Elegir la densidad de energía óptima del centro de datos

Documento técnico 156

Revisión 0

por Kevin Brown
Wendy Torell
Victor Avelar

Resumen ejecutivo

La elección de las densidades de energía del rack de TI tiene un impacto directo en el costo de capital del centro de datos. Hay ahorros significativos en el desarrollo de un centro de datos con una densidad de energía de rack promedio de al menos 5 kW por rack; sin embargo, las densidades superiores a ~15 kW por rack no muestran más ahorros relevantes. Este documento analiza estos costos y presenta una arquitectura flexible para adaptarse a una densidad bien especificada, y analiza la importancia de las políticas operativas en la ejecución de la especificación.

APC por Schneider Electric. Los documentos técnicos ahora forman parte de la biblioteca de documentos técnicos de Schneider Electric producida por el **Centro de Investigación del Centro de Datos** de Schneider Electric.
DCSC@Schneider-Electric.com

Introducción

La densidad de funcionamiento promedio de los centros de datos en la actualidad es significativamente más baja de lo que se ha previsto. Las expectativas originales para los centros de datos empresariales eran de más de 30 kW por rack, o más, para esta época. Sin embargo, el promedio ha crecido muy lentamente y en la actualidad todavía se encuentra en el rango de 3 a 5 kW por rack. Los centros de datos que planifican para las densidades extremas pronosticadas probablemente se quedarán sin espacio de TI antes de que agoten sus recursos de energía y refrigeración. Para la mayoría de los centros de datos, la energía desaprovechada y la capacidad de refrigeración son muy costosas. Considere el ejemplo simple de la **Imagen 1**.

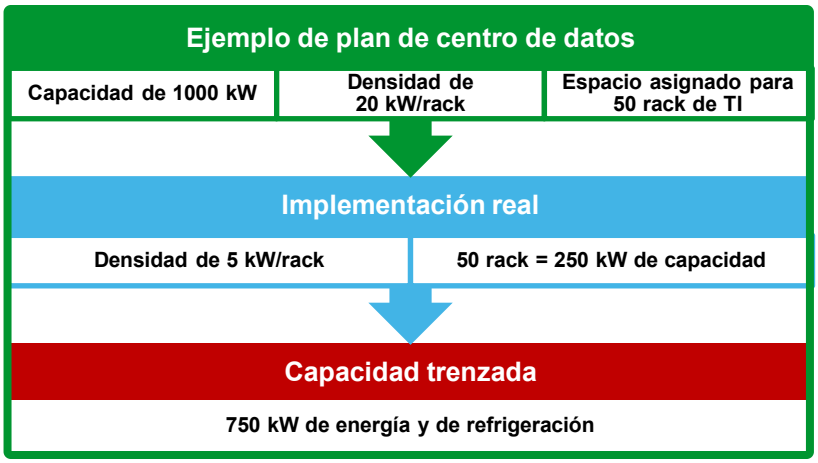


Imagen 1

Ejemplo de implicación para especificar una alta densidad basada en pronósticos

Las implicaciones de especificar una densidad a menudo se pasan por alto, pero, como lo ilustra este ejemplo, puede tener un impacto importante en el uso de los recursos de energía y de refrigeración. El documento técnico 155, Cálculo de los requisitos de espacio y densidad de energía para los centros de datos, analiza las fallas de los métodos tradicionales de planificación de espacio y densidad, y proporciona una metodología mejorada para establecer estos requisitos (incluidas las hojas de cálculo de Excel).

En *este* documento, la discusión se centra en las densidades óptimas, dadas las tendencias de la tecnología de TI, el entorno de TI mixto que exhiben la mayoría de los centros de datos y el costo de la infraestructura en densidades variables. La **Imagen 2** es un resumen del análisis de costo de capital presentado (ver **Apéndice** para obtener información sobre el modelo de costo). Como se ilustra en la imagen, hay una disminución pronunciada en el costo por vatio de 1 kW por rack a 5 kW por rack, momento en el cual la curva comienza a nivelarse. A partir de esta curva de costos, este documento propone que **la densidad promedio óptima por rack es de 5 a 8 kW por rack**. La implementación del equipo de TI a densidades más bajas es mucho más costosa por vatio, y la implementación más alta proporciona un rendimiento mínimo para las complejidades de diseño adicional introducido.

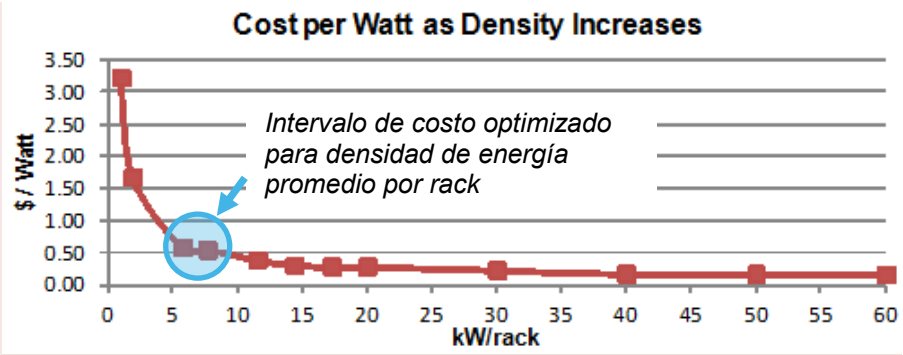


Imagen 2

El ahorro de costo por vatio disminuye después de los 5 kW por rack. El costo incluye el rack, la PDU de rack, el circuito de derivación y el espacio.

