede mejorar la conservación de la energía al reducir el volumen de aire exterior necesario al mínimo requerido por el código.

La tabla 6.1 de ASHRAE 62.1 proporciona los niveles de aire exterior para las zonas de respiración que se indican a continuación.

- Caudal de aire exterior, piscina y cubierta húmeda
 $\text{Área de piscina y cubierta húmeda (pies}^2\text{)} \times 0.48 \text{ (pies}^3\text{/min)/pie}^2$
- Caudal de aire exterior, resto de la superficie construida
 $\text{Recinto (pies}^2\text{)} - \text{piscina y cubierta húmeda (pies}^2\text{)}$
 $- \text{gradas (pies}^2\text{)} \times 0.06 \text{ (pies}^3\text{/min)/pie}^2$
- Caudal de aire exterior, espectadores/gradas
 $\text{Área de espectadores (pies}^2\text{)} \times 0.06 \text{ (pies}^3\text{/min)/pie}^2$
 $+ \text{(cantidad de espectadores)} \times 7.5 \text{ (pies}^3\text{/min)}$

La interpretación de 'cubierta húmeda' es a veces difícil. ASHRAE define la cubierta húmeda como el área de cubierta que se moja durante una condición de ocupación normal. La práctica aceptada consiste en definir la cubierta húmeda para una piscina como un perímetro definido alrededor de la masa de agua. El ancho de esta 'cubierta húmeda' puede variar de 2 a 5 pies.

La ventilación puede regularse sobre la base de la ocupación, para establecer un intervalo ampliado y una secuencia de operación que mantenga una calidad aceptable del aire interior. Cuando la instalación está desocupada, puede cerrarse el flujo de aire exterior. Durante la operación normal, el caudal de aire exterior puede establecerse en un nivel mínimo aprobado por los códigos. Cuando una competencia de natación crea una ocupación mayor de la normal, se puede involucrar un caudal de aire exterior mayor.

Para garantizar la calidad del aire interior y proporcionar exactitud y flexibilidad al sistema, debe instalarse un sensor de Compuestos orgánicos volátiles (Volatile Organic Compounds, VOC) como parte del sistema de control de ventilación. En una sala de piscina que ha estado ocupada durante un período prolongado, puede producirse en poco tiempo una acumulación de VOC. El sensor de VOC puede prevalecer sobre los valores de ajuste programados que no reflejen las condiciones actuales y requerir al sistema de ventilación un aumento del caudal de aire exterior y de extracción.

Condensación e integridad del edificio

Aunque el diseño del edificio no entra dentro de la responsabilidad del ingeniero mecánico, es un componente clave del sistema de HVAC. El ingeniero y el arquitecto deben estar en comunicación acerca de los materiales de construcción que influyen sobre el tamaño y la capacidad del sistema de HVAC a través de la ganancia de calor y la pérdida de calor de la estructura; la ubicación de las barreras de vapor; la calidad y cantidad de las puertas y ventanas del natatorio; y el control de la humedad dentro de toda la estructura mediante barreras de vapor apropiadas. Nada hay en esta comunicación que sea más importante que el ámbito de condensación e integridad del edificio.

En la sección de diseño de conductos veremos la cantidad apropiada de flujo de aire que se necesita para prevenir la condensación, pero es importante que todas las áreas externas estén completamente barridas por el flujo de aire. En la foto de la página siguiente (Figura 3) puede verse que las áreas inferiores de las ventanas no recibieron un caudal de aire adecuado, por lo que están empañadas, mientras que las áreas superiores recibieron el caudal de aire apropiado y se mantienen transparentes. Esto fue exclusivamente un problema de distribución de aire y no de operación del deshumidificador. Este es un ámbito en el que el ingeniero debe comunicarse con el arquitecto. Donde existen superficies vidriadas grandes, debe haber una distribución de aire adecuada para mantener esas superficies por encima del punto de rocío y así impedir la condensación en los meses de invierno.

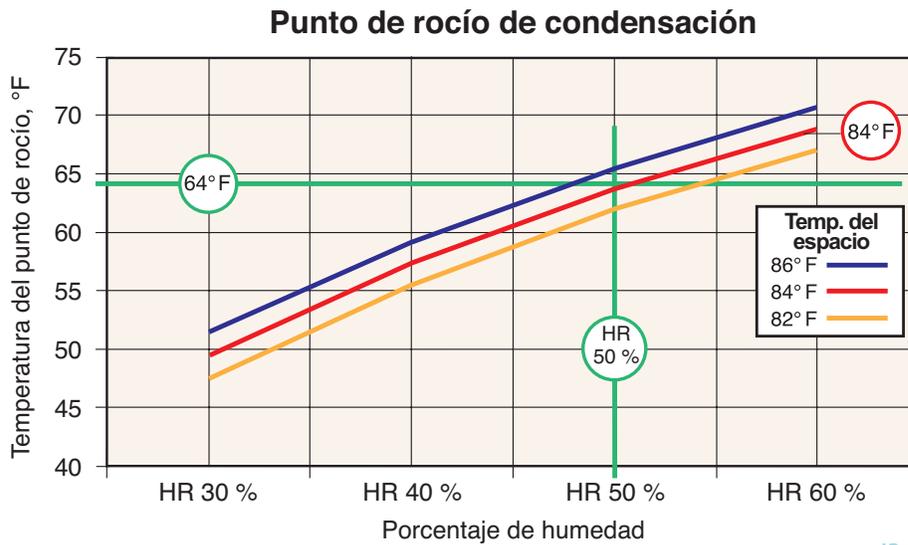


Figura 2. Punto de rocío de condensación de un natatorio

Control del punto de rocío

Todas las paredes, ventanas y puertas externas deben mantenerse por encima del punto de rocío a fin de prevenir la condensación. El control de la condensación es esencial para mantener la integridad del edificio. Como puede verse en el gráfico (Figura 2), el punto de rocío de un natatorio es muy alto. Esto significa que se formará condensación en cualquier superficie que tenga una temperatura inferior al punto de rocío del natatorio.

Con el tiempo, si se permite la formación de condensación, el contenido ácido de la condensación puede destruir elementos clave del edificio como puertas, ventanas, aparatos y, en el peor de los casos, puede destruir un edificio.



Figura 3. Ejemplos de condensación y de distribución deficiente del aire

Barrera de vapor

Una barrera de vapor es un material o película que previene la migración o penetración de la humedad. La humedad se desplaza del aire con alto contenido de humedad al aire con bajo contenido de humedad. En diseños de edificios sin sala de piscina, la barrera de vapor se coloca en el exterior del aislamiento del edificio. La colocación depende de la ubicación geográfica, pero en general la barrera de vapor debe colocarse en el lado en el que es mayor la presencia de humedad. Debido a la alta carga de humedad que existe en una sala de piscina, se requiere que la barrera de vapor se encuentre en el interior de la estructura, en todos los lugares de Norteamérica.

La Figura 4 muestra una pulverización blanca en el exterior del edificio de ladrillo. La pulverización blanca está causada por la penetración de la humedad de la sala de piscina en el ladrillo, como resultado de no haber instalado una barrera de vapor en el interior de la estructura de la pared.

Si la instalación está en un clima frío, la temperatura exterior es inferior a la de congelación, y no se ha instalado una barrera de vapor apropiada, se condensará humedad dentro de la cavidad de la pared. Una vez que se produce la condensación dentro de la cavidad de la pared, se pierde el valor del aislamiento restante y el problema empeora. La condensación producida dentro de una cavidad de pared puede provocar el deterioro o la aparición de moho en la estructura del edificio.



Figura 4. Ejemplo de natatorio sin barrera de vapor, que exhibe una pulverización blanca en el exterior del edificio

De manera similar, todas las ventanas y puertas deben tener un sello muy hermético para prevenir la migración de la humedad. La foto que sigue (Figura 5) muestra una instalación que no selló la superficie de contacto entre la pared y el techo. El aire de la sala de piscina, con mayor contenido de humedad, migró a la unión entre el techo y la pared, se condensó como agua y luego se congeló, formando carámbanos.

La humedad no tiene que desplazarse solo al exterior del edificio para causar daños. Las salas interiores adyacentes, como las oficinas, se mantienen por lo general a 75 °F y una humedad relativa de aproximadamente 40 %. Debido a que este aire tiene un contenido de humedad menor, el aire húmedo de la sala de piscina se desplazará hacia estas salas interiores. Todas las separaciones de la sala de piscina deben contar con una barrera de vapor apropiada; de lo contrario, se producirán daños por humedad entre las paredes.

