

Modos de economización de los sistemas de enfriamiento para centros de datos

Documento Técnico 132

Revisión 0

Por John Niemann
John Bean
Victor Avelar

> Resumen Ejecutivo

En ciertos climas, algunos sistemas de enfriamiento pueden generar ahorros superiores al 70% en los costos anuales de energía por enfriamiento al operar en el modo de economización, lo que corresponde a una reducción superior al 15% en el valor PUE anualizado. Sin embargo, existen a lo menos 17 tipos diferentes de modos de economización con definiciones de la industria imprecisas, lo que dificulta su comparación, selección o especificación. Este informe proporciona terminología y definiciones para los distintos tipos de modos de economización y compara su rendimiento con relación a atributos clave de centros de datos.

Contenido

Haga clic en una sección para saltarla

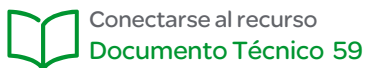
Introducción	2
Objetivo y función de los modos de economización	2
Tipos de modos de economización	4
Comparación entre los diferentes modos de economización	10
Factores que influyen en la operación del modo de economización	19
Eliminar o reducir los modos de no economización en los sistemas de enfriamiento	20
Conclusión	22
Recursos	23

Introducción

Los costos cada vez mayores de energía y el esfuerzo por ser "verde" tienen como resultado una mayor demanda para conservar la energía. El potencial de ahorro energético de la operación en el modo de economización en ciertos climas resulta atractivo para su uso en entornos de TI. **Operar en el modo de economización ahorra energía utilizando el aire exterior en los meses más fríos del año, lo que permite desconectar los componentes de enfriamiento basados en refrigerantes como enfriadores y compresores, o bien usarlos con capacidad reducida.** Hasta hace poco, operar en el modo de economización se consideraba una opción o un modo secundario de operación, pero ahora se está convirtiendo en un requisito para cumplir con las metas de eficiencia establecidas por los operadores de los centros de datos y por los estándares como ANSI/ASHRAE 90.1-2010, *Estándar de energía para edificios excepto para los edificios residenciales de baja altura*. Los operadores de centros de datos en ciertos climas han descubierto que los sistemas de enfriamiento pueden operar *principalmente* en el modo de economización, lo que permite que los modos basados en refrigerantes (es decir, de enfriamiento mecánico) sirvan como modos secundarios de operación o de respaldo.

Aunque el concepto del modo de economización es reconocido en la industria de los centros de datos, es poco lo que se ha realizado para estandarizar la terminología y sus definiciones, lo que lleva a confusiones. Una fuente importante de confusión es el uso del término "economización" para describir un componente dentro de un sistema de enfriamiento o un subconjunto del sistema de enfriamiento. **"Economización" NO es un objeto, ES un modo de operación.**

En el nivel más alto, un sistema de enfriamiento puede usar aire, agua o un refrigerante para transportar la energía calorífica desde el interior de un centro de datos hacia el exterior. Los términos "economización de aire" y "economización de agua" se usan generalmente para describir los sistemas de enfriamiento con un modo de economización integrado. A falta de otras definiciones estándar, este informe propone terminología y definiciones para los distintos tipos de modos de economización que usan aire o agua para transportar la energía calorífica hacia el exterior. Se describe la operación de cada tipo de modo de economización, con seis tipos identificados como los más ventajosos para los centros de datos. Estos seis tipos de modos de economización luego se comparan con relación a diversos atributos.



Los distintos tipos de equipos de aire acondicionado para

Este informe supone que el lector tiene un conocimiento básico de los distintos tipos de sistemas de transferencia de calor. Para lograr una mejor comprensión de los componentes de enfriamiento de distintos tipos de sistemas de transferencia de calor, consulte el Informe técnico 59 *Diferentes tipos de equipos de aire acondicionado para entornos de TI*.

Objetivo y función de los modos de economización

Existen muchos tipos de dispositivos y tecnologías de enfriamiento usados para enfriar los centros de datos. Sin embargo, todos estos sistemas utilizan alguno o todos los siguientes elementos básicos:

- Transporte de calor: ventiladores y/o bombas que mueven fluidos (como aire o agua), que transportan la energía calorífica desde los centros de datos hasta el entorno exterior.
- Intercambio de calor: serpentines o ventilaciones que "traspasan" la energía calorífica desde una corriente de calor hasta la siguiente. En todos los casos existe una transferencia de calor hacia el entorno exterior.
- Compresor: sistema que usa refrigerantes a alta y baja presión para forzar la energía calorífica para que fluya "hacia arriba" desde un área fría (centro de datos) hacia un área caliente (exterior en el verano). El refrigerante a alta presión comprimido está

a una temperatura mucho mayor que la temperatura del exterior. Este "impulso de temperatura" es lo que permite que el calor de los centros de datos fluya hacia el entorno exterior.

- Ayuda evaporativa: torres de enfriamiento, filtros húmedos o atomizadores que evaporan el agua para facilitar la transferencia de calor hacia el entorno exterior.

Un centro de datos típico enfriado por agua usa TODOS los elementos anteriores para enfriar el centro de datos. El transporte de calor y el compresor consume energía eléctrica al proporcionar el elemento de enfriamiento y la ayuda evaporativa consume agua.

> Enfriamiento gratuito

Los modos de economización algunas veces se conocen con el nombre "Enfriamiento gratuito". Si bien este término sirve para describir el tema general de los modos de economización, es importante tener en cuenta lo siguiente. En modo de economización el compresor de la planta de enfriamiento trabaja con bypass parcial o total. La mayoría de los sistemas que usan modos de economización pasan la mayor parte del tiempo en el modo de bypass parcial, por lo que parte de la energía de enfriamiento se ahorra, pero el enfriamiento no es "gratuito". Es más, aun cuando un modo de economización opera con bypass total del compresor, todavía se usa una importante cantidad de energía para transportar el calor a través de ventiladores o bombas y posiblemente en otras funciones como la humidificación.* Incluso en este modo de economización total, el enfriamiento no es "gratuito".

* En al menos un diseño, en el denominado "gallinero de Yahoo", el transporte de calor aprovecha la convención natural al usar un diseño especial del edificio, con el fin de reducir o eliminar la necesidad de ventiladores que transporten el calor.

El sistema de enfriamiento se debe diseñar para funcionar en las peores condiciones de cargas máximas del centro de datos y altas temperaturas del entorno exterior. En condiciones de baja carga del centro de datos y a temperaturas exteriores frías, el sistema debe trabajar menos para enfriar el centro de datos. Lamentablemente los distintos dispositivos de una planta de enfriamiento no se aprovechan en su totalidad y no operan de manera eficiente durante dichas condiciones. Para aumentar la eficiencia en estas condiciones, los dispositivos de enfriamiento se han mejorado al incluir variadores de velocidad, etapas y otras funciones. Pero a pesar de lo anterior, todavía requieren una gran cantidad de energía. Para ayudar a reducir la energía usada durante condiciones favorables de cargas bajas de los centros de datos y temperaturas exteriores frías, se desarrollaron los modos de economización.

En un modo de economización, se utiliza un bypass parcial o total de la función de compresor, lo que elimina o reduce su consumo de energía. El compresor se usa para mover el calor desde el interior del centro de datos hacia el entorno exterior cuando la temperatura exterior es mayor que la temperatura del centro de datos. Sin embargo, cuando la temperatura exterior es lo suficientemente inferior que la temperatura del centro de datos, el calor fluye naturalmente hacia el exterior sin la necesidad del "impulso de temperatura" proporcionado por el compresor, por lo que su función es innecesaria. Por lo tanto, en condiciones favorables, se puede usar un bypass para el compresor, lo que ahorra bastante energía. Es más, para los sistemas que usan la ayuda evaporativa, dicha función también se puede apagar o usar un bypass para ahorrar agua, si las condiciones son favorables.

Históricamente, instalar un modo de economización en un sistema de enfriamiento de un centro de datos significaba un costo extra y mucha complejidad y solo se justificaba en situaciones con condiciones climáticas extremadamente favorables, como en grandes latitudes. Sin embargo, esto ha cambiado y los modos de economización ahora se consideran ventajosos en la mayoría de los lugares por las siguientes razones:

- La operación de centros de datos a cargas parciales incrementa las ventajas de los modos de economización y cada vez son más los diseñadores que reconocen que los centros de datos pasan gran parte de su vida operando con cargas moderadas. La tendencia hacia una variación dinámica de la energía de los equipos de TI multiplicará este efecto.
- La tendencia hacia la operación de centros de datos a temperaturas mayores de retorno de aire de TI tiene un efecto drástico en el porcentaje de tiempo en que es posible usar los modos de economización, especialmente en climas más cálidos.
- La mayoría de las nuevas implementaciones de los modos de economización ahora pueden operar en un modo de economización "parcial", lo que incrementa considerablemente la cantidad de energía ahorrada en la mayoría de los casos.
- Las herramientas disponibles para cuantificar el ahorro de energía al implementar los modos de economización son ahora mejores y frecuentemente logran predecir las posibilidades de ahorro significativo con un excelente retorno de la inversión.
- La experiencia en el mundo real de los modos de economización y las mejoras de los sistemas de control y monitoreo han incrementado la confianza en que estos modos no afectan de manera perjudicial la confiabilidad de los centros de datos.