Dado que siempre hay cierto grado de incertidumbre al planificar los futuros equipos de TI, es importante que la infraestructura de energía y de refrigeración sea flexible en caso de que la implementación de densidad sea mayor o menor de lo esperado. También se presentan estrategias de planificación para lograr esta flexibilidad.

¿Por qué no se ha adoptado ampliamente la alta densidad?

Hay dos razones principales por las que los centros de datos generalmente implementan equipos a densidades promedio más bajas que las previstas: (1) cargas de TI mixtas y (2) mejoras en la tecnología de TI.

Cargas de TI mixtas

Si bien es posible llenar un rack con servidores blade y lograr una densidad de rack de 20 kW o más, es muy extraño que estos rack representen la mayoría dentro de un espacio de TI.[1] El promedio es generalmente mucho más bajo cuando se tienen en cuenta los rack de servidores, los rack de almacenamiento y los rack de redes. Por lo tanto, en las conversaciones sobre densidad, es muy importante que quede claro si los valores analizados representan densidades promedio o máximas. La **Imagen 3** ilustra cómo este entorno de carga mixta afecta la densidad *promedio*. Estos valores representan un centro de datos empresarial típico.

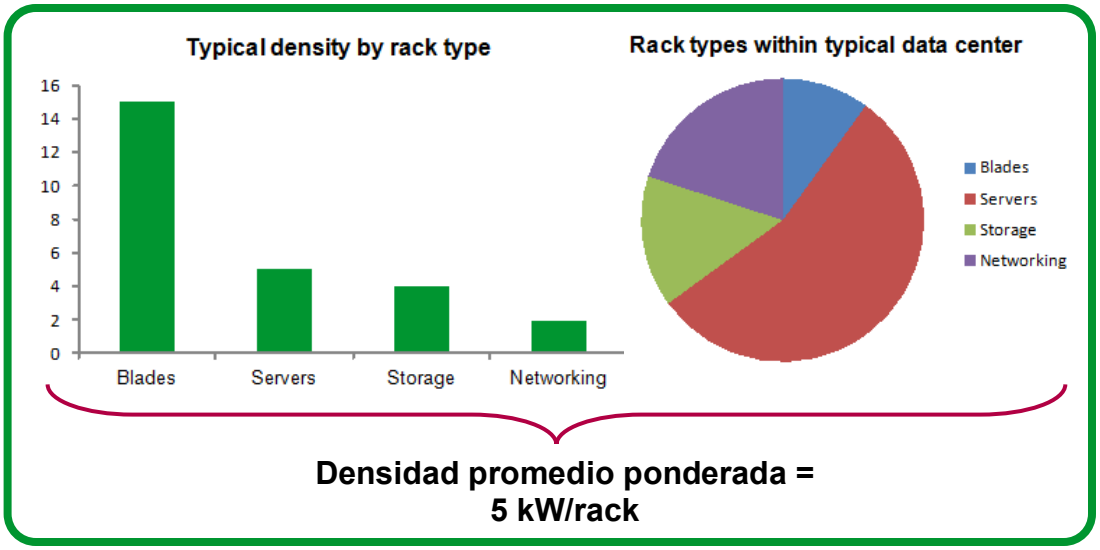


Imagen 3

Las cargas mixtas en los centros de datos bajan el promedio.

Mejoras en la tecnología de TI

La planificación de la densidad (y la planificación de la capacidad en general) es un desafío para los gerentes de TI porque la tecnología de TI está en constante evolución. Con un ciclo de actualización normal de 2 a 4 años, la tendencia es exagerar la necesidad futura y tener un margen de seguridad debido a la incertidumbre de qué equipo de TI será necesario y cuánto consumirá. Es importante tener en cuenta los siguientes atributos de los dispositivos de TI:

- La placa de identificación no refleja el consumo de energía real.
- El consumo de energía de los dispositivos de TI no es constante en el tiempo.
- El rendimiento (cálculo) por vatio está mejorando.

[1]Nota: La computación de alto rendimiento, o HPC, es la excepción a esta regla.

Es poco probable que los dispositivos obtengan sus valores nominales de energía de la placa de identificación. Por lo general, los dispositivos de TI consumen menos del 50 % del valor nominal de suministro de energía de la placa de identificación, y el consumo real depende de la configuración del dispositivo. Existen herramientas disponibles para ayudar a estimar el consumo de energía real, como el Power Advisor de HP[2]. Tanto con los servidores 1U de HP como con su Moonshot (a partir de 2014), es difícil configurar un rack completo que consuma más de 10 kW.

El consumo de energía de los equipos de TI varía con el tiempo, a medida que cambian las cargas de trabajo en el dispositivo. Los sistemas de gestión de energía en los servidores modernos pueden resultar en una variación de energía en un factor de 2 o más durante el funcionamiento normal (pico frente a inactivo). El límite dinámico de energía en muchos servidores también limita el consumo máximo de energía de un dispositivo.

Los chips del servidor están mejorando en rendimiento por vatio. La **tabla 1** brinda un ejemplo de cómo cambió de 2010 a 2013. Además, el consumo de energía por rack en U tiende a disminuir con el tiempo, como lo ilustra la **Imagen 4**.