Presión negativa

De acuerdo con ASHRAE, los natatorios deben mantenerse con una presión de aire negativa (0.05 a 0.15 pulg. de agua) en relación con el exterior y las áreas adyacentes del edificio, para prevenir la formación de condensación en los espacios intersticiales de paredes y cielorraso, y para prevenir la dispersión de cloraminas, otros gases nocivos y humedad a los demás espacios ocupados del edificio. El esquema de presurización del espacio debe mantenerse en todo momento del año y para todas las posibles condiciones de operación.

Para mantener la presión de aire negativa favorable, los sistemas de HVAC utilizan métodos estáticos y activos de control de presión a fin de alcanzar las proporciones correctas de aire de retorno y aire exterior.

Los métodos estáticos emplean sensores de presión para medir los caudales de aire (presión diferencial) en los componentes del sistema de HVAC. Por ejemplo, el serpentín del evaporador, el soplador de extracción y el serpentín de recalentamiento de un deshumidificador. Las compuertas responden a las mediciones a través de un sistema de control automatizado, abriendo o cerrando para entregar la cantidad correcta de aire al equipo o espacio.

Un método activo de control de presión que se adapta bien a los sistemas de control automático, así como a los objetivos de eficiencia energética, es el uso de un variador de frecuencia (VFD) o motores electrónicamente

conmutados (ECM) para el caudal de aire de extracción. Pueden utilizarse en instalaciones nuevas o reconversiones. Los VFD y los ECM reducen o aumentan la velocidad del ventilador para adaptarse a la carga y los requisitos de presión negativa del natatorio en tiempo real. Pueden acelerar o desacelerar el aire de extracción a fin de mantener la presión negativa deseada.

Los VFD y los ECM también producen beneficios de control de presión si se instalan como parte de sistemas de extracción baja de cloraminas. Dado que los ingenieros mecánicos deben especificar los equipos y sistemas de HVAC para el peor de los casos, los sistemas de extracción baja pueden resultar sobredimensionados o funcionar constantemente si no están modulados. Por otra parte, si los sensores miden una presión de aire o un nivel de contaminantes del aire que no están dentro de las



Figura 5. Ejemplo de natatorio con sellos no apropiados que muestra la migración de humedad y la formación de carámbanos

tolerancias para una correcta calidad del aire interior, los VFD pueden aumentar el volumen de extracción en conjunto las compuertas.

Para favorecer la función de presurización negativa del sistema de HVAC, el natatorio debe separarse de los espacios adyacentes mediante barreras de aire y separaciones efectivas. Algunas de estas son las puertas con sellado hermético y el sellado de fisuras en los marcos de puertas y ventanas.



Figura 6. Presurización de edificios

Los vestuarios, vestidores y espacios de preparación de comidas también deben mantenerse a presión negativa respecto a sus espacios adyacentes, pero positiva en relación con el espacio de la piscina. Las áreas de almacenamiento de productos químicos, en cambio, deben tener presión negativa respecto al espacio de la piscina y a todos los demás espacios. Las áreas de almacenamiento de productos químicos, además, deben tener su propio sistema de extracción para prevenir que la humedad y los productos químicos transportados por el aire entren en contacto entre sí.

Áreas de espectadores

Los natatorios y centros acuáticos con áreas de espectadores requieren estrategias de varios niveles por parte de los ingenieros mecánicos y sus sistemas de HVAC. Los espectadores pueden no estar presentes en todo momento cuando los nadadores están utilizando el edificio. Si una competencia de natación trae espectadores, las cargas aumentan. Los espectadores pueden influir en la temperatura del espacio y crear humedad interna adicional por la respiración y la transpiración.

La norma de ventilación ASHRAE 62.1 también requiere que los sistemas HVAC introduzcan aire exterior adicional en el espacio durante eventos con espectadores. Como se indicó anteriormente, la norma requiere un volumen de aire de ventilación de $0.06 \text{ (pies}^3\text{/min)/pie}^2$ para el área destinada a los espectadores más $7.5 \text{ pies}^3\text{/min}$ por espectador en el tiempo en que hay presencia de espectadores. Este es un agregado a la tasa de ventilación para la piscina y la cubierta húmeda.

En modos de evento, los sistemas y equipos de HVAC aumentan los volúmenes de aire exterior como porcentaje del aire suministrado al espacio. La compuerta de ventilación del deshumidificador pasará a una posición más abierta a fin de introducir la cantidad de aire requerida para el evento. El sistema de extracción responderá entonces para mantener el valor de ajuste de presión negativa apropiado. Es una tasa de ventilación más alta que el valor correspondiente al modo ocupado, a fin de proporcionar el volumen requerido para la piscina más los espectadores. Los equipos de HVAC como los deshumidificadores pueden aumentar la cantidad de aire fresco y de extracción mediante el rebalanceo de las compuertas y los ventiladores de extracción.

Dado que la ocupación de espectadores no es constante en la mayoría de las instalaciones, la programación de horarios de los sistemas de gestión del edificio puede reducir los costos de energía relacionados con el acondicionamiento de las áreas de espectadores.

Para aumentar el confort de los espectadores vestidos, muchos propietarios de edificios e ingenieros de HVAC eligen separar la carga de espectadores mediante el uso de sistemas de aire exterior específicos (Dedicated Outdoor Air Systems, DOAS) que envían aire fresco y limpio a los espectadores. Estos sistemas pueden diseñarse para suministrar una temperatura del aire que es aproximadamente dos grados menor que la del aire suministrado al espacio de piscina.

Un DOAS permite el control independiente de la temperatura y un sistema de conductos separado para el suministro de aire. Esta independencia puede reducir los costos de la energía en comparación con los sistemas de HVAC aplicados a las áreas de espectadores y piscina combinadas. Cuando no hay espectadores presentes, el DOAS hace recircular aire para proporcionar la deshumidificación del aire dentro de las áreas de espectadores.

