

# Estrategias de enfriamiento para racks y servidores de tipo Blade con muy alta densidad

Por Neil Rasmussen

Informe interno  
Nº46

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability<sup>®</sup>

## Resumen ejecutivo

La implementación de equipos informáticos de alta densidad, como los servidores Blade, puede implicar un consumo de 10 kW de potencia o más por rack. Esta situación presenta complejos desafíos desde el punto de vista del enfriamiento en un entorno de centro de datos dado que, en la industria, el consumo promedio de potencia por rack es inferior a los 2 kW. En el presente informe, se describen cinco estrategias para trabajar con racks con niveles de consumo de potencia muy altos; esas estrategias contemplan soluciones prácticas tanto para los centros de datos nuevos como para los ya existentes.

## Introducción

La potencia que consumen los equipos instalados en un único rack puede variar enormemente. La potencia promedio que consume un gabinete de un centro de datos ronda los 1,7 kW, pero la potencia máxima que puede obtenerse si se carga por completo un rack con los servidores de alta densidad que hay hoy en el mercado, como los servidores Blade, supera los 20 kW. Semejantes cargas superan ampliamente las capacidades proyectadas relativas a la potencia y enfriamiento del centro de datos típico.

Los operadores de centros de datos tienen muy poca experiencia con gabinetes que consumen más de 10 kW, pero las tendencias recientes sugieren que a muchos se les presentará la necesidad de instalar y proveer alimentación y enfriamiento a racks de alta densidad ya sea individualmente o en grupos.

A simple vista, la solución para este problema consistiría en contemplar en la construcción del centro de datos la capacidad de proporcionar 20 kW de potencia y enfriamiento con redundancia para cada gabinete. *Desafortunadamente, la solución descrita no es viable desde el punto de vista técnico ni sensata en términos económicos en casi ningún caso.* Tomar decisiones equivocadas al diseñar un centro de datos de alta densidad puede multiplicar muchas veces el costo de la infraestructura física a lo largo de su vida útil innecesariamente. En este informe se pretende delinear estrategias prácticas y eficaces para la implementación de gabinetes y servidores Blade de alta densidad.

Primero, se revisará el concepto de densidad de potencia. A continuación, se analizarán valores reales para la densidad de potencia correspondientes a centros de datos nuevos y ya existentes. Se presentarán enfoques prácticos para lograr altas densidades, junto con sus limitaciones y beneficios. Por último, se propondrán estrategias lógicas y prácticas para implementar soluciones informáticas de alta densidad.

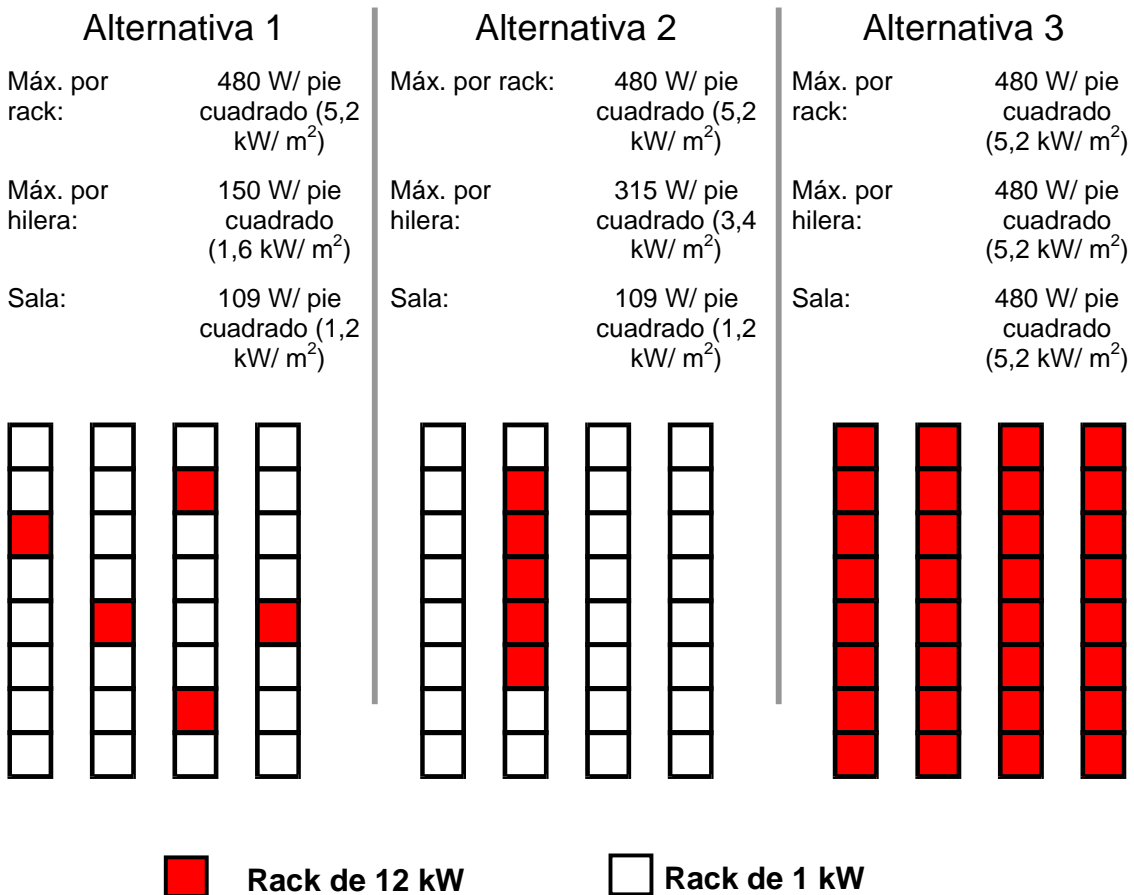
## Definición clara de la densidad de potencia en un centro de datos

La descripción de la densidad de potencia puede dar origen a serios malentendidos porque la expresión "densidad de potencia" es ambigua. La densidad de potencia suele expresarse en vatios por pie cuadrado (sistema inglés) o vatios por gabinete. Esta simple descripción basta cuando la potencia que consumen todos los gabinetes es idéntica. No obstante, en un centro de datos real la potencia varía enormemente de un gabinete a otro. En la práctica, los valores de la densidad de potencia medida por rack, por hilera y para toda la sala pueden presentar diferencias considerables. La variación en los valores de la densidad de potencia por rack, por hilera y para toda la sala tiene un impacto significativo en el diseño del sistema de soporte de la infraestructura energética, y un impacto aun mayor en el diseño del sistema de enfriamiento.

La diferencia en los valores de densidad de potencia medida por rack, por hilera o para toda la sala se muestra en la **Figura 1**. Allí, se ilustran gabinetes de 12 kW instalados en una sala típica. En un caso, 15%

de los gabinetes de la sala consumen 12 kW y los restantes consumen 1 kW. En el segundo caso, el mismo porcentaje de gabinetes consume 12 kW, pero esos gabinetes están dispuestos en cluster en una única hilera. En el tercer caso, todos los gabinetes de la sala consumen 12 kW. En cada uno de los casos mencionados, la potencia de cresta es la misma con 12 kW por rack, es decir 480 vatios por pie cuadrado ( $5,2 \text{ kW/ m}^2$ ). Sin embargo, las densidades de potencia por hilera y para toda la sala son muy distintas en los diferentes casos.

*Figura 1 – Densidad de potencia en vatios por unidad de superficie, por rack, por hilera y para toda la sala para tres configuraciones de sala<sup>1</sup>*



La diferencia entre las densidades de potencia por rack, por hilera y para toda la sala que se aprecian en la **Figura 1** son representativas de instalaciones alternativas realistas. Tales diferencias influyen en gran medida en el diseño de la infraestructura energética y de enfriamiento. El régimen total del sistema de energía y del sistema de enfriamiento se obtiene simplemente sumando los valores de las potencias que

<sup>1</sup> Las densidades por rack y por hilera que se muestran en la Figura 1 consideran un valor de equivalencia para el espacio que ocupan los racks en el piso de 25 pies cuadrados. Los valores de equivalencia comunes para el espacio que ocupan los racks en el piso oscilan entre 25 y 30 pies cuadrados ( $2,3$  y  $2,8 \text{ m}^2$ ). Si desea obtener más información sobre cómo representar la densidad de potencia, consulte el Informe interno de APC N° 120, "Pautas para la especificación de la densidad de potencia de un centro de datos".

consumen las cargas. Así es posible determinar sin dificultades el tamaño total de las UPS y equipos de aire acondicionado de las salas de cómputo (CRAC). El principal problema que presentan la variación y los valores de cresta de la densidad de potencia se relaciona con la *distribución* de la potencia y el aire en el centro de datos.

Adviértase que las descripciones de densidad anteriores están expresadas en términos de espacio ocupado total; ese valor incluye, por ejemplo, el espacio de los pasillos, que son necesarios pero que no son parte del espacio que ocupa cada gabinete en el piso. El mencionado es el método usado con más frecuencia para describir la densidad, y la terminología empleada hasta ahora se usará sistemáticamente en todo el informe. Sin embargo, en algunos materiales de lectura, en especial los elaborados por fabricantes OEM, se describe la densidad en vatios por unidad de superficie, donde la superficie contempla solamente la planta del gabinete. Cuando se utilizan valores de densidad basados solo en el espacio que ocupan los equipos, debe realizarse un ajuste hacia abajo de alrededor del 75%.