Tabla 1

Ejemplo de mejora del rendimiento del chip del servidor de 2010 a 2013

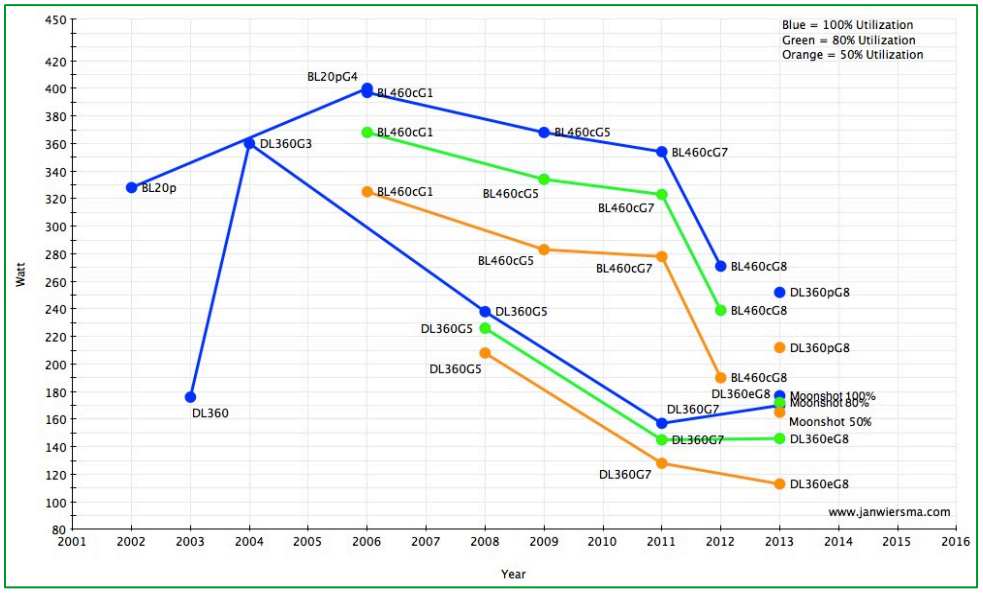
	Xeon E5520	Xeon E5-2670v2
Año	2010	2013
Núcleos	4 núcleos	10 núcleos
Energía	80 vatios	115 vatios
Marca de CPU promedio	4588[1]	20516[2]
Rendimiento/vatio	4588/80 = 57	20516/115 = 178

1 - http://www.cpubenchmark.net/cpu.php?cpu=Intel+Xeon+E5520+%40+2.27GHz&id=1243

2 - http://www.cpubenchmark.net/cpu.php?cpu=Intel+Xeon+E52670+v2+%40+2.50GHz&id=2152&cpuCount=2

Imagen 4

Tendencia de energía por U de los servidores comunes, incluidos los servidores de cajas de pizza, los servidores blade y los servidores de energía optimizada



Fuente: http://datacenterpulse.org/blogs/jan.wiersma/where_rack_density_trend_going

Dada la tendencia actual de un consumo de energía del chip inferior o constante, la falta de ahorros significativos en costos al pasar a densidades más altas y el hábito

[2] http://www8.hp.com/us/en/products/servers/solutions.html?compURI=1439951

histórico de la industria de sobreestimar las densidades futuras, parece probable que los centros de datos no alcancen densidades superiores a 10-15 kW por rack para el futuro previsible. Obviamente, habrá excepciones en las que los requisitos de TI aumenten la densidad, como la informática de alto rendimiento, pero incluso en esos entornos los beneficios de estas densidades más altas pueden y deben ser cuestionados.

Impulsores de costos de capex

Desarrollamos un modelo de costo de capital para cuantificar el costo de los rack, el espacio y la distribución de energía y refrigeración a medida que varía la densidad en un centro de datos. Se analizó un centro de datos de 1 MW (sin redundancia) a densidades promedio que iban desde 1 kW/rack hasta 60 kW/rack, teniendo en cuenta los cambios en los requisitos de espacio, el tipo y recuento de rack, los interruptores de distribución y los cables de distribución. Fijamos el consumo de energía en 1 MW para todas las densidades de rack, lo que significa que cada rack consume exactamente la misma cantidad de energía para una densidad de rack determinada. Esta distribución eléctrica hipotética nos permitió excluir el impacto en los costos de las variaciones de energía del rack, que cuantificamos por separado en la siguiente sección. El **Apéndice** proporciona información sobre la metodología y los supuestos del modelo.

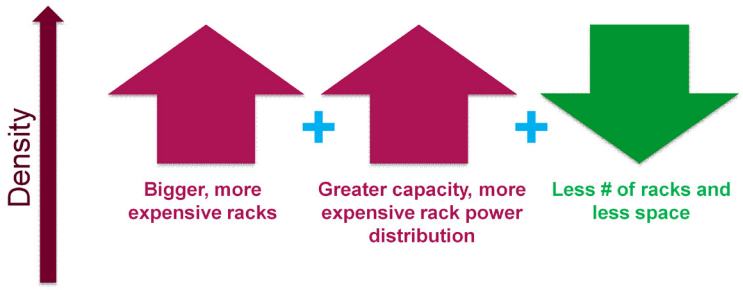
Nuestro análisis de sensibilidad reveló que tres variables clave determinan la curva de densidad de costo por vatio de la **Imagen 2**:

- El ancho y la profundidad de los rack
- El tipo de las unidades de distribución eléctrica del rack
- La cantidad de rack y espacio consumido

Hay una fuerte disminución en el costo por vatio de 1 a 5 kW/rack porque la reducción en el recuento de rack y el espacio impulsan los ahorros; pero, a medida que la densidad sigue aumentando, el recuento de rack y el ahorro de espacio se contrarrestan con costos más altos de rack (más anchos y profundos) y distribución eléctrica del rack (interruptores y conectores de mayor amperaje). Todavía hay ahorros más allá de los 5 kW/rack, pero se vuelven mucho menos significativos y deben compararse con las complejidades de diseño en esas densidades mayores. La **Imagen 5** ilustra la relación de los tres impulsores.

