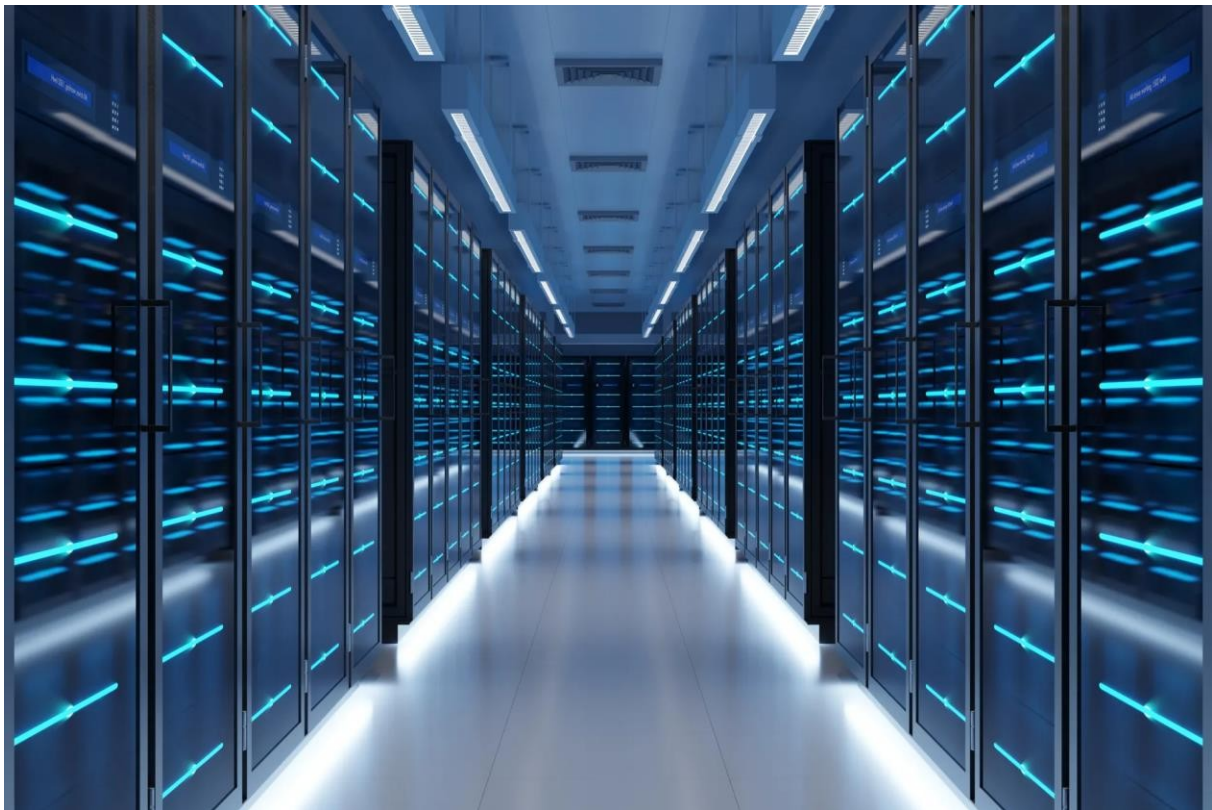




Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?



Noviembre de 2024

Este informe ha sido elaborado por Challoch Energy para la Coalición Mundial COGEN.

Contenido

1.	Resumen ejecutivo.....	1
2.	Introducción.....	5
3.	Tendencias clave en los centros de datos.....	6
3.1.	Estado actual.....	6
3.2.	Uso de la energía.....	7
3.3.	Tendencias futuras.....	9
3.3.1.	Inteligencia artificial (IA) y otras innovaciones técnicas.....	9
3.3.2.	Potencia y energía.....	10
3.3.3.	Sostenibilidad.....	10
3.3.4.	Automatización.....	10
4.	Requisitos funcionales del suministro eléctrico de los centros de datos.....	11
4.1.	Requisitos de potencia.....	11
4.2.	Fiabilidad y redundancia.....	12
4.3.	Calidad y capacidad de la energía.....	13
4.4.	Distribución, eficiencia y sostenibilidad.....	13
4.5.	Seguridad y conformidad.....	14
5.	Impacto en las redes.....	15
5.1.	Refuerzo / mejora de la red.....	15
5.2.	Servicios de equilibrio y flexibilidad de la red.....	15
6.	Energía primaria y de reserva.....	17
6.1.	Suministro eléctrico primario en centros de datos.....	17
6.2.	Sistemas de alimentación de reserva / Sistemas de alimentación redundantes.....	17
6.3.	Estrategias de redundancia y resistencia.....	18
7.	Recuperación de calor residual.....	20
7.1.	Impacto medioambiental y beneficios para la sostenibilidad.....	20
7.2.	Tecnologías y métodos de recuperación de calor en centros de datos.....	20
7.3.	Retos y consideraciones económicas en la aplicación.....	20
7.4.	Aplicaciones y casos de uso del calor recuperado.....	21
8.	El papel de la cogeneración.....	23
8.1.	Componentes clave.....	23
8.2.	Beneficios.....	24
8.2.1.	Eficiencia energética.....	24
8.2.2.	Ahorro de costes.....	25
8.2.3.	Flexibilidad y escalabilidad.....	26
8.2.4.	Fiabilidad.....	27
8.2.5.	Impacto medioambiental.....	27
8.3.	Principales retos.....	28
8.4.	Oportunidades de mercado.....	28
8.4.1.	Factores clave.....	28

8.4.2.	Oportunidades de mercado	29
8.4.3.	Panorama competitivo	29
9.	Legislación de la UE sobre centros de datos	30
9.1.	Directiva sobre eficiencia energética.....	30
9.2.	Código europeo de conducta para la eficiencia en los centros de datos	31
10.	Referencias.....	32

1. Resumen ejecutivo

Tendencias

La demanda de servicios digitales y, por consiguiente, de datos está aumentando rápidamente, con un crecimiento de 25 veces en el tráfico mundial de Internet y una duplicación de los usuarios de Internet desde 2010. Este aumento se ha traducido en un incremento significativo del número de centros de datos. En diciembre de 2023, habrá aproximadamente 10.978 centros de datos en todo el mundo, con un 33% en Estados Unidos (5.388), seguido de Alemania (522), Reino Unido (517), China (449) y Canadá (336). Irlanda es un lugar popular para ubicar centros de datos debido al bajo impuesto de sociedades, una mano de obra altamente cualificada y el acceso al mercado único de la UE. En el Reino Unido, los centros de datos están muy concentrados en el oeste de Londres y el corredor de la M4 debido a la proximidad de cables de fibra óptica.

El suministro de energía es la consideración clave para los operadores de centros de datos, específicamente en relación con la selección de emplazamientos para construir nuevos centros de datos. Los largos periodos de espera para la conexión a la red y la disponibilidad de suministro suficiente están afectando al desarrollo de nuevas instalaciones. En consecuencia, los operadores están dando prioridad a los emplazamientos con fuentes de energía alternativas disponibles, como la eólica, la solar y la hidráulica, además de invertir en nuevas tecnologías como el almacenamiento en baterías y la geotérmica.

El consumo mundial estimado de electricidad de los centros de datos en 2022 ascendió al 1-1,3% de la demanda final mundial de electricidad o 240-340TWh, excluida la energía utilizada para la minería de criptomonedas, que representó el 0,4% de la demanda mundial anual de electricidad. Según el Departamento de Energía de EE.UU., los centros de datos representan aproximadamente el 2% del consumo total de electricidad de EE.UU. y se prevé que consuman hasta el 9% en 2030. En Irlanda, los centros de datos representaron el 21% del consumo total de electricidad medida, frente al 5% en 2015.

En la Unión Europea (UE), el uso de energía de los centros de datos asciende a 40-45TWh, lo que equivale al 1,4-1,6% del consumo total de electricidad de la UE. Para 2030, se prevé que los centros de datos representen el 3,2 % de la demanda de electricidad de la UE, lo que supone un aumento del 18,5 % desde 2018.

Los centros de datos y las redes de transmisión asociadas fueron responsables de 330 millones de toneladas equivalentes de CO₂ en 2020, lo que equivale al 0,9% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con la energía o al 0,6% de las emisiones totales de GEI. Para ayudar a alcanzar los objetivos de cero emisiones netas, las empresas de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están invirtiendo mucho en proyectos de energía renovable y son importantes compradores de acuerdos de compra de energía renovable (PPA).

En cuanto a las tendencias futuras, se considera que los principales motores son:

- La Inteligencia Artificial (IA), que impulsa una demanda sin precedentes de centros de datos
- Potencia y energía: se prevé que la demanda energética de los centros de datos se duplique de aquí a 2027
- Sostenibilidad: la falta de capacidad de la red impulsa la necesidad de soluciones alternativas, como la generación de energía mediante tecnologías renovables, la energía nuclear, la cogeneración, el hidrógeno, etc. También aumenta la necesidad de recuperar y reutilizar el calor para edificios comerciales o residenciales cercanos o invernaderos/agricultura vertical.
- La automatización de procesos y flujos de trabajo rutinarios se adopta cada vez más para mejorar la eficiencia.

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

Requisitos de potencia

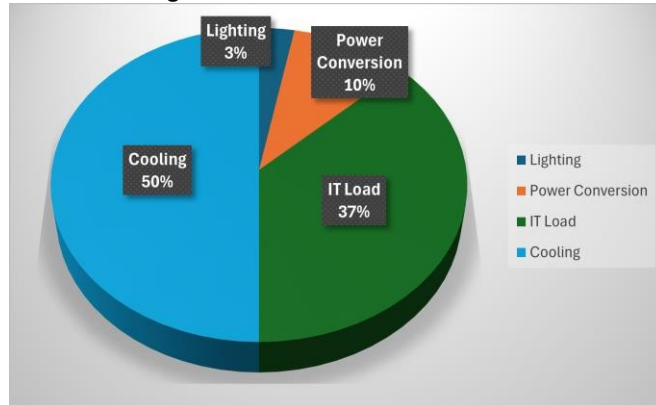
Los requisitos energéticos varían en función del tamaño y el diseño del centro de datos, como se muestra en la tabla siguiente.

Requisitos energéticos de los centros de datos

Tamaño del centro de datos	Pequeño	Medio	Grande
Tamaño del edificio	5.000 - 20.000 metros cuadrados	20.000 - 100.000 metros cuadrados	>100.000 pies cuadrados
Recuento de servidores	500 - 2.000 servidores	2.000 - 10.000 servidores	10.000 - 100.000 servidores
Capacidad de potencia	1 - 5 MW	5 - 20 MW	20 - 100+ MW
Diseño/Eficiencia	Gestión básica de la energía y refrigeración	Gestión robusta de la energía, parcial eficacia	Alta eficiencia y uso de energías renovables
Ejemplo de empresa	Equinix	Digital Realty	Servicios web de Amazon

El uso típico de la energía se ilustra en el siguiente gráfico circular, aunque el uso de energía para refrigeración puede oscilar entre el 35% y el 50% en función de la tecnología utilizada.

Consumo de energía en un centro de datos



Fuente: ieeexplore

Impacto en las redes

La rápida expansión de los centros de datos plantea un reto importante a las empresas de servicios energéticos. Los centros de datos necesitan un suministro de energía constante y fiable 24 horas al día, 7 días a la semana, 365 días al año. Además, hay un desfase importante entre el crecimiento de la potencia informática y el de la red. Mientras que los centros de datos tardan entre uno y dos años en construirse, añadir nueva capacidad a la red lleva mucho más tiempo.