## Capacidad real en términos de densidad de potencia de centros de datos existentes

APC y otras organizaciones han llevado a cabo encuestas entre diseñadores y operadores de centros de datos para determinar las densidades de potencia con que operan los centros de datos existentes y los límites proyectados para centros de datos y grandes salas de gestión de redes nuevas y ya existentes. Los datos de la **Tabla 1** reflejan un resumen de datos de los años 2002-2003 tomados de diferentes fuentes, que incluyen clientes corporativos, personal de servicio técnico e ingenieros consultores. El valor real hallado para la densidad de potencia total por gabinete concuerda ampliamente con los valores hallados en encuestas recientes llevadas a cabo por la University of California en Berkeley.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Mitchell-Jackson, J.D., Koomey, J.G., Nordman, B., Blazek, M., "Data Center Power Requirements: Measurements From Silicon Valley", 16 de mayo de 2001. Tesis de *Master's*, Grupo de Energía y Recursos, University of California. Berkeley, California.

*Tabla 1 – Datos de encuestas relativos al las densidades de potencia proyectadas y reales de centros de datos*

Característica	Promedio entre centros de datos	El 90% de los centros de datos registran un valor inferior a	Ejemplo con valor máximo hallado
Densidad de potencia proyectada	35 W/ pie cuadrado (0,38 kW/ m <sup>2</sup> )	60 W/ pie cuadrado (0,65 kW/ m <sup>2</sup> )	200 W/ pie cuadrado (2,15 kW/ m <sup>2</sup> )
Densidad de potencia de operación real	25 W/ pie cuadrado (0,27 kW/ m <sup>2</sup> )	40 W/ pie cuadrado (0,43 kW/ m <sup>2</sup> )	150 W/ pie cuadrado (1,61 kW/ m <sup>2</sup> )
Densidad de potencia proyectada por gabinete	1,1 kW/ gabinete	1,8 kW/ gabinete	6 kW/ gabinete
Densidad de potencia total real por gabinete	1,7 kW/ gabinete	2 kW/ gabinete	4 kW/ gabinete
Promedio real de potencia por gabinete del centro de datos dispuesto en hileras de racks con la más alta densidad	2 kW/ gabinete	3 kW/ gabinete	7 kW/ gabinete
Gabinete con mayor densidad de potencia real del centro de datos	3 kW	6 kW	12 kW

Nota: Los gabinetes incluyen racks y gabinetes de equipos, tales como dispositivos DASD y grandes computadoras. Los equipos de mayor tamaño que un rack se cuentan como una cantidad de racks tal cuya planta total sea equivalente a la planta de esos equipos.

Los datos indican que el promedio de densidad de potencia proyectada de los centros de datos es 35 W/ pie cuadrado (0,377 kW/ m<sup>2</sup>), con 1,1 kW por gabinete si se parte de una superficie de 30 pies cuadrados (2,79 m<sup>2</sup>) por gabinete. El resultado según el cual la potencia real promedio por gabinete es mayor que la proyectada es posible dado que en promedio no se alcanza la densidad proyectada de 35 W/ pie cuadrado (0,38 kW/ m<sup>2</sup>) por gabinete. Esto sucede básicamente porque los gabinetes no ocupan la superficie total de los centros de datos. Por ejemplo, un centro de datos cuya densidad de potencia proyectada por gabinete es de 1,1 kW/ gabinete con 30 pies cuadrados (2,79 m<sup>2</sup>) por gabinete puede ser capaz de suministrar una densidad de potencia por rack de 2,2 kW/ gabinete si los gabinetes ocupan solo la mitad del espacio disponible en el piso.

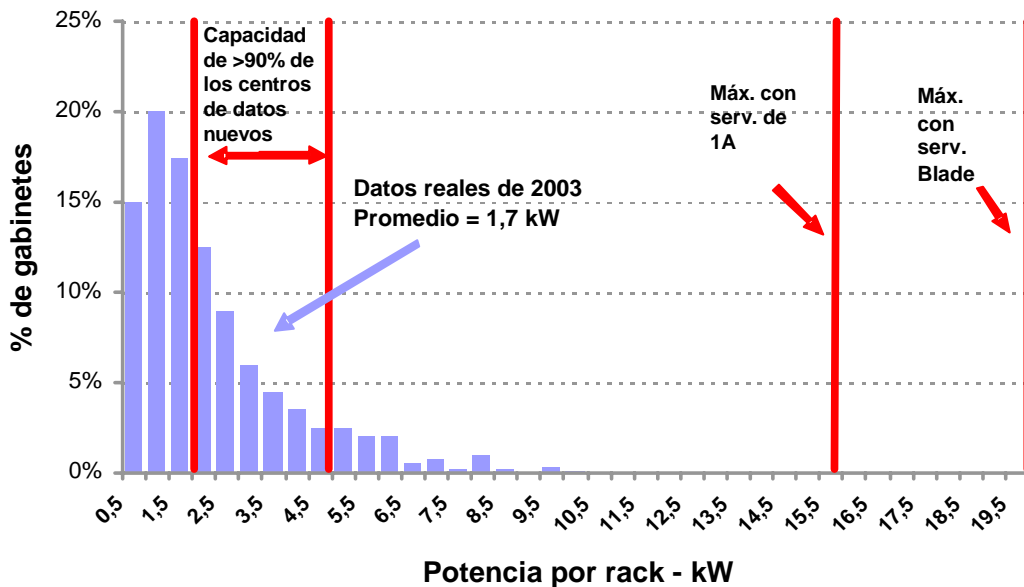
Adviértase que los datos mencionados se aplican exclusivamente a entornos de producción. En entornos de desarrollo y de prueba, se hallaron promedios y valores máximos de densidad de potencia algo superiores.

En la **Figura 2**, se muestra la distribución de frecuencia del consumo de potencia por rack basada en datos de las encuestas.<sup>3</sup> Esos valores permiten comprender mejor los factores que influyen en la densidad de potencia. Cada barra o intervalo representa el porcentaje de racks que registran un consumo de potencia en el rango de 500 vatios hasta el valor en kW indicado en el eje horizontal. Por ejemplo, la barra de 1,5 kW incluye gabinetes con consumos de potencia de entre 1 kW y 1,5 kW.

Cabe destacar que en la **Figura 2** es importante el número de gabinetes de un centro de datos típico que consumen menos de 500 W. Esos gabinetes incluyen paneles para cableado y racks con switches de baja densidad y servidores de baja densidad. Muchos de esos racks también tienen considerable espacio vertical abierto sin utilizar.

Asimismo, en la **Figura 2** se advierte que la cantidad de gabinetes que consumen más de 2 kW de potencia es mucho menor que la anterior, y la cantidad de gabinetes que consumen más de 8 kW es insignificante.

*Figura 2 – Distribución de frecuencia para el consumo de potencia real de un rack, que refleja la relación con la configuración de rack de máxima densidad posible*



Sobre los valores reales para el consumo de potencia por gabinete de la **Figura 2**, se incluyen una serie de líneas de referencia. El primer par de líneas de referencia indica el rango de densidades de potencia promedio proyectadas en los centros de datos nuevos, basado en una encuesta realizada entre ingenieros consultores.

<sup>3</sup> Es más difícil obtener estos datos que los que aparecen en la Tabla 1 porque en la mayoría de los centros de datos no se cuenta con instrumentación de medición de la potencia por rack. En muchos casos, los datos deben estimarse a partir de los datos sobre la potencia real para un grupo de racks y luego prorratear la potencia entre los gabinetes empleando

Las dos líneas siguientes representan las densidades de potencia que pueden alcanzarse si se ocupa todo el espacio de los racks con los servidores de más alta densidad existentes hoy en el mercado, que son servidores de 1 U y servidores Blade. Estos valores superan ampliamente los valores proyectados para los centros de datos nuevos y los valores reales de los centros de datos existentes. Si bien los servidores Blade pueden registrar densidades de potencia por rack mayores que los servidores de 1 U, debe advertirse que con esas densidades de potencia los servidores Blade ofrecen alrededor del doble de capacidad que los de 1 U, lo que sugiere que los servidores Blade consumen aproximadamente 40% menos potencia en forma individual que los servidores de 1 U convencionales.

A partir de los datos mencionados, pueden realizarse las siguientes observaciones:

- La mayoría de los gabinetes de centros de datos operan con una potencia inferior al valor proyectado para el centro de datos.
- Los equipos de computación de alta densidad en realidad no se instalan con la densidad máxima que pueden alcanzar.
- La cantidad de centros de datos existentes o nuevos que alcanzan los valores de densidad de potencia que suelen mencionarse en los medios gráficos populares es insignificante.

A los fines de este informe, la expresión “alta densidad” hará referencia a gabinetes de más de 3 kW de consumo, donde el valor 3 kW corresponde al límite superior del rango de capacidad de enfriamiento promedio de los centros de datos existentes.