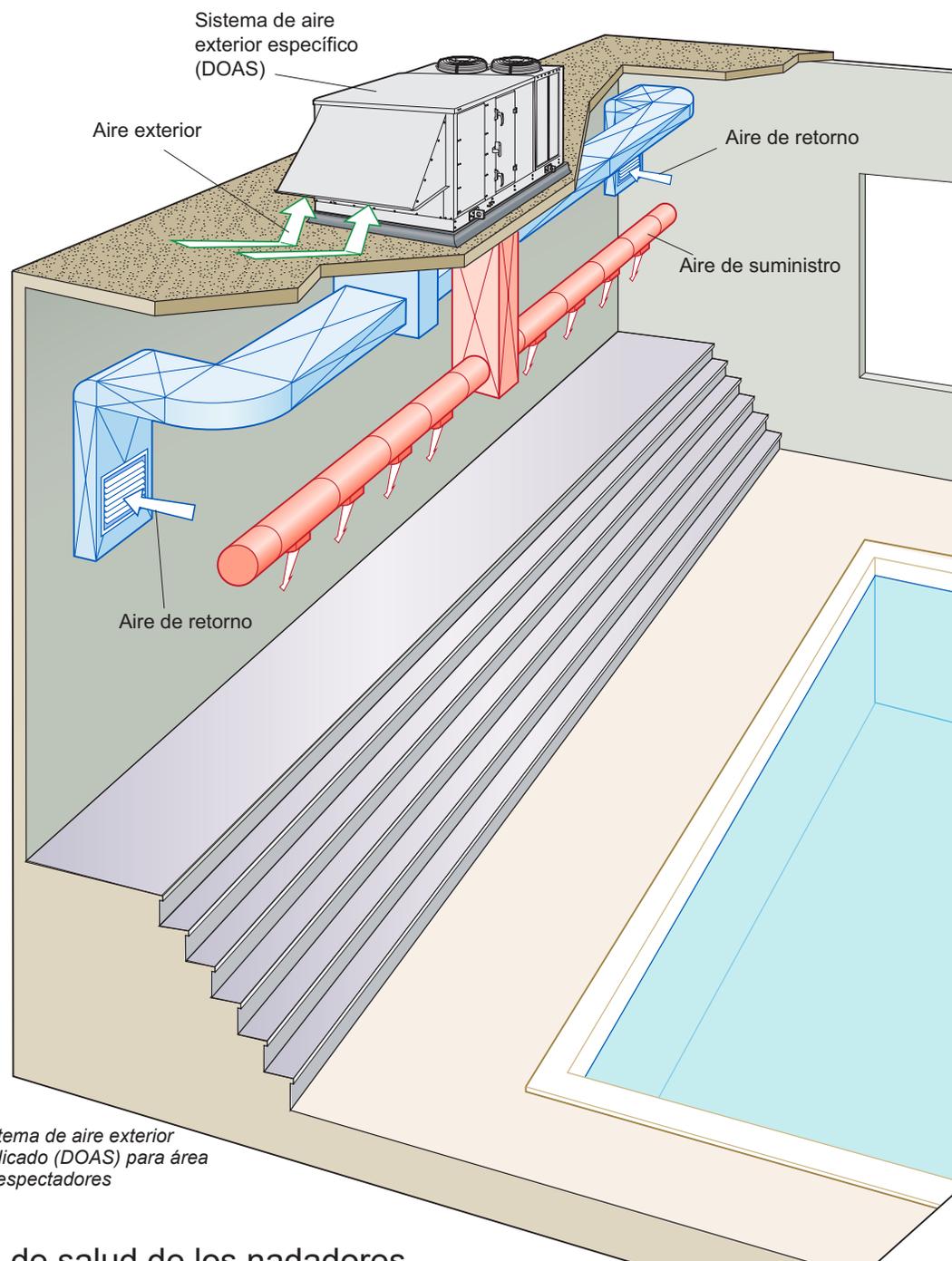


Figura 7. Sistema de aire exterior dedicado (DOAS) para área de espectadores

Problemas de salud de los nadadores

Aire tóxico

En los natatorios, la presencia del 'olor a piscina' (olores de cloro) suele confundirse con el uso de desinfectantes clorados que se agregan al agua de la piscina para destruir los gérmenes que pueden causar diarrea, dolores de oído y pie de atleta a los nadadores. Cuando el olor aumenta y se acumula en el nivel de la piscina o cubierta, puede irritar los ojos, los pulmones y la piel de los nadadores y de los ocupantes. Los productos químicos que están asociados con estos olores tienen un factor de toxicidad, por lo que deben eliminarse de una manera que no cause más incomodidad a los nadadores ni una carga evaporativa mayor. En realidad, el olor químico es el resultado de la interacción de los

desinfectantes clorados con la transpiración, orina, aceites y materiales orgánicos de los nadadores. Las cloraminas son compuestos químicos formados de la reacción de los desinfectantes clorados con el amoníaco de la transpiración y la orina. Cuando hay presencia de olor a piscina o los nadadores tienen los ojos enrojecidos, no hay en realidad una presencia suficiente de cloro.

Existen tres subproductos de cloraminas del proceso de desinfección. Las monocloraminas y las dicloraminas se encuentran predominantemente en el agua, y pueden eliminarse mediante radiación ultravioleta (UV) y otros sistemas de saneamiento. La tricloramina, también conocida como tricloruro de nitrógeno, casi instantáneamente pasa al aire y no permanece en el agua lo suficiente para alcanzar los sistemas de protección de tanque de compensación o UV. Dado que es aproximadamente cuatro veces más pesada que el aire, permanece en la superficie de la piscina y luego es inhalada por los nadadores que se desplazan por el agua.

Contaminantes más comunes transportados por el aire

Se indican a continuación los cuatro principales subproductos de la desinfección transportados por el aire.

- Tricloruro de nitrógeno
- Cloruro de cianógeno
- Trihalometano
- Cianuro de hidrógeno

La forma en que estos subproductos se desplazan desde el agua de la piscina al aire es a través de un proceso similar a la evaporación. Si el aire tiene una concentración menor del subproducto que el agua (menor presión parcial), se produce la migración del agua al aire. Como se indicó anteriormente, los sistemas de tratamiento químico tradicionales no eliminan estos subproductos del agua.

Solución de captura en la fuente

Las estrategias y tecnologías de captura en la fuente han evolucionado hasta el punto en que pueden ayudar a eliminar los subproductos de la instalación, mejorando la calidad del aire y del agua. Deben utilizarse en cualquier natatorio diseñado para contener una gran cantidad de nadadores o de nadadores que permanecerán en el agua durante períodos de tiempo prolongados.

Estas estrategias de captura en la fuente emplean sistemas montados en banco, drenaje o pared posicionados a lo largo de los lados y la cubierta de las piscinas. Estos funcionan en conjunto con los diseños de conductos establecidos por los códigos y las normas de ventilación para suministrar aire. El aire de suministro se arrastra sobre la superficie del agua a una velocidad no mayor de 30 pies por minuto, de manera que el aire contaminado se mueve hacia un punto de baja extracción, en este caso los sistemas de captura en la fuente. El aire contaminado se descarga directamente al exterior.

Estas estrategias de captura en la fuente de extracción baja minimizan y previenen la recirculación de las cloraminas y otros contaminantes aéreos, con lo que ayudan a mantener la calidad del aire de suministro a la zona de respiración del área de la piscina y la cubierta. La ausencia de cloraminas y contaminantes corrosivos también ayuda a proteger los equipos del natatorio y otros componentes del sistema de HVAC.

Uso de productos químicos en la piscina

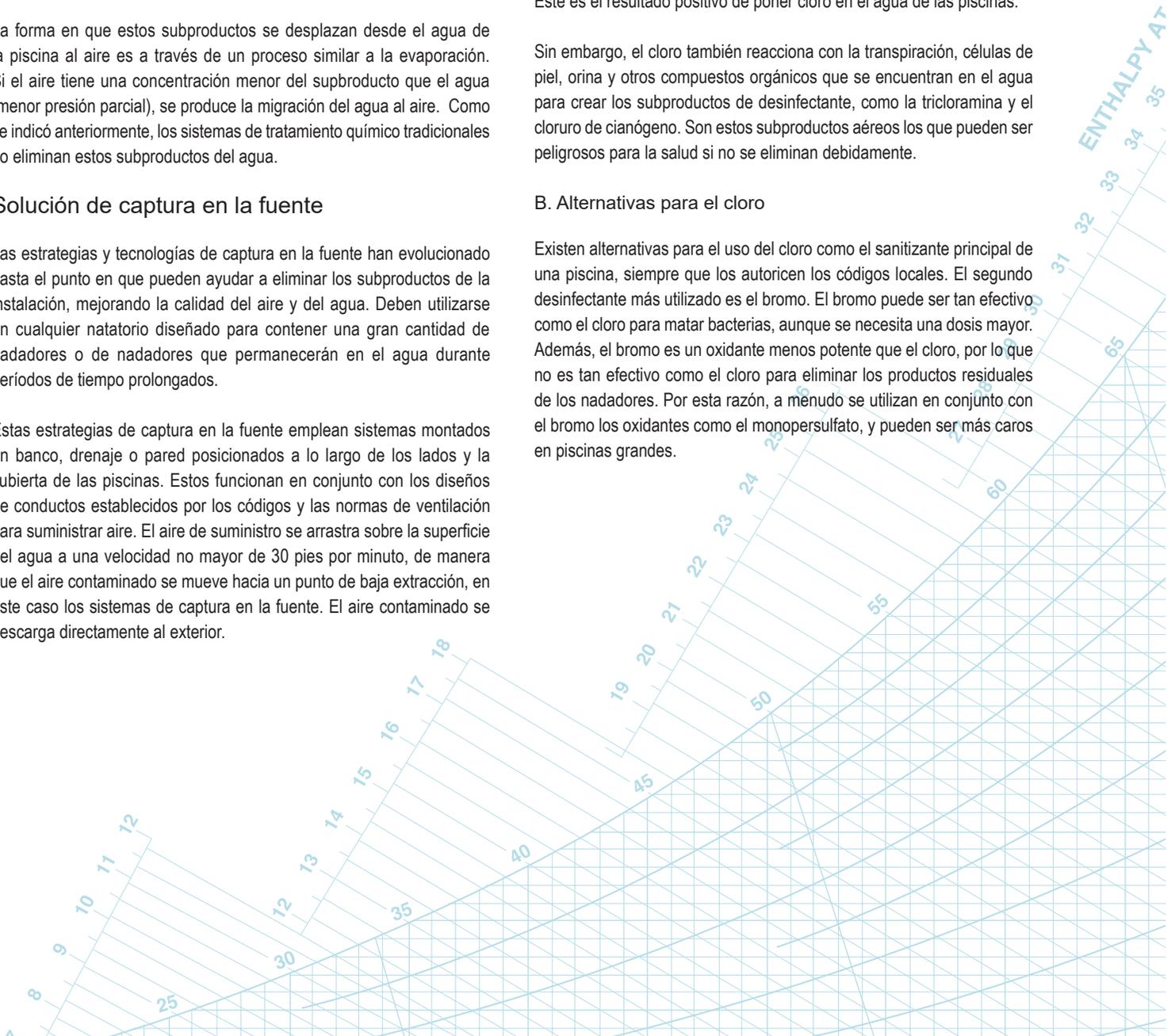
A. Cloro

A menudo se pregunta sobre el por qué del uso de cloro si la emisión de gases es tan perjudicial para los seres humanos. La respuesta es simple: lo bueno sobrecompensa en exceso lo malo. Se pone cloro en el agua para matar microorganismos y bacterias. Si se lo hace correctamente, hace un excelente trabajo. En el agua de la piscina, el cloro se descompone en ácido hipocloroso y iones hipoclorito. Ambos atacan y matan instantáneamente todo microorganismo o bacteria con los que entren en contacto, al atacar los lípidos de sus paredes celulares. Este es el resultado positivo de poner cloro en el agua de las piscinas.