Es necesaria una revisión a fondo de la infraestructura eléctrica que incluya el refuerzo y la modernización mediante el uso de tecnologías de red inteligente, la mejora de los sistemas de transmisión y distribución, así como el uso de herramientas digitales para la supervisión y el mantenimiento en tiempo real.

Además, el carácter intermitente de las energías renovables plantea a la red un problema mayor: el de ajustar la oferta a la demanda. Los centros de datos pueden servir de apoyo a la red desplazando las cargas de trabajo no críticas en el tiempo para que coincidan con los picos de generación renovable. Además, los centros de datos que utilizan sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) pueden integrarse en la red para ayudar a suavizar los picos. Un ejemplo de ello es Fortum Spring, que conecta activos flexibles y baterías a su plataforma, que luego se suministra a diversos mercados energéticos. Esto puede crear fuentes de ingresos adicionales para el operador del centro de datos.

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

Primera potencia

Existen varias fuentes principales de alimentación continua, entre ellas:

- Red eléctrica: La principal fuente de energía para la mayoría de los centros de datos, que dependen de los proveedores locales de servicios públicos. Los centros de datos deben garantizar una conexión estable a la red para mantener sus operaciones.
- Fuentes de energía renovables: Cada vez más, los centros de datos integran paneles solares, turbinas eólicas y otras fuentes renovables para diversificar su suministro energético
- Entre las fuentes alternativas figuran la cogeneración, las pilas de combustible de hidrógeno y la energía nuclear en forma de pequeños reactores modulares.

La energía de reserva es necesaria para proporcionar un suministro eléctrico continuo durante los cortes e incluye SAI, generadores diésel o de gas, así como opciones sostenibles como baterías a largo plazo, cogeneración e hidrógeno.

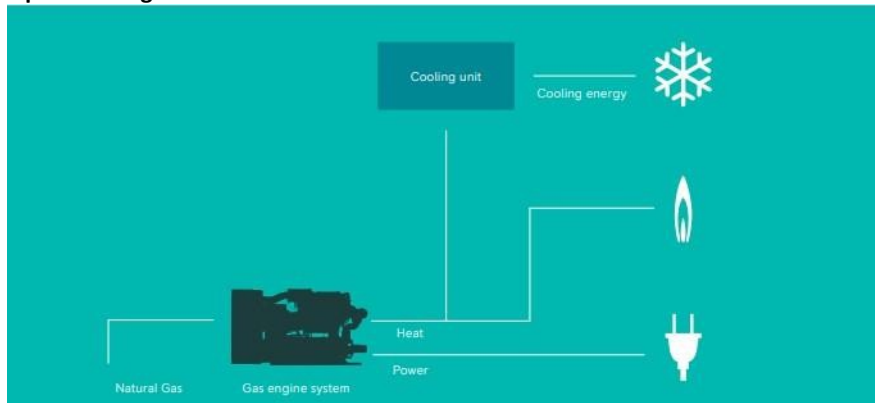
Recuperación del calor residual

Casi el 97% de la energía eléctrica consumida por un centro de datos podría aprovecharse en forma de calor, que puede utilizarse para calentar edificios cercanos, suministrar agua caliente o apoyar procesos industriales. Los beneficios incluyen la reducción de las emisiones de carbono, así como la creación de nuevas fuentes de ingresos y la mejora de la eficiencia energética. Existen varias tecnologías, como la cogeneración, la refrigeración líquida, los intercambiadores de calor y las bombas de calor.

Papel de la cogeneración

El uso de la cogeneración en centros de datos es actualmente limitado, pero tiene un gran potencial de crecimiento a medida que el sector busca soluciones energéticas más eficientes y sostenibles. La imagen siguiente ilustra el papel que puede desempeñar la cogeneración en un centro de datos mediante el suministro de electricidad, calor y refrigeración a través de una enfriadora por absorción.

Papel de la cogeneración



Fuente: mtu

Los beneficios incluyen:

- Aumento significativo de la eficiencia energética
- Ahorro significativo de costes cuando la cogeneración se utiliza como fuente primaria de energía, recuperando el calor residual y utilizándolo para refrigeración.
- La cogeneración ofrece flexibilidad en el diseño y el funcionamiento de un centro de datos, lo que facilita la ampliación y el desarrollo sin depender de la red.
- Aumento de la fiabilidad, la resistencia y la seguridad energética
- Reducción de las emisiones mediante el aumento de la eficiencia en el uso del combustible y la recuperación del calor residual

Entre los principales retos figuran:

- Costes iniciales elevados
- Los obstáculos normativos de algunas regiones pueden dificultar la adopción de la cogeneración
- Fiabilidad: se considera un obstáculo si el suministro de combustible no se encuentra in situ.
- Desconocimiento de la tecnología por parte de los operadores de centros de datos
- Mayor necesidad de mantenimiento.

Oportunidades de mercado

El uso actual de la cogeneración en centros de datos es limitado, pero existe un excelente potencial de crecimiento impulsado por la creciente atención a la sostenibilidad y la eficiencia energética.

Legislación de la UE

En la actualidad no existe ninguna directiva de la UE que se aplique exclusivamente a los centros de datos, pero la Directiva de Eficiencia Energética contiene algunas disposiciones importantes aplicables a los centros de datos. En virtud del artículo 12 de la Directiva de Eficiencia Energética, los operadores de centros de datos están obligados a supervisar e informar sobre el rendimiento energético de los centros de datos. Independientemente del estado de transposición de la DEE, la obligación de informar es directamente aplicable en todos los Estados miembros.

En marzo de 2024, la Comisión Europea adoptó un nuevo Reglamento Delegado (UE) 2024/1364 sobre la primera fase del establecimiento de un sistema a escala europea para evaluar la sostenibilidad de los centros de datos de la UE. Según lo previsto en la Directiva refundida sobre eficiencia energética, esta legislación secundaria exige a los operadores de centros de datos que informen anualmente de los indicadores clave de rendimiento (KPI) a la base de datos europea. La primera fecha de notificación fue el 15 de septiembre de 2024, la segunda el 15 de mayo de 2025 y, a partir de entonces, antes del 15 de mayo.

Además, el Código de Conducta Europeo para Centros de Datos (EU DC CoC), lanzado en 2008, es una iniciativa voluntaria creada por el Centro Común de Investigación (CCI) para animar y guiar a los operadores y propietarios de centros de datos en la reducción rentable del consumo de energía.

2. Introducción

La Coalición Mundial COGEN ha encargado este estudio para conocer el papel que puede desempeñar la cogeneración de calor y electricidad para satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos.

Un centro de datos es un edificio físico que alberga aplicaciones y datos críticos a través de una red de recursos informáticos y de almacenamiento. Los componentes clave incluyen routers, conmutadores, servidores, sistemas de almacenamiento, controladores de entrega de aplicaciones y cortafuegos. La infraestructura de red conecta los servidores, los servicios del centro de datos, el almacenamiento y la conectividad externa a las ubicaciones de los usuarios finales. Los recursos informáticos proporcionan el procesamiento, la memoria, el almacenamiento local y la conectividad de red que impulsan las aplicaciones.

Los centros de datos necesitan una importante infraestructura para soportar su actividad 24/7/365 en forma de subsistemas de alimentación, sistemas de alimentación ininterrumpida, ventilación, refrigeración, generadores de reserva, extinción de incendios y conexiones a redes externas.

La clasificación de los centros de datos viene determinada por su estructura de propiedad:

- **Los centros de datos empresariales** son construidos, propiedad de las empresas y gestionados por ellas, y suelen estar ubicados en sus propias instalaciones.
- **Los centros de datos de servicios gestionados** son administrados por un tercero en nombre de una empresa mediante arrendamiento financiero.
- **Los centros de datos de colocación** permiten a las empresas alquilar espacio dentro de un centro de datos propiedad de otra entidad.
- **Los centros de datos a hiperescala o en la nube** están alojados por un proveedor de servicios en la nube como Amazon Web
- **Los centros de datos periféricos** alojan las aplicaciones más cerca de los usuarios finales, ya sea en centros de datos periféricos más pequeños o en las instalaciones del cliente.

La considerable necesidad de energía brinda oportunidades para el uso de sistemas de cogeneración dentro de este sector, ya que pueden aportar muchas ventajas a los centros de datos, entre ellas:

- **Ahorro de costes:** La cogeneración puede reducir los costes relacionados con la energía al disminuir la necesidad de comprar combustible y electricidad.
- **Fiabilidad:** La cogeneración puede aumentar la fiabilidad y reducir el riesgo de cortes al proporcionar un suministro eléctrico fiable in situ.
- **Sostenibilidad:** La cogeneración puede aumentar la eficiencia y la sostenibilidad del sistema.
- **Impacto medioambiental:** La cogeneración puede reducir la huella de carbono mediante la generación de electricidad a partir de gas natural.
- **Seguridad energética:** La cogeneración puede aumentar la seguridad energética de los centros de datos.
- **Fuentes de ingresos:** La energía sobrante producida in situ puede venderse a la red.
- **Eficiencia:** La cogeneración puede aumentar la eficiencia energética de los centros de datos al suministrarles continuamente tanto energía térmica como electricidad.
- **Flexibilidad:** La cogeneración puede proporcionar energía flexible, con energía térmica que puede almacenarse para su uso y electricidad que puede inyectarse en la red pública.

Este estudio ofrece un análisis completo de la situación actual del sector de los centros de datos, incluido su consumo energético, el impacto en las redes, los requisitos operativos y el potencial de la cogeneración.

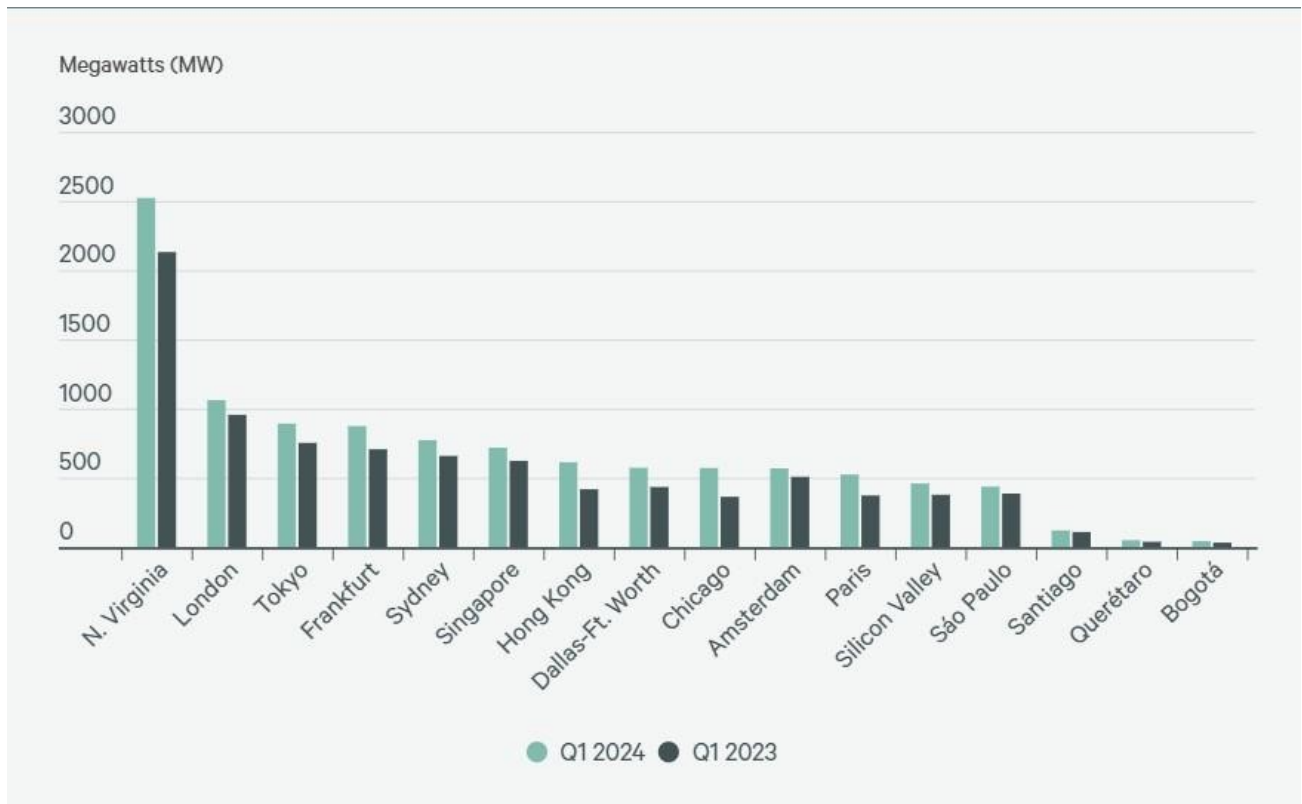
3. Tendencias clave en los centros de datos