Imagen 5

3 variables clave impulsan la ecuación de capex de densidad



Efecto en la energía

Nuestro modelo no incluyó el costo de capital de la energía a granel (es decir, UPS, generador) porque no se ve afectado por los cambios en la densidad del rack de TI. Ya sea que la carga sea de 10 kW/rack x 10 rack o 5 kW/rack x 20 rack, la capacidad del UPS y del generador no cambian.

Dado que el tamaño del módulo (cantidad de rack alimentados desde una PDU o RPP) puede cambiar a medida que cambia la densidad, el costo de las PDU o los RPP puede

Vatios por rack: la métrica de densidad más útil

Cuando se producen discusiones sobre la densidad, muchos profesionales de centros de datos aún se refieren a unidades de vatios/m2 o vatios/pies cuadrados. Esto genera confusión, ya que a menudo no está claro qué espacio se está utilizando en la métrica (si es solo espacio de rack, rack y espacio libre, o espacio de infraestructura física y de TI).

Por esta razón, la mejor métrica es vatios/rack, ya que es inequívoca en la definición. Consulte el documento técnico 120, Pautas para la especificación de la densidad de energía del centro de datos, para obtener más información.

variar ligeramente. Pero este no es un factor de costo significativo para identificar la densidad óptima.

El costo de la distribución eléctrica del rack es un factor clave porque, a medida que aumenta la densidad, se deben usar las PDU de rack de mayor capacidad y más costosas (mayor calibre de cable e interruptor más grande) para soportar el equipo. Hay puntos de interrupción naturales para la cantidad de energía que pueden soportar las PDU del rack, dado el voltaje de funcionamiento, monofásica o trifásica, y el amperaje del interruptor de entrada en la PDU del rack. La **Tabla 2** ilustra estos puntos de interrupción naturales. El documento técnico 28, Opciones de energía del rack para alta densidad en países de 230 VCA, y el documento técnico 29, Opciones de energía del rack para alta densidad, proporcionan más información.

Cuando se utilizan unidades de distribución de rack de 25 A (30 A en América del Norte) o de mayor amperaje, los circuitos derivados que suministran energía a los receptáculos deben estar protegidos por interruptores de derivación ubicados dentro de los rack por código. Desde un punto de vista de confiabilidad, muchos operadores de centros de datos desean evitar estos interruptores adicionales (más puntos de falla) y, por lo tanto, limitan el tamaño de la PDU del rack a 16 A/20 A. **Esto produce un límite de densidad de pico natural de 11 - 11.5 kW por rack.**

Tabla 2

Puntos de interrupción naturales para la densidad en función del tamaño del interruptor

Voltaje en América del Norte	Monofásico			Trifásico		
	20 A	30 A	40 A	20 A	30 A	40 A
120 V	1.9 kW	2.9 kW	3.8 kW	5.8 kW	8.6 kW	11.5 kW
208 V	3.3 kW	5.0 kW	6.7 kW	5.8 kW	8.6 kW	11.5 kW
240 V	3.8 kW	5.8 kW	7.7 kW	11.5 kW	17.3 kW	23.0 kW
Voltaje de Europa	**16 A**	**25 A**	**32 A**	**16 A**	**25 A**	**32 A**
230 V	3.7 kW	5.8 kW	7.4 kW	11.0 kW	17.3 kW	22.1 kW

Efecto en la refrigeración

Nuestro modelo no incluyó el costo de capital de la refrigeración a granel (es decir, el refrigerador, la torre de refrigeración) porque no se ve afectado por los cambios en la densidad del rack de TI, por la misma razón que la energía a granel.

Una buena práctica en los centros de datos es separar las corrientes de aire frío y caliente a través de la contención que asume nuestro modelo de costo de capital. Dado que se puede usar la misma cantidad de unidades de refrigeración para enfriar todos los rack en todas las densidades razonables, la distribución de refrigeración (refrigeración de sala y fila) también se excluyó de la curva de costo de capital (**Imagen 2**). Tenga en cuenta que, a 30 kW/rack y, por encima, hay una notable multa por costo del refrigerador de filas. Este efecto no fue analizado para la refrigeración de la habitación.

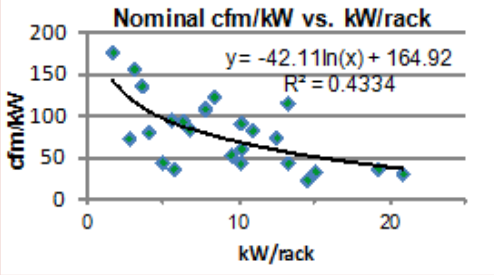
Cuando las corrientes de aire caliente y frío no se separan a través de la contención, se produce un impacto significativo en el costo de capital de la distribución de aire (CRAH/CRAC) debido a los diversos grados de mezcla de aire (según el diseño y la densidad). Cuando se utiliza la refrigeración del perímetro sin contención, el costo de capital aumenta uniformemente en todas las densidades hasta aproximadamente 7 kW/rack, por lo que se hace más difícil refrigerar constantemente todos los rack en el espacio.