La función de bypass del compresor es el concepto central de todos los modos de economización. De qué manera se logra el bypass (y las ventajas obtenidas) depende del diseño de la planta de enfriamiento, como se explica en las siguientes secciones.

Tipos de modos de economización

> En serie/paralelo

Los modos de economización se pueden diseñar y configurar de dos formas: en serie o paralelo.

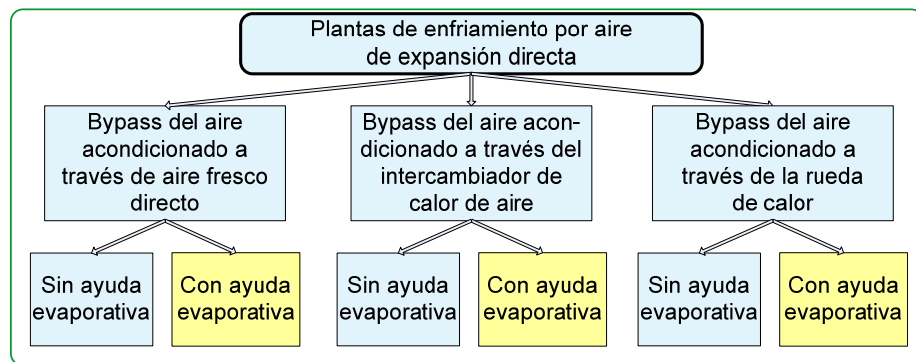
En una configuración en serie, el componente del bypass del compresor (por ejemplo, intercambiador de calor de tipo placa y armazón) se instala en serie con el compresor. Esta configuración permite el modo de economización parcial, en el que el intercambiador de calor "enfriá previamente" el aire o el agua. Esto reduce la energía total que el compresor debe rechazar, lo que ahorra una importante cantidad de energía.

En una configuración paralela, el componente del bypass de la bomba de calor se instala en paralelo con la bomba de calor. Esta configuración evita la capacidad de operar en el modo de economización parcial. Este enfoque de "todo o nada" no logra aprovechar el importante ahorro de energía disponible al operar en el modo de economización parcial.

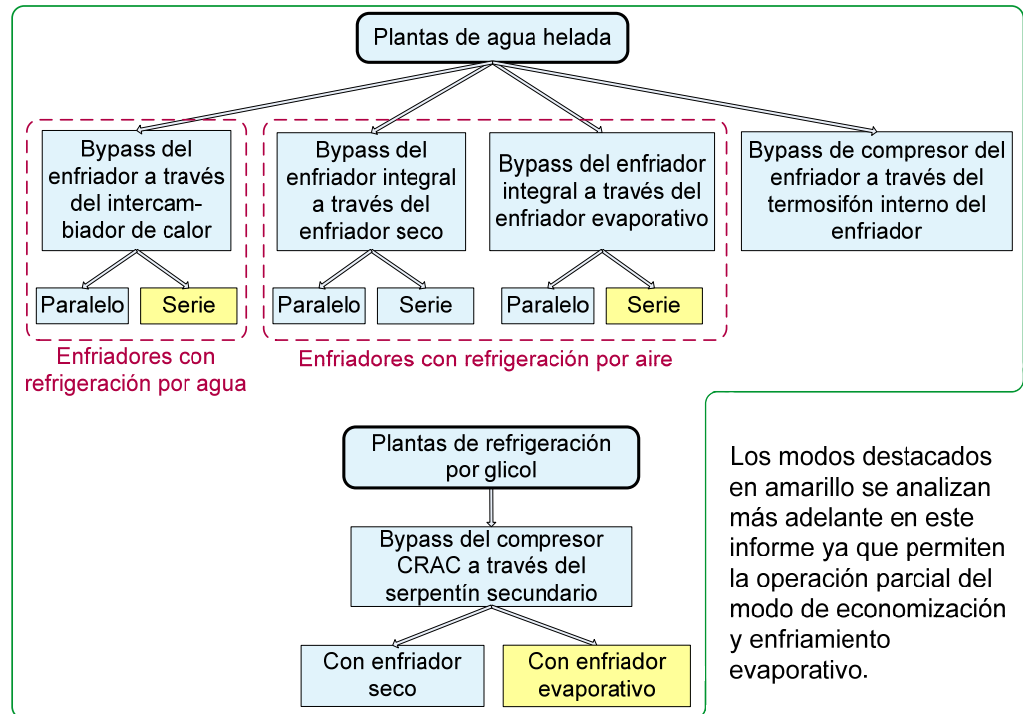
Existen 19 tipos fundamentales de modos de economización, de los cuales 15 se pueden usar realmente en un centro de datos de producción (los seis tipos que usan aire y nueve que usan agua). Los otros cuatro tipos que usan agua no se consideraron ya que ingresan agua del condensador directamente al centro de datos, lo que incrementa la contaminación de los equipos. La **Figura 1** organiza de manera lógica estos 15 tipos de modos de economización¹. Cada tipo se describe con más detalles en las secciones siguientes. Los modos destacados en amarillo se analizan después en este informe.

Para comparar de manera justa los distintos modos de economización, es importante incluir todos los componentes necesarios del sistema de enfriamiento requeridos para operar en dicho modo. Por ejemplo, algunas veces el intercambiador de calor de tipo placa y armazón en una planta de enfriamiento refrigerada por agua se confunde con "e" economizador, si bien lo cierto es que es solo un componente que permite que el sistema de enfriamiento opere en el modo de economización. Es este caso, la torre de enfriamiento, las bombas de condensación, las bombas de agua enfriada y las manejadoras de aire para salas de computación (CRAH) son todas **requeridas** para poder operar en el modo de economización. Resulta imposible operar en el modo de economización si falta cualquiera de estos dispositivos, aun en los días más fríos. En general, es por esta razón que resulta incorrecto referirse a un "economizador" en un centro de datos y, por el contrario, es correcto hablar de "modos de economización" de operación de los sistemas de enfriamiento.

¹ CRAH: manejadora de aire de la sala de computación, CRAC: aire acondicionado de la sala de computación



Modos de economización de aire



Modos de economización de agua

Los modos destacados en amarillo se analizan más adelante en este informe ya que permiten la operación parcial del modo de economización y enfriamiento evaporativo.

Figura 1

Tipos de modos de economización

Las siguientes secciones describen cada tipo de modo de economización. Cada sección comienza con una lista de todos los componentes necesarios para la operación del modo de economización (por ejemplo, totalmente sin asistencia de la compresión mecánica de vapor). Todas las descripciones suponen que se requiere un sistema de control².

Bypass del aire acondicionado a través de aire fresco directo

Componentes clave: ventiladores, rejillas, compuertas, filtros (paneles de medio húmedo y bomba cuando utilizan ayuda evaporativa)

Un modo de economización de aire fresco (algunas veces conocido como aire directo) usa ventiladores y rejillas para tomar cierta cantidad de aire frío del exterior y pasarlo a través de filtros para luego ingresar *directamente* hacia los centros de datos cuando las condiciones del aire exterior están entre los puntos de referencia especificados, como se muestra en la **Figura 2**. Las rejillas y las compuertas también controlan la cantidad de aire caliente extraído

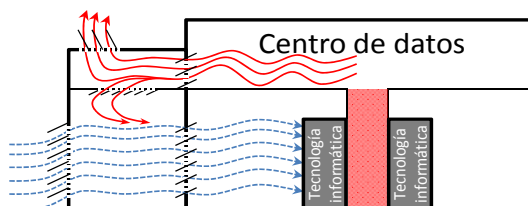
² El sistema de control se refiere a los componentes que regulan la operación de un sistema como cerrar la válvula de agua o la lumbre de aire al alcanzar cierta temperatura exterior.

que se envía hacia el exterior y que se mezcla para devolverlo hacia el suministro de aire del centro de datos para mantener los puntos de referencia ambientales. Aunque el suministro de aire se filtra, no elimina completamente las partículas finas como el humo y los gases químicos que entran en los centros de datos.

Este tipo de modo de economización también se puede usar con la **ayuda evaporativa** por lo cual el aire exterior también pasa a través de un material de malla húmeda antes de entrar en los centros de datos. En lugares geográficos secos, la ayuda evaporativa puede disminuir la temperatura del aire hasta 19 °C (35 °F), lo que tiene como resultado horas adicionales del modo de economización. Este es el mismo efecto de enfriamiento que algunas personas experimentan cuando salen del océano y sienten una brisa marina. Tenga presente que usar la ayuda evaporativa con este tipo de modo de economización aumenta la humedad del centro de datos ya que el aire fresco enviado directamente hacia el centro de datos pasa a través del medio evaporativo. La ayuda evaporativa tiene más ventajas en climas secos. Para climas más húmedos, la ayuda evaporativa se debe evaluar de acuerdo con el retorno de la inversión. Este tipo de modo de economización permite la operación del modo de economización parcial.