3.1. Situación actual

La demanda de servicios digitales y, por consiguiente, de datos está aumentando rápidamente, con un crecimiento de 25 veces en el tráfico mundial de Internet y una duplicación de los usuarios de Internet desde 2010. Este aumento se ha traducido en un incremento significativo del número de centros de datos. En diciembre de 2023, habrá aproximadamente 10.978 centros de datos en todo el mundo, con un 33% en Estados Unidos (5.388), seguido de Alemania (522), Reino Unido (517), China (449) y Canadá (336). Irlanda es un lugar popular para ubicar centros de datos debido al bajo impuesto de sociedades, una mano de obra altamente cualificada y el acceso al mercado único de la UE. En el Reino Unido, los centros de datos están muy concentrados en el oeste de Londres y el corredor de la M4 debido a la proximidad de cables de fibra óptica.

En términos de inventario de centros de datos (incluye todos los activos, tanto físicos como virtuales, medidos en MW), el inventario de centros de datos de Norteamérica creció un 24,4% entre el 1T 2023 y el 1T 2024, mientras que el inventario europeo creció casi un 20% durante el mismo periodo. La figura 1 ilustra el crecimiento del inventario de centros de datos en los principales mercados.

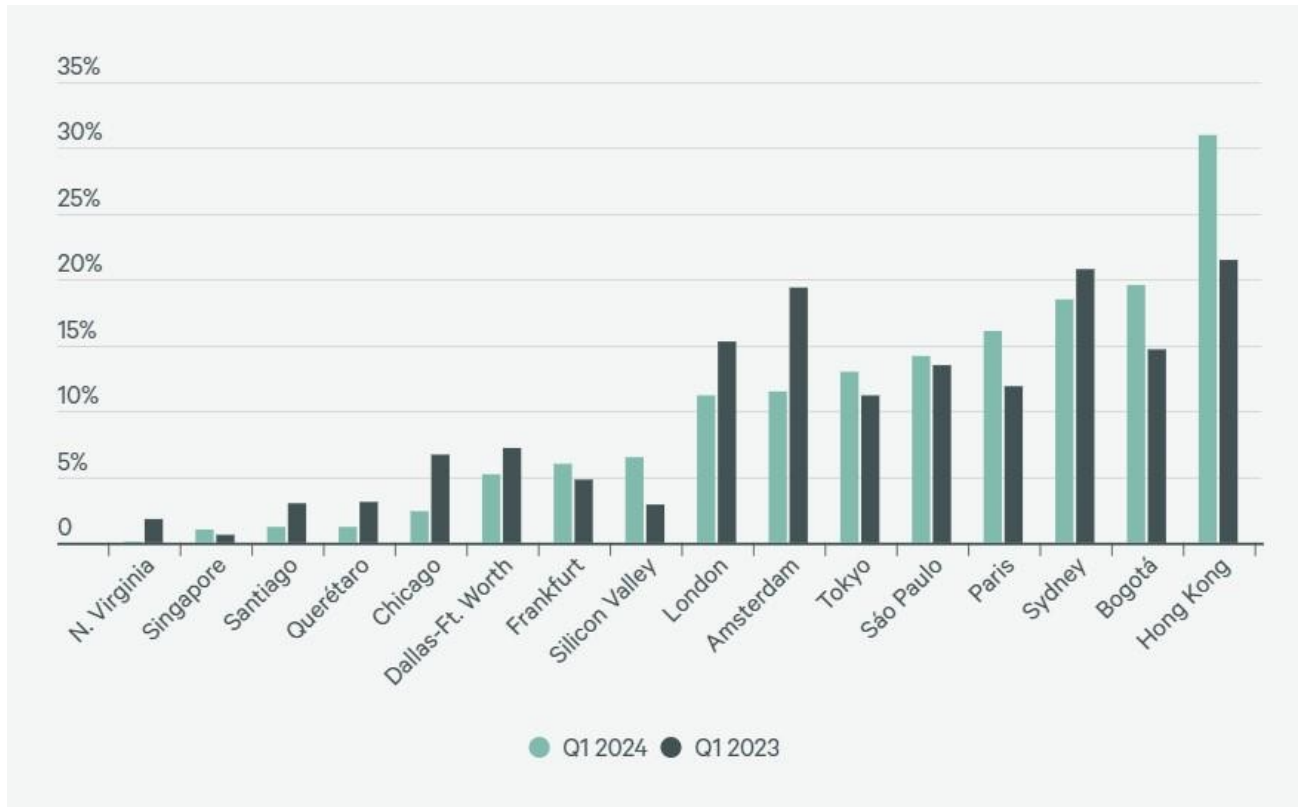
Figura 1: Inventario de centros de datos por mercados



Fuente: CBRE Research, primer trimestre de 2024.

Sin embargo, mientras el inventario de centros de datos aumenta, la demanda de espacio o las tasas de vacantes disminuyen (Figura 2), y las grandes empresas se enfrentan a dificultades para garantizar la capacidad de los centros de datos.

Figura 2: Tasa de vacantes de centros de datos por mercado



Fuente: CBRE Research, primer trimestre de 2024.

3.2. Uso de la energía

El suministro de energía es la consideración clave para los operadores de centros de datos, específicamente en relación con la selección de emplazamientos para construir nuevos centros de datos. Los largos periodos de espera para la conexión a la red y la disponibilidad de suministro suficiente están afectando al desarrollo de nuevas instalaciones. En consecuencia, los operadores están dando prioridad a los emplazamientos con fuentes de energía alternativas disponibles, como la eólica, la solar y la hidráulica, además de invertir en nuevas tecnologías como el almacenamiento en baterías y la geotérmica.

El consumo mundial estimado de electricidad de los centros de datos en 2022 ascendió al 1-1,3% de la demanda final mundial de electricidad o 240-340TWh, excluida la energía utilizada para la minería de criptomonedas, que representó el 0,4% de la demanda mundial anual de electricidad. Según el Departamento de Energía de EE.UU., los centros de datos representan aproximadamente el 2% del consumo total de electricidad de EE.UU. y se prevé que consuman hasta el 9% en 2030. En Irlanda, los centros de datos representaron el 21% del consumo total de electricidad medida, frente al 5% en 2015.

En la Unión Europea (UE), el uso de energía de los centros de datos asciende a 40-45TWh, lo que equivale al 1,4-1,6% del consumo total de electricidad de la UE. Para 2030, se prevé que los centros de datos representen el 3,2% de la demanda de electricidad en la UE, lo que supone un aumento del 18,5% desde 2018. Se prevé que el mercado europeo de centros de datos genere unos ingresos de casi 78.000 millones de euros en 2024, la mayor parte de los cuales se realizarán en Europa Central y Occidental, impulsados por los mercados de Fráncfort, Londres, Ámsterdam, París y Dublín (FLAPD). Las potencias financieras de Londres y Fráncfort son los dos principales centros de FLAPD, con un inventario total estimado de unos 1.000 MW y 700 MW, respectivamente.

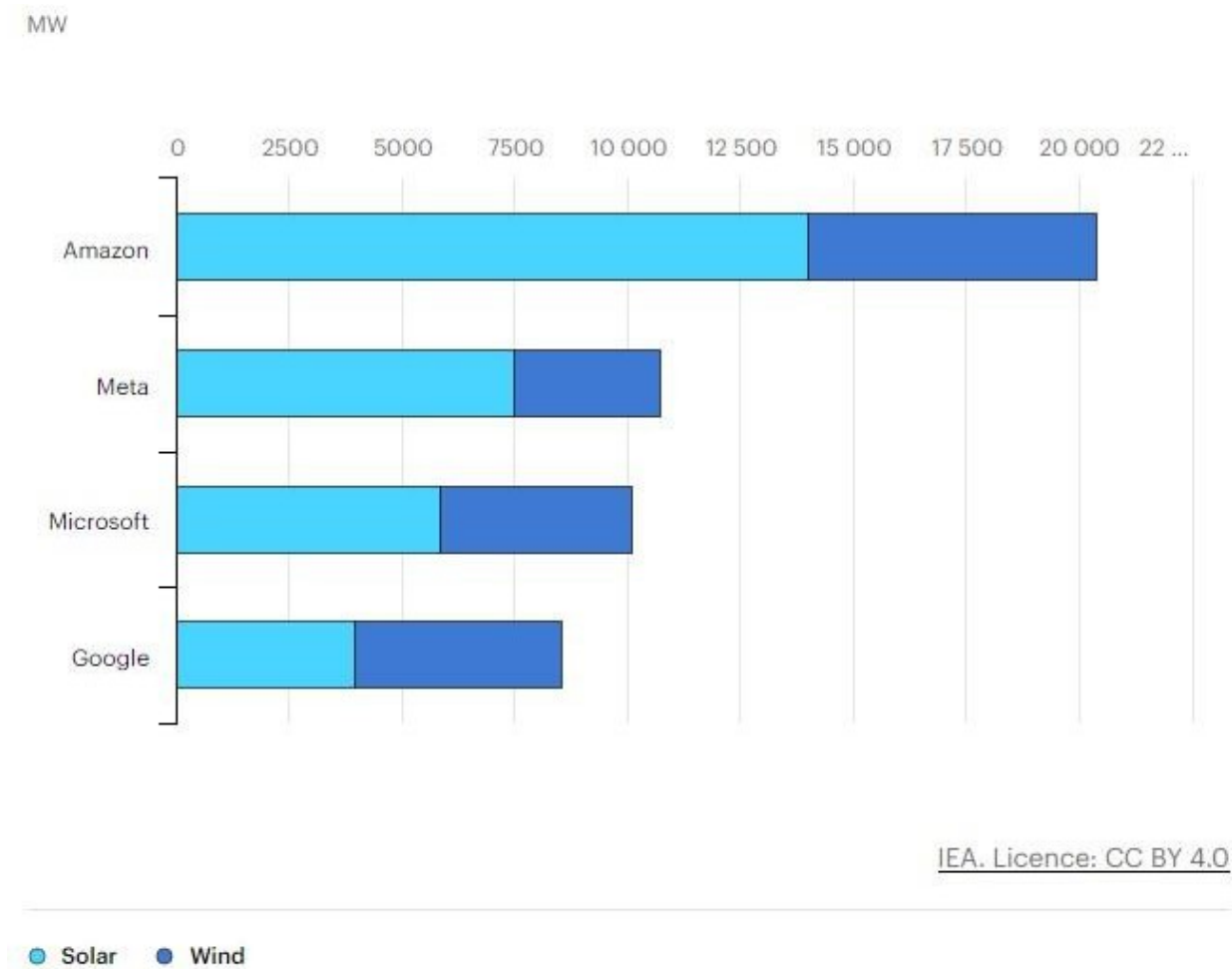
Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

Aunque las mejoras en la eficiencia del hardware informático y la refrigeración, además de las economías de escala, han minimizado las demandas dentro de un centro de datos, el rápido crecimiento de las cargas de trabajo gestionadas por los grandes centros de datos ha provocado un aumento del consumo energético del 20-40% anual.