Sin embargo, el cloro también reacciona con la transpiración, células de piel, orina y otros compuestos orgánicos que se encuentran en el agua para crear los subproductos de desinfectante, como la tricloramina y el cloruro de cianógeno. Son estos subproductos aéreos los que pueden ser peligrosos para la salud si no se eliminan debidamente.

B. Alternativas para el cloro

Existen alternativas para el uso del cloro como el sanitizante principal de una piscina, siempre que los autoricen los códigos locales. El segundo desinfectante más utilizado es el bromo. El bromo puede ser tan efectivo como el cloro para matar bacterias, aunque se necesita una dosis mayor. Además, el bromo es un oxidante menos potente que el cloro, por lo que no es tan efectivo como el cloro para eliminar los productos residuales de los nadadores. Por esta razón, a menudo se utilizan en conjunto con el bromo los oxidantes como el monopersulfato, y pueden ser más caros en piscinas grandes.



C. Piscinas de agua salada

Las piscinas de agua salada se han vuelto populares entre los nadadores debido a la sensación más suave del agua. Esto puede ser popular entre los operadores de piscinas, porque la sal es más segura para almacenar que el cloro.

Sin embargo, una percepción errónea muy común es que se trata de un entorno libre de cloro. La realidad es que una piscina de agua salada también es una piscina con cloro. El sistema de la sal trabaja enviando el agua de la piscina a través de una célula salina con placas metálicas. Estas placas reciben una carga eléctrica, y la electrólisis produce cloro. Al regresar el agua a la piscina, ahora contendrá cloro y ácido hipocloroso, al igual que en una piscina clorada normal, aunque las concentraciones pueden ser menores.

El ingeniero de diseño y el operador de la piscina deben tener cuidado con una piscina de agua salada, porque la sal en el agua puede conducir una corriente eléctrica de bajo nivel que cause una reacción galvánica si existen componentes metálicos que no estén en la misma conexión a tierra.

Si se especifica un condensador de agua de piscina para un deshumidificador que funciona en una piscina de agua salada, también debe especificarse que las conexiones de entrada y de salida del condensador de agua vayan a la caja de conexiones eléctricas a fin de llevarlas a una tierra común.

Diseño correcto del flujo de aire

La sección Panorama general de esta guía indicó la manera en que los natatorios y centros acuáticos crean un entorno de aplicación desafiante para los sistemas de climatización. Estos sistemas deben mover volúmenes de aire considerables para controlar la temperatura, la humedad y la presión. La velocidad del flujo de aire creado, la ubicación del conducto que suministra el flujo de aire y la naturaleza de los materiales de construcción también juegan un papel en la provisión de una calidad de aire interior aceptable para los nadadores, y en la protección del edificio y sus equipos.

El diseñador puede utilizar un conducto textil o metálico para cumplir con los objetivos de una correcta distribución de aire. Cada uno tiene sus propios méritos y depende de las preferencias personales.

El Instituto Estadounidense de Normas Nacionales (American National Standards Institute, ANSI) ha acreditado a la Asociación Nacional de Contratistas de Chapa Metálica y Aire Acondicionado (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association, SMACNA) de los EE. UU. como la organización principal de establecimiento de normas para el diseño y construcción de conductos de HVAC.

Las normas SMACNA para sistemas de conductos abordan la construcción e instalación de conductos, la calidad del aire interior y la recuperación de energía. Normas de construcción de conductos de HVAC, metálicos y flexibles (HVAC Duct Construction Standards - Metal and Flexible) es la cuarta edición (actual) recomendada para su empleo por los profesionales de diseño, así como Diseño de sistemas de conductos de HVAC (HVAC Systems Duct Design), 4.ª edición.

Diseño de conductos

Los conductos del aire de suministro deben formar una 'U' alrededor de tres lados de la piscina. Esto proporciona un flujo de aire que se desplaza a través de las ventanas y las paredes exteriores (las 'lava') con aire de suministro seco. La configuración del conducto también eleva la temperatura de la superficie interior mientras le aplica una corriente del aire de más bajo punto de rocío que el de la instalación. El tamaño y las dimensiones del conducto deben observar las normas de diseño de SMACNA o las pautas de diseño proporcionadas por los fabricantes de conductos textiles.

Como se indicó en la sección de condensación, el flujo de aire correcto en las paredes exteriores, ventanas y puertas elimina o minimiza la condensación que puede deberse a los altos niveles de humedad y de temperatura de una instalación de piscina cubierta que entra en contacto con una superficie fría. En función del área superficial de las ventanas y paredes, el caudal de aire de suministro seco se establece en 3 a 5 pies³/min por pie².

Los ingenieros de HVAC instalan las rejillas de aire de retorno y de aire de extracción en el cuarto lado o pared de los natatorios. Las mejores ubicaciones para las rejillas de aire de retorno son las de media y gran altura. Las ubicaciones más altas optimizan la recuperación del aire de mayor temperatura y mayor contenido de humedad, ya que el aire caliente y húmedo asciende. Esto también evita que los retornos de aire queden bloqueados por los muebles de la piscina y las tribunas de espectadores. Los retornos altos deben estar tan cerca del cielorraso como sea posible, y los retornos de altura media entre 6 y 8 pies por encima de la cubierta de la piscina y los niveles de espectadores.

Esta combinación del aire de suministro en forma de 'U' y aire de retorno en la cuarta pared proporciona la mejor solución para utilizar una técnica de aire de extracción de captura en la fuente (vea las Figuras 8 y 9).