Figura 2

Modo de bypass del aire acondicionado a través de aire fresco directo



Bypass del aire acondicionado a través del intercambiador de calor de aire

Componentes clave: ventiladores, intercambiador de calor de placa fija aire a aire (paneles de medio húmedo y bomba cuando utilizan ayuda evaporativa)

Un bypass de aire acondicionado a través del modo de intercambio de aire caliente (algunas veces conocido como aire indirecto) usa aire del exterior para enfriar *indirectamente* el aire del centro de datos cuando las condiciones del aire exterior están entre los puntos de referencia especificados. Este modo usa ventiladores para enviar aire frío del exterior a través de una serie de placas o tuberías que a su vez enfrían el aire caliente del centro de datos en el otro extremo de la placa o de las tuberías, aislando completamente el aire del centro de datos del aire exterior (consulte la **Figura 3a**). Este tipo de modo de economización también se puede usar con la **ayuda evaporativa** por lo cual el lado externo de las placas o tuberías reciben agua atomizada, disminuyendo aun más la temperatura del aire exterior y, de la misma forma, el aire caliente del centro de datos. A diferencia de los modos de economización anteriores, la ayuda evaporativa en este caso no aumenta la humedad dentro del centro de datos. La **Figura 3b** brinda una ilustración de un intercambiador de calor aire a aire con ayuda evaporativa y un ejemplo de un sistema de enfriamiento completo con este tipo de modo de economización. Este tipo permite los modos de economización parcial y total.

Figura 3a

Modo de bypass del aire acondicionado a través de intercambiador de calor de aire

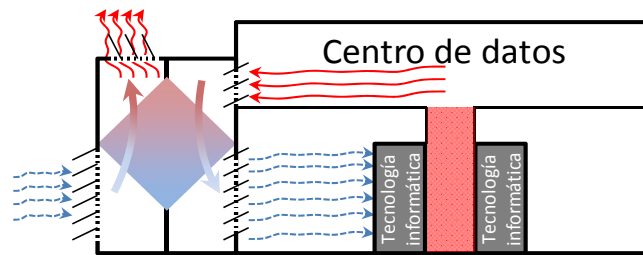
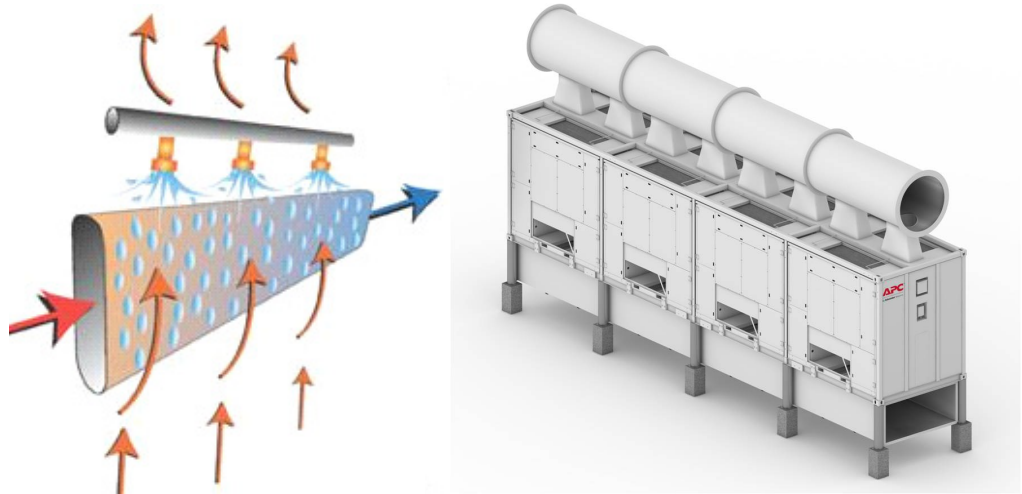


Figura 3b

Ilustración de un intercambiador de calor aire a aire con ayuda evaporativa (izquierda) y un ejemplo de un sistema de enfriamiento completo con un modo de bypass de aire acondicionado a través de intercambiador de calor de aire (derecha)



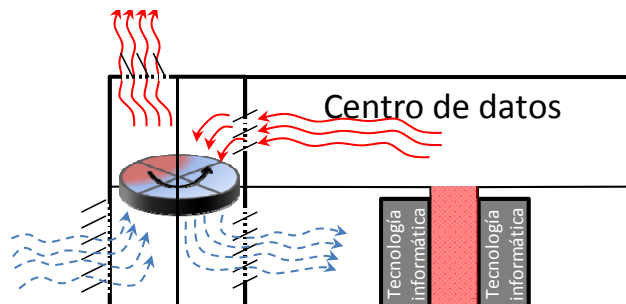
Bypass del aire acondicionado a través de la rueda de calor

Componentes clave: ventiladores, rueda de calor, (paneles de medio húmedo y bomba cuando utilizan ayuda evaporativa).

Un modo de bypass de aire acondicionado a través de rueda de calor usa ventiladores para enviar aire exterior frío a través de un intercambiador de calor rotatorio que mantiene las condiciones más secas del aire del espacio del centro de datos, como se muestra en la **Figura 4** junto con un ejemplo de la rueda de calor. Las ruedas de calor dependen de un material especial que mantiene el aire del centro de datos libre de contaminantes. Este tipo de modo de economización también se puede usar con la **ayuda evaporativa** por lo cual el aire exterior se enfría aun más al moverlo a través de un material de malla húmeda. Este tipo permite los modos de economización parcial y total.

Figura 4

Modo de bypass de aire acondicionado a través de rueda de calor (izquierda) y un ejemplo de una rueda de calor (derecha)



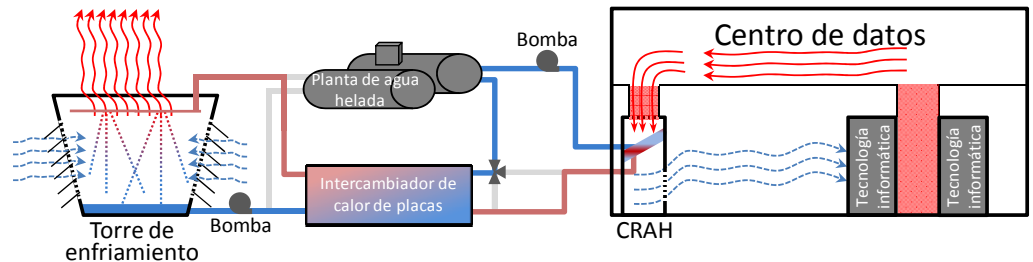
Bypass del enfriador a través del intercambiador de calor

Componentes clave: torre de enfriamiento, bombas, válvulas, intercambiador de calor de tipo placa y armazón, CRAH

Un modo de economización de bypass del enfriador a través del intercambiador de calor usa el agua condensada para enfriar *indirectamente* el agua helada del centro de datos cuando las condiciones del aire exterior están entre los puntos de referencia especificados. Las bombas mueven el agua condensada a través de un intercambiador de calor de tipo placa y armazón para enfriar el agua helada usada en los CRAH sin mezclar ambas corrientes de agua, como se muestra en la **Figura 5**. Las válvulas actúan como bypass para el enfriador, lo que le permite apagarse de acuerdo con qué tan fría esté el agua del condensador. Este modo de economización permite la operación parcial cuando el intercambiador de calor está en serie con el enfriador. Aunque no se analiza en este informe, este tipo de modo de economización también puede usar una gran masa de agua (por ejemplo, un lago) como fuente de agua fría.

Figura 5

Modo de bypass del enfriador a través de intercambiador de calor



Bypass de compresor del enfriador a través del Termo sifón interno del enfriador

Componentes clave: torre de enfriamiento o enfriador seco, enfriador con termo sifón, bombas, válvulas, CRAH

Algunos enfriadores ofrecen la opción de modo de economización de termo sifón, que permite que el compresor se apague cuando las condiciones del aire exterior están entre los puntos de referencia especificados. En este modo, el enfriador actúa como un simple intercambiador de calor. El principio de termo sifón causa que el refrigerante caliente se mueva de forma natural hacia el serpentín del condensador frío, donde se enfría. Luego, el refrigerante frío aprovecha la gravedad o una bomba para moverse nuevamente hacia el serpentín de evaporador, donde enfría el agua helada del centro de datos. El refrigerante se vuelve a calentar y el ciclo se repite. La función del termo sifón elimina la necesidad del intercambiador de calor de tipo placa y armazón de los modos de economización anteriores. Sin embargo, este modo de economización no le permite al enfriador operar en modo de economización parcial ya que el compresor debe mantenerse apagado cuando se ejecuta el modo de termo sifón.

Bypass del Paquete enfriador a través del enfriador seco (o a través del enfriador evaporativo)

Componentes clave: enfriador seco, bombas, válvulas, CRAH (paneles de medio húmedo y bomba cuando utilizan ayuda evaporativa)

Un modo de economización de bypass del paquete enfriador integral a través del enfriador seco usa un intercambiador de calor conocido como enfriador seco para enfriar *directamente*

el agua helada del centro de datos cuando las condiciones del aire exterior están entre los puntos de referencia especificados. Las bombas mueven el agua helada (normalmente una mezcla de glicol) a través de un enfriador seco, en el que el aire frío del exterior enfría el agua helada que suministra los CRAH, como se muestra en la **Figura 6a**. Las válvulas actúan como bypass para el enfriador, lo que le permite apagarse u operar de manera más eficiente de acuerdo con qué tan frío está el aire del exterior. El modo de economización parcial solo es posible cuando el intercambiador de calor está en serie con el enfriador. Tenga en cuenta que el enfriador seco y los controles de la **Figura 6a** están completamente integrados en una solución de paquete enfriador. **Esta es la solución supuesta para este tipo de modo de economización.** Este tipo de solución ocupa un menor espacio de superficie y proporciona una operación del modo de economización mucho más predecible y eficiente comparada con un ensamble en terreno de los mismos componentes. En la **Figura 6b** se puede observar un ejemplo de una solución integral de enfriamiento con este tipo de modo de economización.

