

Optimización de Centros de Datos: Guía para Generar una Mejor Eficiencia y Mejorar la Densidad del Calor de Bastidores en Instalaciones Enfriadas por Aire

Por Bill Kleyman
Arquitecto de Nubes, Virtualización y
Centros de Datos

Editor Colaborador
Raissa Carey

Publicado en Agosto de 2016

Estados Unidos y Canadá

+1-800-834-4969

Toronto, Ontario, Canadá

+905-850-7770

chatsworth.com

techsupport@chatsworth.com

Latinoamérica

+52-55-5203-7525

Línea sin costo en México

01-800-01-7592

chatsworth.com.co

Europa

+44-1628-524-834

chatsworthproducts.co.uk

Oriente Medio y África

Dubái, EAU

+971-4-2602125

chatsworth.ae

Asia-Pacífico

+86 21 6880-0266

chatsworth.com.cn



CHATSWORTH
PRODUCTS

Resumen

El centro de datos moderno ha cambiado. Hay nuevas demandas en torno a la computación en nube, los grandes datos y la eficiencia de la infraestructura. Este cambio está siendo impulsado por más usuarios, más datos y mucho más dependencia de la infraestructura que conforma el centro de datos. Con las tecnologías de nube privada y el rápido crecimiento de los datos que se encuentran a la cabeza dentro de muchas categorías tecnológicas (Internet de las cosas), nunca ha sido más importante trabajar con las tecnologías correctas para la optimización de centros de datos.

Los administradores de TI deben comprender cómo controlar sus recursos, alinearse con el negocio y crear mayores niveles de eficiencia. Por encima de todo, existen desafíos emergentes en torno al volumen de trabajo. Con todo esto en mente, ¿cómo se crean niveles de eficiencia que se mantienen a la altura de las demandas empresariales modernas? ¿Cómo puede saber dónde han cambiado las demandas de centros de datos? ¿Qué pasa si su organización tiene cargas de trabajo que requieren cumplimiento? ¿Cómo construye usted la confianza de la empresa y del usuario final con las mejores prácticas de gestión sólida?

En este documento, exploramos nuevos conceptos en torno a la demanda emergente de centros de datos, donde la eficiencia energética y la optimización del enfriamiento encajan con las mejores prácticas modernas de su centro de datos.

Introduction

Hay una revolución en curso en el entorno del centro de datos. Los administradores se están encargando de ofrecer mucho más, al tiempo que conservan niveles óptimos de eficiencia. Consideremos un ejemplo: a nivel mundial, el consumo de energía de los centros de datos ha venido creciendo. De hecho, un informe de *NRDC* de 2015¹ indica que se prevé que el consumo de electricidad de centros de datos aumentará hasta aproximadamente 140 mil millones de kilovatios-hora al año 2020. Esta es la producción anual equivalente a 50 centrales eléctricas, que cuesta a las empresas estadounidenses \$13 mil millones cada año en las facturas de electricidad. A medida que más organizaciones invierten sus activos en los centros de datos, una buena gestión de centros de datos adquiere mucha más importancia por múltiples razones que describiremos con más detalle en este documento.

No solo los administradores de centros de datos se están esforzando por reducir los costos, sino también están trabajando duro para minimizar los gastos de gestión y mejorar la agilidad de la infraestructura.

Mediante el uso de plataformas inteligentes y escalables, su organización puede reducir la asignación de recursos, mejorar la utilización de la nube y más. Las plataformas sólidas de centros de datos fortalecen a su centro de datos para que consuma menos energía y reduzca los costos de infraestructura. Esto significa más dinero para su negocio a cambio.

En este documento, explicaremos los siguientes temas clave para que su centro de datos funcione con más eficiencia y de manera rentable:

- Creciente utilización de la energía
- Creación de la eficiencia del enfriamiento
- Habilitación de mejores prácticas de eficiencia

Por otra parte, analizaremos excelentes maneras de superar los desafíos relacionados con el enfriamiento, la energía e incluso el diseño.

Furthermore, we will look at great ways to overcome cooling, energy and even design challenges.