Cuando se utiliza la refrigeración de fila sin contención, la forma de la curva de costo cambia su pendiente. A bajas densidades, hay una mayor multa por costo por no ser contenida, ya que los refrigeradores están ubicados más lejos del equipo de TI que están soportando. A medida que aumenta la densidad, el efecto de acoplamiento cerrado mejora y se une a la curva de costo "contenida".

Flujo de aire y densidad: el equipo de TI refrigerado por aire está diseñado para recibir una cierta cantidad de flujo de aire y rechazarla a una temperatura más alta. Algunos equipos requieren más o menos flujo de aire para un consumo de energía dado (kW). Investigamos esta relación entre el flujo de aire y el consumo de energía porque tiene un impacto en la cantidad de unidades de refrigeración necesarias para enfriar el centro de datos. Usando datos fácilmente disponibles en las hojas de especificaciones de Energy Star, encontramos una disminución en el CFM/kW a medida que aumentaba la densidad (vea la **Imagen 6)**. Basado en la fórmula de energía térmica[3], el requisito de flujo de aire más bajo significa un delta T más alto; y un delta T más alto significa que cada unidad de refrigeración tiene una mayor capacidad, por lo que se necesitan menos unidades para refrigerar la misma carga total (kW).

Imagen 6

Correlación de la densidad del servidor y el flujo de aire/kW



El análisis de sensibilidad del modelo de costos mostró que la tendencia a la baja del CFM no era un factor impulsor del Capex y, por lo tanto, se excluyó del análisis. El análisis supone 3.54 m^3/minuto/kW (125 CFM/kW).

Efecto sobre los rack y el espacio

A medida que aumenta la densidad promedio por rack, la cantidad de rack disminuye (suponiendo una carga de TI fija). Pasar de 3 a 6 kW/rack, por ejemplo, significa que se puede evitar la mitad del costo del rack. Sin embargo, hay un punto en el que se necesitan rack más grandes debido a la congestión de cables. Los rack más anchos o más profundos son más caros que los rack estándar, lo que contrarresta algunos de los ahorros en cantidad de rack. Este es el motivo, en parte, por el que la curva de la **Imagen 2** se aplana por encima de 5 kW/rack.

Junto con el ahorro de recuento de rack, se ahorra espacio dentro de la sala de TI. El costo del espacio (por metro cuadrado o pie cuadrado) varía de un lugar a otro, pero, en general, es menos costoso que la infraestructura de energía y refrigeración a granel. Es por esta razón que es mejor subestimar la densidad y el espacio implicados que sobreestimar la densidad y la energía y la refrigeración implicadas.

Guía para especificar una densidad de rack promedio

Nuestro análisis sugiere las siguientes pautas para especificar una densidad de energía de rack promedio para nuevas construcciones o modernizaciones de centros de datos:

- Una densidad promedio de 5-8 kW/rack proporciona una relación costo/vatio óptima.

[3] Q (W) = 0.176 * ΔT en C * CFM O Q(W) = 0.316 * ΔT en F * CFM

- El diseño para una densidad promedio inferior a 5 kW/rack implica una penalización de costo.
- El diseño para una densidad promedio de más de 8 kW/rack proporciona una disminución del beneficio de costo.
- Por encima de una densidad promedio de 15 kW/rack, las complejidades de diseño superan los ahorros de costos.

A medida que las densidades por rack aumentan desde 15 kW y más, hay complejidades de diseño introducidas en el proyecto del centro de datos que a menudo superan los ahorros potenciales. Algunos de estos desafíos de diseño son los siguientes:

- Gestión de cables de red
- Gestión de cables eléctricos
- Desafíos del flujo de aire
- Conducción térmica durante un corte
- Peso del rack y carga del piso
- Interruptores adicionales para PDU de rack de mayor capacidad (amperaje)

A partir de los resultados del análisis de costos, los puntos de interrupción naturales de las PDU de rack, las tendencias actuales de la tecnología de TI y las complejidades de diseño que existen para densidades extremas, la mayoría de los centros de datos deben diseñar alrededor de un promedio de 5-8 kW/rack con un pico de 11-11.5 kW/rack.

Consideraciones de funcionamiento

Además del costo de capital, la densidad tiene un impacto en el *funcionamiento* de un centro de datos. A medida que aumenta la densidad para una capacidad dada, y el espacio asociado disminuye de tamaño, la eficiencia de refrigeración mejora porque las tuberías y conductos ahora corren una distancia más corta. Y cuando esta distancia es más corta, se reducen las pérdidas de la bomba y del ventilador. La eficiencia de refrigeración también mejora cuando el flujo de aire/kW de la carga de TI disminuye (una tendencia de TI mencionada anteriormente), debido a que un flujo de aire más bajo por kW significa un delta T más alto, lo que aumenta la eficiencia de transferencia térmica de los refrigeradores.

A medida que aumenta la densidad, otra consideración importante es el tiempo de funcionamiento térmico, o la cantidad de tiempo antes de que la temperatura de entrada de TI supere el umbral permitido cuando se produce un corte de energía. En general,

- para una capacidad fija (kW), a medida que aumenta la densidad y disminuye el espacio asociado, el tiempo de funcionamiento térmico tiende a disminuir.
- Para un tamaño de habitación fijo, a medida que aumentan la densidad y la capacidad, el tiempo de funcionamiento térmico tiende a disminuir.