Figura 6a

Modo de bypass del enfriador integral a través de enfriador seco

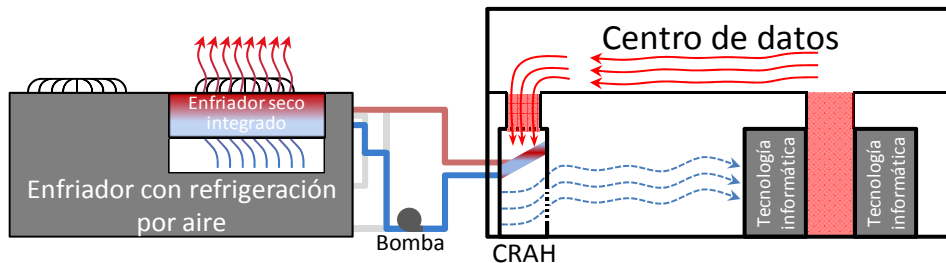


Figura 6b

Ejemplo de un paquete enfriador con enfriador seco integrado



Este tipo de modo de economización también se puede usar con la **ayuda evaporativa** por lo cual el aire exterior se enfría más al moverse a través de un material de malla húmeda o agua atomizada que reduce aun más la temperatura del agua helada y aumenta el número de horas de operación del modo de economización. Esto requiere que el enfriador seco se reemplace con un enfriador evaporativo.

Bypass del compresor del CRAC a través del serpentín secundario

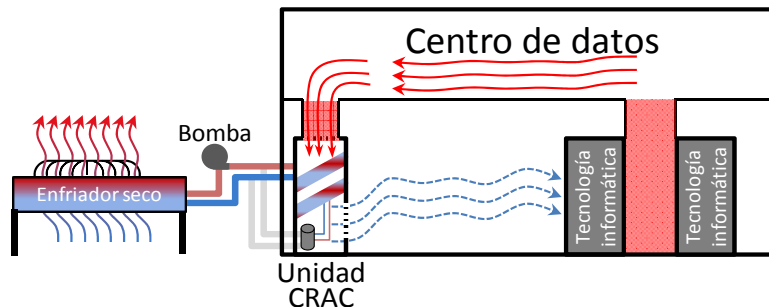
Componentes clave: enfriador seco, bombas, CRAC con serpentín secundario (paneles de medio húmedo y bomba cuando utilizan ayuda evaporativa).

En este tipo de modo de economización, la CRAC de expansión directa (DX) incluye un serpentín secundario independiente que usa el agua del condensador durante la operación del modo de economización. Cuando las condiciones del aire exterior están entre los puntos de referencia especificados, las bombas mueven el agua del condensador a través del enfriador seco, donde el aire exterior frío enfría el agua del condensador que suministra el serpentín secundario en la CRAC (**Figura 7**). Este modo de economización permite la operación parcial y puede usar la **ayuda evaporativa**. Esto requiere que el enfriador seco se reemplace con un enfriador evaporativo. Tenga presente que también se puede usar una torre de enfriamiento para enfriar el agua del condensador, pero incrementa los

requerimientos de tratamiento de agua, por lo que no se consideró para el uso en centros de datos.

Figura 7

Modo de bypass del compresor del CRAC a través de serpentín secundario



Comparación entre los diferentes modos de economización

Un modo de economización debe aprovechar una amplia gama de condiciones exteriores con el fin de maximizar el número de horas del modo de economización y para ahorrar energía. **Sin embargo, durante períodos de condiciones de extremo calor exterior, es necesario contar, aunque sea de manera parcial, con un modo basado en refrigerantes (es decir, enfriamiento mecánico) para mantener de manera confiable las condiciones ambientales del centro de datos, al mismo tiempo que se ahorra energía. Existen dos atributos clave del modo de economización que nos ayudan con lo anterior:**

1. Operación del modo de economización parcial a través del cual el compresor opera con una carga reducida
2. Ayuda evaporativa

Una evaluación de alto nivel de cada uno de los 15 tipos de modos de economización que se muestra en la **Figura 1** concluye que seis de los 15 tipos utilizan ambos atributos. La **Tabla 1** compara estos seis tipos de modos de economización con varios atributos cualitativos que se describen a continuación. La sombra azul ilustra el mejor tipo de modo de economización para el atributo específico. La **Tabla 2** compara estos seis tipos de modos de economización con varios atributos cuantitativos.

Tabla 1

Comparación cualitativa entre los tipos de modos de economización
(las celdas azules indican el mejor rendimiento para ese atributo)

Atributo del modo de economización	-Modos de economización de aire			-Modos de economización de agua		
	Bypass del aire acondicionado a través de aire fresco directo (con ayuda evaporativa)	Bypass del aire acondicionado a través del intercambiador de calor de aire (con ayuda evaporativa)	Bypass del aire acondicionado a través de la rueda de calor de aire (con ayuda evaporativa)	Bypass del enfriador a través del intercambiador de calor ³	Bypass del paquete enfriador a través del enfriador evaporativo ³	Bypass del compresor del CRAC a través del segundo serpentín (con ayuda evaporativa)
Compatibilidad con la estructura del edificio	Puede necesitar la modificación de la estructura del edificio	Puede necesitar la modificación de la estructura del edificio	Puede necesitar la modificación de la estructura del edificio	No hay problemas con la estructura del edificio	No hay problemas con la estructura del edificio	No hay problemas con la estructura del edificio
Capacidad de actualización.	No es lógico actualizar al sistema existente	No es lógico actualizar al sistema existente	No es lógico actualizar al sistema existente	Práctico si hay espacio disponible	Práctico si hay espacio disponible	Requiere el recambio de la unidad CRAC
Complejidad de los controles	Menos dispositivos que controlar	Menos dispositivos que controlar	Menos dispositivos que controlar	Más dispositivos que controlar	Número moderado de dispositivos que controlar	Número moderado de dispositivos que controlar
Centro de datos control de humedad	Depende de la humedad exterior	Independiente de la humedad exterior	Independiente de la humedad exterior	Independiente de la humedad exterior	Independiente de la humedad exterior	Independiente de la humedad exterior
Expectativa de vida	20 a 40 años del intercambiador de calor	20 a 40 años del intercambiador de calor	20 a 40 años del intercambiador de calor	10 a 15 años del intercambiador de calor de placa	10 a 20 años del enfriador evaporativo	10 a 20 años de la unidad de enfriamiento
Riesgos relacionados con la disponibilidad - pérdida de agua de enfriamiento - mala calidad del aire - supresión de incendios	Altamente susceptible a la calidad del aire exterior Apagado requerido con la supresión mediante agente limpio	Bajo riesgo de tiempo de inactividad debido a la pérdida de agua. No existe riesgo debido a la mala calidad del aire o el apagado de incendios	Bajo riesgo de tiempo de inactividad debido a la pérdida de agua. No existe riesgo debido a la mala calidad del aire o el apagado de incendios	Tiempo de inactividad debido a la pérdida de agua de aporte para la torre de enfriamiento	No existe tiempo de inactividad debido a la pérdida de agua, a la mala calidad del aire o el apagado de incendios	No existe tiempo de inactividad debido a la pérdida de agua, a la mala calidad del aire o el apagado de incendios
Superficie que ocupa	0,41 pies ² / kW 0,038 m ² / kW	0,788 pies ² / kW 0,073 m ² / kW	1,72 pies ² / kW 0,16 m ² / kW	1,94 pies ² / kW 0,18 m ² / kW	3,34 pies ² / kW 0,31 m ² / kW	2,02 pies ² / kW 0,19 m ² / kW
Necesidad de modo de refrigerante de respaldo	Respaldo total en caso de mala calidad de aire exterior	Capacidad parcial para climas extremos	Capacidad parcial para climas extremos	Capacidad parcial para climas extremos	Capacidad parcial para climas extremos	Capacidad parcial para climas extremos

³ Supone que el intercambiador de calor está en serie con el enfriador, lo que permite la operación de economización parcial.

Compatibilidad con la estructura del edificio

El bypass del aire acondicionado a través de aire fresco, a través del intercambiador de calor y a través de la rueda de calor requiere una red de ductos de aire desde los equipos de enfriamiento exteriores hacia la sala de TI del centro de datos. Por lo general, esto requiere que el edificio esté específicamente diseñado con espacio para dicha red de ductos, o diseñado de tal manera que la sala de TI colinde con una ubicación exterior adecuada para los equipos de enfriamiento. Por lo tanto, es común que este tipo de modos de economización sean difíciles de instalar en estructuras de edificios y edificios de varios pisos ya existentes. Los modos de economización que usan tuberías son más flexibles en su instalación ya que las tuberías de agua transfieren calor en un espacio mucho menor y que se puede acomodar en vías de instalación existentes.