## Requisitos de potencia y enfriamiento para el gabinete de alta densidad

Un ejemplo de gabinete de muy alta densidad podría ser una instalación de servidores Blade que consista en seis chasis de servidores Blade de 7 U montados en un rack de 42 U; cada chasis consumiría 3 kW, y el requisito total de potencia sería 18 kW. Así, deben suministrarse 18 kW para alimentación y 18 kW para enfriamiento del gabinete. Se consideraría que un sistema de este tipo es de misión crítica, y debería contemplarse en su diseño un esquema redundante tanto en términos de potencia como de enfriamiento.

### Requisito de potencia

Desde el punto de vista de la potencia, este sistema Blade de seis chasis muy probablemente requiera **veinticuatro** circuitos de alimentación de 20 A tanto con 208 V como con 230 V, partiendo del uso de una configuración típica de cuatro conductores para cada chasis de circuito doble. El cableado asociado con esos circuitos es voluminoso y sería necesario instalarlo en altura para que no se bloquee la circulación de

---

los numerosos datos sobre consumo de potencia correspondientes a diferentes proveedores que recopila y utiliza APC en sus herramientas para dimensionamiento de sistemas UPS.

aire debajo del piso elevado (si se cuenta con piso elevado). La situación descrita se exagera si se instalan varios gabinetes de las características mencionadas con poca distancia entre unos y otros. Como alternativa, si se emplea un piso elevado, podría aumentarse la profundidad del piso para contemplar la instalación del cableado allí. En cualquiera de los casos, debe instalarse un importante volumen adicional de cableado, lo que puede resultar complicado y costoso si el centro de datos se encuentra en funcionamiento. Con estos métodos, es posible ofrecer potencia redundante a un rack de densidad ultra alta.

## Requisito de enfriamiento

El enfriamiento de un gabinete con densidad ultra alta plantea un problema de mayor complejidad que su alimentación. El sistema de servidores Blade descrito anteriormente requeriría aproximadamente 2500 cfm (pies cúbicos por minuto) (1180 litros por segundo) de aire frío en la entrada (sobre la base del valor común de 20°F [11°C] para el aumento de temperatura del aire extraído) y el mismo nivel de extracción de aire caliente en la parte posterior del gabinete. Los equipos consumirán los niveles de aire mencionados independientemente de que el sistema de enfriamiento pueda satisfacerlos. Si la sala no está provista para proporcionarle al gabinete la cantidad de aire frío mencionada, el gabinete tomará el que le fue extraído (o el extraído a los equipos adyacentes) y finalmente se sobrecalentará. Deben considerarse cuatro elementos clave para alcanzar el nivel de enfriamiento necesario:

- suministrar al gabinete 2500 cfm (1180 litros por segundo) de aire frío;
- eliminar 2500 cfm (1180 litros por segundo) de aire caliente extraído del gabinete;
- alejar el aire caliente extraído de la entrada de aire de los equipos;
- ofrecer todas estas funciones de manera redundante e ininterrumpida.

Cada una de las funciones mencionadas es en sí misma difícil de lograr. En las próximas secciones se tratan las dificultades que presenta cada una de ellas.

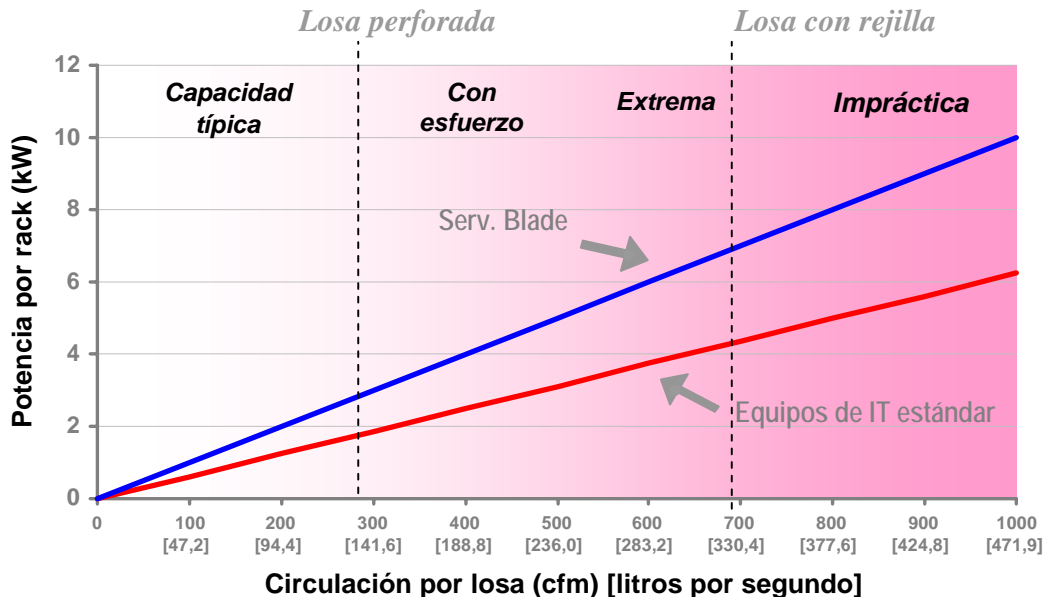
## Suministrar al gabinete 2500 cfm (1180 litros por segundo) de aire frío

Un centro de datos típico con piso elevado cuenta con una losa ranurada para cada gabinete. Las losas ranuradas promedio pueden proporcionar alrededor de 300 cfm (142 litros por segundo) de aire frío a un gabinete. Eso significa que el gabinete de 18 kW necesita 8 losas ranuradas, es decir, 8 veces más que lo que suele contemplarse. El ancho de los pasillos debería aumentarse considerablemente, y el espacio entre racks también, a fin de hacer lugar para 8 losas ranuradas por gabinete. Esto no es viable en un centro de datos típico.

En la **Figura 3** se muestra la capacidad de potencia para enfriamiento de una losa del piso elevado en función de la circulación de aire por losa. Mientras que la potencia para enfriamiento aumenta junto con la circulación de aire de la losa, la figura muestra que ya no resulta práctico contemplar capacidades de circulación de aire más elevadas. Adviértase que la capacidad de enfriamiento del piso elevado es más alta con servidores Blade que con equipos informáticos típicos. Eso se debe al hecho de que, en comparación

con los equipos informáticos típicos, los servidores Blade necesitan, en promedio, 40% menos de circulación de aire para la misma potencia.

*Figura 3 – Capacidad disponible de enfriamiento de racks de una losa del piso elevado en función de la circulación de aire por losa*



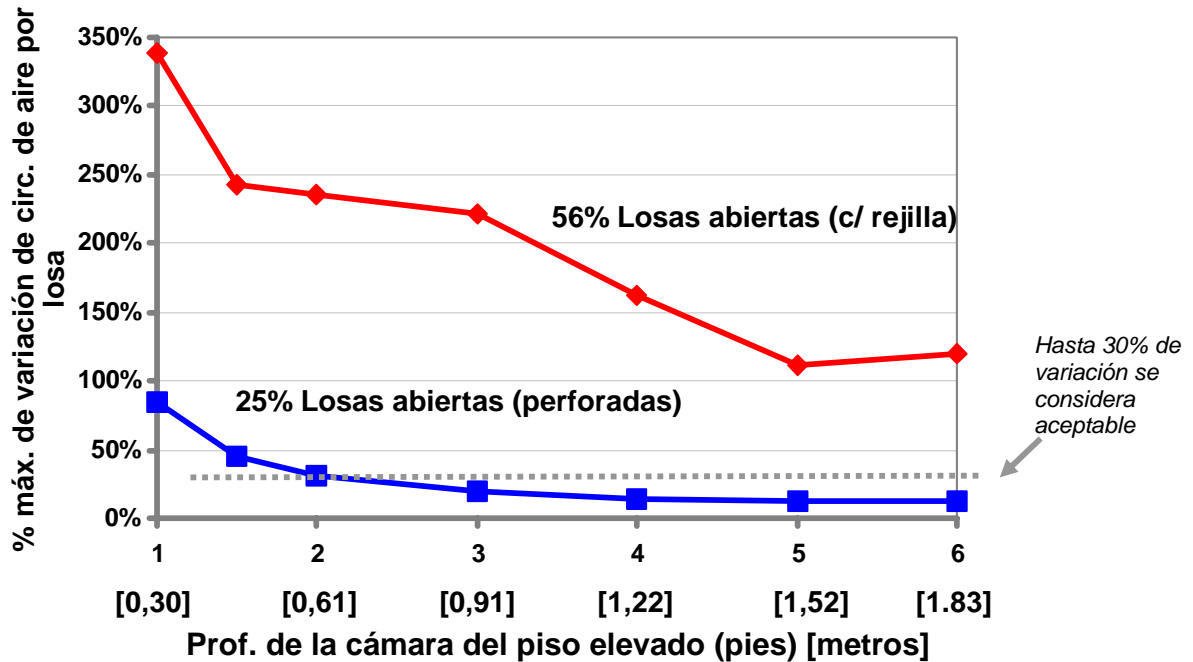
En la **Figura 3**, se indica que alcanzar un nivel de circulación de aire por losa superior a 300 cfm (142 litros por segundo) requiere una infraestructura especial, que incluye el diseño cuidadoso de un piso elevado, instalación de unidades CRAC y el control de los elementos que podrían obstaculizar la circulación de aire debajo del piso, como cañerías, conductos y cables. Para alcanzar un nivel de circulación de aire por losa superior a 500 cfm (236 litros por segundo) es necesario usar losas de piso especiales, diseñadas como rejillas metálicas abiertas. Así podrían obtenerse hasta 700 cfm (330 litros por segundo) por losa en un centro de datos típico. No obstante, el uso de rejillas como las descritas modifica sustancialmente los gradientes de presión debajo del piso e influye en la circulación de aire de las áreas circundantes. Los factores mencionados pueden afectar la uniformidad y predecibilidad de la capacidad de enfriamiento, y pueden imponerse límites no deseados e imprevistos respecto de la capacidad de enfriamiento.