Necesidades Crecientes de Centros de Datos y Manejo de la Eficiencia

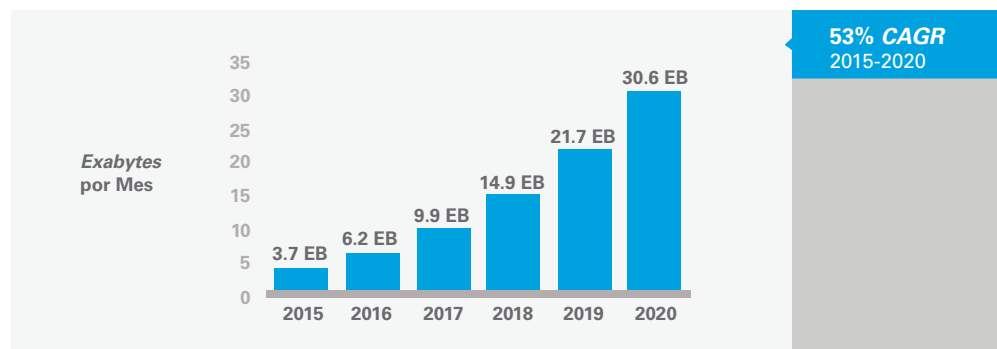
A medida que las tecnologías que rodean a la computación en la nube y la convergencia continúan avanzando, será necesario que el entorno de los centros de datos apoye estas plataformas. Como consecuencia, la utilización de los recursos de los centros de datos se verá afectada directamente. Los administradores de TI deben trabajar para identificar dónde están asignados sus recursos en la actualidad y cómo pueden optimizarse. Por encima de todo, ellos deben estar al tanto de las nuevas tecnologías que puedan afectar directamente a la optimización general de los centros de datos.

Creciente Utilización de los Centros de Datos, Crecientes Densidades de Bastidores y el Internet de las Cosas (IoT)

Dado que las empresas se centran en sacar productos al mercado más rápido, aumentar la eficiencia y la innovación, y ya que la población mundial se conecta mucho más a los dispositivos móviles, se espera que el IoT crezca de forma exponencial.

Cisco estima que el IoT constará de 50 mil millones de objetos conectados a Internet para el año 2020, y que habrá 4,1 mil millones de usuarios de Internet, frente a los 3 mil millones de usuarios en 2015. Además, al año 2020, habrá 26,3 mil millones de dispositivos conectados en red y conexiones a nivel mundial, frente a 16,3 mil millones en 2015.

Crecimiento/Ventas del Tráfico Global de Datos Móviles El Tráfico Global de Datos Móviles se Incrementará 8 Veces a Partir de 2015-2020



Fuente: Pronóstico de Tráfico Global de Datos Móviles de VNI de Cisco, 2015-2020*

En pocas palabras, no habrá industria que no se vea afectada por esta transformación digital. En este escenario, el centro de datos se ha convertido en una parte muy importante de cualquier industria o mercado.

En paralelo a la creciente necesidad de densidades de potencia informática y de bastidores en los centros de datos, existen objetivos de eficiencia energética que se deben cumplir para responder a las leyes ambientales actuales. Los productos que tendrían un impacto en la eficiencia energética en los centros de datos

de energía
monitoreo

Además
los centros
de datos

centros de datos que se ha reportado que requieren mejoras. Por otra parte, la dificultad de predecir el costo futuro (43 por ciento) y el costo de actualización del hardware (37 por ciento) se citan como los principales desafíos del desarrollo de centros de datos eficientes con los recursos, además de una dificultad para cumplir los objetivos ambientales (33 por ciento).

El futuro requiere productos inteligentes

Como se indicó anteriormente, las densidades de energía de bastidores y la eficiencia energética serán las principales preocupaciones en el futuro próximo.

Para superar estos desafíos y estar preparados para el futuro, los administradores de centros de datos deben implementar tecnologías inteligentes.