Capacidad de actualizar

La meta típica de una aplicación actualizable es reutilizar la mayor cantidad de infraestructura de enfriamiento posible. Resulta prácticamente imposible actualizar un sistema de enfriamiento tradicional con un modo de economización de bypass de aire acondicionado a través de aire fresco directo, ya que la infraestructura de enfriamiento existente es incompatible (el sistema tradicional usa agua, mientras que el otro usa aire). En un centro de datos típico que usa unidades CRAH o CRAC, existen básicamente tres métodos para actualizar un modo de economización reutilizando equipos existentes.

El primer método y el más común es agregar un intercambiador de calor que sirva de bypass para el enfriador de agua helada (es decir, el modo de economización de bypass del enfriador a través del intercambiador de calor). Por lo general, esto requiere la instalación de un intercambiador de calor de tipo placa y armazón cerca del enfriador, con los controles y las válvulas de bypass asociadas. El intercambiador de calor es mucho menor que el enfriador, por lo que normalmente existe espacio suficiente para el intercambiador de calor en la sala de enfriamiento existente.

El segundo método es agregar un intercambiador de calor que sirva de bypass para un enfriador de agua refrigerado por aire (es decir, el modo de economización de bypass del paquete enfriador a través de enfriamiento evaporativo). Por lo general, esto requiere la instalación de un enfriador evaporativo cerca del enfriador, con los controles y las válvulas de bypass asociadas. La superficie ocupada total del enfriador evaporativo puede ser mucho mayor que la del enfriador, según el clima, por lo que se requiere el espacio suficiente.

El tercer método es agregar un intercambiador de calor que sirva de bypass para el compresor en un sistema DX enfriado por glicol (es decir, el modo de economización de bypass del compresor CRAC a través de serpentín secundario). Esto resulta mucho más difícil y poco práctico de realizar ya que el serpentín secundario se debe colocar dentro del gabinete de la unidad de enfriamiento. Actualizar este tipo de sistema de enfriamiento requiere el reemplazo de toda la unidad CRAC con una nueva que incluya el serpentín secundario.

Complejidad de los controles

La transición entre un modo de economización y un modo basado en refrigerante puede ser muy complicada y tener como resultado la pérdida temporal de enfriamiento durante la transición. Al final, la confiabilidad de esta transición recae en los controles. **El sistema de control para los sistemas de enfriamiento pre-estructurado y estandarizado con modo de economización integrado se desarrolla junto con el hardware. Esto hace que el sistema de control sea inherentemente más confiable que los sistemas de control**

“ El sistema de control para los sistemas de enfriamiento preestructurados y estandarizados con modo de economización integrado se desarrolla junto con el hardware. Esto hace que el sistema de control sea inherentemente más confiable que los sistemas de control personalizados desarrollados para instalaciones de sistemas de enfriamiento únicas en terreno. ”

> Las normas y los modos de economización

Por lo general, los modos de economización se han considerado como una opción en el diseño de los centros de datos. El cliente puede decidir si desea incluir las capacidades de un modo de economización, de acuerdo con su perspectiva con relación a los costos y beneficios. Sin embargo, existe una tendencia hacia la regulación de los requerimientos mínimos de rendimiento para los nuevos centros de datos, los cuales pueden requerir de manera explícita o implícita la implementación de modos de economización.

La norma fundamental que se relaciona con este tema es el Estándar ANSI/ASHRAE 90.1-2010 "Estándar de energía para edificios excepto para los edificios residenciales de baja altura". Este estándar especifica los requerimientos mínimos de rendimiento para los edificios de rendimiento energético y recientemente se amplió para incluir a los centros de datos. Si bien ASHRAE no es un cuerpo legal que obligue el cumplimiento de los estándares, varias autoridades regulatorias, incluidos los códigos de edificios del gobierno de EE. UU. y locales, han adoptado este estándar. Es más, las organizaciones que establecen los requerimientos para los edificios verdes, como el estándar LEED del Consejo de edificios verdes de EE. UU. han adoptado ASHRAE 90.1 como la base mínima para el rendimiento energético.

Para la mayoría de los centros de datos que se guían por ASHRAE, ASHRAE 90.1 define la base para los sistemas de enfriamiento de los centros de datos que se usan para establecer el requerimiento mínimo de rendimiento. Esta base es un típico sistema de agua helada que el modo de economización de "bypass del enfriador a través del intercambiador de calor de fluidos", como se describe más atrás en este informe. Si bien 90.1 no prescribe exactamente el uso de este sistema, sea cual sea el sistema que se use en el centro de datos debe cumplir o superar el rendimiento de este sistema base, lo que incluye un modo de economización. Esto sugiere que **prácticamente todos los nuevos centros de datos deben poseer algún tipo de modo de economización.**

personalizados desarrollados para instalaciones únicas de sistemas de enfriamiento en terreno.

Los modos de economización de bypass del aire acondicionado a través del intercambiador de aire caliente o a través de la rueda de calor poseen los sistemas de control más simples. El sistema de control del modo de economización más complejo es el bypass del enfriador a través del intercambiador de calor debido a la banda inactiva entre la baja temperatura del agua del condensador requerida por el intercambiador de calor de tipo placa y armazón y la alta temperatura del agua del condensador requerida por el enfriador.

Control de humedad del centro de datos

Todos los tipos de modos de economización de la **Tabla 1**, excepto uno, aíslan el aire exterior del aire interior del centro de datos. Por lo tanto, la humedad del centro de datos no se ve afectada por el modo de economización, incluso cuando el nivel de humedad exterior es elevado. Sin embargo, el modo de economización de bypass de aire acondicionado a través de aire fresco directo suministra aire exterior directamente al centro de datos, lo que reduce dramáticamente el número de horas del modo de economización en climas húmedos. Si bien es posible controlar la humedad, la energía extra necesaria puede superar el ahorro de energía que entrega el modo de economización.

Expectativa de vida

Los sistemas de enfriamiento que usan agua para transportar la energía calorífica, por lo general, tienen una expectativa de vida más corta que aquellos que usan aire. Esto se debe a los efectos de contaminación del agua que circula a través de las tuberías. El factor limitante para los sistemas de enfriamiento que usan ayuda evaporativa tienden a ser las superficies expuestas al agua. En general, la expectativa de vida de cualquier enfriamiento se ve afectada de manera importante por la cantidad de mantenimiento realizado durante su vida.

Riesgos de disponibilidad

Todos los tipos de modos de economización están expuestos a amenazas externas, como huracanes, tornados y terremotos. Sin embargo, existen más amenazas comunes que se deban considerar.

- **Pérdida de agua de enfriamiento:** la pérdida del suministro de agua municipal puede ocurrir debido a proyectos de construcción en el vecindario del centro de datos, ya sean cortos programados o no. Ya que por lo general los enfriadores de agua helada condensados por agua dependen completamente de las torres de enfriamiento que operan de manera continua, el modo de economización de bypass del enfriador a través del intercambiador de calor es el más susceptible. Esta amenaza se aborda, generalmente, con la instalación de un taque de almacenamiento de agua lo suficientemente grande como para resistir un corte de 24 horas o más. Una amenaza al enfriamiento de la etapa de ayuda evaporativa de los otros tipos de modo de economización es mucho menos probable ya que debe coincidir con condiciones calurosas y secas del exterior.

Los sistemas que también dependen de la ayuda evaporativa como medio para proporcionar enfriamiento a lo largo del año también son susceptibles a la pérdida de agua de enfriamiento. Esto se puede abordar con la instalación de respaldos de agua, como se describe más arriba, o adaptar el sistema mecánico de enfriamiento para que maneje el 100% de la carga.

- **Mala calidad del aire:** los modos de economización que suministran aire del exterior directamente al centro de datos pueden representar una amenaza para los equipos de TI. Algunos de los filtros de aire de estos sistemas de enfriamiento cumplen su función

de filtrar las partículas de hasta micrones de tamaño, como los microorganismos. Sin embargo, ante la amenaza de cenizas volcánicas, humo de incendios cercanos o tormentas de arena, es posible que se deban cambiar los modos de economización de aire fresco a enfriamiento por refrigerante, ya que los filtros se taparían rápidamente. Esta amenaza se maneja, por lo general, al instalar una planta redundante de enfriamiento capaz de admitir la carga de calor de todo el centro de datos. En los modos de economización que usan medios húmedos para la ayuda evaporativa, los paneles húmedos son propensos a la acumulación de partículas. En estos casos, es muy probable que se deba reemplazar los paneles húmedos después de esta amenaza.

La ASHRAE tiene un informe técnico y un libro sobre el tema de *Contaminación por partículas y gases en entornos de transmisión de datos*. Ambas publicaciones proporcionan detalles sobre los modos de fallo que pueden ocurrir debido a la contaminación por partículas o gases, especialmente en las aplicaciones del modo de economización de aire fresco directo ubicado en áreas industriales. La publicación también proporciona una guía de sustancias permitidas y condiciones de operación para asegurar una operación libre de problemas.

- **Supresión de incendios dentro de los centros de datos:** los centros de datos que dependen de sistemas de supresión de incendios mediante agentes limpios (es decir, FM200, INERGEN, ECARO-25) deben sellar el espacio del centro de datos para mantener la concentración apropiada del agente limpio para que logre apagar el incendio. Esto requiere cerrar todas las compuertas y las puertas que representen un problema para que el modo de economización suministre aire fresco directamente al centro de datos. De la misma forma que una amenaza por mala calidad del aire, esta amenaza se maneja al asegurar que el sistema mecánico sea capaz de manejar el 100% de la carga de calor del centro de datos.