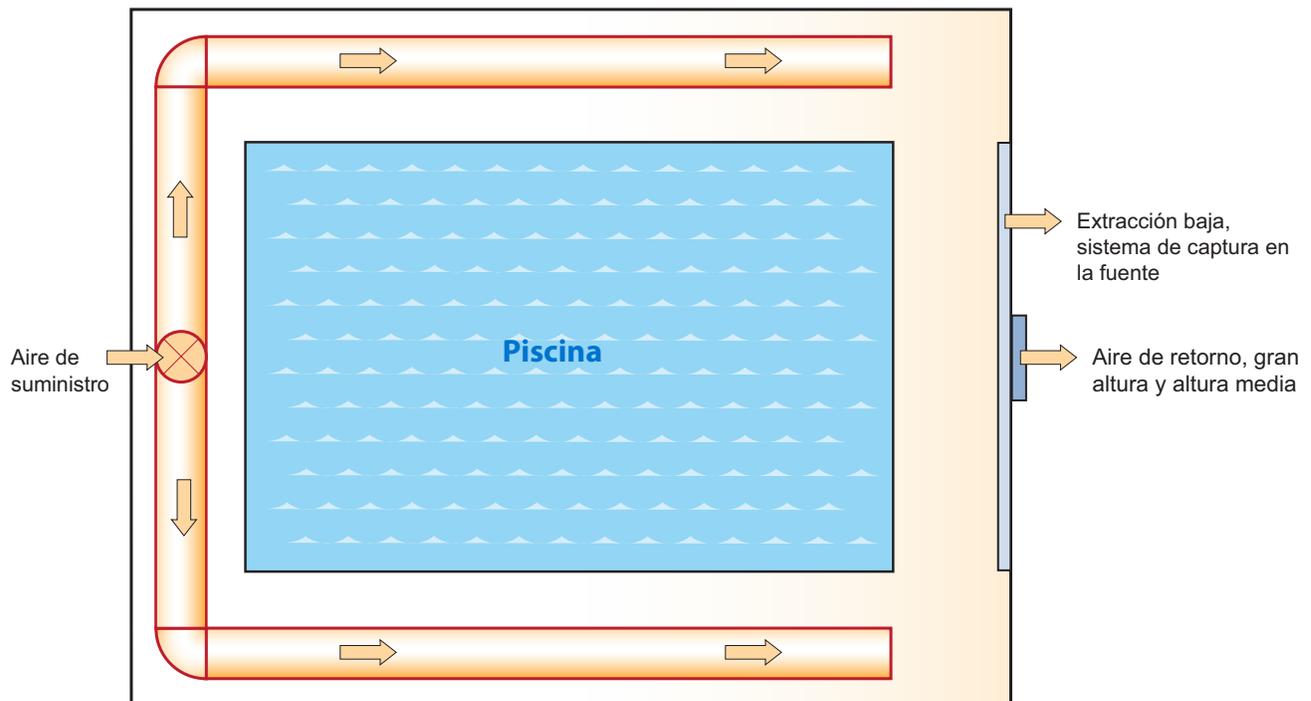


Figura 8. Vista superior del diseño del conducto

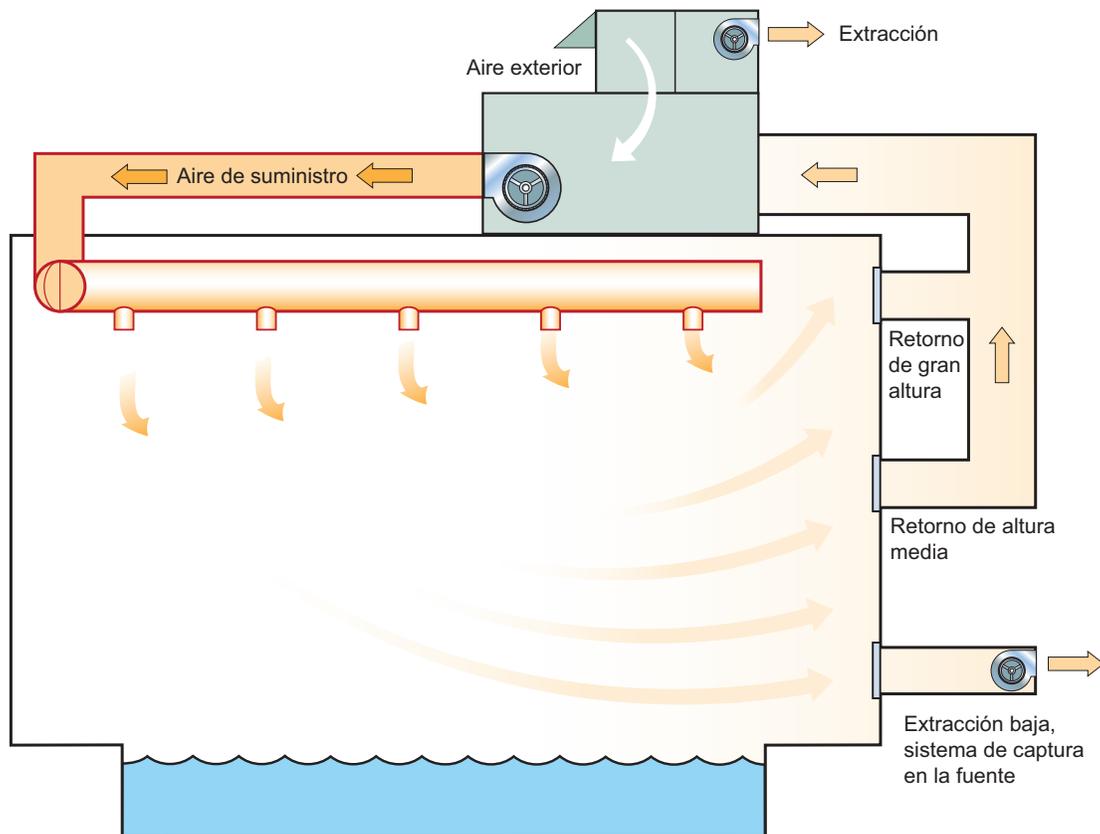


Figura 9. Vista en planta del diseño del conducto

Los ingenieros y arquitectos deben elegir para los conductos materiales y métodos de construcción que sean adecuados para entornos con humedad y mojaduras, y en los que hay presencia de productos químicos transportados por el aire. La humedad y los productos químicos atacan a los conductos, rejillas, registros, difusores y gabinetes de equipos. Para los conductos sobre el nivel del suelo se utiliza conducto textil, acero galvanizado o aluminio; para los conductos por debajo del nivel del suelo se utiliza PVC. Se utiliza una pintura epoxica especial para mejorar la resistencia a la corrosión en el acero galvanizado, conductos de aluminio y acero inoxidable 316. Los materiales elegidos para las rejillas, registros y difusores son el aluminio y el plástico.

Tasa de aire de suministro

El aire de suministro debe entregarse a una tasa constante a fin de lavar continuamente las paredes, ventanas y puertas. La tasa de aire de suministro no debe disminuir en las horas sin ocupación.

Para proporcionar suficiente corriente de aire a las paredes y ventanas, evitar la estratificación y llevar el aire hasta la zona de respiración, el Manual de aplicaciones (Applications Handbook) 2019 de ASHRAE recomienda las tasas de cambio de aire que se indican a continuación.

- 4 a 6 cambios de aire por hora para piscinas sin áreas de espectadores
- 6 a 8 cambios de aire por hora para piscinas con áreas de espectadores
- 4 a 6 cambios de aire por hora para piscinas terapéuticas

Debe notarse que estos son cambios de aire dentro de la sala. La tasa de ventilación de aire exterior se considera según una fórmula diferente, como se indicó anteriormente en esta guía.

Otra estrategia para considerar los problemas de calidad del aire interior consiste en el uso de ventiladores de baja velocidad y alto volumen. Estos pueden incluirse en los diseños de sistemas de HVAC para natatorios a fin de proporcionar un flujo de aire a las áreas de cielorraso que serían difíciles de alcanzar por el conducto de suministro. No deben utilizarse en la configuración de flujo descendente, porque puede influir en el flujo de aire sobre la superficie de la piscina.

Consideraciones de diseño de equipos de deshumidificación

Componentes del sistema deshumidificador

Como mínimo, el deshumidificador del natatorio es un climatizador dimensionado para eliminar la humedad a una tasa igual a la de evaporación del agua de la piscina más (o menos) la carga de aire de la ventilación de verano.

Los deshumidificadores SelectAire™ y SelectAire Plus™ de Desert Aire para natatorios y centros acuáticos van más allá de la definición estándar de climatizador. Los deshumidificadores SelectAire™ y SelectAire Plus™ de Desert Aire cumplen con los requisitos integrados de los natatorios y sus propietarios para proteger la salud de los usuarios del edificio, mantener niveles ideales de temperatura y humedad, promover la integridad estructural del edificio y de su contenido, y conservar la energía.

Los deshumidificadores SelectAire™ y SelectAire Plus™ de Desert Aire son del tipo de refrigerante; proporcionan sistemas de lazo cerrado que transfieren de manera efectiva tanto el calor latente como el calor sensible de un entorno interior a diversos disipadores de calor alternativos.



Figura 10. Deshumidificadores SelectAire™ (arriba) y SelectAire Plus™ (abajo)

En todos los deshumidificadores Desert Aire existe un serpentín de recalentamiento de aire o de condensador; ese es el disipador de calor más común. El condensador o combinación de condensadores debe dimensionarse para el calor total de rechazo (total heat of rejection, THR) del sistema.

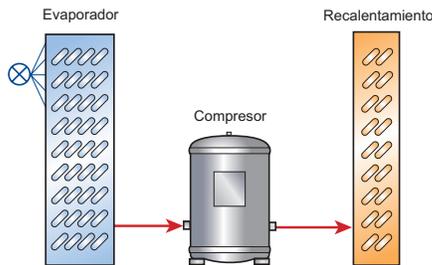


Figura 11. Esquema de refrigeración sin recuperación de la piscina

Puede agregarse un serpentín calentador de agua como disipador de calor adicional. Este componente es por lo general un intercambiador de calor del tipo de 'tubo en tubo' (coaxial), que permite que el agua absorba el calor del refrigerante caliente. Una válvula desviadora controla si el refrigerante va al serpentín de recalentamiento de aire o al serpentín del calentador de agua. En la mayoría de las aplicaciones el serpentín de recalentamiento de aire tiene prioridad.