Consideraciones de Potencia y Energía

El último informe del Estado de los centros de datos de *AFCOM*³ mostró que el 70 por ciento de los encuestados indicó que la densidad de energía (por bastidor) se ha incrementado en los últimos tres años, y el 26 por ciento indicó que este aumento fue significativo. Debido a la gran dependencia en torno a los servicios de centros de datos, la redundancia y el tiempo de actividad representan grandes preocupaciones. Hay tendencias bastante estables alrededor de los niveles de energía redundante que abarcan la actualidad y los próximos tres años. Por ejemplo, el informe muestra que al menos el 55 por ciento ya tiene, y seguirá teniendo, niveles de redundancia N+1. Del mismo modo, no más del 5 por ciento de los encuestados tiene actualmente, o tendrá, 2 sistemas de energía redundante (N+1). En su mayor parte, los administradores de centros de datos están utilizando al menos un nivel de redundancia para la energía.

Para mantener con éxito mayores densidades de energía, es importante definir los requisitos de potencia y controlar el uso de energía en el centro de datos. Las necesidades de recursos fluctuarán con la evolución de los avances empresariales y tecnológicos, por lo que usted no debe limitarse a la arquitectura que especifica capacidades de energía limitadas. Cuando se trata de potencia y energía, considere lo siguiente:

- Monitoreo de energía y diversificación de la red de suministro eléctrico
- Integración del enfriamiento
- Sistemas compatibles con N+1 o mayor redundancia de energía
- Tecnologías que permiten instalaciones eficientes con la energía

En ese sentido, dado el enfoque actual sobre los efectos ambientales de los centros de datos en la cultura "verde" de la actualidad, muchas tecnologías de centros de datos están echando un vistazo más de cerca a maneras de mejorar su enfriamiento y su eficiencia energética. Los centros de datos están reemplazando bombas y ventiladores de velocidad constante en sus plantas de enfriamiento con motores de frecuencia variable, que pueden ser compatibles con la demanda de enfriamiento para abastecer con mayor precisión. Además, están invirtiendo en formas inteligentes y automatizadas de configurar y operar su enfriamiento, incluidas plantas de energía en respuesta a las temperaturas y la humedad del piso de datos y del exterior.

Recuerde, no se trata solo de eficiencia de la infraestructura, un edificio entero también puede ser certificado como un centro amigable con el ambiente, incluido el espacio del centro de datos. Nuevos tipos de tecnologías de enfriamiento y eficiencia energética pueden ayudar a las organizaciones a lograr la tan ansiada certificación *LEED*/certificación *BREEAM*, que es una de las marcas de mayor eficiencia que un centro puede obtener hoy en día. Estos sistemas de eficiencia pueden contribuir al logro de 12 a 20 créditos en las áreas de medición de energía avanzada, materiales de baja emisión, iluminación interior y rendimiento de energía óptimo.