Superficie ocupada

La superficie ocupada por los distintos sistemas de enfriamiento considera el espacio requerido para todos los componentes, incluidos aquellos necesarios para los modos de economización y las unidades de enfriamiento en los centros de datos. La superficie ocupada se estandariza de acuerdo con la capacidad del centro de datos (es decir, la carga máxima de TI que el centro de datos puede admitir). El sistema de enfriamiento de bypass del aire acondicionado a través de aire fresco directo ocupa la menor superficie. El sistema de enfriamiento de bypass de aire acondicionado a través del modo de intercambiador de calor ocupa una superficie apenas superior debido a que se agrega un intercambiador de calor aire a aire. El sistema de enfriamiento de bypass del aire acondicionado a través de la rueda de calor de aire ocupa la mayor superficie de todos los sistemas de economización "basados en aire" y es casi tan grande como una planta de agua helada con torre de enfriamiento.

Requerimiento para el modo de refrigerante de respaldo

Si bien es posible que un sistema de enfriamiento prescinda de un modo de enfriamiento basado en refrigerante y que dependa completamente de un modo de economización, ello aumenta el riesgo de tiempo de inactividad y no se recomienda para los centros de datos de producción de alta disponibilidad. Aun más, muy pocos lugares en el mundo poseen un clima frío durante todo el año. Y de aquellos lugares que sí lo poseen, son incluso menos los que cuentan con la accesibilidad, las líneas de fibra óptica, los recursos de mano de obra y otros recursos necesarios para operar un centro de datos. Por lo tanto, en la mayoría de los casos, un modo de economización necesitará por lo menos un modo de respaldo de capacidad parcial basado en refrigerante para ayudar durante los días más calurosos del año. Mientras más "pasos de intercambio de calor" se realicen en un modo de economización, es más probable que se necesite un modo basado en refrigerante con capacidad total.

Por ejemplo, un centro de datos con un modo de economización de bypass del enfriador a través del intercambiador de calor intercambia energía calorífica en tres puntos: en el CRAH, en el intercambiador de calor de tipo placa y armazón y en la torre de enfriamiento. **Para que este centro de datos proporcione aire a 20 °C (68 °F) a los servidores en una operación en modo de economización al 100%, la temperatura máxima en el bulbo húmedo debe ser alrededor de 2 °C (35 °F) o inferior durante todo el año⁴.** Si el enfriador disminuye a un 50% de la capacidad de diseño, la temperatura máxima en el bulbo húmedo debe ser alrededor de 7 °C (45 °F) o inferior durante todo el año, lo que sigue siendo demasiado bajo para una ubicación del centro de datos que sea práctica. Es por esta razón que este tipo de modos de economización requieren sistemas mecánicos de enfriamiento de respaldo de capacidad total.

El modo de economización de bypass de aire acondicionado a través aire fresco directo no realiza intercambios de calor ya que el aire exterior se suministra directamente hacia el centro de datos. Esto significa que puede operar durante todo el año, en climas secos, con sistemas de enfriamiento mecánico con capacidad parcial. Sin embargo, debido al riesgo de calidad del aire analizado anteriormente y a la necesidad de control de humedad, se requiere un sistema mecánico de capacidad total. Aunque el modo de economización de bypass de aire acondicionado a través del intercambiador de calor posee un "intercambio de calor", evita el problema del riesgo de mala calidad de aire y del control de humedad y al mismo tiempo, los gastos de capital y operacionales de un sistema mecánico de capacidad total.

En un futuro en que las máquinas virtuales permitan que los procesos clave se conmuten a otros centros de datos ante una falla, es realista pensar que algunos centros de datos operen completamente en modos de economización sin ningún respaldo de refrigerante. Se espera que los límites de temperatura de entrada de los equipos de TI se incrementen en el futuro, lo que permitirá que la operación a tiempo completa en modo de economización sea aun más posible.

⁴ Supone que el centro de datos tiene una carga del 100% con contención de pasillo caliente, suministro de agua helada a 14 °C (57 °F).

Tabla 2

Comparación cuantitativa entre los tipos de modos de economización

Atributo del modo de economización	-Modos de economización de aire			-Modos de economización de agua		
	Bypass del aire acondicionado a través de aire fresco directo (con ayuda evaporativa)	Bypass del aire acondicionado a través del intercambiador de calor de aire (con ayuda evaporativa)	Bypass del aire acondicionado a través de la rueda de calor de aire (con ayuda evaporativa)	Bypass del enfriador a través del intercambiador de calor ⁵	Bypass del paquere enfriador a través del enfriador evaporativo ⁵	Bypass del compresor del CRAC a través del segundo serpentín (con ayuda evaporativa)
Los siguientes atributos se usan en un centro de datos de 1 MW a 50% de la carga de TI, ubicado en St. Louis, Missouri, EE. UU. Ver la barra del costado para conocer todas las suposiciones.						
Consumo anual de agua	100 gal 379 L	1.262.000 gal 4.777.000 L	257.000 gal 973.000 L	7.000.000 gal 26.000.000 L ⁶	128.000 gal 485.000 L	128.000 gal 485.000 L
Costo de capital de un sistema de enfriamiento completo	USD\$ 2,2/vatio	USD\$ 2,4/vatio	USD\$ 2,8/vatio	USD\$ 3,0/vatio	USD\$ 2,3/vatio	USD\$ 2,0/vatio
Costo de mantenimiento anual del sistema completo ⁷	75%	75%	83%	100%	100%	92%
Energía total de enfriamiento	737,506	340,365	377,625	589,221	736,954	960,974
Horas anuales: modo de economización total	5,723	7,074	5,990	4,705	5,301	4,918
Horas anuales: modo de economización parcial	0	1,686	2,770	3,604	1,773	3,800
PUE anual estimado	1.34	1.25	1.26	1.31	1.34	1.39

Consumo anual de agua

Los modos de economización usados con torres de enfriamiento están sujetos al mayor consumo de agua comparados con algunos de los tipos de modos de economización, debido a la evaporación de agua de las torres de enfriamiento. Esto se debe a que el proceso de evaporación ocurre de manera constante durante todo el año. Las torres de enfriamiento consumen aproximadamente 40 galones por minuto/1.000 toneladas de capacidad de

⁵ Supone que el intercambiador de calor está en serie con el enfriador, lo que permite la operación de economización parcial.

⁶ Consumo total estimado de agua de la torre de enfriamiento a partir de la evaporación, desviación y purga <http://www.cheresources.com/ctowerszz.shtml> (página de desplazamiento hacia abajo): consultado el 23 de julio de 2010.

⁷ El costo de mantenimiento muestra como porcentaje de un sistema base tradicional de enfriador/torre de enfriamiento.

> Economía de la ayuda evaporativa

El costo del enfriamiento evaporativo y de la ayuda evaporativa en general incluye el costo de material, el uso y tratamiento del agua. Estos costos se deben considerar cuando se toma la decisión sobre el sistema de enfriamiento del centro de datos.

La ayuda evaporativa es más eficiente en climas secos, como en Las Vegas o Dubai. El costo de un enfriamiento evaporativo se debe sopesar con relación a su efectividad en los climas que sean más húmedos. Es posible gastar más en un enfriamiento evaporativo que lo que se ahorra en energía del sistema de enfriamiento.

> Supuestos de la tabla 2

Capacidad del centro de datos:
1.000 kW (sin redundancia)

Ubicación: St. Louis, Missouri, EE. UU.

Carga de TI total: 500 kW

Enfriamiento por hileras (modos de economización de agua)

Falso cielorraso (modos de economización de aire)

Contención de aire caliente (todos los modos)

Ventiladores CRAH con velocidad variable

Variación promedio de temperatura en los servidores:
13,9 °C/25 °F

Temperatura promedio en la entrada del rack: 24 °C/75 °F

Aire máximo de entrada al servidor a un 55% de humedad relativa

Punto de rocío máximo:
10 °C/60 °F

Relación de enfriamiento para el flujo de aire de TI: 120%

Delta T del agua helada del diseño: 6,7 °C/12 °F

Enfriador COP* IPLV : 9

Temperatura mínima de la torre de agua: 4,4 °C / 40 °F limitado por un resistencia de calentamiento para evitar el congelamiento

Rango de diseño de la torre de enfriamiento: 5,6 °C/10 °F

enfriamiento (151,4 litros por minuto)⁸ El componente de la ayuda evaporativa de los otros modos de economización consumen mucho menos agua ya que solo usan el proceso de ayuda evaporativa durante los períodos más calurosos del año.

Costo de capital de un sistema de enfriamiento completo

El costo de capital incluye todos los materiales, la mano de obra de instalación, los costos de diseño y todas las tarifas del proyecto asociadas con todo el sistema de enfriamiento en términos de dólares por vatio de carga de TI. Por ejemplo, en un modo de economización de "bypass del enfriador a través del intercambiador de calor", el enfriador también se incluye en el costo de capital. De hecho, este sistema de enfriamiento tiene el mayor costo de capital de todos los sistemas debido al costo agregado de la torre de enfriamiento, las tuberías, las bombas y el sistema de control personalizado. El diseño y la implementación de dichos sistemas de control representan un costo importante ya que la mayoría, si no es la totalidad, de los componentes individuales se adquieren de distintos proveedores, lo que requiere una codificación, prueba, verificación y puesta a punto personalizadas para asegurar que el todo el sistema de enfriamiento sea confiable y que produzca los ahorros esperados. El costo de "poner a punto" este sistema es muy posible que se extienda por un año o más. Este análisis consideró estos costos como gasto de capital, pero también se pueden considerar como gastos operacionales. El sistema de enfriamiento con el modo de economización de bypass de paquete enfriador a través del enfriador evaporativo cuesta aproximadamente un 23% menos, ya que no requiere los componentes de rechazo de calor antes mencionados ni el nivel de puesta a punto. Sin embargo, el PUE general del centro de datos es peor debido a la baja eficiencia del sistema.