Los centros de datos y las redes de transmisión asociadas fueron responsables de 330MtCO₂ equivalente en 2020, lo que equivale al 0,9% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con la energía o al 0,6% de las emisiones totales de GEI. Debido a las mejoras en la eficiencia energética, las compras de energía renovable y una mayor descarbonización de las redes eléctricas, las emisiones solo han aumentado modestamente desde 2010; sin embargo, para cumplir los objetivos de cero emisiones netas, estas deben reducirse a la mitad para 2030.

Para ayudar a alcanzar los objetivos de cero emisiones netas, las empresas de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están invirtiendo mucho en proyectos de energías renovables y son grandes compradoras de acuerdos de compra de energía renovable (PPA). Esto no sólo ayuda a mitigar las emisiones de GEI, sino que también las protege de la volatilidad de los precios en el mercado y mejora su imagen de marca. Amazon, Microsoft, Meta y Google son los cuatro mayores compradores de PPA de energía renovable para empresas, habiendo contratado casi 50 GW hasta la fecha, como se muestra en la Figura 3. Sin embargo, que la demanda anual total coincida con los PPA o certificados de energía renovable no significa que los centros de datos se alimenten el 100% del tiempo con fuentes renovables, debido a los desajustes entre la variabilidad de la oferta y los perfiles de demanda de los centros de datos. Varias de las empresas más grandes se han fijado el objetivo de abastecerse de electricidad con cero emisiones de carbono las 24 horas del día, los 7 días de la semana, allí donde se encuentre la demanda, y cada vez son más las empresas que trabajan para cubrir su demanda de electricidad cada hora.

Gráfico 3: Principales empresas compradoras de CCE de energías renovables, 2010 - 2022



Fuente: AIE (2023)

3.3. Tendencias futuras

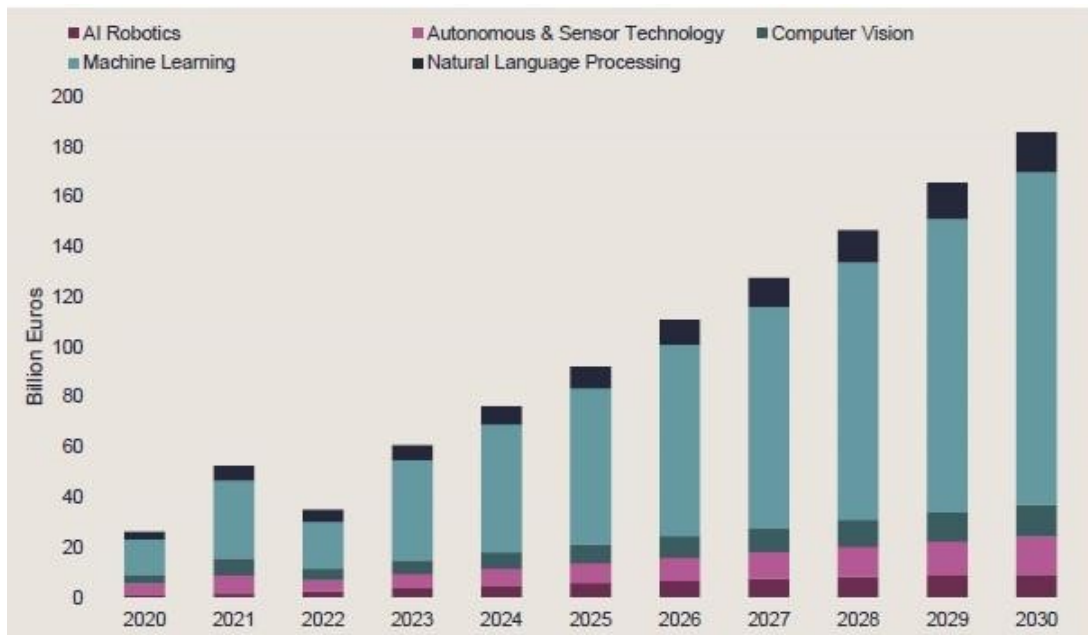
Hay una serie de tendencias que configuran el sector de los centros de datos, y se prevé un fuerte crecimiento de los servicios de redes de datos.

3.3.1. Inteligencia artificial (IA) y otras innovaciones técnicas

La IA es esencial en los centros de datos, ya que automatizan procesos complejos, aumentan la eficiencia operativa y mejoran el rendimiento de la infraestructura digital, al tiempo que gestionan grandes cantidades de datos y garantizan un funcionamiento sin fisuras. En consecuencia, la IA está impulsando una demanda sin precedentes de capacidad y prestaciones de los centros de datos.

Además, otras innovaciones técnicas como la computación en la nube, el Internet de las cosas y el 5G también están impulsando la demanda de centros de datos. Se prevé que la cuota del 5G en el tráfico de datos móviles aumente hasta casi el 70 % en 2028, frente a alrededor del 17 % en 2022. La IA ha introducido profundos cambios en el sector de los centros de datos, aportando grandes oportunidades pero también importantes retos. Statista prevé que el tamaño del mercado europeo de la IA alcance los 76 500 millones de euros este año, un 25,9 % más que en 2023, como se ilustra en la figura 4.

Figura 4: Tamaño del mercado europeo de IA



Fuente: Savills Research basado en Statista

Entre las principales repercusiones figuran:

- Aumento del gasto en centros de datos a hiperescala para gestionar los requisitos de procesamiento de la IA, incluido el aprendizaje automático (ML).
- La cantidad de potencia informática necesaria para entrenar los modelos de ML más grandes está creciendo rápidamente.
- Necesidad de soluciones de refrigeración líquida para gestionar el calor del hardware de IA.
- El uso de la IA para el análisis predictivo y la automatización de las operaciones de los centros de datos está aumentando rápidamente.

3.3.2. Potencia y energía

Los centros de datos se enfrentan a importantes retos energéticos, con una creciente demanda de energía para funcionar de forma eficiente. Entre las principales repercusiones cabe citar:

- Se prevé que la demanda energética de los centros de datos se duplique de aquí a 2027.
- Es necesario modernizar la red para satisfacer las crecientes necesidades de energía debido a la actual falta de capacidad - que actualmente provocan retrasos en la construcción de nuevos centros.
- Una mayor atención a las energías renovables y la sostenibilidad será clave para reducir la huella de carbono, incluidas las soluciones "detrás del contador".
- Exploración de nuevas fuentes de energía, como la nuclear y el gas natural: tanto Google como Amazon acaban de anunciar incursiones en la energía nuclear. Google ha encargado hasta 7 pequeños reactores nucleares modulares (SMR) para cubrir sus necesidades energéticas, mientras que Amazon está comprando una participación en el promotor nuclear estadounidense X-energy como parte de una colaboración para desplegar SMR para alimentar sus centros de datos.

3.3.3. Sostenibilidad

La preocupación por el medio ambiente impulsa varias tendencias:

- Mayor atención al uso de energías renovables, incluida la ubicación de centros de datos con generación de energía renovable.
- Iniciativas de reutilización del calor para reaprovechar el calor sobrante, como redirigirlo a la calefacción comercial o residencial, así como otras opciones como los invernaderos o la agricultura vertical.
- Esfuerzos para reducir los residuos materiales y mejorar la eficiencia energética
- El uso de tecnologías de refrigeración líquida para bajar la temperatura de las unidades de procesamiento informático y gráfico mejorará la eficiencia energética.
- Varias regiones, entre ellas Dublín (Irlanda), Países Bajos y Singapur, han suspendido la construcción de nuevos centros de datos para dar prioridad a la sostenibilidad.

3.3.4. Automatización

Los centros de datos adoptan cada vez más la automatización de flujos de trabajo y procesos rutinarios para:

- Mejore la agilidad y la eficacia operativa.
- Reducir las necesidades de mano de obra.
- Gestionar tareas rutinarias como la programación, la supervisión y el mantenimiento.

Al centrarse en estas áreas clave, el sector de los centros de datos se está adaptando para satisfacer la creciente demanda, al tiempo que aborda los retos en torno a la energía, la sostenibilidad y el avance tecnológico.

4. Requisitos funcionales del suministro eléctrico a centros de datos

Para garantizar un funcionamiento eficiente hay que cumplir varios requisitos funcionales, como fiabilidad y redundancia, calidad y capacidad de la energía, distribución, eficiencia y sostenibilidad, así como seguridad y cumplimiento de la normativa.

4.1. Requisitos de potencia

Las necesidades energéticas de un centro de datos varían considerablemente en función del tamaño y el diseño de la instalación, así como de la eficiencia de los equipos instalados. La Tabla 1 indica los requisitos de potencia para centros de datos de distintos tamaños.

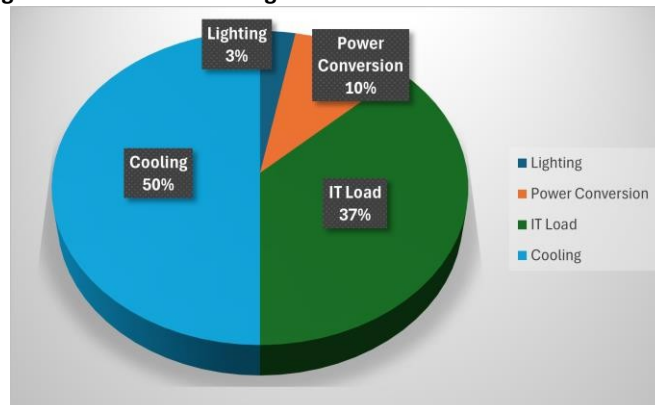
Tabla 1: Requisitos energéticos del centro de datos

Tamaño del centro de datos	Pequeño	Medio	Grande
Tamaño del edificio	5.000 - 20.000 metros cuadrados	20.000 - 100.000 metros cuadrados	>100.000 pies cuadrados
Recuento de servidores	500 - 2.000 servidores	2.000 - 10.000 servidores	10.000 - 100.000 servidores
Capacidad de potencia	1 - 5 MW	5 - 20 MW	20 - 100+ MW
Diseño/Eficiencia	Gestión básica de la energía y refrigeración	Gestión robusta de la energía, parcial eficacia	Alta eficiencia y uso de energías renovables
Ejemplo de empresa	Equinix	Digital Realty	Servicios web de Amazon

Fuente: Dgtl Infra

La energía se utiliza para hacer funcionar los equipos informáticos, los sistemas de refrigeración y la infraestructura de apoyo. La figura 5 ilustra un desglose típico del uso de energía. El porcentaje de energía atribuido a la refrigeración puede variar entre el 35 y el 50%, con centros de datos más modernos que requieren porcentajes más bajos gracias a las mejoras en las tecnologías de refrigeración.