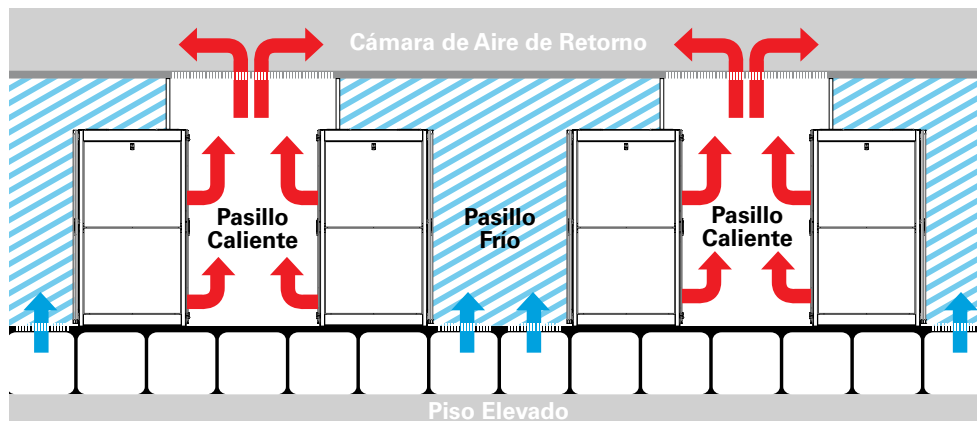
Consideraciones de Enfriamiento

Al igual que la energía, el enfriamiento debe ser una consideración importante en la nueva era del centro de datos. Los centros de datos están aumentando la densidad y el enfriamiento es fundamental para mantener las operaciones funcionando de manera eficiente. Como indica el informe de estado de los centros de datos de *AFCOM*, el 58 por ciento de los encuestados ejecuta actualmente, y continuará ejecutando, por lo menos sistemas de enfriamiento redundante N+1, donde un 18 por ciento opera una arquitectura de redundancia de enfriamiento N+2. Esto significa que usted debe buscar tecnologías que permitan la operación de Nivel IV, ya que no presentan posibles puntos de fallo en torno a los sistemas redundantes.

La idea es simple: "Medir, mejorar, mantener y evolucionar". Esto significa utilizar herramientas continuamente proactivas que mantienen una visibilidad clara de la eficiencia del centro de datos. La eficiencia del centro de datos se adapta mucho más allá de la energía por sí sola.

A medida que las densidades de calor de los bastidores se acercan y aumentan por encima de 5 kW, las tecnologías holísticas de optimización del enfriamiento son capaces de ofrecer enfoques, tales como sistemas de contención, gabinetes con características mejoradas de sellado y diseños de la sala de computadoras de bajo consumo. Recuerde, las ineficiencias energéticas del enfriamiento exponen al centro de datos a:

- (A) Una mala separación del aire caliente y frío, que causa la pérdida de eficacia del enfriamiento.
- (B) Escape de aire a través de los gabinetes, que permite la circulación del aire caliente de vuelta hacia las entradas del equipo en vez de fluir hacia las unidades *CRAC*.
- (C) Obstrucciones del flujo de aire que restringen el flujo de aire de enfriamiento.



Para hacer frente a estos desafíos, nuevos tipos de sistemas de contención de pasillo abordan la gestión térmica, al tiempo que mejoran la eficiencia operativa de los centros de datos y recuperan la energía perdida. Es de vital importancia asegurar que el flujo de aire esté bien controlado y que la contención de pasillo caliente/frío esté instalada. El control eficiente de pasillos, así como la buena gestión ambiental, realmente pueden ayudar a un centro de datos a seguir siendo consciente del medio ambiente. Por otra parte, la contención de pasillo puede mejorar el flujo de aire y la eficiencia de enfriamiento hasta en un 10 por ciento, según el analista de *Gartner* Dave Cappuccio.

La contención de pasillo proporciona una separación física del aire de escape caliente y del frío al encerrar el pasillo caliente o frío o desviando el aire caliente lejos de los gabinetes con "chimeneas" que facilitan un suministro de aire fresco para tomas de aire de los equipos a la temperatura uniforme deseada. La contención de pasillo caliente o los gabinetes con conductos proporcionan resultados similares. En la gestión del flujo de aire, la separación del aire caliente y del frío dentro de la sala de servidores es el primer paso crítico para maximizar la eficiencia del sistema de enfriamiento. Una vez que los flujos de aire se separan, hay una amplia gama de ajustes a los sistemas de enfriamiento que reducen el costo de funcionamiento y aumentan las eficiencias. Una gestión exitosa del flujo de aire también aumenta las horas de "enfriamiento libre".

¿Has observado el "enfriamiento libre"? ¿Sabía usted que la norma *ANSI/ASHRAE/IES 90,1-2013*⁴, "Norma de energía para edificios excepto edificios residenciales bajos" recomienda el enfriamiento libre? ¿También sabía que el enfriamiento libre ayuda a ahorrar energía y probablemente se convertirá en un elemento estándar en todos los entornos de centros de datos?