Costo de mantenimiento anual del sistema de enfriamiento completo

El sistema de enfriador/torre de enfriamiento es un sistema de enfriamiento muy utilizado en los centros de datos y servidores como un buen punto de referencia para otros costos de mantenimiento de los sistemas de enfriamiento. Por lo tanto, los costos de mantenimiento anual se muestran en la **Tabla 2** como porcentaje de un sistema de enfriador/torre de enfriamiento. El mantenimiento anual incluye el mantenimiento de todos los componentes del sistema de enfriamiento para todos los modos de operación incluido el modo de economización. Por ejemplo, en un modo de economización de bypass del enfriador a través del intercambiador de calor, el enfriador también se incluye en el costo de mantenimiento. Los sistemas de enfriamiento con modos de economización "basados en aire" tienen un costo de mantenimiento más bajo que los otros modos de economización que tienen una mayor cantidad de componentes y que son más complejos.

Energía total de enfriamiento

Esta es la energía anual total consumida por el sistema de enfriamiento completo. El modo de economización con el mayor costo de energía es el de bypass del compresor del CRAC a través de serpentín secundario. Esto se debe principalmente a la penalidad de energía que significa contar con sistemas de enfriamiento distribuidos. El modo de economización que posee el menor consumo de energía es el del bypass del aire acondicionado a través del intercambiador de aire caliente. El bypass del aire acondicionado a través de la rueda de calor de aire solo consume un poco más de energía.

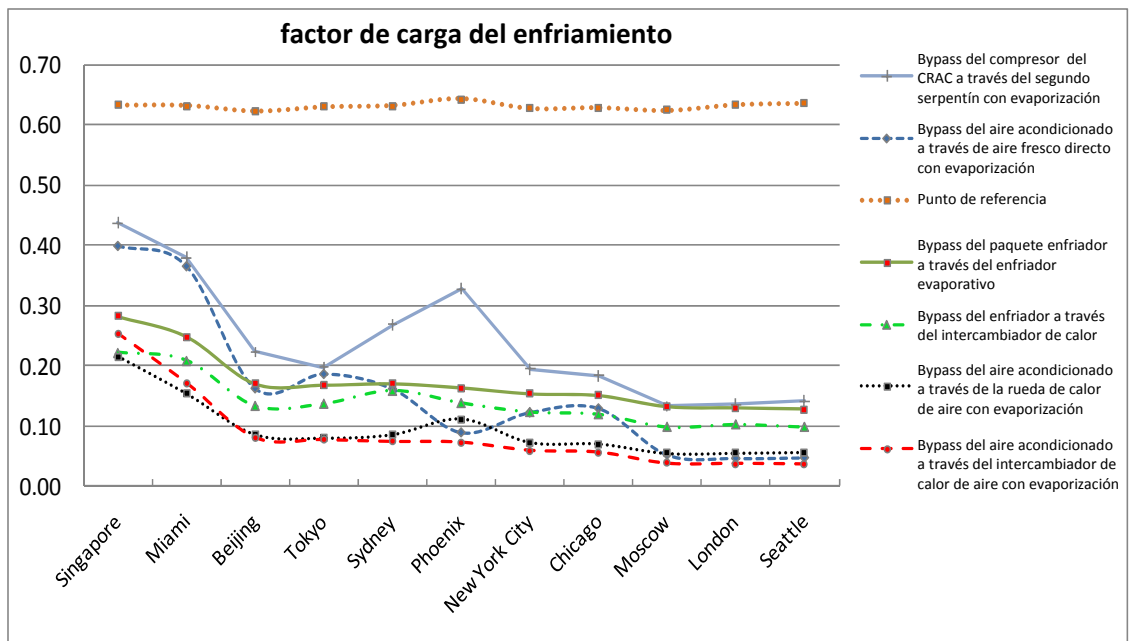
También resulta útil tener como punto de referencia el consumo de energía del modo de economización con relación al sistema tradicional de agua helada/torre de enfriamiento ya que la mayoría de los centros de datos de 1 MW y más grandes lo usan. El sistema base

⁸ Arthur A. Bell, Jr., *HVAC Equations, Data, and Rules of Thumb* (Nueva York: McGraw-Hill, 2000), p. 243

supone un enfriamiento perimetral sin contención, sin modo de economización, con una temperatura de suministro de agua helada de 7,2 °C (45 °F)⁹ y los ventiladores de las CRAH de velocidad constante. Con el uso de este punto de referencia, la **Figura 8** compara los factores de carga de enfriamiento (CLF)¹⁰ de los tipos de modos de economización con relación al punto de referencia de plantas de agua helada de 11 ciudades en los que se ubican, por lo general, los grandes centros de datos. CLF es la porción del PUE dedicado al sistema de enfriamiento del centro de datos.

Todos los modos de economización proporcionan ahorros de energía de enfriamiento sobre el sistema base de enfriamiento. El modo de bypass del aire acondicionado a través del intercambiador de aire caliente proporciona el menor consumo de energía de enfriamiento en prácticamente todos los climas, con un promedio de 381.385 kWhrs. **Esto representa un 86% de ahorro de energía del sistema de enfriamiento si se compara con el consumo de energía del enfriamiento base de 2.761.262 kWhrs.** El modo de bypass del aire acondicionado a través de la rueda de calor de aire también tiene un buen rendimiento.

Figura 8
Factores de carga de enfriamiento para los modos de economización comparados con el sistema base



Horas anuales: modo de economización total

Esto corresponde a cuántas horas por año cada tipo de modo de economización opera en modo de economización al 100%. Este análisis está basado en un centro de datos de 1 MW a 50% de la carga de TI, ubicado en St. Louis, Missouri, EE. UU. (El número de horas depende en gran medida de la geografía). El modo de economización de bypass de aire acondicionado a través de suministro de aire fresco directo proporciona el menor número de horas en el modo de economización total debido a las condiciones de humedad y de punto de rocío requeridas en el

⁹ Para los modos de economización que usan agua helada, la temperatura del suministro de agua helada debe ser mayor que las plantas típicas de agua helada. Configurar la temperatura del suministro de agua helada a 10-15 °C (50-59 °F) incrementa significativamente el número de horas del modo de economización.

¹⁰ El factor de carga de enfriamiento (CLF) es la energía total consumida por el sistema de enfriamiento dividido por la carga de energía de TI. La carga de energía de TI usada en este análisis fue de 500 kW x 8.760 horas/año. Para obtener más información sobre (CLF), consulte la página 7 del Informe técnico No. 1 de The Green Grid, consultado el 21 de diciembre de 2010
http://www.thegreengrid.org/~media/WhitePapers/Green_Grid_Metrics_WP.ashx?lang=en

centro de datos. El modo de economización de bypass del aire acondicionado a través del intercambiador de aire caliente proporciona 7.074 horas en el modo de economización total.

Horas anuales: modo de economización parcial

La operación parcial del modo de economización ocurre cuando el modo de economización por sí solo no es capaz de enfriar el centro de datos debido a las condiciones exteriores y necesita ayuda del compresor. Esto es un atributo muy importante para un modo de economización ya que muy pocos lugares en el mundo permite la operación del modo de economización un 100% del tiempo. En algunos lugares, las horas del modo de economización parcial son mucho mayores que las horas del modo de economización total, lo que tiene como resultado un mayor ahorro de energía gracias a la operación parcial. El modo de economización de bypass de aire acondicionado a través aire fresco directo proporciona el menor número de horas en el modo de economización parcial debido a las condiciones de humedad requeridas en el centro de datos.

PUE anual estimado

La eficacia del uso de energía (PUE) es la proporción del total de energía usada para todo el centro de datos comparada con el total de energía usada por los equipos de TI. Este estimado anualizado está basado en infraestructuras de energía común. El modo de economización de bypass del compresor del CRAC a través de serpentín secundario proporciona el mayor (es decir, el peor desempeño) PUE anual de 1,39. El modo de economización de bypass del aire acondicionado a través del intercambiador de aire caliente proporciona el menor PUE de 1,25 en St. Louis.

Al considerar todos los climas de la **Figura 8**, el modo de economización de bypass del aire acondicionado a través del intercambiador de aire caliente proporciona el menor PUE en prácticamente todos los climas, con un promedio de 1,34. **Esto representa una cuenta de energía un 30% menor para todo el centro de datos comparada con el PUE promedio (1,92) del sistema de referencia.**

Existen varios factores que influyen el número de horas del modo de economización disponibles con un modo de economización en especial. El factor predominante es la ubicación geográfica del centro de datos. Sin embargo, el diseño y los puntos de referencia del sistema de enfriamiento del centro de datos también tienen una gran influencia.