Figura 5: Consumo de energía en un centro de datos



Fuente: ieeexplore

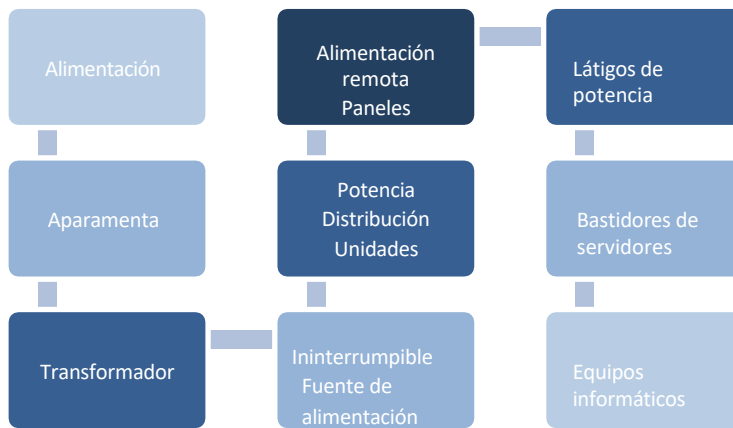
Dentro del centro de datos, la energía se distribuye según una jerarquía específica, como se ilustra en la figura 6 y se explica a continuación:

- **Alimentación de red:** la energía procede inicialmente de la red eléctrica local. Para evitar un único punto de fallo, los centros de datos suelen tener varias fuentes de alimentación de diferentes redes para redundancia.
- **Aparataje:** punto de contacto inicial de la energía eléctrica, divide la energía entrante en circuitos más pequeños.
- **Transformador:** los transformadores ajustan la tensión a los niveles adecuados para la infraestructura del centro de datos, aumentando o reduciendo la tensión según sea necesario.

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

- **Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI):** almacena energía y proporciona energía de emergencia durante un apagón hasta que arrancan los generadores de reserva. También pueden utilizarse para suavizar problemas de calidad de la energía y apoyar a la red, en concreto equilibrando la oferta intermitente de la generación renovable y la demanda.
- **Unidades de distribución de energía (PDU):** convierten la energía en un voltaje adecuado para los equipos antes de distribuirla a los distintos bastidores de servidores, conmutadores, etc. La mayoría de los centros de datos utilizan varias PDU para garantizar la redundancia.
- **Paneles de potencia remotos (RPP):** cajas de protección más pequeñas que contienen fusibles, paneles de disyuntores y dispositivos de protección contra fallos a tierra que funcionan como punto de distribución localizado.
- **Latiguillos de alimentación:** sistemas de conductos compuestos por cables flexibles que distribuyen la alimentación desde una PDU o RPP hasta los racks de servidores y otros equipos informáticos.
- **Bastidores de servidores:** cada bastidor tiene su propia regleta. Desde aquí se suministra energía a los equipos informáticos, incluidos los servidores individuales, los sistemas de almacenamiento y los dispositivos de red del rack.

Figura 6: Jerarquía de distribución de energía del centro de datos



Fuente: Dgtl Infra

4.2. Fiabilidad y redundancia

- **Múltiples fuentes de alimentación:** Los centros de datos suelen conectarse a dos o más redes eléctricas independientes para garantizar un suministro continuo si falla una de ellas
- **Redundancia N+1 o 2N:** Proporcionan sistemas de reserva que pueden tomar el relevo si fallan los sistemas primarios, garantizando un funcionamiento ininterrumpido.
- **Generadores de reserva:** Los generadores diésel in situ suelen arrancar entre 10 y 15 segundos después de un apagón, proporcionando energía de emergencia a largo plazo.
- **Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI):** Los sistemas SAI proporcionan energía de reserva inmediata durante el breve periodo previo a la activación de los generadores, garantizando que no se interrumpa el suministro eléctrico.
- **Conmutadores de transferencia automática (ATS):** Estos dispositivos conmutan automáticamente entre la red eléctrica y los generadores de reserva, reduciendo al mínimo el tiempo de inactividad durante las interrupciones.
- **Vías de alimentación redundantes:** Los equipos críticos suelen estar conectados a dos rutas de distribución de energía independientes para mayor fiabilidad.
- **Tolerancia a fallos:** Los sistemas están diseñados para seguir funcionando incluso si fallan componentes individuales, lo que aumenta la fiabilidad general.

4.3. Calidad y capacidad de la energía

- Regulación de la tensión: Esencial para mantener un suministro eléctrico estable dentro de unos rangos aceptables para los equipos informáticos. La dependencia de entrada de un SAI se divide en:
 - Dependiente de la tensión y la frecuencia (VFD)
 - Independiente de la tensión (VI)
 - Independiente de la tensión y la frecuencia (VFI)

En el Cuadro 2 se describen los distintos tipos de problemas de potencia y si se abordan.

Tabla 2: Resumen de las capacidades del SAI para proteger la carga según el rendimiento de la dependencia de entrada

7 types of power problems	Problems addressed by classification		
	VFD	VI	VFI
Power interruptions	✓	✓	✓
Voltage sags and swells	✓	✓	✓
Voltage transients	*	✓	✓
Sustained over- and under-voltages	✗	✓	✓
Voltage waveform distortion	✗	**	✓
Voltage fluctuations	✗	**	✓
Frequency variations	✗	✗	✓

Fuente: Schneider Electric

- Acondicionamiento de la energía: Garantiza una alimentación limpia filtrando el ruido eléctrico, los armónicos y los transitorios.
- Gestión de la calidad de la energía: Garantiza una alimentación limpia filtrando el ruido eléctrico, los armónicos y los transitorios, al tiempo que proporciona protección contra sobretensiones para salvaguardar los equipos sensibles de los picos de tensión.
- Escalabilidad e infraestructura de alta capacidad: Los sistemas de energía deben diseñarse para adaptarse al crecimiento futuro y a una mayor densidad de potencia, normalmente conectándose a redes de alto voltaje para satisfacer importantes demandas de energía.

4.4. Distribución, eficiencia y sostenibilidad

- Unidades de distribución de energía (PDU) y sistemas de supervisión: Los centros de datos modernos utilizan PDU inteligentes y sistemas de monitorización avanzados para optimizar la distribución de energía y hacer un seguimiento del consumo energético en tiempo real.
- Métricas de eficiencia energética: La Eficacia del Uso de la Energía (PUE) determina la eficiencia energética de un centro de datos. Un valor de PUE de 1,0 indica que toda la energía consumida por un centro de datos se utiliza para alimentar la infraestructura de TI, por lo tanto, cuanto más se acerque el PUE a 1, mejor. El PUE medio del sector se ha mantenido en torno a 1,58 desde 2020, mientras que los centros de datos más grandes alcanzan un PUE ponderado por capacidad de 1,47. A pesar de la continua modernización de la industria, la media de PUE se ha mantenido casi estática, en parte porque muchas instalaciones heredadas más antiguas y menos eficientes tienen un efecto moderador. El 30 % de los servidores están "en coma", lo que indica que casi un tercio del capital de los centros de datos empresariales se desperdicia.
- Eficiencia de la refrigeración: La refrigeración suele representar entre el 35 y el 50% del consumo energético de los centros de datos, lo que la convierte en un área crítica para mejorar la eficiencia.
- Iniciativas de sostenibilidad: Las grandes empresas tecnológicas lideran las prácticas sostenibles en los centros de datos:
 - Los centros de datos de Google son neutros en carbono desde 2007 y su objetivo es serlo en 2030. En octubre de 2008, se observó que el centro de datos de Google tenía un ratio de 1,21 PUE en sus 6 centros, lo que en aquel momento se consideraba lo más cercano posible a la perfección.
 - Microsoft planea ser carbono negativo en 2030, con centros de datos respaldados por más de 2 GW de proyectos de energía renovable.

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

- Facebook (Meta) aspira a tener centros de datos con cero emisiones de carbono para 2030, utilizando sistemas de refrigeración innovadores y servidores hipereficientes.
- Adopción de energías renovables: El Pacto por un Centro de Datos Neutral para el Clima exige que la demanda de electricidad de los centros de datos se cubra con un 75% de energías renovables para 2025 y un 100% para 2030.

4.5. Seguridad y conformidad

- Sistemas de seguridad eléctrica:
 - Implantar sistemas completos de puesta a tierra, conexión y extinción de incendios adaptados a los centros de datos.
 - Utilice fuentes de alimentación redundantes, incluidos SAI y generadores, para garantizar un funcionamiento continuo.
- Cumplimiento de la normativa:
 - Cumplir las normas y reglamentos nacionales e internacionales.
- Auditorías y evaluaciones periódicas:
 - Realice auditorías periódicas y evaluaciones de riesgos de arco eléctrico para garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad.
 - Dispositivos de vigilancia y protección.
 - Utilizar sistemas de vigilancia del aislamiento y de protección contra fallos a tierra para detectar los fallos a tiempo.

5. Impacto en las redes

La rápida expansión de los centros de datos plantea un reto importante a las empresas de servicios energéticos. Los centros de datos necesitan un suministro de energía constante y fiable 24 horas al día, 7 días a la semana, 365 días al año. Además, hay un desfase importante entre el crecimiento de la potencia informática y el de la red. Mientras que los centros de datos tardan entre uno y dos años en construirse, añadir nueva capacidad a la red lleva mucho más tiempo.

Cada vez son más los gobiernos que retrasan o incluso deniegan los permisos para nuevos desarrollos. Esto es especialmente grave en los mercados de la FLAPD, donde la elevada densidad de población, empresas e industrias ya ejerce presión sobre la red nacional. París es la excepción, en gran parte debido a su gran base de energía nuclear.

En 2019, en Ámsterdam, las autoridades impusieron prohibiciones temporales y una nueva legislación medioambiental a los nuevos centros de datos. Más recientemente, las restricciones se reforzaron con una nueva normativa que prohíbe la construcción de nuevos centros de datos a menos que se demuestre que son beneficiosos para la comunidad.

En Londres, una propuesta para construir una granja de servidores a hiperescala y edificios auxiliares de apoyo fue rechazada por el gobierno en 2023 debido a las presiones sobre el suministro energético. Incluso en Irlanda, a pesar del fácil acceso a cables submarinos de alta capacidad, en 2021 se tomó la decisión de limitar las nuevas conexiones a la red. En consecuencia, los operadores de centros de datos Vantage, EdgeConneX y Equinix vieron rechazados sus permisos de desarrollo en 2023.

Además, en junio de 2022, el consejo municipal de Fráncfort aprobó una ley que designa las zonas en las que los datos para controlar el aumento de agrupaciones de centros de datos en la ciudad.

Como consecuencia, los inversores y operadores de centros de datos exploran cada vez más ubicaciones alternativas, incluida la región nórdica, donde disponen de un abundante suministro de energía verde asequible.