Gartner procede a definir el enfriamiento libre⁵ como cualquier técnica utilizada para reducir la energía consumida por los sistemas de enfriamiento o el tiempo que las unidades de enfriamiento funcionan utilizando la temperatura exterior del aire o del agua para enfriar el centro de datos u otras instalaciones. En general, se deriva de la utilización de economizadores de agua o de aire. A partir de ahí, los economizadores de aire funcionan de dos maneras. Principalmente, los economizadores utilizan enfriamiento directo de aire fresco filtrando (y posiblemente ajustando la humedad del) aire exterior, que se canaliza para enfriar el centro de

datos. En climas fríos, incluso puede calentarse con el aire caliente que es expulsado, con el fin de no estar demasiado frío. Los economizadores de aire también pueden funcionar sin traer aire directo al centro de datos, sino por la transferencia de calor desde el aire interior más caliente al aire exterior más frío.

Recuerde, existen grandes ventajas en la implementación de un sistema de enfriamiento eficiente. Un estudio de 2010 muestra cómo las ventajas⁶ de un centro de datos sometido a enfriamiento libre al 100 por ciento incluyen ahorros en equipos de aire acondicionado y en facturas eléctricas mensuales por aparatos de aire acondicionado. Además, usted permite que su equipo e infraestructura funcionen con mayor eficiencia.

Optimizar el centro de datos no solo ayuda a su organización a recuperar el control sobre recursos valiosos, ayuda a sus administradores a planificar para el futuro.

Consideraciones Finales y Mejores Prácticas

El centro de datos siempre seguirá evolucionando y expandiéndose. Las nuevas tecnologías afectarán de forma continua la forma de implementar recursos, optimizar las cargas de trabajo e incluso integrar la computación en nube.

Considere esto: *Green Grid* fue sede de la primera de una serie de mesas redondas virtuales para hablar de su última investigación en Europa sobre las tendencias clave que afectan la eficiencia energética de los centros de datos, herramientas de seguimiento y las presiones impuestas a los líderes de TI para aumentar la eficiencia energética. ¿Qué mostraron las tendencias? Todavía hay una gran cantidad de eficiencia por capturar y mucha voluntad de hacer que el centro de datos sea mucho más optimizado. Su investigación mostró lo siguiente:

- El 88 por ciento afirmó que los centros de datos son una parte importante de su estrategia de Responsabilidad Social Empresarial (RSE).
- Sin embargo, casi la mitad (43 por ciento) no tiene objetivos de eficiencia energética implementados para el diseño y la operación de sus centros de datos.
- Además, solo el 29 por ciento de las organizaciones son capaces de cuantificar por completo el impacto medioambiental de sus centros de datos. (A pesar de la creciente presión de los legisladores nacionales y de la UE para mejorar la sostenibilidad ambiental)

Aquí presentamos la gran conclusión de las mesas redondas: 97 por ciento vio áreas en las que el monitoreo de su centro de datos, incluida la eficiencia energética, se podía mejorar.

Con todo esto en mente, echemos un vistazo rápido a algunas de las mejores prácticas que ayudarán a su centro de datos a funcionar de manera mucho más eficiente ahora y en el futuro.

Organizador del Flujo de Aire

Separe el aire caliente y el frío dentro de sus salas de equipos para impulsar el aire frío que corre a través del equipo. Especifique los gabinetes que pueden proporcionar un sellado frontal/trasero completo alrededor del equipo para maximizar el flujo de aire a través del equipo. Esto normalmente requiere el uso de un conjunto adicional de deflectores dentro de la cabina, paneles lisos para espacios de bastidor abiertos y una barrera en la base del gabinete. Especifique un método de separación de aire frío/caliente dentro de la habitación. Hay tres soluciones básicas: una "chimenea" en la parte superior del gabinete para eliminar el aire de escape caliente del gabinete, una solución de contención de pasillo caliente que es un recinto construido alrededor del pasillo caliente, o una solución de contención de pasillo frío, que es un recinto construido alrededor del pasillo frío.