Suele sugerirse que el aumento de la profundidad del piso elevado ofrecerá solución a muchos problemas, entre ellos el de la uniformidad de la capacidad de enfriamiento. Para estudiar este problema, APC recurrió al análisis de la Dinámica de Fluidos por Computadora (CFD) a fin de simular los efectos de modificar la profundidad del piso elevado en diseños típicos. Algunos importantes resultados de esa investigación se muestran en la **Figura 4**. Los datos incluidos allí muestran que la capacidad de enfriamiento presenta una variación que está relacionada con la profundidad del piso elevado. Como se esperaba, la variación de la capacidad de enfriamiento por losa disminuye a medida que aumenta la profundidad del piso elevado.

No obstante, se obtuvieron dos resultados sorprendentes. En primer lugar, en términos relativos, los datos no se vieron afectados por la magnitud de la circulación de aire. Es decir que la variación de la capacidad de enfriamiento por losa depende de la geometría del diseño del piso y, prácticamente, no se ve afectada por la circulación de aire. El segundo resultado sorprendente es que la variación de la circulación de aire aumenta enormemente cuando se usan losas con rejillas abiertas. Por ejemplo, con un piso elevado de dos pies (0,61 m), la variación podría ser del orden del 30% para una losa perforada estándar, pero de 230% para una losa con rejilla. De hecho, cuando se utilizan losas con rejilla, en algunos casos la circulación de aire se revierte y las losas toman aire y lo envían hacia abajo en lugar de suministrarlo a los equipos informáticos.

No conviene que se produzcan variaciones en la circulación de aire de las losas, pero es un hecho que en el centro de datos se compensa y se comparte en cierto grado la circulación de aire; por ese motivo, debería aceptarse cierto nivel de variación de la circulación de aire por cada losa. Sin embargo, las inmensas variaciones que se muestran en la **Figura 4** para las losas con rejilla no son aceptables porque parte de los racks instalados no recibirían suficiente capacidad de enfriamiento. Asimismo, debe notarse que aumentar la profundidad del piso elevado es útil, pero sigue sin ser la solución para cualquier profundidad de piso viable. Por lo tanto, si bien puede servir usar losas con rejilla ocasionalmente, los datos sugieren que su empleo no es una forma eficaz de aumentar la capacidad general en términos de densidad de potencia en un centro de datos.

Figura 4 – Variación de la circulación de aire en función de la profundidad del piso elevado, para dos tipos diferentes de losas



Incluso cuando se implementa un diseño de enfriamiento “extremo”, la **Figura 3** indica que se necesitarían entre 3 y 4 losas con rejilla para refrigerar un gabinete hipotético que consuma 18 kW. Sin embargo, el diseño de un centro de datos típico contempla solo una losa por rack. Cuando se combinan los datos mencionados con los de la variación del nivel de circulación de aire de la **Figura 4**, se infiere que **no es posible refrigerar racks con consumos superiores a 6 kW por rack, aproximadamente, en un área extensa con el esquema de un centro de datos convencional que contempla una losa ranurada por rack.**

### Eliminar 2500 cfm (1180 litros por segundo) de aire caliente extraído del gabinete

Existen tres formas de devolver el aire al sistema de enfriamiento: a través de la sala, a través de un ducto o a través del plenum del techo falso. En una situación ideal, el aire caliente extraído de los equipos sería devuelto directamente al sistema de enfriamiento sin que exista la posibilidad de que se mezcle con el aire del ambiente o sea tomado por los equipos. Para eso, se necesita una vía de retorno directa y sin obstáculos. Como referencia, para llevar 2500 cfm (1180 litros por segundo) por un conducto circular de 12” (30 cm) es necesaria una velocidad de aire de 35 millas por hora (56 km/ h). Una forma de lograrlo es contar con un techo falso abierto alto con un retorno de aire global ubicado en forma centralizada en un punto elevado. No obstante, en muchos centros de datos el aire de retorno debe ser transportado a través de ductos o por el plenum del techo falso, y en otros tantos el retorno del aire global se lleva a cabo a través de la sala por debajo de un techo falso que es apenas unos pies más alto que los gabinetes. Estos casos plantean desafíos técnicos en relación con el diseño.

En cuanto a la disponibilidad, la capacidad de retorno de aire en un rack específico está sujeta a las mismas limitaciones que la capacidad de alimentación. Como sucede con el suministro, para contar con más de 400 cfm (189 litros por segundo) de capacidad de retorno de aire por rack en un área extensa es preciso un diseño especial que garantice que el sistema tenga los niveles de rendimiento y redundancia necesarios.

### Alejar el aire caliente extraído de la entrada de aire de los equipos

La trayectoria más corta para la llegada de aire a los equipos de IT es la que crea la recirculación del aire extraído de los propios equipos. Una parte esencial del diseño de centros de datos debe apuntar a que las trayectorias de suministro de aire frío y de retorno de aire caliente extraído prevalezcan sobre la trayectoria de recirculación, que resulta tan perjudicial. Esto resulta especialmente difícil de lograr en entornos de alta densidad, ya que las altas velocidades de circulación de aire deben superar las resistencias de los sistemas de distribución y retorno de aire. Los paneles de obturación, que se describen más adelante en este informe, son una solución eficaz para evitar la recirculación dentro del rack. Ese y otros tipos de recirculación se analizan con mayor detalle en el informe interno de APC número 49, "Errores evitables que ponen en riesgo el rendimiento del sistema de enfriamiento de centros de datos y salas de gestión de redes".

### Ofrecer todas estas funciones de manera redundante e ininterrumpida

En un centro de datos de alta disponibilidad, las cargas deben seguir funcionando aunque las unidades CRAC se encuentren inactivas, ya sea por eventos programados o no programados. Eso significa que el sistema de enfriamiento debe ser *redundante*: debe estar disponible incluso cuando alguna unidad CRAC esté apagada. En el diseño de centros de datos convencionales, se utilizan unidades CRAC múltiples para suministrar aire a un piso elevado o plenum superior, que, se supone, suma las salidas de todas las unidades CRAC y provee presión uniforme a través de toda la cámara de distribución de aire. El sistema está diseñado para cubrir las necesidades de circulación de aire y enfriamiento cuando cualquier unidad CRAC se encuentra apagada.

Cuando aumenta la densidad de potencia de operación de un centro de datos convencional, aumenta la circulación de aire en las áreas del plenum, y los supuestos fundamentales sobre el funcionamiento del sistema mediante el cual se comparte el plenum comienzan a colapsar. El apagado de una unidad CRAC puede modificar radicalmente las velocidades de la circulación de aire en cada área dentro del plenum. Incluso puede suceder que la circulación de aire en una losa del piso en particular se revierta, y tome aire hacia el piso como resultado del efecto Venturi. El funcionamiento del sistema de enfriamiento cuando se presenta una falla se vuelve menos predecible a medida que aumenta la densidad de potencia. Por este motivo, para la simulación de instalaciones de alta densidad suelen usarse métodos numéricos de simulación (Dinámica de Fluidos por Computadora, CFD) a fin de establecer la presencia de redundancia.

El concepto de enfriamiento *ininterrumpido* también enfrenta problemas cuando se trata de entornos de alta densidad. El sistema de enfriamiento de un centro de datos convencional recibe alimentación de respaldo de un generador de reserva y no de un sistema de suministro ininterrumpido de energía (UPS). El retardo en el arranque del generador es aceptable en el centro de datos promedio porque la pérdida del suministro

de enfriamiento y aire por el período de entre 5 y 20 segundos necesario para garantizar el arranque del generador causa un aumento de temperatura de solo 1°C (1,8°F), aproximadamente. Sin embargo, cuando las cargas instaladas son de alta densidad, del orden de 18 kW por rack, el aumento de la temperatura del aire durante el tiempo de retardo para el arranque del generador sería inaceptable, alrededor de 8-30°C (14-54°F). Por lo tanto, en una instalación de alta densidad es necesario que los ventiladores y las bombas de las unidades CRAC funcionen en forma continua –en algunos casos incluso se requiere el funcionamiento continuo de las propias unidades CRAC– para garantizar el enfriamiento ininterrumpido. La necesidad de que el sistema de enfriamiento cuente con el respaldo de la UPS aumenta los costos en gran medida y representa un importante obstáculo a la hora de implementar soluciones informáticas de alta densidad.