Las estrategias de contención mejoran el tiempo de funcionamiento térmico para que haya más tiempo disponible antes de que la temperatura de entrada de TI alcance niveles críticos luego de un corte de energía. Además, estrategias como la colocación de ventiladores y bombas en la alimentación de UPS ayudan a solucionar esto. El documento técnico 179, Aumento de la temperatura del centro de datos durante un corte de energía del sistema de refrigeración, describe este impacto con mayor detalle.

La utilización del circuito de derivación a menudo aumenta a medida que aumenta la densidad. Donde, en el pasado, un circuito puede haber sido utilizado un 50 % o menos, a medida que aumenta la densidad, este número podría estar cerca del 80 % para maximizar

la capacidad de los interruptores. Cuando existe un margen de seguridad menor en un circuito en particular, se debe poner más atención en el monitoreo, para garantizar que los circuitos sobrecargados no generen un tiempo de inactividad.

Suministro para la incertidumbre

Muy pocos, si es que los hay, de los planificadores u operadores de centros de datos pueden decir con un 100 % de certeza cuáles serán sus densidades de rack en los próximos años. Según el grado de incertidumbre que exista, hay diferentes "pólizas de seguro" que un administrador del centro de datos puede elegir:

- **Tamaño excesivo a nivel de rack**: PDU de rack, interruptores(s), cables de tamaños para manejar la densidad máxima esperada en cualquier rack dentro del módulo, pero el módulo no superará el promedio general.
- **Tamaño excesivo a nivel de módulo**: las PDU o RPP, y los componentes a nivel de rack, están dimensionados para manejar la densidad pico esperada en cada rack del módulo, pero la sala no superará el promedio general.
- **Tamaño excesivo de la sala completa**: componentes de alimentación a granel, refrigeración a granel, distribución de refrigeración, nivel de módulo y nivel de rack están dimensionados para manejar la densidad pico esperada en cada rack de la sala.

Densidad promedio frente a densidad pico

La **densidad promedio** es el promedio en todos los rack dentro del espacio (módulo o sala).

La **densidad pico** es la mayor densidad de rack en el espacio que todos los rack están diseñados para soportar.

La **relación pico a promedio** es un término usado para describir el grado en que estos 2 valores varían. Una relación de 1 significa que cada rack no puede consumir más que la densidad promedio. Una relación de 2 significa que cada rack es capaz de consumir hasta el doble de la densidad promedio.

Como los centros de datos rara vez tienen densidades uniformes en todos los rack, también investigamos la implicación del costo de sobredimensionar la distribución eléctrica del rack, el módulo y toda la sala para manejar las densidades pico (consulte la barra lateral para obtener una descripción de la densidad pico). Pasar de rack a módulo para toda la sala mejora la flexibilidad de la densidad dentro del espacio; sin embargo, supone una prima de costo. Nuestro análisis reveló las siguientes implicaciones de costo para el sobredimensionamiento:

- Nivel de rack: los componentes de distribución eléctrica de tamaño excesivo del rack para manejar una relación de pico a promedio de 2 tienen un costo de prima de <1 % del proyecto total del centro de datos (consulte la **Imagen 7**).
- Nivel de módulo: las PDU de tamaño excesivo y la distribución eléctrica del rack para manejar una relación de pico a promedio de 2 tienen una prima de costo del 4 % del proyecto total del centro de datos.
- Nivel de habitación: el tamaño excesivo de la habitación para manejar una relación de pico a promedio de 2 tiene un costo de prima del 20 % o más, según el grado de tamaño excesivo.

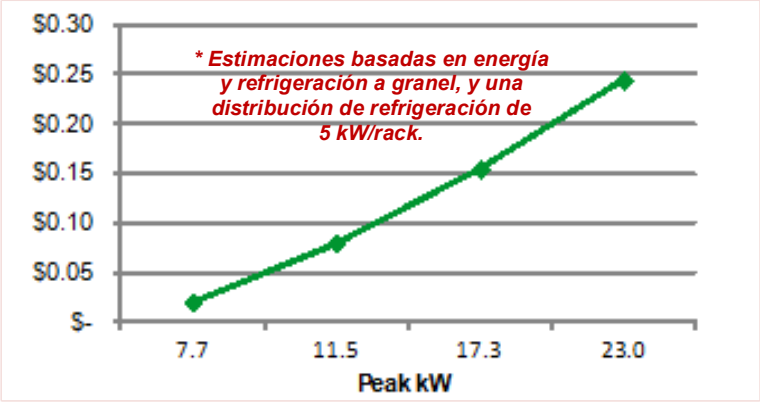


Imagen 7

La prima de costo para diseñar la distribución en rack a una densidad pico de 11.5 kW es de $0.08/vatio o <1 % del centro de datos.

En general, debe aumentar el tamaño en el nivel del rack cuando existe un alto grado de certeza de las densidades que se están implementando y cuando se pueden implementar políticas para limitar las configuraciones del rack.

Capacidad desaprovechada

Como mostró el análisis de costos, la densidad promedio óptima está en el rango de 5 a 8 kW/rack. La mayoría de los centros de datos se encuentran naturalmente en este rango con los equipos de TI disponibles, pero ¿qué sucede si la densidad real desplegada es mayor o menor que la densidad diseñada? Piense en los siguientes dos casos:

Caso 1: El centro de datos está diseñado para una mayor densidad que la que se implementa efectivamente
Cuando un centro de datos se implementa a una densidad inferior a la planificada, el espacio de la sala de TI se llena *antes* de que la la infraestructura de energía y refrigeración se haya utilizado por completo. El ejemplo en la **Imagen 1** demostró esto. Este es un desafío de densidad común, ya que la lógica a menudo consiste en construir de más, por si acaso. Pero la realidad es que esto tiene un costo.