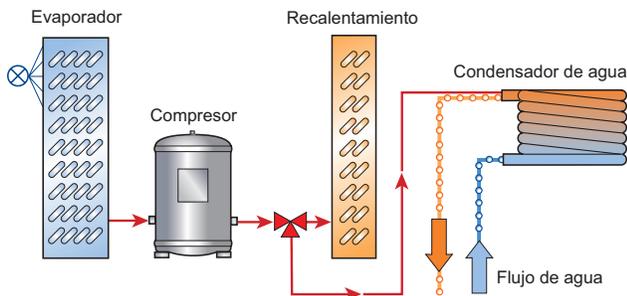


Figura 12. Esquema de refrigeración con recuperación de la piscina

Existen varios usos posibles del agua para esta energía del disipador de calor. Algunos ejemplos son: agua de la piscina, agua de spa, agua potable y agua de calefacción hidrónica. El serpentín de calentador de agua se selecciona para que sea compatible con la fuente de agua utilizada. Si se incluye el intercambiador de calor de refrigerante a agua, no debe reemplazar al artefacto principal de calentamiento del agua de la piscina. La opción de calentamiento del agua de la piscina de Desert Aire complementa el calentamiento de la piscina mediante el uso de energía recuperada, pero no debe utilizarse como el único método de calentamiento de la piscina.

También puede agregarse al deshumidificador un condensador remoto enfriado por aire. Este se utilizaría solo cuando no haya otros usos para

esta energía. Esto resulta similar a un acondicionador de aire estándar con el agregado de un condensador fuera del espacio acondicionado. Cuando todos los demás disipadores de calor hayan satisfecho los respectivos valores de ajuste, una válvula desvía el refrigerante caliente al exterior, donde el condensador remoto disipa el calor al entorno circundante. Este condensador debe dimensionarse de acuerdo con el deshumidificador para asegurar una carga y operación apropiadas.

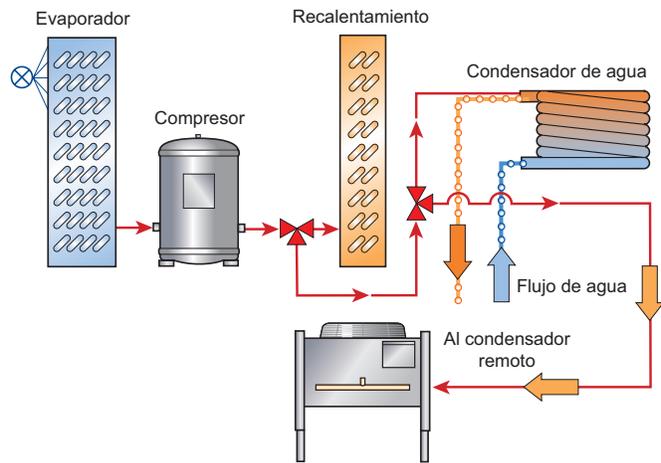


Figura 13. Esquema de refrigeración con todos los modos

Cuando se utiliza el condensador remoto, el aire frío del serpentín del evaporador no se recalienta. El aire que sale del deshumidificador está más frío que el aire entrante. La capacidad total de acondicionamiento de aire es función de las cargas latente y sensible en la sala.

Para aplicaciones en las que un condensador remoto enfriado por aire no es práctico, como en un conjunto de líneas largas, puede utilizarse un intercambiador de calor de refrigerante a agua y un enfriador de fluidos para satisfacer las necesidades de enfriamiento del espacio.

Opciones de diseño de deshumidificadores

Al planificar una aplicación de deshumidificador, existen varias especificaciones clave que deben considerarse.

Primero, ¿cuánta humedad debe eliminarse del natatorio? Esto se calcula por lo general en libras por hora de agua. Una vez seleccionado un tamaño, debe tomarse una decisión sobre los disipadores de calor apropiados. Las respuestas a la pregunta sobre el disipador de calor dictarán entonces si se selecciona una unidad enfriada por aire o enfriada por agua y si se necesita un enfriador de fluidos.

Las principales características y beneficios de los deshumidificadores SelectAire™ y SelectAire Plus™ de Desert Aire son el cumplimiento de los códigos de ventilación; la recuperación del aire de extracción; la flexibilidad del aire de ventilación; las capacidades del condensador del agua de la piscina; la integración con un sistema de captura en la fuente; y la recuperación de las energías latente y sensible. También está disponible el retorno del condensado al sistema del agua de la piscina, en caso de que los códigos lo permitan.

Los deshumidificadores Desert Aire integran todos los componentes del aire de ventilación a través del deshumidificador para asegurar las proporciones correctas de aire de retorno, aire de suministro, aire de extracción y aire exterior, y para mantener una presión negativa en el espacio.

Dado que el aire acondicionado que regresa al deshumidificador contiene energía sensible en forma de calor y energía latente en forma de humedad, existe una oportunidad para obtener un ahorro de energía antes de extraer el aire acondicionado del sistema de HVAC.

Economizadores

Los diseñadores de edificios suelen pedir a los ingenieros mecánicos que incluyan en los diseños de sus sistemas equipos de HVAC con características de eficiencia energética, como las funciones de economizador. Quieren que los nuevos edificios cumplan con ASHRAE 90.1, una norma que proporciona los requisitos mínimos de los diseños de eficiencia energética para edificios. Los equipos de HVAC de esta clasificación comprenden acondicionadores de aire, bombas de calor, hornos y calderas.

La inclusión de los deshumidificadores en esta clasificación es un error común. El código especifica que cualquier acondicionador de aire con un volumen de aire de suministro mayor de 5000 pies³/min utilice un economizador en la mayoría de las zonas climáticas.

Los deshumidificadores no están en la misma clasificación de equipos que los acondicionadores de aire, porque funcionan principalmente en los modos de deshumidificación y de calentamiento, no en los modos de acondicionamiento de aire. Por consiguiente, ASHRAE 90.1 no se aplica directamente al deshumidificador de la sala de piscina.

Sin embargo, para cumplir con las peticiones del propietario del edificio y cumplir con los códigos locales, existen los deshumidificadores con características de economizador, que teóricamente pueden ser aptos para algunos climas en determinadas condiciones. Cuando se presentan determinadas condiciones de clima y de entalpía, el aire exterior puede satisfacer los requisitos de enfriamiento y de deshumidificación para la instalación de la piscina.

Las simulaciones muestran típicamente que un deshumidificador equipado con un economizador para una piscina cubierta no proporciona 'economía' operacional. Esto se debe a la importante penalización energética de los sopladores grandes y su baja calificación de eficiencia energética (Energy Efficiency Rating, EER) en los modos de enfriamiento y de deshumidificación. Cuesta más dinero operar el deshumidificador equipado con economizador en comparación con otros deshumidificadores.

Modo de purga

Muchos ingenieros de diseño y operadores de piscinas requieren un modo de purga. Esto permite purgar la sala de aire interior y reemplazarlo por aire exterior rápidamente. En todos los casos, la purga se produce durante las horas sin ocupación.

El Código Modelo de Salud Acuática recomienda establecer el modo de purga a un mínimo del doble de la tasa de aire exterior requerida por el código. El sistema SelectAire™ y SelectAire Plus™ de Desert Aire puede suministrar hasta el 50 % del caudal de aire total cuando se encuentra en el modo de purga.

Un error común de diseño es programar un 100 % de aire exterior para la purga. La diferencia en tiempo entre una purga completa de un espacio de natatorio al 100 % en comparación con el 50 % es normalmente de unos 20 minutos o menos. Sin embargo, el calefactor de reserva debe duplicar el tamaño para manejar el requisito de calefacción completo de una purga de 100 % que ocurre en un día de invierno con la carga de diseño. Esto agrega un costo de equipos considerable más una mayor carga estructural.

Maximización de la recuperación de energía

Desert Aire emplea técnicas y diseños que maximizan la recuperación de energía. Los deshumidificadores alcanzan la eficiencia energética sin cargar al equipo con sistemas de ventilador y motores diseñados para introducir y extraer el 100 % de aire exterior. Este sistema también ahorra una energía considerable en comparación con un sistema de aire exterior durante períodos sin ocupación, debido a que no tiene que extraer toda la energía latente del edificio mientras hace entrar aire exterior que debe calentarse.