## Cinco estrategias para la implementación de gabinetes y servidores Blade de alta densidad

Existen cinco estrategias básicas para la implementación de gabinetes y servidores Blade de alta densidad:

- 1. Distribución de la carga.** Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento a un valor promedio por debajo del valor de cresta por gabinete, y distribuir la carga de los gabinetes que se van a instalar cuya carga exceda el valor promedio proyectado repartiendo los equipos entre racks múltiples.
- 2. “Préstamo de la capacidad de enfriamiento” basado en reglas.** Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento a un valor promedio por debajo del valor de cresta por gabinete, y emplear reglas para permitir que los racks de alta densidad tomen prestada la capacidad de enfriamiento no utilizada por racks adyacentes.
- 3. Enfriamiento adicional.** Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento a un valor promedio por debajo del valor de cresta por gabinete, y emplear equipos de enfriamiento adicionales según sea necesario para refrigerar los racks que presenten un nivel de densidad superior al valor promedio proyectado.
- 4. Áreas de alta densidad dedicadas.** Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento a un valor promedio por debajo del valor de cresta por gabinete, contemplar un área limitada especial dentro de la sala con alta capacidad de enfriamiento y restringir la instalación de gabinetes de alta densidad a esa área.
- 5. Enfriamiento para toda la sala.** Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento para cada uno de los racks al valor de densidad de cresta esperado por gabinete.

Cada uno de los enfoques mencionados se analiza separadamente, junto con sus ventajas y desventajas.

### Método 1: Distribución de la carga

*Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento a un valor promedio por debajo del valor de cresta posible por gabinete, y distribuir la carga de los gabinetes que se van a instalar cuya carga exceda el valor promedio proyectado repartiendo los equipos entre racks múltiples.*

Esta es la solución más usada para incorporar equipos de alta densidad en los centros de datos de hoy. Afortunadamente, no es necesario que se instalen en un mismo gabinete a poca distancia los distintos servidores de 1 U y Blade; se los puede distribuir entre racks múltiples. Al distribuir los equipos entre distintos racks, no es necesario que ningún rack supere la densidad de potencia proyectada, por lo que el rendimiento del sistema de enfriamiento es predecible.

Adviértase que al distribuirse los equipos entre racks múltiples quedan considerables espacios verticales sin utilizar en los distintos racks. Esos espacios deben completarse con paneles de obturación para evitar la degradación del rendimiento del sistema de enfriamiento según se describe en el Informe interno de APC N° 44, "Cómo mejorar el rendimiento del sistema de enfriamiento de los racks con paneles de obturación". En la **Figura 5**, puede observarse un panel de obturación modular encastrable diseñado para sellar racks.

*Figura 5 – Ejemplo de panel de obturación modular encastrable diseñado para implementación masiva en centros de datos para el control de la circulación de aire (APC # AR8136BLK)*



La necesidad de distribuir equipos de alta densidad entre racks múltiples suele originarse en otros factores, además del problema del enfriamiento. Puede ocurrir que no resulte viable o práctico llegar con la cantidad de cables de potencia o datos al rack, y en el caso de servidores de 1 U el volumen de cables en la parte posterior del gabinete puede bloquear el aire en gran medida o incluso impedir el cierre de las puertas posteriores.

## Método 2: Préstamo de la capacidad de enfriamiento basado en reglas

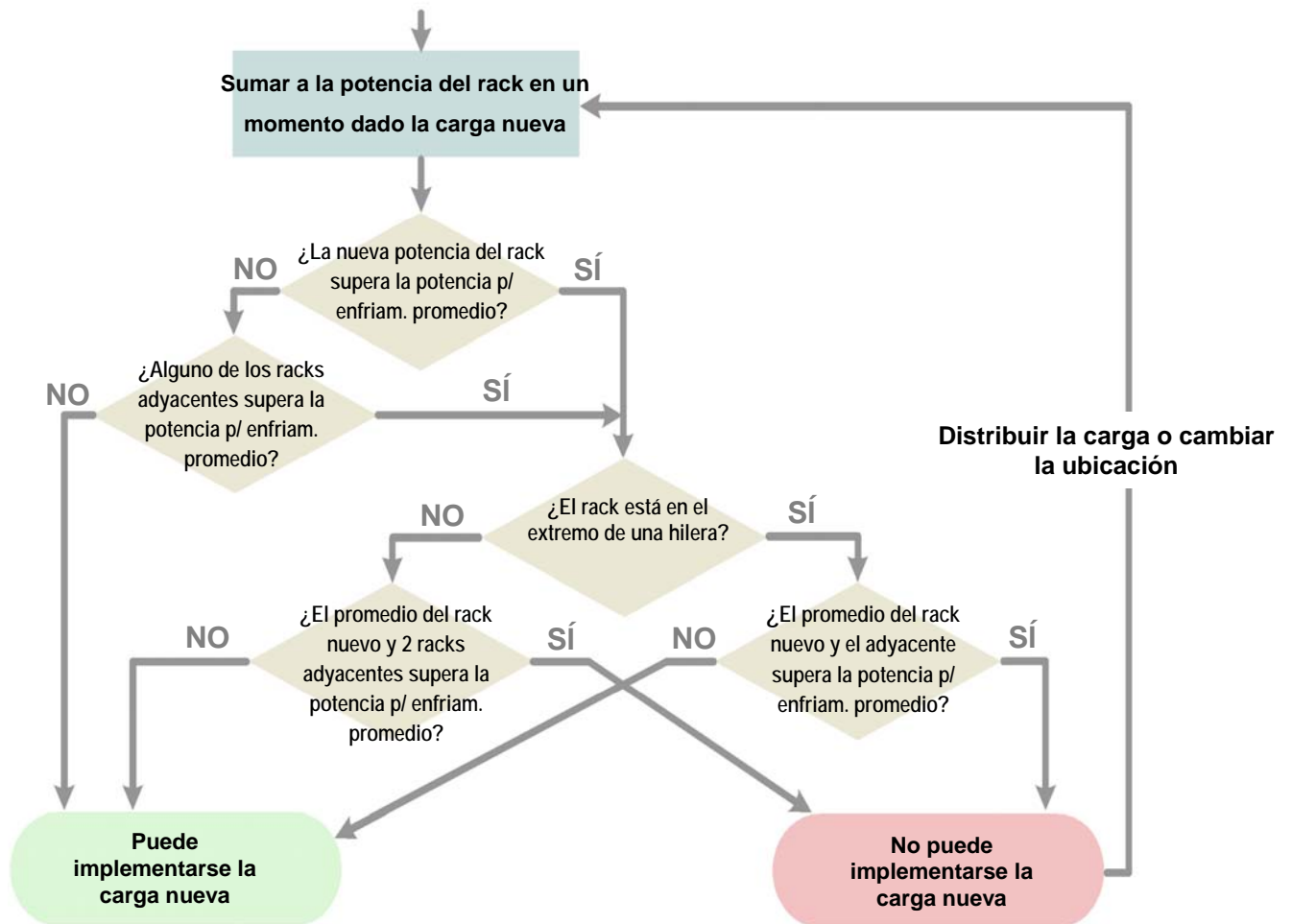
*Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento a un valor promedio por debajo del valor de cresta por gabinete, y emplear reglas para permitir que los racks de alta densidad tomen prestada la capacidad de enfriamiento no utilizada por racks adyacentes.*

El empleo de esta solución gratuita es habitual, aunque no sucede lo mismo con su documentación. Este enfoque aprovecha el hecho de que algunos racks consumen menos potencia que el valor promedio proyectado. La capacidad de suministro de enfriamiento y retorno no utilizada por unos gabinetes puede ser aprovechada por otros gabinetes cercanos. Una regla tan simple como “no ubicar racks de alta densidad a corta distancia” genera ciertos beneficios, pero pueden implementarse reglas más elaboradas que permitan enfriar gabinetes de manera más confiable y predecible para alcanzar niveles superiores al doble de los valores proyectados. Esas reglas pueden establecerse mediante políticas y su cumplimiento puede verificarse a través del monitoreo del consumo de potencia por rack. Es posible automatizar la función descrita con un sistema de administración, como el ISX Manager de APC Corp. La automatización de esa función resultará esencial a medida que empiecen a utilizarse equipos de IT más nuevos con consumos de potencia que varíen en el tiempo.

En la **Figura 6** se ilustra una regla eficaz, que podría implementarse como parte del método que nos ocupa. Esta regla se aplicaría a la instalación de nuevos equipos para establecer que los equipos puedan implementarse sin superar la capacidad del sistema de enfriamiento. En virtud de esta regla, la capacidad de enfriamiento no utilizada por los gabinetes adyacentes en forma inmediata queda disponible para enfriar un rack de equipos, lo que permite que la densidad de potencia de cresta del gabinete supere la potencia promedio para enfriamiento de la sala en un factor máximo de 3 si la capacidad de enfriamiento de los gabinetes adyacentes no se utiliza. En los centros de datos típicos, la descrita puede ser una forma muy eficaz de implementar gabinetes de alta densidad, porque los últimos suelen instalarse junto a gabinetes que no aprovechan la capacidad de enfriamiento disponible.