Caso 2: El centro de datos está diseñado para una menor densidad que la que se implementa efectivamente
Cuando un centro de datos se implementa a una densidad mayor de lo planeado, la capacidad de energía y refrigeración se utiliza completamente, pero los rack o el espacio quedan desaprovechados.

Para la mayoría de los centros de datos, es mejor (menos costoso) que quede espacio desaprovechado en lugar de la infraestructura de energía y refrigeración. Por lo tanto, un centro de datos debe diseñarse en el lado bajo del pronóstico.

En cualquier caso, la capacidad desaprovechada se puede reclamar nuevamente si se establecen disposiciones el día 1. Las mejores prácticas para minimizar la capacidad desaprovechada incluyen las siguientes:

- Diseñar una caja de conexiones fuera del tablero de fuerza principal para poder agregar capacidad adicional en el camino sin hacer un trabajo en caliente o apagar una parte de un centro de datos en vivo.
- Incluir posiciones de interruptores de repuesto en la salida de energía a granel (capacidad de UPS) para evitar que la la capacidad de energía a granel quede desaprovechada, sin trabajo invasivo ni tiempo de inactividad.
- Incluir válvulas de tubería de repuesto para evitar que la capacidad de refrigeración a granel quede desaprovechada, sin trabajo invasivo ni tiempo de inactividad.
- Implementar los bastidores de TI módulo por módulo para minimizar los bastidores desaprovechados si la densidad real que se implementa es más alta de lo previsto.
- Si se espera un rango de densidades, diseñar algunos módulos a densidades promedio más altas y los restantes en el promedio, para utilizar los recursos de manera más eficiente.
- Contener módulos para el uso más eficiente de los recursos de refrigeración.
- Crear y aplicar políticas de implementación de densidad, que sirven como reglas sobre cómo implementar el equipo de TI de manera efectiva en los rack.

Los módulos de centros de datos prefabricados proporcionan un nivel de flexibilidad que los hace muy adecuados cuando se pronostica que la densidad será demasiado alta o demasiado baja. El documento técnico 165, Tipos de centros de datos modulares prefabricados, proporciona descripciones y aplicaciones para módulos de energía, módulos de refrigeración, módulos de TI y módulos todo en uno. Cuando un centro de datos no aprovecha la capacidad de energía o refrigeración debido a que el espacio de TI está lleno, se pueden agregar módulos de TI en un estacionamiento y aprovechar la energía y la refrigeración existentes, utilizando las estrategias anteriores para evitar el tiempo de inactividad. Del mismo modo, cuando un centro de datos no aprovecha todo el espacio, se pueden agregar

módulos de energía o refrigeración prefabricados para que la sala de TI pueda llenarse por completo.

Conclusión

Aunque numerosos informes de la industria han pronosticado un rápido aumento de las densidades de rack de TI, la mayoría de los centros de datos aún se están implementando a densidades promedio de 3-5 kW/rack. La elección de las densidades de energía del rack de TI tiene un impacto directo en el costo de capital del centro de datos.

Este documento técnico analiza los costos en densidades variables y concluye que la especificación de densidad promedio óptima es de 5 a 8 kW/rack. La implementación de densidades más bajas que el promedio da como resultado gastos innecesarios; la implementación de densidades más altas a menudo resulta en complejidades imprevistas con poco o ningún retorno. Dado que las densidades uniformes son poco probables en un centro de datos normal, se recomienda diseñar rack para un pico de 11-11.5 kW/rack, que tiene una prima de costo muy pequeña (<1 %).

La especificación de densidad es un atributo clave que se debe analizar en las primeras etapas de planificación de un proyecto de centro de datos. Una estrategia de densidad efectiva incluye (1) una arquitectura basada en el módulo que es flexible para permitir densidades pico y (2) tener disposiciones para hacer frente a la incertidumbre de la densidad implementada.

Acerca de los autores

Kevin Brown es el vicepresidente de Oferta de Soluciones y Estrategia Globales de Centros de Datos de Schneider Electric. Kevin es ingeniero mecánico de la Universidad de Cornell. Antes de ocupar este puesto en Schneider Electric, Kevin se desempeñó como director de Desarrollo de Mercado en Airxchange, un fabricante de productos y componentes de ventilación con recuperación de energía en la industria de HVAC. Antes de unirse a Airxchange, Kevin tuvo numerosos cargos de alta gerencia en Schneider Electric, incluido el de director del Grupo de Desarrollo de Software.

Wendy Torell es analista de investigación sénior en el Centro de Investigación del Centro de Datos de Schneider Electric. En esta función, ella investiga las mejores prácticas en el diseño y funcionamiento del centro de datos, publica documentos técnicos y artículos, y desarrolla herramientas TradeOff Tools para ayudar a los clientes a optimizar la disponibilidad, la eficiencia y el costo de sus entornos de centros de datos. También consulta con los clientes sobre los enfoques de la ciencia de la disponibilidad y las prácticas de diseño para ayudarles a cumplir los objetivos de rendimiento del centro de datos. Recibió su licenciatura en Ingeniería Mecánica de Union College en Schenectady, Nueva York y su maestría en Administración de Empresas de la Universidad de Rhode Island. Wendy es una ingeniera de confiabilidad certificada por ASQ.