Los sistemas SelectAire™ y SelectAire Plus™ de Desert Aire cuentan con dos reguladores de tiro de aire de extracción. Uno está corriente arriba del serpentín del evaporador y el otro está corriente abajo. Esta característica especial de diseño permite a los deshumidificadores SelectAire™ aprovechar dos principios básicos de la termodinámica sin afectar la capacidad de enfriamiento sensible de las unidades: el aire de extracción en su punto más frío, y el aire de extracción en su punto más caliente.

Cuando el espacio requiere calefacción, se extrae aire después del serpentín del evaporador para recuperar la energía contenida en el aire de extracción antes de su descarga. En el modo de enfriamiento, el aire que está caliente y húmedo se extrae mediante el serpentín del evaporador.

Los sistemas SelectAire™ and SelectAire Plus™ utilizan el principio de una bomba de calor para recuperar energía en el modo de calefacción, al operar uno de los dos circuitos en conjunto con el aire de extracción. Como se indicó anteriormente, el aire de extracción se constituye de dos componentes de energía: la sensible y la latente. El serpentín del evaporador frío absorbe ambos componentes. Además de esta energía, la energía necesaria para operar los compresores regresa en forma de calor. Esta opción proporciona la eficiencia de un alto coeficiente de rendimiento (coefficient of performance, COP) al ciclo de recuperación de aire de extracción.

Este diseño de Desert Aire es el método más eficiente para recuperar la energía total del aire de extracción. Dado que los caudales de aire y las cargas se mantienen a través de la secuencia especial de control de flujos de aire, la cantidad de recuperación puede optimizarse.

Otros sistemas que utilizan intercambiadores de calor pasivos no pueden recuperar la energía latente durante la mayor parte de la operación, por lo que la cantidad de recuperación sensible depende de la temperatura exterior. Además, su efectividad de recuperación real es variable, ya que cambia en función del diferencial de temperatura. Los intercambiadores de calor pasivos requieren energía adicional del ventilador y no pueden aprovechar completamente el enfriamiento del aire exterior libre a menos que se instalen controles y compuertas de bypass.

Los sistemas SelectAire™ y SelectAire Plus™ tienen una tasa constante de recuperación de energía cuando están activados, y están siempre controlados automáticamente sobre la base de la condición de la zona.

Integración con la captura en la fuente

Si los diseños de HVAC del natatorio incluyen sistemas de evacuación de captura en la fuente de cloraminas como el FreshAire Evacuador®, los deshumidificadores Desert Aire pueden proporcionar todo el aire de ventilación, incluido el necesario para la operación del FreshAire Evacuador®.

El sistema de control de Desert Aire modula la velocidad de extracción del FreshAire Evacuador® en función del modo de operación requerido. El deshumidificador Desert Aire puede variar el volumen de aire exterior y de aire de extracción sobre la base del nivel de contaminantes dentro del natatorio.

*Evacuador® es una marca registrada de Paddock Industries.



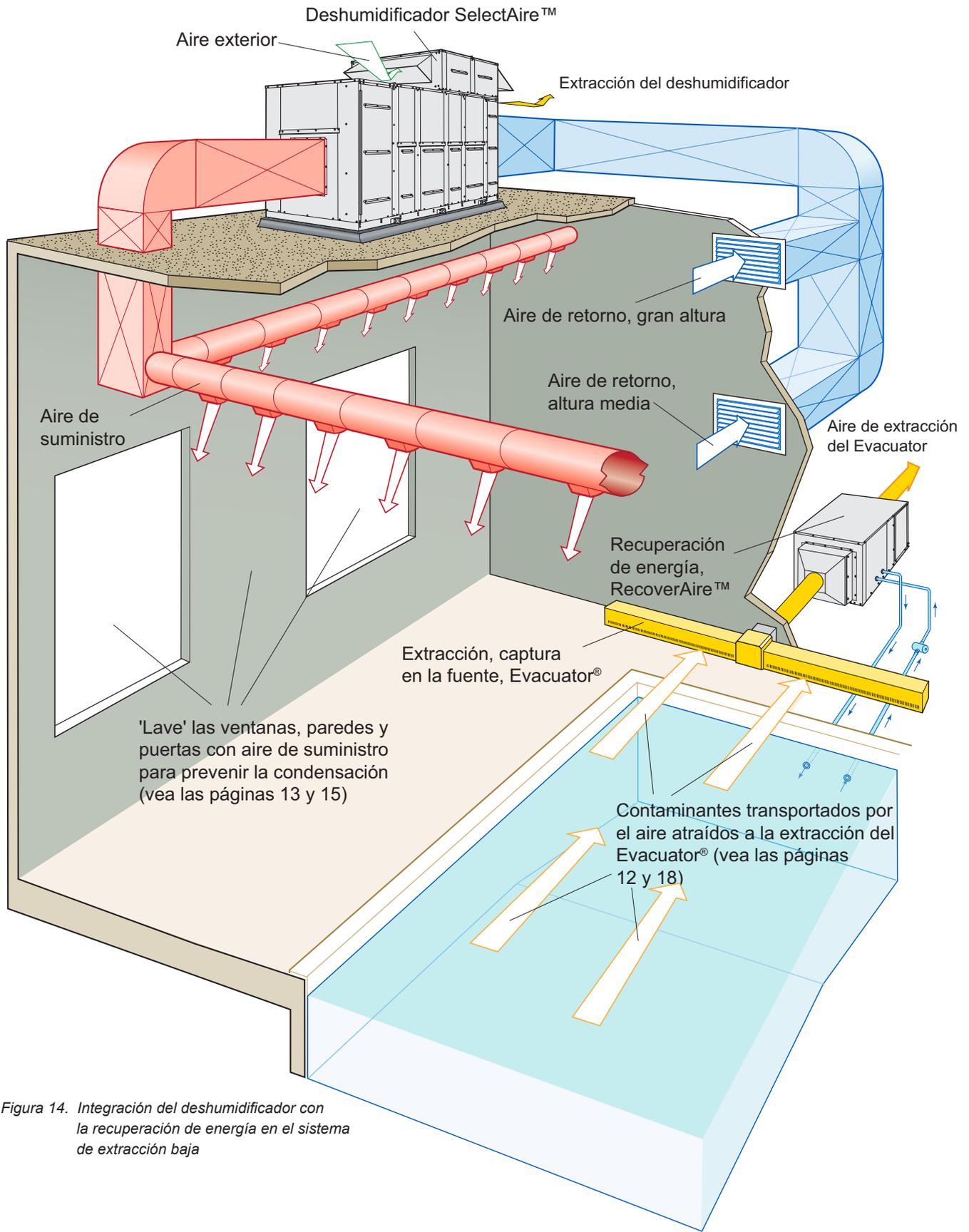


Figura 14. Integración del deshumidificador con la recuperación de energía en el sistema de extracción baja

La clave para esta integración es el uso de un elemento detector de VOC que pueda detectar la presencia de niveles interiores de productos químicos como las cloraminas. Esto es similar al uso de los sensores de CO₂ en aplicaciones generales de ventilación, pero dado que la fuente principal de contaminación es un compuesto orgánico volátil (VOC), el sensor de VOC es más apropiado para el entorno de la piscina.

Esto proporciona la capacidad de optimizar el volumen de aire de extracción requerido con el costo de la energía de hacerlo, y asegura un entorno de piscina apropiado para los ocupantes. Si el sensor de VOC no está incluido en la instalación, los deshumidificadores SelectAire™ y SelectAire Plus™ extraerán todo el aire sin optimizar su volumen.

La tabla que sigue (Figura 15) muestra un ejemplo de la flexibilidad del sistema de control de Desert Aire para cumplir con las necesidades de calidad del aire interior (IAQ) en salas de piscina con diversos niveles de ocupación.