*Figura 6 – Ejemplo de reglas de préstamo de la capacidad de enfriamiento para permitir que gabinetes de alta densidad aprovechen la capacidad de enfriamiento no utilizada por gabinetes adyacentes*

**INICIO: Nueva carga que se instalará**



**Método 3: Enfriamiento adicional**

*Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento a un valor promedio por debajo del valor de cresta por gabinete, y emplear equipos de enfriamiento adicionales para refrigerar los racks que presenten un nivel de densidad superior al valor promedio proyectado.*

Normalmente esta solución exige que la instalación se proyecte por adelantado para permitir la utilización de equipos de enfriamiento adicionales cuando y donde se los necesite. Cuando se ha proyectado una sala teniendo esa posibilidad en cuenta, pueden utilizarse una serie de técnicas como complemento del enfriamiento de los racks. Las técnicas mencionadas incluyen:

- Instalación de losas de piso especiales (con rejilla) o ventiladores para complementar el suministro de aire frío que llega de la unidad CRAC a un gabinete.
- Instalación de conductos de retorno especiales o ventiladores para tomar el aire caliente extraído de un gabinete y enviarlo a la unidad CRAC.
- Instalación de racks especiales o dispositivos de enfriamiento para montaje en rack que sean capaces de proveer el enfriamiento necesario directamente en el rack.

Los métodos mencionados se analizan en el Informe interno de APC N° 55, "Opciones en arquitectura de distribución de aire para instalaciones de misión crítica". No hace mucho que se encuentran disponibles esos métodos, y a la fecha se los ha implementado en pocos centros de datos. Sin embargo, ofrecen un grado importante de flexibilidad y, con la planificación adecuada, no hace falta adquirirlos ni instalarlos hasta que efectivamente es necesario usarlos.

#### Método 4: Áreas de alta densidad dedicadas

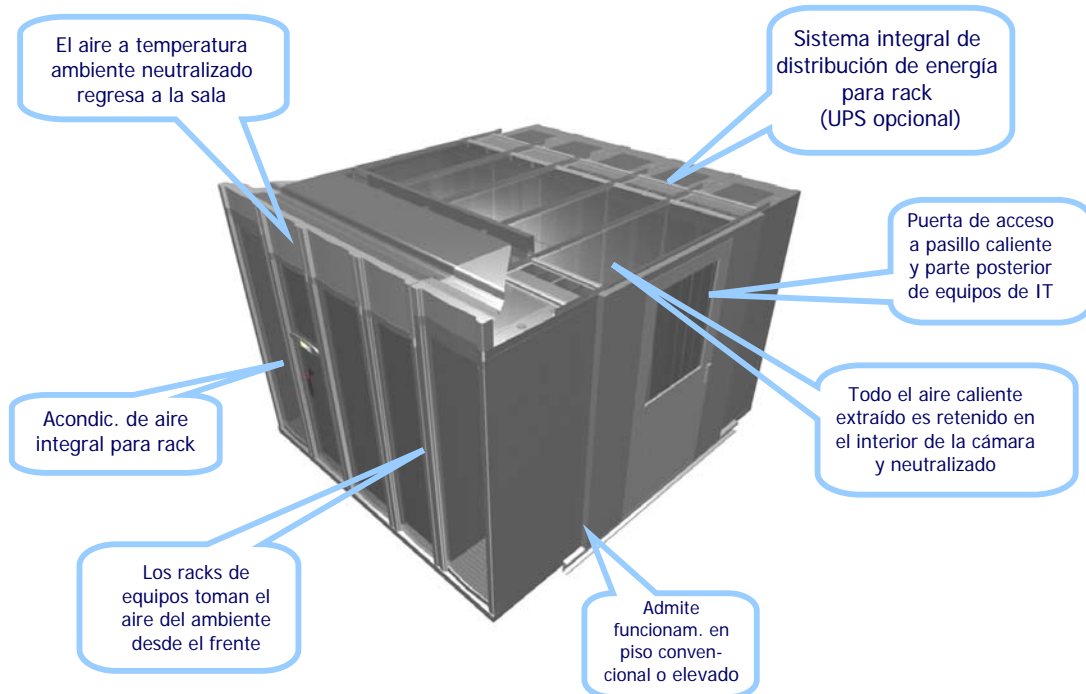
*Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento a un valor promedio por debajo del valor de cresta por gabinete, contemplar un área limitada especial dentro de la sala con alta capacidad de enfriamiento, y restringir la instalación de gabinetes de alta densidad a esa área.*

Para adoptar este enfoque se necesita conocer con anterioridad la fracción de gabinetes de alta densidad que se instalarán, y debe admitirse la segregación de esos gabinetes en un área especial; teniendo en cuenta esas restricciones se puede lograr el máximo aprovechamiento del espacio. Desafortunadamente, no es habitual que se conozca de antemano la fracción de gabinetes de alta densidad que se necesitarán. Por eso, este enfoque no es viable para muchos usuarios.

Cuando puede identificarse un área especial para los gabinetes de alta densidad, es posible instalar componentes tecnológicos especiales para alta densidad que contemplen niveles predecibles de densidad en términos de potencia y enfriamiento para esa área. Cuando la densidad de potencia supera los 10 kW por rack, la incapacidad para predecir la circulación de aire pasa a ser el problema principal. Las tecnologías que ofrecen respuesta a ese problema se basan en el principio según el cual deben acortarse las vías de circulación de aire entre el sistema de enfriamiento y el rack.

En la **Figura 7** se muestra la solución de APC InfraStruxure HD, un ejemplo de sistema modular de potencia y enfriamiento de alta densidad para un cluster de racks de alta densidad. Este sistema integra un cluster de racks de IT con un sistema de aire acondicionado para alta densidad y un sistema de distribución de energía para alta densidad en una unidad preestructurada y probada.

*Figura 7 – Ejemplo de sistema modular de potencia y enfriamiento para un área de alta densidad dedicada dentro de un centro de datos. Módulos de 2-12 racks de IT, con régimen de 20 kW por rack*



En el sistema que se muestra en la **Figura 7** se disponen los racks de IT según el esquema de pasillo caliente/ pasillo frío. El principio de funcionamiento clave de este sistema es la retención de todo el aire caliente extraído de los equipos de IT, para lo que se cuenta con un pasillo caliente cerrado; y se procesa en forma inmediata el aire caliente extraído usando un acondicionador de aire montado en rack. La combinación de retención del aire caliente con una corta vía de circulación de aire hace posible la implementación de soluciones de enfriamiento para densidades muy altas y también permiten que el sistema registre altos niveles de eficiencia. El rendimiento del sistema descrito es completamente independiente de la instalación (incluso en lugares en los que solo se cuenta con enfriamiento de confort), y puede implementarse sin piso elevado.

Cuando es necesario mantener juntos los racks de alta densidad, son preferibles las soluciones que recurren al hospedaje de racks de alta densidad o que utilizan componentes tecnológicos especiales para alta densidad. **Para todas las otras soluciones posibles es necesario distribuir los equipos de alta densidad en cierta medida.**

### Método 5: Enfriamiento para toda la sala

*Diseñar la sala con la capacidad de proveer potencia y enfriamiento para cada uno de los racks al valor de densidad de cresta esperado por gabinete.*

Conceptualmente, esta es la solución más sencilla, pero nunca se implementa porque en los centros de datos siempre se registran importantes variaciones en los niveles de potencia por rack, y diseñarlos teniendo en cuenta el peor de los casos implica un importante desperdicio y resulta prohibitivo en términos de costos. Más aun, el diseño de un centro de datos que contemple una densidad de potencia total por rack superior a 6 kW exige tareas de ingeniería y análisis extremadamente complejas. Este enfoque solo resultaría lógico en una situación extrema.

## Resumen

Las ventajas y desventajas de los cinco enfoques para refrigerar gabinetes de alta densidad se resumen en la **Tabla 2**.

*Tabla 2 – Aplicación de los cinco enfoques para refrigerar gabinetes de alta densidad*

Enfoque	Ventajas	Desventajas	Aplicación
<b>1 Distribuir la carga</b> Distribuir los equipos entre gabinetes para mantener bajo el valor de cresta.	Aplicable a todo tipo de instalación; no requiere planificación. Básicamente gratuito en muchos casos.	Los equipos de alta densidad deben estar incluso más apartados que en el enfoque 2. Utiliza más espacio en el piso. Puede generar problemas de cableado.	Centros de datos existentes, cuando los equipos de alta densidad representan una pequeña porción de la carga total.
<b>2 Préstamo de la capacidad de enfriamiento</b> Proporcionar capacidad de enfriamiento promedio con reglas para permitir el aprovechamiento de la capacidad no utilizada.	No se necesitan nuevos equipos. Básicamente gratuito en muchos casos.	Admite como máximo aprox. el doble de la densidad de potencia proyectada. Utiliza más espacio en el piso. Exige la implementación de reglas complejas.	Centros de datos existentes, cuando los equipos de alta densidad representan una pequeña porción de la carga total.
<b>3 Enfriamiento adicional</b> Proporcionar capacidad de enfriamiento promedio con equipos de enfriamiento adicionales.	Alta densidad donde y cuando se la necesita. Costos de capital diferidos. Alto nivel de eficiencia. Buen aprovechamiento del espacio en el piso.	Admite como máximo aprox. 10 kW por gabinete. Deben diseñarse por anticipado los racks y la sala para admitir este enfoque.	Nueva construcción o renovación. Entorno mixto. No se conoce por anticipado la ubicación de los equipos de alta densidad.
<b>4 Área de alta densidad</b> Crear una hilera o zona especial de alta densidad en el centro de datos.	Máxima densidad. Óptimo aprovechamiento del espacio en el piso. No es necesario distribuir los equipos de alta densidad. Alto nivel de eficiencia.	Debe proyectarse un área de alta densidad por anticipado, o reservar el espacio. Deben segregarse los equipos de alta densidad.	Densidad de 10-25 kW por rack. Cuando es necesario hospedar juntos dispositivos de alta densidad. Nueva construcción o renovación.