5.1. Refuerzo / mejora de la red

Las empresas de servicios energéticos están sometidas a una gran presión para modernizar la red a fin de satisfacer la creciente demanda, así como los cambiantes objetivos de sostenibilidad. El 40% de las redes de distribución eléctrica europeas tienen más de 40 años, lo que limita cada vez más la demanda, y los gobiernos se ven obligados a considerar el impacto de todos los nuevos proyectos. La integración de la generación de energías renovables, las crecientes necesidades de las nuevas tecnologías y el aumento de la demanda de datos exigen una revisión a fondo de la infraestructura eléctrica existente. Esto incluye el refuerzo y la modernización de la red mediante tecnologías de red inteligente, la mejora de los sistemas de transmisión y distribución, así como el uso de herramientas digitales para la supervisión y el mantenimiento en tiempo real.

Además, las empresas de servicios públicos deben equilibrar la necesidad inmediata de aumentar la capacidad con el objetivo a largo plazo de la sostenibilidad, permitiendo así que la red soporte el crecimiento futuro al tiempo que se minimiza el impacto medioambiental.

El mantenimiento digitalizado de la red también es vital para mantener la eficiencia operativa de la red y las herramientas avanzadas de supervisión que evalúan los activos físicos en tiempo real permiten a las empresas de servicios públicos abordar los problemas de forma proactiva, reduciendo así el tiempo de inactividad y ampliando la vida útil de la infraestructura. Un conocimiento exhaustivo del estado de la red informará la toma de decisiones y la planificación estratégica, garantizando que la red pueda satisfacer eficazmente las demandas actuales y futuras.

5.2. Servicios de equilibrio y flexibilidad de la red

Los objetivos de descarbonización implican un aumento de la generación de energía renovable, como la eólica y la solar, exportada a la red. La naturaleza intermitente de la generación renovable plantea a la red el problema aún mayor de ajustar la oferta a la demanda. Sin embargo, debido a la naturaleza flexible, resistente y altamente automatizada de los centros de datos, pueden utilizarse para apoyar a la red equilibrando la generación intermitente con la demanda, proporcionando energía de reserva cuando sea necesario y ofreciendo servicios críticos de equilibrio de carga.

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

No todas las cargas de trabajo de los centros de datos son críticas para el tiempo o sensibles a la latencia, por lo que pueden desplazarse a horas en las que haya más energía disponible. El alto nivel de automatización de los procesos en los sistemas de gestión de los centros de datos puede programarse para que coincida con los picos de generación de energía renovable y equilibrar así la oferta y la demanda para estabilizar la generación intermitente. Las cargas de trabajo también pueden desplazarse geográficamente. Unir los centros de datos con conexiones de transmisión de datos de alta velocidad y capacidad permite gestionarlos como recursos unificados que pueden trasladarse sin problemas de un lugar a otro. Así, las cargas de trabajo pueden trasladarse a donde esté la energía, lo que permite aprovechar al máximo la generación renovable cuando y donde esté disponible y mejorar la eficiencia energética.

Los centros de datos también utilizan sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) junto con generadores de emergencia para garantizar un funcionamiento 24/7/365, lo que les confiere una importante capacidad de almacenamiento de energía. Los SAI pueden integrarse en la red para aportar beneficios a las empresas de servicios públicos, ayudándolas a suavizar los picos. Un ejemplo de ello es Fortum Spring, que conecta activos flexibles y baterías a su plataforma, que luego se suministra a varios mercados energéticos. Utilizan los activos existentes para servicios de equilibrio y, de este modo, crean fuentes de ingresos adicionales para el propietario de los activos, además de apoyar una mayor integración de la generación renovable en la red. Enel X también ofrece una solución que permite a los sistemas SAI interactuar directamente con la red, manteniendo la estabilidad del sistema en tiempo real mediante la conexión de grandes consumidores de energía, como los centros de datos, con otros para formar una central eléctrica virtual (VPP), integrando la energía de varias fuentes.

El uso de un SAI puede mitigar los picos de tensión que duran de segundos a unos minutos; sin embargo, los centros de datos también tienen acceso a energía de reserva, normalmente en forma de generadores. Cada vez más se está pasando del generador diésel tradicional a opciones más sostenibles, como las baterías de larga duración o el hidrógeno. Las unidades de cogeneración también pueden utilizarse para eliminar la necesidad de estos sistemas de reserva, proporcionando un suministro continuo de energía, calefacción y refrigeración.

6. Energía primaria y de reserva

6.1. Suministro eléctrico primario en centros de datos

Existen varias fuentes principales de alimentación continua, entre ellas:

- Red eléctrica: La principal fuente de energía para la mayoría de los centros de datos, que dependen de los proveedores locales de servicios públicos. Los centros de datos deben garantizar una conexión estable a la red para mantener sus operaciones.
- Fuentes de energía renovables: Cada vez más, los centros de datos integran paneles solares, turbinas eólicas y otras fuentes renovables para diversificar su suministro energético. Este cambio no solo reduce la dependencia de los combustibles fósiles, sino que también se ajusta a los objetivos de sostenibilidad, incluidos los de las empresas que invierten en su desarrollo.

Fuentes de energía alternativas que probablemente aumentarán:

- Sistemas combinados de calor y electricidad (CHP): Estos sistemas generan electricidad y calor útil simultáneamente, mejorando la eficiencia energética global. La cogeneración puede reducir significativamente los costes operativos y las emisiones de carbono. El uso de la cogeneración en centros de datos parece limitado, aunque tiene un importante potencial de crecimiento a medida que el sector busca soluciones energéticas más eficientes y sostenibles.
- Las pilas de combustible de hidrógeno se han utilizado en proyectos piloto tanto como fuente primaria de energía como de reserva.
- Se espera que la energía nuclear, en forma de pequeños reactores modulares (SMR), se convierta en la principal fuente de energía en la próxima década.

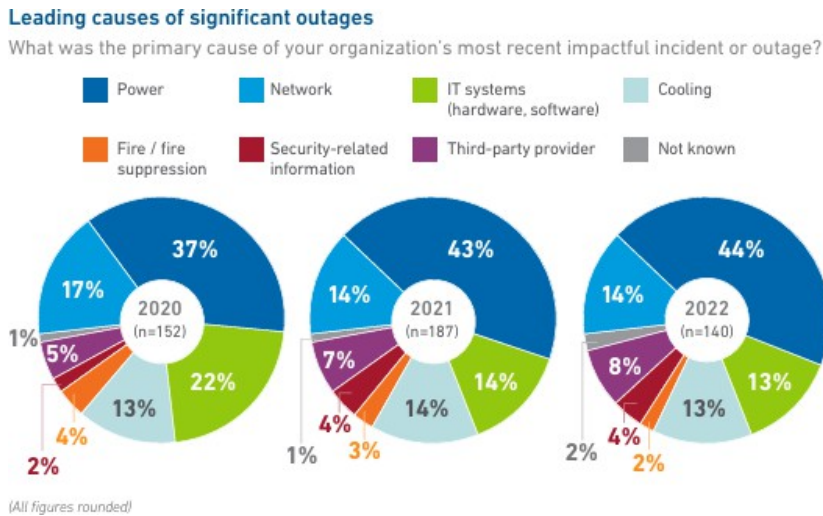
6.2. Sistemas de alimentación de reserva / Sistemas de alimentación redundantes

Los sistemas de alimentación redundantes garantizan un funcionamiento ininterrumpido al proporcionar una fuente de alimentación continua aunque se produzca un fallo en la fuente de alimentación principal. Estos sistemas protegen los equipos sensibles de daños debidos a pérdidas o subidas de tensión repentinas. También protegen contra la corrupción o pérdida de datos, que puede producirse durante los cortes.

- Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI):
 - Los sistemas SAI proporcionan energía de reserva inmediata durante cortes breves o fluctuaciones del suministro eléctrico. Garantizan que los sistemas críticos sigan funcionando mientras se activan los generadores de reserva.
 - Los sistemas SAI están disponibles en varias configuraciones (por ejemplo, en línea o interactivos) para satisfacer los distintos requisitos de carga y proporcionar distintos niveles de protección.
- Generadores diésel o de gas:
 - Estos generadores sirven como fuente de energía secundaria durante cortes prolongados. Suelen arrancar a los 10-15 segundos de una interrupción del suministro eléctrico, lo que minimiza el riesgo de inactividad.
 - El mantenimiento y las pruebas periódicas son esenciales para garantizar que estos generadores funcionen correctamente cuando sea necesario.
- Soluciones de reserva sostenibles
 - Las baterías de larga duración pueden utilizarse para almacenar el exceso de generación renovable.
 - Las unidades de cogeneración también pueden utilizarse para eliminar la necesidad de tales sistemas de reserva, proporcionando un suministro continuo de energía, calefacción y refrigeración.
 - El hidrógeno producido por electrólisis puede utilizarse para almacenar energía.

La figura 7 pone de relieve cómo los cortes de energía se sitúan sistemáticamente como la principal causa de interrupciones significativas en los centros de datos, destacando el papel fundamental tanto de los sistemas SAI como de los generadores de reserva en la prevención de tales interrupciones. El creciente porcentaje de interrupciones causadas por problemas eléctricos a lo largo de los años (del 37 % en 2020 al 44 % en 2022) refuerza directamente la necesidad de soluciones fiables de energía de reserva en los centros de datos modernos, lo que coincide con los puntos tratados en los sistemas de reserva como SAI, generadores diésel y almacenamiento en baterías.

Figura 7: Causa principal de las interrupciones



Fuente: Uptime Institute

6.3. Estrategias de redundancia y resistencia

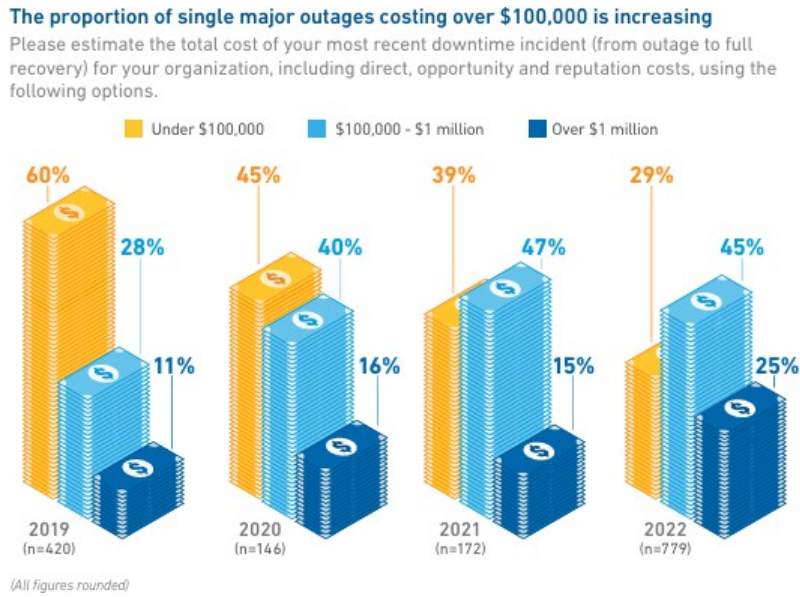
Los métodos de redundancia son cruciales para mantener la estabilidad del sistema. conocido como método "N":

- Configuraciones de redundancia: N+1, N+2, 2N:
 - Estas configuraciones se refieren al número de unidades de reserva disponibles en relación con las unidades primarias. Por ejemplo, N+1 significa una unidad adicional más allá de lo necesario para el funcionamiento normal.
 - Estas configuraciones aumentan la fiabilidad al garantizar que, si falla una unidad, otra pueda tomar el relevo sin interrumpir el servicio.
- Múltiples fuentes de alimentación independientes:
 - Conectar los centros de datos a múltiples fuentes de energía independientes mitiga el riesgo de pérdida total de energía por un único punto de fallo. Esta estrategia es crucial para mantener el tiempo de actividad durante los cortes de la red.
- Vías de distribución de energía resistentes:
 - El diseño de rutas de distribución sólidas garantiza que la energía pueda redirigirse en caso de fallo en una parte del sistema. Esta flexibilidad es vital para mantener un funcionamiento continuo.
- Escalabilidad de las soluciones de energía de reserva:
 - A medida que crecen las demandas de los centros de datos, las soluciones de energía de reserva deben ser escalables para adaptarse al aumento de las cargas sin comprometer la fiabilidad.