Modo de operación	pies ³ /min			
	Aire de extracción baja	Aire de extracción del deshumidificador	Aire de extracción total	Aire exterior total
Desocupado	2200	0	2200	1800
Ocupación normal	2200	2200	4400	4000
Ocupación en eventos	2200	3000	5200	4800
Ocupación máxima	4400	4400	8800	8400
Purga (sin compresor)	4400	6600	11 000	10 600

Figura 15. Ejemplo de configuración de flujo de aire del deshumidificador SelectAire™

Recuperación de energía en el sistema de extracción baja

Un sistema que funciona correctamente no recircula el aire que se extrae del sistema de extracción baja; de lo contrario, el sistema volvería a introducir en el espacio los productos químicos altamente concentrados. Una percepción negativa de este sistema es que tiene un contenido de energía importante que está puentando la capacidad de recuperación del deshumidificador SelectAire™. Para minimizar esta pérdida, debe instalarse un sistema de recuperación de bomba de calor de aire a agua RecoverAire™ de Desert Aire en lugar de un soplador de aire de extracción básico. Mediante el uso de una bomba de calor de alto coeficiente de rendimiento (COP), el sistema puede recuperar hasta un 75 % de la pérdida de calor en la piscina.

El sistema RecoverAire™ de Desert Aire se ha diseñado para enfrentar los desafíos del sistema de extracción baja. Interactúa directamente con el sistema SelectAire™ para facilitar la configuración y el balance en el campo. Extraer demasiado aire es un derroche de energía, pero dado que cada natatorio es diferente, la dupla SelectAire™/ RecoverAire™ proporciona al usuario final el control para optimizar el volumen de aire en los 5 modos de operación. Esta capacidad equilibra el volumen del aire exterior para asegurar una calidad de aire interior (IAQ) apropiada y a la vez minimizar el costo del tratamiento de este aire exterior.

Consideraciones sobre la instalación

Los deshumidificadores SelectAire™ y SelectAire Plus™ pueden instalarse en interiores o en exteriores. Las unidades destinadas a la instalación en exteriores están equipadas en fábrica con aislamiento adicional, sellado hermético extrarresistente y cubiertas para lluvia especiales montadas en la toma de aire exterior. Cuando sea necesario, también pueden instalarse en bordes de techo que permitan al aire de suministro y retorno inferior cumplir con las especificaciones de diseño de HVAC.

La instalación correcta del deshumidificador en el sistema HVAC total requiere un planeamiento cuidadoso. Todo el calor disponible del proceso de deshumidificación se deriva del compresor y la conversión de la energía latente a través de tecnología de refrigeración.

Con una carga de humedad que fluctúa estacionalmente o un problema de mantenimiento, como el drenaje de la piscina del natatorio, deben agregarse calentadores de piscina complementarios para compensar la falta de calor de la deshumidificación. Del mismo modo, el deshumidificador también debe incluir una forma auxiliar de calefacción del espacio. Esto puede ser en forma de un serpentín de agua caliente, eléctrico integrado o un calentador de gas, aguas abajo del soplador.



Figura 16. Sistema de recuperación de bomba de calor de aire a agua RecoverAire™ de Desert Aire

Otro factor que requiere atención es la extracción de condensado del deshumidificador. Algunos códigos locales establecen que el condensado debe canalizarse hacia un drenaje; pero muchos permiten el retorno del condensado al sumidero corriente arriba del sistema de alimentación de productos químicos y filtro. El volumen del agua recuperada puede ser importante, y puede igualar el volumen total de la piscina por año.

Esta debe ser una consideración en un natatorio diseñado para alcanzar altos niveles de reconocimiento en el programa de certificado de Liderazgo en Diseño de energía y Medioambiental. (Leadership in Energy & Environmental Design, LEED). Para recuperar el agua de condensado, el deshumidificador emplea un sistema de drenaje por gravedad. Una conexión de drenaje no presurizado o una bomba de condensado regresa el condensado que está corriente arriba del sumidero.

Muchos natatorios más antiguos con salas mecánicas interiores no tomaron en consideración que el sistema de deshumidificación debería reemplazarse durante la vida útil de la instalación. El retiro del sistema defectuoso es la parte más fácil del proyecto de reconversión, mientras que el desplazamiento del nuevo deshumidificador a la sala mecánica puede ser muy desafiante. Desert Aire ofrece una solución a este problema mediante la división en secciones de nuestros deshumidificadores serie SelectAire™. Desert Aire trabaja con el cliente para determinar el tamaño y peso máximos de la mayor sección que puede llevarse hasta la sala mecánica. La ingeniería de Desert Aire utiliza esta información para crear una unidad dividida



Figura 17. El SelectAire Plus™ de Desert Aire

de la serie SelectAire™ que cumpla con las necesidades de desempeño del natatorio tomando en consideración los problemas logísticos causados por el acceso a la sala mecánica. Vea un ejemplo en la Figura 18.

Las características clave de las unidades divididas de Desert Aire son las siguientes:

- Válvulas de refrigeración provistas cuando se requiere la división de circuitos de refrigeración
- Arneses de conexionado con conectores de acoplamiento y tiras de terminales para distribuir la alimentación eléctrica a la unidad
- Juntas y bordes bridados para las secciones de sellado



Figura 18. Unidad dividida SelectAire™ lista para el envío

Puesta en servicio

Un proceso de diseño con un enfoque integrado para el sistema de HVAC de un natatorio debe incluir la puesta en servicio. La puesta en servicio engloba un conjunto de técnicas y procedimientos para verificar, inspeccionar y probar cada componente operacional del sistema a fin de confirmar si el conjunto funciona de acuerdo con el diseño.

El sistema debe probarse completamente para verificar los caudales de aire, presurización negativa, operación en todos los modos de los estados ocupados y no ocupados, calefacción y enfriamiento del espacio, control de la humedad, calentamiento del agua e integración con el sistema de captura en la fuente.

Puesta en marcha certificada por la fábrica

Debido a las complejidades del diseño de HVAC de un natatorio, la puesta en marcha de un sistema de SelectAire™ o SelectAire Plus™ de Desert Aire debe estar a cargo de técnicos de fábrica o de técnicos locales que cuenten con certificación de haber sido capacitados en fábrica por Desert Aire.

Capacitación del personal del establecimiento

El proceso de puesta en marcha y puesta en servicio de los equipos debe incluir la capacitación del personal de mantenimiento del natatorio. El personal de mantenimiento debe contar con una comprensión básica de HVAC y de los sistemas de deshumidificación de piscinas. La capacitación debe incluir las condiciones de diseño de la sala de piscina, descripción general de la secuencia de operación, y navegación de la interfaz de usuario del control de operación del deshumidificador. Esta capacitación también debe incluir la configuración de programación de los modos No ocupado, Ocupado y Evento.

Otros miembros del personal del natatorio, como directores acuáticos y salvavidas, deben estar informados de las condiciones de diseño de la sala de piscina y de la importancia de mantener estas condiciones.

Conclusiones

Las nuevas formas en que las personas utilizan los natatorios y los establecimientos de piscinas cubiertas imponen a los sistemas de HVAC y a los edificios exigencias que no estaban presentes hasta hace unos pocos años.

Además de trabajar en armonía con los sistemas que controlan la temperatura del agua y la calidad del agua, el sistema de HVAC para el natatorio del siglo 21 debe proteger la salud de los usuarios del edificio, promover la integridad estructural a largo plazo del edificio y los sistemas de soporte, y conservar los recursos de energía, agua y tratamiento de agua.

En la actualidad, existe una matriz de estrategias, tecnologías y recursos de la industria que proporcionan a los propietarios de edificios, contratistas mecánicos e ingenieros las soluciones a estos desafíos.

Como componentes clave de los sistemas de HVAC y de sus diseños, los deshumidificadores SelectAire™ y SelectAire Plus™ de Desert Aire contribuyen a satisfacer las necesidades holísticas de los natatorios y los centros acuáticos. Un sistema Desert Aire elimina correctamente la humedad para favorecer un mayor confort, proteger la integridad estructural, mejorar la calidad del aire interior y conservar recursos.

Para obtener más información sobre cómo enfrentar los desafíos del diseño de HVAC de su natatorio del siglo 21, contacte con Desert Aire en la dirección que se indica a continuación.

Desert Aire Corp.
N120 W18485 Freistadt Road
Germantown, WI 53022 - EE. UU.
Teléfono: (262) 946-7400 Fax: (262) 946-7401
www.desert-air.com sales@desert-air.com





OPTIMIZACIÓN DE SOLUCIONES A TRAVÉS DE UNA
TECNOLOGÍA DE DESHUMIDIFICACIÓN SUPERIOR

N120 W18485 Freistadt Road
Germantown, WI 53022 - EE. UU.
www.desert-aire.com sales@desert-aire.com
Teléfono: (262) 946-7400 Fax: (262) 946-7401

 **ADVERTENCIA:** Cáncer y daños reproductivos - www.P65Warnings.ca.gov