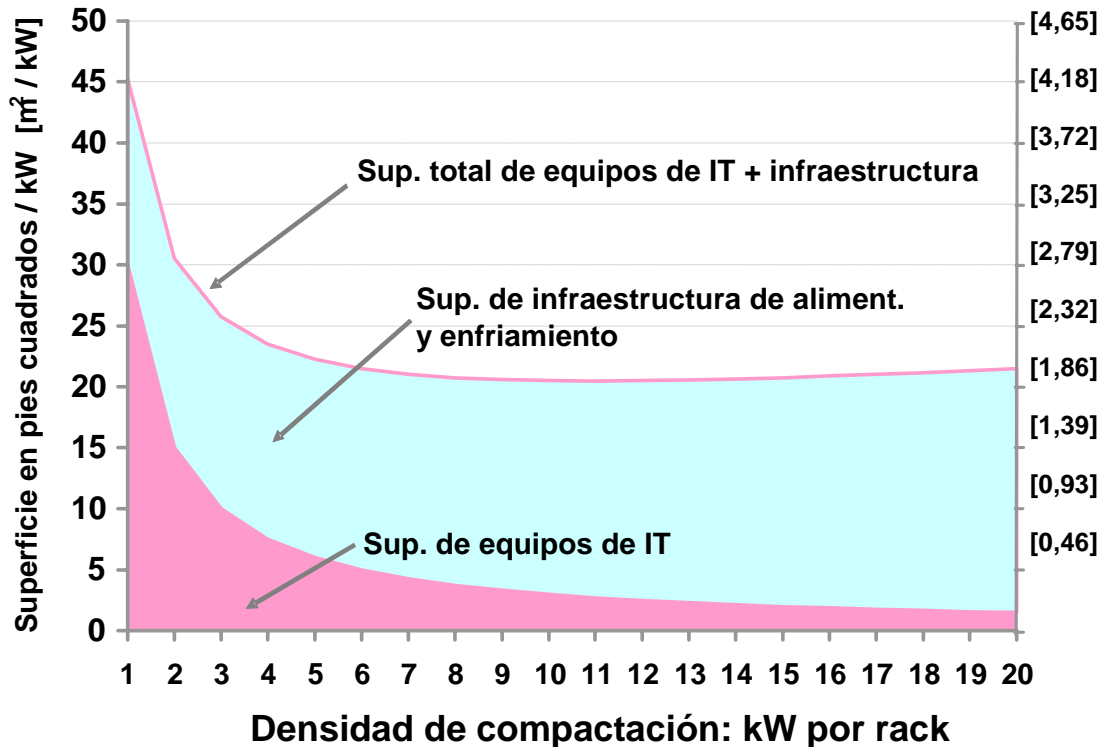
Enfoque	Ventajas	Desventajas	Aplicación
<b>5 Toda la sala</b> Proporcionar a todos los racks capacidad de enfriamiento para alta densidad.	Admite situaciones futuras.	Costos de capital y operativos extremos que cuadruplican los de métodos alternativos.  Puede causar el sobredimensionamiento extremo de infraestructura costosa.	Casos poco comunes y extremos de grandes torres de equipos de alta densidad con muy poco espacio físico.

## Valor de la compactación

En las secciones previas se identifican una serie de barreras difíciles de superar en términos de costos, complejidad y confiabilidad asociadas a las instalaciones con altas densidades de potencia. Es imprescindible superarlas para implementar soluciones de alta densidad en el centro de datos. No obstante, las predicciones preponderantes en las publicaciones especializadas de la industria indican que la compactación de los centros de datos es inevitable y se está produciendo, debido a los ahorros asociados a la compactación en cuanto a menores costos y espacio ocupado. Sin embargo, los datos no respaldan esas creencias; en cambio, sugieren que no es rentable aumentar el nivel de compactación mediante el incremento de la densidad pero sin una reducción sustancial en el consumo de potencia.

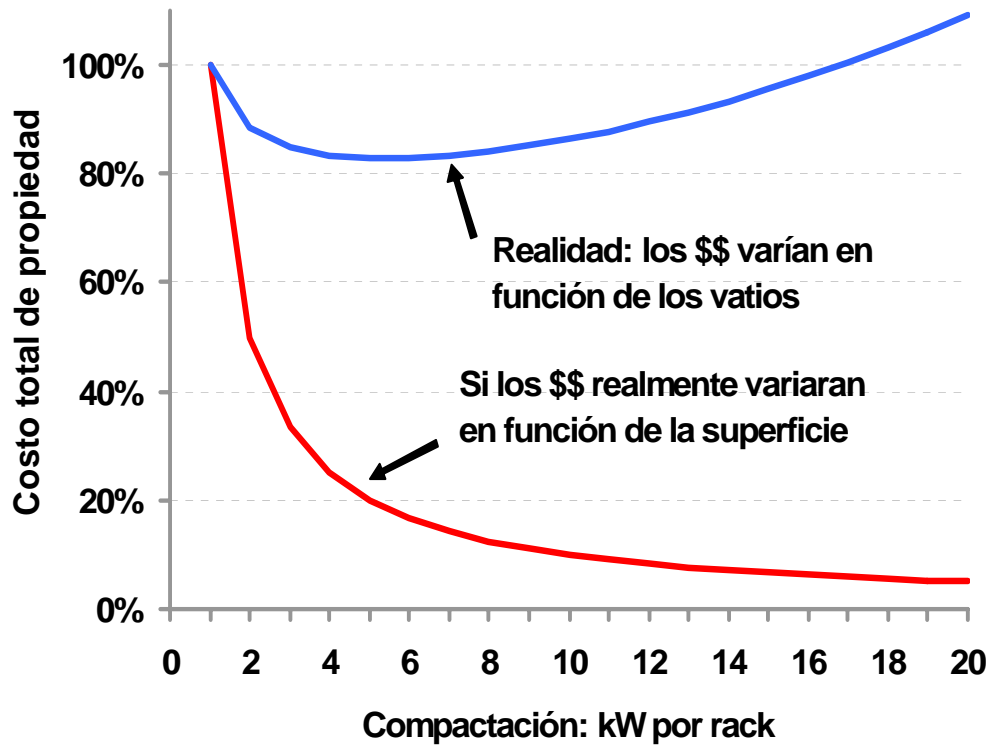
En la **Figura 8** se muestra la superficie de un centro de datos por kW en función de la densidad de potencia de los equipos informáticos. Cuando la densidad de los equipos de IT aumenta, disminuye la superficie que se dedica en el edificio a esos equipos, según muestra la curva inferior. Sin embargo, no se observa la disminución correspondiente en la superficie del edificio dedicada a las infraestructuras de alimentación y enfriamiento. Una vez que la densidad de potencia supera aproximadamente los 2,5 kW por rack, de hecho, la superficie que ocupan los equipos de alimentación y enfriamiento supera la que ocupan los equipos de IT. **Como resultado, la compactación por encima de los 4-5 kW por rack, aproximadamente, en realidad no reduce en absoluto la superficie total necesaria.**

Figura 8 – Superficie de un centro de datos por kW de capacidad en función de la densidad de potencia por rack



Una creencia generalizada, aunque no se expresa abiertamente, es que un supuesto esencial de la compactación es que los costos de los centros de datos aumentan en función de la superficie ocupada, por lo que la reducción de esa superficie mediante la compactación reducirá los costos. En la **Figura 9** se muestra el costo total de propiedad (TCO) de un centro de datos durante su vida útil en función de la densidad de potencia de los equipos de IT. Cuando aumenta la densidad de los equipos de IT, el resultado que suele esperarse es la disminución proporcional del TCO, como se muestra en la curva inferior de la figura. No obstante, la realidad es que el 75% de los costos que integran el TCO del centro de datos aumentan en función de la potencia y solo el 25% de los costos varían con relación a la superficie. Más aun, los costos por vatio aumentan a medida que crece la densidad de potencia debido a los factores descritos anteriormente. **En consecuencia, los costos que integran el TCO no disminuyen significativamente cuando aumenta la densidad de potencia; en realidad aumentan cuando se supera la densidad de potencia óptima, que es del orden de 6 kW por gabinete.**

Figura 9 – Variación del TCO durante la vida útil de un centro de datos en función de la densidad de potencia por rack



Los beneficios de aumentar la densidad de potencia de los equipos de IT son mínimos. No obstante, reducir el consumo de energía de los equipos de IT genera importantes beneficios porque, como se muestra en la sección previa, tanto la superficie del centro de datos como el TCO se ven afectados en gran medida por el consumo de energía. En la **Tabla 3** se indica en qué medida las reducciones adicionales del consumo de energía de los equipos de IT y el tamaño influyen en la superficie y el TCO del centro de datos. En comparación con el caso de base típico, las reducciones en el consumo de energía generan un beneficio mucho mayor que las reducciones de tamaño proporcionales.