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

La figura 8 muestra el impacto financiero de las interrupciones, con más interrupciones que cuestan más de 100.000 dólares en los últimos años. Subraya la importancia de las configuraciones de alimentación redundantes (como N+1, N+2 o 2N) y las estrategias de resiliencia para evitar costosos tiempos de inactividad. Proporciona argumentos de peso para que los centros de datos inviertan en varias fuentes de alimentación, rutas de distribución de energía resistentes y sistemas redundantes para mitigar el riesgo de cortes prolongados, lo que coincide con el debate sobre estrategias de redundancia.

Figura 8: Impacto financiero de las interrupciones



Fuente: Uptime Institute

7. Recuperación del calor residual

La recuperación del calor residual en los centros de datos es cada vez más importante para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad del sector. Dado que los centros de datos consumen grandes cantidades de energía y generan altos niveles de calor, el aprovechamiento de este calor residual ofrece numerosas ventajas. Casi el 97% de la energía eléctrica consumida por un centro de datos podría aprovecharse en forma de calor, que puede utilizarse para calentar edificios cercanos, suministrar agua caliente o apoyar procesos industriales.

7.1. Impacto medioambiental y beneficios para la sostenibilidad

- **Reducción de las emisiones de carbono:** La recuperación de calor puede reducir significativamente la huella de carbono de los centros de datos. Al reutilizar el calor generado por las operaciones, los centros de datos pueden compensar el consumo de energía y las emisiones asociadas a la calefacción de edificios o instalaciones cercanos.
- **Eficacia de la reutilización de la energía (ERE):** Al reutilizar el calor residual, los centros de datos mejoran sus métricas de eficiencia energética, como la Eficacia del Uso de la Energía (PUE) y la Eficacia de la Reutilización de la Energía (ERE), contribuyendo a la transición hacia las emisiones netas cero.
- **Ventajas económicas:** La implantación de sistemas de recuperación de calor residual crea nuevas fuentes de ingresos para los operadores de centros de datos al vender el calor sobrante a los consumidores cercanos, lo que los transforma de instalaciones de alto consumo energético en valiosos productores de calor para las comunidades locales.
- **Cumplimiento de la normativa:** A medida que se endurecen las normativas en todo el mundo, la recuperación de calor residual se está convirtiendo en algo esencial para obtener autorizaciones de funcionamiento. Por ejemplo, Alemania ha promulgado una ley (Ley de Eficiencia Energética) que obliga a la recuperación de calor residual en los centros de datos y ha fijado el objetivo de que los centros de datos alcancen un 10% de reutilización de calor en 2026 y un 20% en 2028.

7.2. Tecnologías y métodos de recuperación de calor en centros de datos

- La refrigeración suele representar entre el 35 y el 50% del consumo eléctrico de los centros de datos, por lo que aprovechar esta energía para recuperar el calor reducirá su impacto. Existen varias tecnologías diferentes:
 - Los sistemas combinados de refrigeración, calor y electricidad (CCHP), también conocidos como de triple generación, convierten el agua caliente a baja temperatura generada en agua fría mediante una enfriadora de absorción. El agua enfriada puede proporcionar abundante aire frío que puede utilizarse para refrigerar las operaciones del centro de datos.
 - Los sistemas de refrigeración líquida pueden capturar calor a temperaturas más altas (50-60 °C)
 - La refrigeración líquida directa sumerge los servidores en fluido dieléctrico, lo que permite recuperar calor a alta temperatura
 - La refrigeración líquida indirecta utiliza placas refrigeradas por líquido fijadas a los componentes
 - Los intercambiadores de calor transfieren el calor del sistema de refrigeración del centro de datos a aplicaciones externas mediante intercambiadores de calor agua-agua o aire-agua.
 - Las bombas de calor pueden elevar el calor residual de baja calidad (por ejemplo, a 30 °C-35 °C) a temperaturas útiles más altas, como de 70 °C a 80 °C, para su uso en redes de calefacción.

7.3. Retos y consideraciones económicas en la aplicación

- **Costes de infraestructura:** Los elevados costes iniciales pueden resultar prohibitivos, especialmente sin subvenciones o políticas de apoyo. Además, un largo periodo de amortización puede no ajustarse a las expectativas financieras del operador del centro de datos.
- **Proximidad a los consumidores de calor:** El éxito de la implantación depende a menudo de la presencia de consumidores de calor cercanos, como edificios conectados a redes de calefacción urbana o instalaciones industriales que no siempre están disponibles. Transportar calor a grandes distancias es costoso e ineficaz.

- **Integración técnica:** La adaptación de los sistemas de refrigeración existentes para permitir la recuperación de calor puede resultar compleja y perturbadora. Además, las limitaciones de espacio y la falta de infraestructuras necesarias pueden dificultar la instalación de nuevos equipos. Por otra parte, la implantación de sistemas de recuperación de calor puede afectar a la fiabilidad o el rendimiento de los sistemas de refrigeración existentes y los operadores pueden mostrarse reticentes a modificar los sistemas.
- **Apoyo político:** La ausencia de incentivos en muchas regiones reduce la motivación, junto con la falta de enfoques normalizados. Incentivos como el **Green Heat Network Fund (GHNF)** del Reino Unido ayudan a mitigar algunos costes, apoyando proyectos que utilizan el calor residual de los centros de datos, proporcionando 288 millones de libras en financiación de capital para redes de calor de baja y nula emisión de carbono. Además, la refundición de la Directiva de Eficiencia Energética de la UE exige la recuperación del calor siempre que sea posible y obliga a los operadores de centros de datos a informar periódicamente de sus esfuerzos por mejorar la eficiencia.
- **Alineación empresarial:** Puede haber un desajuste entre el suministro de calor del centro de datos y las necesidades de calor del comprador, sobre todo si los modelos de negocio difieren.

7.4. Aplicaciones y casos de uso del calor recuperado

El calor residual puede utilizarse para diversas aplicaciones:

- **Calefacción urbana:** Ejemplos como los centros de datos de **Estocolmo** y **Helsinki** ponen de relieve cómo el calor recuperado se utiliza en sistemas de calefacción urbana, suministrando calor a viviendas y edificios comerciales. El centro de datos de Telia en Helsinki calentará más de 20.000 hogares en el futuro.
- **Utilización de la cogeneración:** La adopción de la cogeneración en los centros de datos es aún limitada, aunque el interés va en aumento. Un ejemplo es el centro de datos de SoCalGas (Monterey Park, California), que utiliza una tecnología de cogeneración con SAI híbrido de Capstone y ha demostrado importantes reducciones de los costes energéticos y mayores beneficios medioambientales.
- **Procesos industriales:** Las industrias que necesitan mucho calor y funcionan a menudo de forma continua pueden utilizar el calor residual recuperado de los centros de datos.
- **Agricultura:** La agricultura de interior en forma de invernaderos, granjas verticales e incluso piscifactorías o piscifactorías de insectos requiere el calor y el aire caliente generados por los centros de datos. El Arboreto del Cambio Climático del Grupo Telecity en París utiliza el calor residual del centro de datos de la empresa. Un proyecto experimental en Suecia sugiere que un centro de datos de 1 MW puede recuperar hasta un tercio de sus costes de electricidad acoplando un invernadero a las instalaciones. Otro ejemplo es el Centro de Datos White de la isla japonesa de Hokkaido, que utiliza el agua calentada durante el proceso de refrigeración para criar anguilas.

Los países europeos son líderes en aplicaciones de calor residual, con ejemplos en Suecia, Noruega y Dinamarca, donde prevalece la reutilización del calor residual para calefacción urbana. Además, los centros de datos europeos son pioneros en prácticas energéticas sostenibles y contribuyen a la economía circular. El cuadro 3 ilustra las aplicaciones del calor residual en Europa.

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

Cuadro 3: Principales aplicaciones europeas del calor residual de los centros de datos

Aplicación	Organización	Ubicación	Tipo de centro de datos
Calefacción comercial/residencial por distritos	enNorth	Kista, Suecia	Colocación
	Infraestructura de pilas	Oslo, Noruega	Colocación
	Servicios web de Amazon	Dublín, Irlanda	Hiperescala
	Meta	Odense, Dinamarca	Hiperescala
	Yandex	Mantsala, Finlandia	Hiperescala
	H&M	Estocolmo, Suecia	Empresa
	Volkswagen Finanzas Servicios	Braunschweig, Alemania	Empresa
	Viviendas Nikhef	Amsterdam, Países Bajos	Alto rendimiento informática
Directo comercial/residencial calefacción	Nube y calor	Frankfurt, Alemania	Borde
	BIT	Ede, Países Bajos	Colocación
Agricultura	Equinix	París, Francia	Colocación
	Microsoft	Middenmeer, Países Bajos	Hiperescala
	Google	Middenmeer, Netherlands	Hiperescala
Calefacción de piscinas	Verde intenso	Exmouth, Reino Unido	Borde
	Digital Realty	París, Francia	Colocación
	NorteC	Aalsmeer, Países Bajos	Colocación
Deshidratación de materias primas: pellets de madera	EcoDataCenter	Falun, Suecia	Colocación/Informática de alto rendimiento
Acuicultura: Cría de truchas	Montaña Verde	Telemark, Noruega	Colocación
Cría de langostas	Montaña Verde	Stavanger, Noruega	Colocación
Cultivo de algas	Ampliar	Berlín, Alemania	Colocación/Nube
	Nube de viento	Enge-Sande, Alemania	Colocación

Fuente: Uptime Institute

8. El papel de la cogeneración

El uso de la cogeneración en centros de datos es actualmente limitado, pero tiene un importante potencial de crecimiento a medida que el sector busca soluciones energéticas más eficientes y sostenibles. Parece haber un interés creciente en el mercado, sobre todo si se tienen en cuenta algunos de los problemas actuales de acceso a la red eléctrica. La cogeneración es una tecnología probada y una fuente de energía fiable, eficiente y rentable, además de reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero.