Ubicación geográfica

El uso de un modo de economización depende completamente de la ubicación geográfica del centro de datos. Las condiciones estacionales del lugar dictaminarán si usar un modo de economización es incluso práctico. ASHRAE, el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) de EE. UU. Y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) del mismo país, son algunas de las fuentes que proporcionan datos sobre el clima que permiten evaluar el número de horas disponibles del modo de economización. Estos datos se conocen como "datos categorizados" ya que los datos del clima se categorizan en intervalos de temperatura. A partir de los datos del clima de una ubicación dada, se puede calcular el número de horas del modo de economización.

Factores que influyen en la operación del modo de economización


Puntos de referencia del sistema de enfriamiento

Existen básicamente dos métodos para incrementar las horas del modo de economización: 1) trasladar el centro de datos a un clima más frío y 2) incrementar la temperatura del diseño de entrada del servidor. La primera opción obviamente no es realista para los centros de datos existentes. La segunda opción es realista y se está implementando actualmente en centros de datos nuevos y existentes. De hecho, la versión 2008 del Estándar TC9.9 de ASHRAE incrementa la máxima temperatura de entrada (bulbo seco) del servidor de 25 °C (77 °F) a 27 °C (80,6 °F). Sin embargo, cuánto se incrementa la temperatura de suministro de TI dependerá de qué tan bien se separen las corrientes de aire caliente y frío.

Separación de las corrientes de aire caliente y aire frío

Las corrientes de aire caliente y frío en los centros de datos típicos se tienden a mezclar de manera importante debido a la mala distribución de los Racks y a malas prácticas de manejo del aire. Si los puntos de referencia de enfriamiento se incrementan a 27 °C (80,6 °F) en este escenario, para cuando el suministro de aire llegue a la entrada del servidor, la temperatura estaría cercana a los 32 °C (90 °F). Esta es la razón de por qué es común ver puntos de referencia de sistemas de enfriamiento bastante más bajos que la temperatura deseada de entrada del servidor.

Para poder incrementar los puntos de referencia del sistema de enfriamiento y, por lo tanto, las horas del modo de economización, se deben separar las corrientes de aire caliente y frío. Esto se puede lograr con sistemas de contención de pasillo frío o contención de pasillo caliente. Sin embargo, la contención de pasillo caliente tiene como resultado muchas más horas del modo de economización y por lo tanto siempre se prefiere para los nuevos diseños. Este tema se analiza con más profundidad en el Informe técnico 135, *Impacto de la contención de pasillos calientes y fríos en la temperatura y la eficiencia de los centros de datos*. **Cualquier centro de datos que usa un modo de economización siempre obtendrá una ganancia significativa cuando se usa un sistema de contención. Por lo general, no tiene mucho sentido invertir en un modo de economización sin invertir primero en un sistema de contención.**

 Conectarse al recurso
Documento Técnico 135


Impacto de la contención de pasillos calientes y fríos en la temperatura y la eficiencia de los centros de datos

Eliminar o reducir los modos de no economización en los sistemas de enfriamiento

Históricamente, los modos de economización se han visto como una función adicional de ahorro de energía que complementa el sistema de enfriamiento principal. La mayoría de los diseños se realizan para que el modo de economización se pueda apagar y que el centro de datos continúe funcionando en un modo de enfriamiento base. Sin embargo, a medida que el diseño de los centros de datos se optimiza para que el modo de economización se vuelva el modo predominante de operación, aparecen algunas nuevas posibilidades para mejorar aún más el costo-eficacia del centro de datos:

1. Si un diseño permite un modo de economización parcial incluso en las peores condiciones, tal como que nunca se requiera que el sistema principal de compresores asuma toda la carga del centro de datos, existe la posibilidad de reducir el tamaño del sistema principal de compresores, lo que ahorra costos y aumenta la eficiencia.
2. Si un diseño permite el modo de economización total incluso en las peores condiciones, entonces resulta posible considerar eliminar completamente el sistema principal de compresores y operar el centro de datos siempre en el modo de economización.
3. Si un diseño permite el modo de economización total, excepto durante las peores condiciones, entonces resulta posible considerar colocar controles en los sistemas de TI para limitar la carga de TI cuando ocurren las peores condiciones exteriores, de manera que se pueda eliminar el sistema principal de compresores. Dichos controles

pueden limitar el rendimiento del servidor a través de una administración dinámica de la energía o al mover las cargas de TI a un sitio diferente

 Conectarse al recurso
Documento Técnico 136

*Módulos de enfriamiento
ultraeficientes para centros
de datos de gran tamaño*

Implementando características de diseño que reducen o eliminan el uso de un sistema de compresor puede traducirse en sistemas de enfriamiento ultra eficientes para los centros de datos. Informe técnico 136, *Módulos de enfriamiento ultra eficientes para centros de datos de gran tamaño*, analiza un nuevo enfoque para enfriar centros de datos que usa aproximadamente la mitad de la energía que los métodos tradicionales, mientras que proporciona una mayor escalabilidad, disponibilidad y facilidad de mantenimiento.

Conclusión

En el pasado, no se habían considerado seriamente los modos de economización del sistema de enfriamiento en la mayoría de los centros de datos. Esto se debía en gran parte al bajo costo de la electricidad, a las bajas temperaturas de suministros de los equipos de TI y a la falta de normas que regulasen las emisiones de carbono. Actualmente, los estándares como el Estándar 90.1-2010 ANSI/ASHRAE y normas como el Compromiso de reducción de carbono del Reino Unido presionan a los centros de datos para que disminuyan su uso de energía. Ciertos modos de economización son un método eficiente para reducir el uso de energía en muchos climas. Los operadores de centros de datos en ciertos climas han descubierto que los modos de economización pueden operar como el sistema principal de enfriamiento, lo que permite que el sistema mecánico sirva como modo secundario o de respaldo.

En ciertos climas, algunos modos de economización pueden generar ahorros superiores al 70% en los costos anuales de energía del sistema de enfriamiento, lo que corresponde a una reducción superior al 15% en el valor PUE anualizado. Sin embargo, con al menos 15 tipos diferentes de modos de economización con definiciones imprecisas de la industria, establecer una terminología para describir los diferentes tipos de modos de economización resulta fundamental para comparar, seleccionar o especificar los modos de economización. La terminología y las definiciones propuestas en este informe, junto con las comparaciones cualitativas y cuantitativas entre los diferentes modos de economización, contribuirán a que los diseñadores de los centros de datos puedan tomar mejores decisiones.



Sobre los autores

John Niemann es Gerente de la Línea de Productos para Sistemas de Enfriamiento Pequeños y por Fila en Schneider Electric y es responsable de la planificación, el soporte técnico y el marketing de esas líneas de productos. John ha estado al frente de la gestión de todos los productos de enfriamiento InRow™ de APC desde 2004. Tiene 12 años de experiencia en HVAC. Su carrera comenzó en el mercado comercial e industrial de los sistemas HVAC, donde se concentró en los sistemas personalizados de refrigeración y circulación de aire y adquirió gran experiencia principalmente en las áreas de recuperación de la energía y filtrado para entornos críticos. Su experiencia en el campo de los sistemas HVAC abarca la estructuración de aplicaciones, el desarrollo, la gestión de productos y las ventas orientadas al área técnica. John es miembro de ASHRAE y The Green Grid y es ingeniero mecánico graduado en la Washington University de St. Louis, Missouri.

John Bean Jr. es el Director de Innovación para Racks Cooling Solutions en American Power Conversion de Schneider Electric. Anteriormente, John era el Gerente de Ingeniería a Nivel Mundial de Cooling Solutions en Schneider Electric, donde desarrolló varias plataformas de nuevos productos y estableció instalaciones de ingeniería y laboratorios en EE. UU. y Dinamarca. Antes de unirse a APC, John fue Gerente de Ingeniería para otras empresas relacionadas con el desarrollo y la fabricación de soluciones de enfriamiento de misión crítica.

Victor Avelar es Analista de Investigación Senior en el Centro de Estudios de Centros de Datos de Schneider Electric. Es responsable de las investigaciones relacionadas con el diseño y la operación de centros de datos y brinda asesoramiento a los clientes sobre evaluación de riesgos y prácticas de diseño para optimizar la disponibilidad y la eficiencia de los entornos de los centros de datos. Víctor recibió el título de Bachelor en Ingeniería Mecánica del Rensselaer Polytechnic Institute y el título de MBA del Babson College. Es miembro de AFCOM y la American Society for Quality.



Recursos

Haga clic sobre el icono para conectarse a el recurso



Los distintos tipos de equipos de aire acondicionado para entornos de TI

Documento Técnico 59



Impacto de la contención de pasillos calientes y fríos en la temperatura y la eficiencia de los centros de datos

Documento Técnico 135



Módulos de enfriamiento ultraeficientes Para centros de datos de gran tamaño

Documento Técnico 136



Explore todos los informes técnicos

whitepapers.apc.com



Explore todas las herramientas TradeOff Tools™

tools.apc.com



Contáctenos

Para incluir comentarios sobre el contenido de este informe técnico:

Centro de investigación científica para Centros de Datos
DCSC@Schneider-Electric.com

Si tu eres un cliente y tiene preguntas específicas sobre su proyecto de centro de datos:

Póngase en contacto con su representante de **Schneider Electric**
www.apc.com/support/contact/index.cfm