Eliminar Barreras a Densidades Mayores de Energía/Calor

La eliminación de las restricciones en torno al diseño crítico del flujo de aire abre las puertas a densidades de energía y calor más altas. Los centros de datos de alta densidad cuentan con un diseño robusto y prácticas de administración de flujo de aire, donde los gabinetes funcionan como una completa barrera de aislamiento entre el aire suministrado y el aire de retorno. Ese aislamiento se logra mediante una combinación de accesorios, como paneles de relleno de protección, deflectores de aire para sellar el perímetro del área de montaje de equipos y arandelas aislantes con cepillo para baldosas perforadas, junto con un sistema que permita eliminar el aire de retorno de la sala hacia un espacio de aire de retorno ubicado en el techo suspendido. Tal sistema debería incluir una puerta trasera sólida para el gabinete con sello de juntas y un conducto de escape vertical que se extienda entre el gabinete y el techo suspendido. En esa construcción, ya no existe ninguna dependencia en la cantidad de aire que se puede suministrar a través de una baldosa perforada y no hay aire caliente en la sala a fin de evitar el uso de aire frío suministrado a cualquier parte de esa sala. A medida que las densidades de calor aumentan y superan el nivel que podría lograrse mediante el suministro de aire desde abajo del piso sin crear pasillos fríos extra anchos, se puede eliminar el piso de acceso y la sala se inundaría con grandes volúmenes de aire frío a través de rejillas en la pared o desde arriba.

Hacer Seguimiento de Condiciones de Bastidores y Variables Ambientales

Hacer un seguimiento de las variables ambientales ayudará a crear un diseño de bastidor más eficiente. Algunos servidores generan más calor, mientras que otros pueden necesitar más energía. Al ver qué sistema está ocupando qué recursos, los administradores pueden ubicar mejor su entorno para un uso óptimo. Trabaje con soluciones que le puedan brindar la capacidad de observar el rendimiento térmico y ambiental de su infraestructura. Con estas herramientas, una organización puede tomar mejores decisiones sobre cómo construir su infraestructura de bastidor. Además, trabaje con tecnologías que le ofrezcan opciones de recintos ambientales, gabinetes de red y de servidor eficientes e incluso diseños compatibles con la protección sísmica. Todo esto mejora la eficiencia, la resistencia y la redundancia del centro de datos.

Monitoreo de Energía

Siempre monitoree las tasas de consumo de energía de su entorno. La idea aquí es no solo saber cuánta energía se está utilizando, sino también hacer que el entorno sea más eficiente. Busque maneras de ahorrar en energía según los requisitos. Por ejemplo, ciertos bastidores que consumen mucha energía pueden requerir una distribución más eficiente, para ahorrar en consumo de energía y costos. Además, ya que el

espacio se convierte en una preocupación, busque sistemas que puedan apoyar ciclos de actualización conscientes del espacio. Busque equipo capaz de lograr densidades de calor/energía más alta y a la vez de utilizar el mismo espacio.

Monitoreo de Enfriamiento

Al igual que la energía, vigilar el enfriamiento también es importante. Esto puede describirse como parte del Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA), o una organización también puede monitorear manualmente el enfriamiento. Es fundamental hacer seguimiento de las temperaturas de entrada comparándolas con las directrices de ASHRAE y las especificaciones del equipo en evolución. Asegurar que los sistemas de TI estén funcionando de manera óptima dependerá mucho de cuán bien se controlan las variables ambientales. Por otra parte, siempre explore nuevos tipos de sistemas de enfriamiento, que ayuden a apoyar los sistemas de nube, nuevos niveles de convergencia y un modelo de negocio en rápida evolución.

Monitorear Informes de Tiempo de Actividad y Estado

Revise regularmente los informes de tiempo de actividad de cada sistema y vigile el estado de varios sistemas. Contar con un informe global ayudará a los administradores a entender mejor cómo está rindiendo su entorno. Por otra parte, los administradores pueden realizar modificaciones de eficiencia en función de los informes de estado proporcionados por el sistema de informes de un centro de datos.

Presupuesto para Nuevos Sistemas de Flujo de Aire y Optimización de HVAC


Por ejemplo, con el sistema de escape en conducto, cada bit de aire frío producido por el sistema HVAC tiene que pasar por un servidor.

- La única ruta entre el aire de suministro y el aire de retorno es una de transferencia de calor a través de un servidor, para que no haya desperdicio.
- No hay derivación o necesidad de aprovisionamiento que se requiera en los centros de datos estándares de pasillo caliente/pasillo frío.