*Tabla 3 – Ahorro en términos de superficie y TCO del centro de datos resultante de la reducción del tamaño y el consumo de los equipos de IT*

Mejora asociada a los equipos informáticos	Ahorro en términos de superficie	Ahorro en términos de TCO	Análisis
50% de reducción de tamaño, mismo consumo de energía	14%	4%	El ahorro esperado en términos de superficie no se concreta porque la superficie ocupada por el sistema de alimentación y enfriamiento determina la variación. El ahorro esperado en términos de TCO no se concreta porque el TCO varía esencialmente en función de los costos asociados a la energía.
50% de reducción en el consumo de energía, mismo tamaño	26%	35%	Grandes ahorros en términos de superficie como resultado del espacio no ocupado por el sistema de alimentación y enfriamiento. Grandes ahorros en términos de TCO ya que el TCO varía esencialmente en función de los costos asociados a la energía.

Nota: El caso de base contempla el esquema típico de 3 kW por rack y servidores duales de 2 U

Cuando se utilizan servidores Blade, efectivamente se logran reducciones de entre 20 y 40% en el consumo de energía eléctrica, en comparación con los servidores convencionales de capacidad computacional equivalente, debido a que los primeros comparten la infraestructura de chasis para el suministro de energía y los ventiladores del sistema de enfriamiento. El nivel de ahorro mencionado representa un importante ahorro en términos de TCO porque el TCO varía esencialmente en función de los costos relacionados con la energía y no de los relacionados con la superficie ocupada por los equipos de IT.

***Contrariamente a la creencia popular, el principal beneficio en términos de TCO que representan los servidores Blade en cuanto a la infraestructura física de redes críticas se deriva de su bajo consumo de energía y NO de su bajo consumo de espacio. No es necesario instalar los servidores Blade en esquemas de alta densidad para obtener los beneficios descritos en términos de TCO.***

## Estrategia de enfriamiento óptima

A partir de los datos presentados en este informe, es posible identificar una estrategia coherente que resulte óptima para la mayoría de las instalaciones. La estrategia en cuestión emplea una combinación de los enfoques descritos anteriormente en este informe, y aparece resumida en la **Tabla 4**.

*Tabla 4 – Estrategia práctica para optimizar el enfriamiento cuando se implementan equipos informáticos de alta densidad*

Elemento estratégico	Objetivo
1) Ignorar el tamaño físico de los equipos de IT y centrarse en la funcionalidad por vatio consumido.	Esta es una forma eficaz de minimizar la superficie ocupada y el TCO.
2) Diseñar el sistema para permitir la instalación posterior de dispositivos de enfriamiento adicionales.	Así se admite la instalación posterior de equipos de enfriamiento adicionales donde y cuando se los necesite en un centro de datos activo, a la luz de los inciertos requisitos futuros.
3) Seleccionar una densidad de potencia de base para los nuevos diseños de entre 40 y 100 vatios/ pie cuadrado [0,4 – 1,1 kW/ m <sup>2</sup> ]; 80 vatios/ pie cuadrado [0,9 kW/ m <sup>2</sup> ] (promedio de 2800 vatios/ gabinete) es un valor práctico para la mayoría de los nuevos diseños.	Debería seleccionarse una densidad de potencia de base tal que permita evitar los importantes desperdicios debidos al sobredimensionamiento; si se mantiene ese valor debajo de 100 vatios/ pie cuadrado (1,1 kW/ m <sup>2</sup> ) el rendimiento y la capacidad de redundancia resulta predecible.
4) Cuando la fracción de cargas de alta densidad es considerable y predecible, establecer y preparar áreas de alta densidad especiales con 100-400 vatios/ pie cuadrado [1,1 – 4,3 kW/ m <sup>2</sup> ] (3-12 kW por gabinete) en el centro de datos.	Cuando se sabe de antemano que se necesita un área de alta densidad y no es posible distribuir la carga. Este enfoque puede sumar costos, tiempos y complejidad considerables al diseño del centro de datos. Estas áreas emplearán equipos de enfriamiento especiales; no servirá el diseño de piso elevado típico.
5) Establecer políticas y reglas para determinar la potencia disponible para cada gabinete en función de su ubicación y las cargas adyacentes.	Cuando se combina la comprensión de las capacidades proyectadas con el monitoreo de la energía, la implementación de reglas para la instalación de nuevos equipos puede reducir las concentraciones de calor ( <i>hot spots</i> ), ayudar a garantizar la redundancia en términos de enfriamiento, aumentar la eficiencia del enfriamiento del sistema y reducir el consumo eléctrico. La aplicación de reglas y esquemas de monitoreo más elaborados permite trabajar con mayores densidades de potencia.
6) Usar dispositivos de enfriamiento adicionales según la necesidad	La instalación de dispositivos de enfriamiento adicionales donde y cuando se los necesita puede triplicar la capacidad de enfriamiento proyectada de un área del centro de datos para admitir equipos de alta densidad.
7) Distribuir los equipos que no pueden instalarse cumpliendo las reglas	La opción más económica y menos costosa, pero puede consumir mucho espacio cuando las cargas de alta densidad son considerables. Muchos usuarios que no tienen importantes limitaciones de espacio eligen este enfoque como estrategia principal.

## Conclusiones

La máxima densidad de potencia por rack que registran los equipos informáticos de alta densidad de última generación es aproximadamente 10 veces mayor que la densidad de potencia del rack promedio de los centros de datos existentes. Es insignificante la cantidad de racks que funcionan en los centros de datos actuales incluso con la mitad de la densidad de potencia máxima mencionada.

Los métodos y esquemas actuales para el diseño de centros de datos no pueden contemplar de manera práctica el enfriamiento que necesitan los equipos de alta densidad debido a limitaciones inherentes a los sistemas de suministro y retorno de aire, y a la dificultad para ofrecer redundancia y enfriamiento ininterrumpido durante la conmutación al generador.

Cuando el objetivo es reducir la superficie del centro de datos y el costo total de propiedad (TCO), los clientes deberían pensar la compra de equipos informáticos centrándose en la funcionalidad por vatio, y hacer caso omiso del tamaño físico de los equipos de IT. Esta conclusión inesperada surge del hecho de que por encima de los 60 vatios por pie cuadrado ( $0,6 \text{ kW/ m}^2$ ), la energía influye más que el tamaño de los equipos de IT tanto en el TCO como en la superficie.

Existen diversas soluciones que permiten implementar eficazmente equipos informáticos de alta densidad en entornos convencionales. Si bien el diseño de centros de datos enteros que contemplen la necesidad de alta densidad sigue siendo impráctico, es posible instalar en los centros de datos una cantidad limitada de equipos de alta densidad usando sistemas de enfriamiento adicionales, aplicando reglas para permitir el "préstamo" de la capacidad no utilizada por gabinetes adyacentes y, por último, distribuyendo la carga entre gabinetes múltiples.

Cuando se proyecta una instalación con un alto porcentaje de gabinetes de alta densidad, y no resulta viable distribuir los equipos, la única alternativa es que el diseño contemple la máxima capacidad para todos los gabinetes. Los diseños convencionales con piso elevado no ofrecerán la capacidad suficiente ni el rendimiento predecible que necesitan esos sistemas, y será necesario implementar sistemas de enfriamiento especiales que abastezcan racks, hileras o clusters específicos.

A pesar de que en las publicaciones especializadas se habla sobre densidades proyectadas para los centros de datos de entre 300 y 600 vatios por pie cuadrado ( $3,2 - 6,5 \text{ kW/ m}^2$ ), sigue siendo impráctico alcanzar semejantes densidades debido a los importantes costos y a la dificultad de lograr altos niveles de disponibilidad cuando se trabaja con esas densidades. Los diseños actuales de los centros de datos de alta disponibilidad y alto rendimiento son predecibles y prácticos operando en el rango de 40 a 100 vatios/ pie cuadrado [ $0,4 - 1,1 \text{ kW/ m}^2$ ] (promedio de 1,2 kW a 3 kW por rack), y admiten la incorporación de cargas ocasionales del triple del valor proyectado, mediante el aprovechamiento de la diversidad de las cargas y la utilización de dispositivos de enfriamiento adicionales.

## Acerca del autor

**Neil Rasmussen** es uno de los fundadores y Director de Tecnología de American Power Conversion. En APC, administra el mayor presupuesto mundial de Investigación y Desarrollo dedicado al tema de la infraestructura de energía, enfriamiento y racks para redes críticas; los principales centros de desarrollo de productos se ubican en Massachusetts, Missouri, Dinamarca, Rhode Island, Taiwán e Irlanda. En la actualidad, Neil conduce las iniciativas de APC orientadas al desarrollo de soluciones modulares escalables para centros de datos.

Antes de fundar APC en el año 1981, Neil recibió los títulos de *Bachelor* y *Master* en Ingeniería Eléctrica del MIT, donde realizó su tesis sobre el análisis de una fuente de potencia de 200 mW para un reactor de fusión Tokamak. Desde 1979 hasta 1981 trabajó para MIT Lincoln Laboratories en sistemas de almacenamiento energético de volante y sistemas de energía eléctrica solar.