Victor Avelar es el director del Centro de Investigación del Centro de Datos de Schneider Electric. Es responsable del diseño de centro de datos e investigación de operaciones, y consulta con los clientes sobre la evaluación de riesgos y las prácticas de diseño para optimizar la disponibilidad y la eficiencia de los entornos de sus centros de datos. Víctor posee una licenciatura en Ingeniería Mecánica del Instituto Politécnico Rensselaer y una maestría en Administración de Empresas de Babson College. Es miembro de AFCOM y de la Sociedad Americana de Calidad (American Society for Quality).

Recursos

Cálculo del espacio y requisitos de densidad de energía para centros de datos
Documento técnico 155

Opciones de alimentación en rack para alta densidad en países de 230 VCA
Documento técnico 28

Opciones de alimentación en rack para alta densidad
Documento técnico 29

Aumento de la temperatura del centro de datos durante un corte de energía del sistema de refrigeración
Documento técnico 179

Tipos de centros de datos modulares prefabricados
Documento técnico 165

Explorar todos los documentos
whitepapers.apc.com

Calculadora de costos de capital del Centro de datos
Herramienta TradeOff Tool 4

Calculadora de eficacia del centro de datos
Herramienta TradeOff Tool 6

Calculadora de costos de centros de datos prefabricados frente a centros de datos tradicionales
Herramienta TradeOff Tool 17

Explorar todas las herramientas TradeOff Tools™
tools.apc.com

Contáctenos

Para incluir comentarios sobre el contenido de este documento técnico:

Centro de Investigación del Centro de Datos
dcsc@schneider-electric.com

Si es un cliente y tiene preguntas específicas sobre su proyecto del centro de datos:

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

© 2014 Schneider Electric. Todos los derechos

Anexo: Modelo de costos

Metodología para costo/vatio a densidades promedio variables

Se analizó un centro de datos de 1 MW a 12 densidades promedio diferentes (que van desde 1 kW/rack a 60 kW/rack) para ilustrar las implicaciones en el costo de capital. El análisis utilizó el siguiente enfoque:

1. **Diseño:** Para cada densidad, se determinó un diseño óptimo de rack de TI, PDU y refrigeradores.
2. **Costo de espacio:** El espacio total de la habitación (m^2 o ft^2) se determinó según el diseño. Se usó un costo unitario del espacio supuesto para calcular el costo total del espacio.
3. **Costo de refrigeración:** Los refrigeradores InRow se configuraron utilizando herramientas de configuración de refrigeración, con un precio de venta al público normal. Se asumió la contención del pasillo caliente al determinar el número de refrigeradores necesarios por módulo.
4. **Costo de distribución:** se identificaron las PDU, las PDU de rack y las longitudes de los cables según los tamaños de los módulos y la densidad del rack, y se cotizaron utilizando el precio de venta al público normal. También se calcularon los costos de instalación y diseño.
5. **Costo de rack:** La cantidad de rack se determinó a partir del diseño. Los tipos de rack (más anchos, más profundos) variaron a medida que cambiaba la densidad. Se cotizó el precio de venta al público normal para los rack.

El análisis de sensibilidad confirmó que los refrigeradores y las PDU no eran factores importantes para la variación del costo. Luego se realizó un análisis simplificado, teniendo en cuenta SOLAMENTE el costo del rack, el costo de la PDU del rack y el costo del espacio. La **Imagen 2** de este documento representa los resultados del análisis simplificado.

Metodología para prima de costo/vatio para densidades pico variables

El cuadro de la **Imagen 7** ilustra la prima de costo a medida que varía la densidad pico, dado un diseño típico de un centro de datos de 1 MW diseñado con una densidad promedio de 5.76 kW/rack. Se analizaron las relaciones de pico a promedio de 1.5, 2.3, 3.5, 4.6 y 6.9. Estos números se basaron en las capacidades máximas de las PDU de rack disponibles en el mercado. El enfoque utilizado para analizarlo fue el siguiente:

1. **Costo de distribución:** Para manejar una densidad pico dentro de cualquier rack dentro del módulo (sin violar la densidad promedio en general), cada rack se configuró con un interruptor de salida de PDU, un cable y una PDU de rack que podrían soportar la mayor densidad.
2. **Costo total del proyecto del centro de datos:** Se utilizó la Calculadora de costos de capital del centro de datos para calcular el costo general del proyecto. Luego, se comparó la prima para mejorar la distribución con el total.

Datos y suposiciones

Los precios de las PDU, los refrigeradores, las PDU de rack y los rack provinieron de los productos existentes de Schneider Electric, utilizando el precio de venta al público normal. La **Tabla A1** proporciona una lista de otras suposiciones de modelado que se usaron en este análisis.

Tabla A1

Suposiciones utilizadas en el análisis de costos

Suposición	Valor
Requisito de flujo de aire de TI	3.54 m^3/minuto/kW (125 CFM/kW) en todas las densidades)
Voltaje de distribución	120 V para costo/vatio a densidades uniformes; 240 V para análisis de pico a promedio
Costo de espacio	$1614/m2 ($150/ft2)
Rack de ancho/profundidad estándar	Para densidades <8 kW
Rack anchos (profundidad estándar)	Para densidades entre 8 kW y 20 kW
Rack anchos y profundos	Para densidades> 20 kW
Longitud de cable de PDU a PDU de rack	Varía según el diseño para el análisis de costo/vatio; se supuso un promedio de 10 m (33 ft) para el análisis de pico a promedio.
Refrigeración	Refrigeración de acoplamiento cerrado con contención; todos los servidores son refrigerados por aire.
Redundancia	Sin redundancia (arquitectura 1N)