Las demandas de eficiencia de las soluciones de acoplamiento corto y refrigeración con líquidos se basan en comparaciones con centros de datos esencialmente ineficientes con una gran cantidad de aire de desvío y una sobrealimentación de aire frío originadas por las variaciones extremas en la presión y el flujo de aire dentro de una sala. Dado que las necesidades tradicionales de aire suministrado a través de baldosas de acceso perforadas, las fórmulas de abastecimiento de capacidad de refrigeración han debido tener en cuenta la provisión de aire adecuada al punto más bajo de flujo de aire en una sala, lo que resulta en una sobrealimentación de, generalmente, entre el 200 por ciento y 300 por ciento que genera enormes cantidades de aire de desvío desaprovechado. Cuando ya no importa a dónde se suministra aire frío, y si el 100 por ciento de ese aire debe atravesar un servidor, ya no es necesaria esa sobrealimentación; por lo tanto, ya no hay desperdicios.

Para tener un centro de datos funcionando de manera óptima que pueda admitir tecnologías tales como la convergencia y la computación en la nube, su organización tendrá que llevar la infraestructura del centro de datos a un nuevo nivel. Nuevos tipos de tecnologías de enfriamiento y sistemas de energía tienen por objeto crear un ecosistema de centro de datos aun más saludable y capaz de evolucionar con las nuevas

tendencias. Estas son las buenas noticias: se están implementando más tecnologías en el centro de datos que permiten una arquitectura de bastidor y de piso mucho más flexible. Se está volviendo más fácil segmentar bastidores, desviar la energía/enfriamiento mediante la automatización y permitir una mecánica aun mejor en torno al control ambiental. Al implementar estas tecnologías, busque fabricantes que tengan todas las siguientes características:

- Diseño de centros de datos y experiencia en soluciones que se encargan del futuro de las tecnologías.
- Capacidades de personalización para satisfacer los requisitos únicos de sus instalaciones.
- Fabricación global, disponibilidad y soporte para que pueda contar con ellos dondequiera que se encuentre su centro de datos. 



Bill Kleyman, Vicepresidente de Estrategia e Innovación, *MTM Technologies*

Bill es un tecnólogo entusiasta con experiencia en el diseño, la gestión y la implementación de centros de datos. Su trabajo de arquitectura incluye grandes despliegues de virtualización y nubes, así como el diseño y la implementación de redes de negocios. A Bill le gusta escribir, crear blogs, y educar a los colegas sobre todo lo que es tecnología. Durante el día, Bill es Vicepresidente de Estrategia e Innovación de *MTM Technologies*, donde interactúa con las organizaciones empresariales y ayuda a alinear las estrategias de TI con los objetivos empresariales directos. Los documentos, artículos, videoblogs y podcasts de Bill se han publicado y se hace referencia a ellos en *InformationWeek*, *NetworkComputing*, *TechTarget*, *DarkReading*, *Data Center Knowledge*, *CBS Interactive*, *Slashdot* y muchos otros. Hace poco, Bill ocupó el puesto n.º 16 en el estudio *Analytica*, que clasificaba a las 100 personas más influyentes en el panorama de las nubes, a nivel mundial.

Correo Electrónico

bill@kleyman.org

twitter.com/quadstack

linkedin.com/in/billkleyman

facebook.com/BillKleyman

Referencias y Agradecimientos

- ¹ <http://www.nrdc.org/energy/data-center-efficiency-assessment.asp>
- ² Visual Networking Index de Cisco: Actualización del Pronóstico de Tráfico Global de Datos Móviles, Documento de 2015-2020
<http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>
- ³ <http://www.afcom.com/news/dcm-digital-issue-afcoms-2015-state-data-center-survey/>
- ⁴ "Norma de Energía para Edificios Excepto Edificios Residenciales Bajos"
Norma *ANSI/ASHRAE/IES* 90.1-2013.
- ⁵ <http://www.gartner.com/it-glossary/free-cooling-economizers>
- ⁶ <http://www.cs.montclair.edu/~greenit/papers/Sri%20Lanka.pdf>