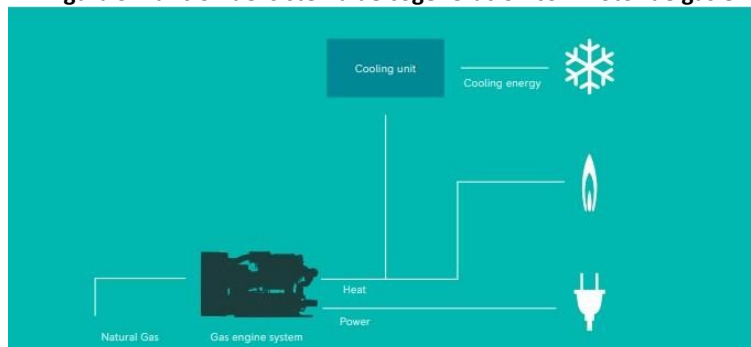
8.1. Componentes clave

Los principales componentes de un sistema de cogeneración utilizado en centros de datos incluyen:

1. Motor principal: Es el núcleo del sistema de cogeneración, normalmente uno de los siguientes:
 - Turbina de gas
 - Motor alternativo (motor de gas)
 - Turbina de vapor
 - Microturbina
 - Pila de combustible
2. Generador: Convierte la energía mecánica del motor primario en electricidad.
3. Equipo de recuperación de calor: Captura el calor residual del motor principal para fines útiles. Puede incluir:
 - Intercambiadores de calor
 - Calderas
 - Generadores de vapor
4. Enfriadora de absorción: Convierte el calor recuperado en agua fría para refrigerar el centro de datos.
5. Interconexión eléctrica: Equipo para conectar el sistema de cogeneración a la red eléctrica del centro de datos. sistema de distribución.
6. Sistemas de control: Gestionar el funcionamiento del sistema de cogeneración e integrarlo con el del centro de datos. infraestructura energética.
7. Sistema de suministro de combustible: Típicamente, tuberías de gas natural y equipos relacionados.
8. Sistema de escape: Para eliminar de forma segura los gases de escape de la máquina motriz.
9. Torre de refrigeración u otro equipo de rechazo de calor: Para disipar el exceso de calor cuando no se utiliza totalmente.
10. Cerramiento: A menudo se utiliza en sistemas de cogeneración empaquetados para alojar el equipo y reducir el ruido.
11. Tuberías y válvulas: Para distribuir agua caliente, vapor o agua refrigerada por toda la instalación.

Estos componentes trabajan juntos para generar electricidad in situ y recuperar el calor residual para refrigeración. La configuración variará en función del tamaño del centro de datos y de sus necesidades particulares. La figura 9 ilustra el papel que puede desempeñar la cogeneración en un centro de datos mediante el suministro de electricidad, calor y refrigeración a través de una enfriadora de absorción.

Figura 9: Función del sistema de cogeneración con motor de gas en un centro de datos



Fuente: mtu

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

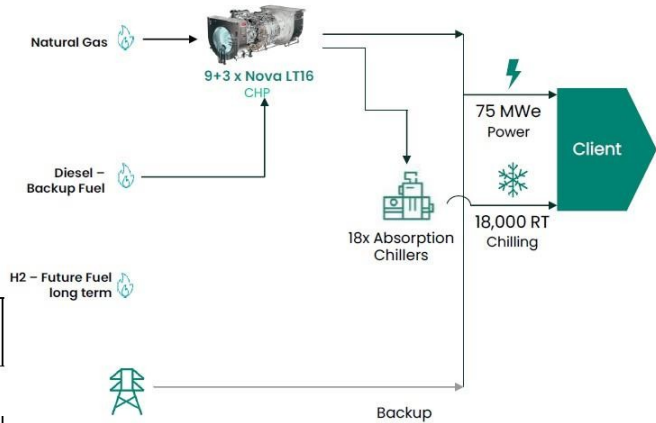
La figura 10 ilustra un ejemplo de turbina de gas con refrigeración por absorción que demuestra el nivel de capacidad necesario para la resiliencia del centro de datos.

Figura 10: Función del sistema de turbina de gas de cogeneración en un centro de datos

Power needs and conditions

- Total Power to Data Center 75MWe
- Power for IT load 60MWe
- Desert conditions
- Natural Gas as primary fuel
- Diesel as backup fuel
- Chilled water for IT cooling, and GT Air cooling
- N+3 for redundancy
- Tier 3 availability

	Demand... 75MWe and 17RT cooling CHP efficiency 55% Power per GT unit 13.2 MWe		
	Cold Reserve	Hot Reserve	Hot Reserve with first unit down
Units in operation Design condition	8 GTs	11 GTs	10 GTs
Recovery time at unit shutdown	4 min	13 sec	15 sec



Fuente: Baker Hughes

8.2. Beneficios

Las ventajas de incorporar la cogeneración a la infraestructura de los centros de datos la convierten en una opción atractiva para mejorar la eficiencia energética, reducir costes y minimizar el impacto ambiental.

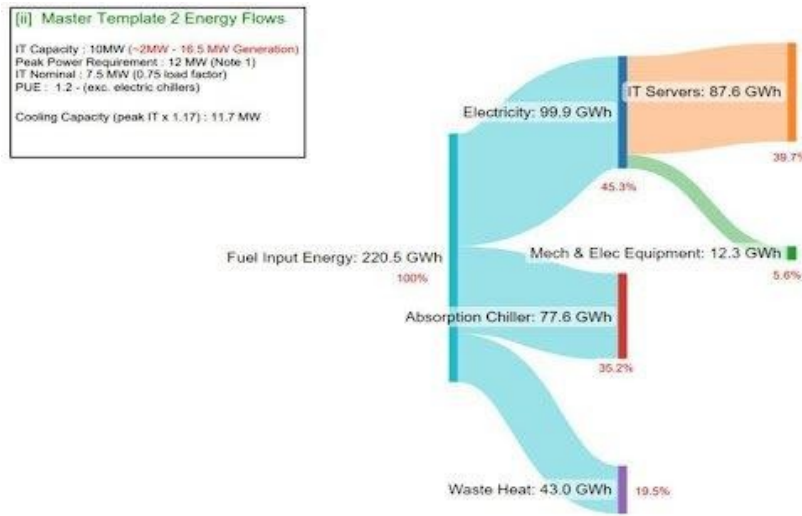
8.2.1. Eficiencia energética

Los sistemas de cogeneración aumentan considerablemente la eficiencia energética global de los centros de datos:

- La generación de electricidad in situ elimina las pérdidas de transmisión asociadas a la energía de la red: Recuperación del calor residual de la generación de electricidad para fines de refrigeración mediante la tri-generación. Las turbinas de gas de combustible mixto suministran la energía necesaria al centro de datos, con gases de escape a una temperatura de unos 500°C producidos como subproducto. Las calderas de calor residual de los grupos de cogeneración pueden suministrar vapor a las enfriadoras de absorción de dos etapas, que proporcionan una fuente de agua fría muy resistente y eficiente para la refrigeración del centro de datos. A su vez, esto también reduce drásticamente la cantidad de agua necesaria en el proceso de refrigeración. La figura 11 ilustra los flujos de energía de trigeneración y su eficiencia. Además, tanto los motores de gas como los generadores de turbina de gas podrán aceptar una mezcla cada vez mayor de combustibles renovables como el hidrógeno, el amoníaco y el biogás, con el objetivo de llegar a funcionar con un 100% de combustible renovable a medida que se desarrollen las cadenas de suministro. Este planteamiento de recuperación de la energía residual es más eficiente que los diseños tradicionales que utilizan electricidad de la red, respaldada por generadores diésel, lo que reduce drásticamente las pérdidas netas de energía en toda la cadena de suministro.

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

Figura 11: Flujos de energía y eficiencia en una solución de trigeneración



Fuente: Engie

8.2.2. Ahorro de costes

El ahorro de costes puede ser significativo cuando la cogeneración se utiliza como fuente primaria de energía y el calor residual se recupera y se utiliza para refrigeración. Un ejemplo elaborado por Engie y RED en 2023 lo ilustra, comparando una situación sin cambios con la solución de cogeneración de energía y refrigeración in situ. El escenario de cogeneración comprende la instalación y el funcionamiento de un sistema de trigeneración, con turbinas de gas de combustible mixto que funcionan con gas natural acopladas a enfriadoras de absorción de dos etapas, que producen agua fría como resultado de la recuperación del calor residual de la turbina de gas. El análisis examina el coste total de propiedad (CAPEX y OPEX) a lo largo de una vida útil de 15 años. El cuadro 4 presenta los supuestos y el cuadro 5 los resultados.

Cuadro 4: Supuestos

	Todo sigue igual	Solución de cogeneración y refrigeración in situ
Ubicación	Norte de California, EE.UU.	
De por vida	15 años	
Aumento de la carga informática	La carga informática máxima será de 48 MW Calendario de aumento: Año 1 - 25%, Año 2 - 75%, Año 3 - 100%.	
El calendario de la OUE incluye UPS, distribución y edificios Sistemas de refrigeración	PUE de diseño al 100% de carga: 1,25 PUE de diseño al 75% de carga: 1,35 PUE de diseño al 25% de carga: 1,42 PUE máximo: 1,75	PUE de diseño al 100% de carga: 1,15 PUE de diseño al 75% de carga: 1,17 PUE de diseño al 25% de carga: 1,19 PUE máximo: 1,61
Conexión a la red	Red eléctrica de PG&E, alimentador único El CAPEX incluirá todas las cantidades necesarias para llevar energía, incluidas las subestaciones.	Red de gas PG&E, completamente aislada de la red eléctrica CAPEX incluirá todas las cantidades necesarias para llevar el gas, incluidas las subestaciones
Resiliencia	Garantizado por grupos electrógenos diésel en configuración N+2	Garantizado por turbinas de gas en configuración N+2
Programa de generación de energía in situ	Grupos electrógenos diésel de apoyo (N+2) Año 1 - 9 x 3 MW = 27 MW Año 2 - 14 x 3 MW = 42 MW Año 3 - 7 x 3 MW = 21MW Total - 30 x 3 MW = 90 MW	Turbinas de gas como producción primaria de energía (N+2) Año 1 - 5 recips de 3 MW + 3 GT de 12 MW = 51 MW Año 2 - 2 x 12 MW GT = 24 MW Año 3 - 1 x 12 MW GT = 12 MW Total = 87 MW
Depósito de combustible	48 horas Tanque de almacenamiento de gasóleo para 48 MW IT	Tanque de almacenamiento de combustible de 48 horas para 48 MW IT

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

Calendario de activos refrigerantes	<p>Unidades IEC que utilizan agua desmineralizada procedente de la ciudad (configuración N+2) Total de 186 unidades en la construcción final Año 1: 6 x 500xtons = 3.000 toneladas Año 2: 4 x 500 toneladas = 2.000 toneladas Año 3: 8 x 500 toneladas = 4.000 toneladas Total: 34 x 500 toneladas = 17.000 toneladas</p>	<p>Enfriadoras Absorptions de 2 etapas (configuración N+2) 1st año incluye refrigeración adiabática con enfriadores secos para satisfacer las cargas de refrigeración necesarias Año 1: 6 x 500 toneladas (eléctricas) + 3 x 2059 (absorción) = 9.177, toneladas Año 2: 4 x 2059 toneladas (absorción) = 8.236 toneladas Año 3: 2 x 2059 toneladas (absorción) = 4.118 toneladas Total = 21.531 toneladas</p>
Operaciones de las instalaciones	<p>Operaciones 24x7 75% de carga eléctrica y de codificación operativa factores</p>	<p>Operaciones 24x7 Factor de carga de generación de energía operativa del 75</p>
Costes de los servicios públicos	<p>Coste eléctrico = 21,54 céntimos/MWh (PG&E) Coste del gas = 13,6 \$ por MMBTU (precio medio futuro)</p>	
Sustitución del ciclo de vida de los equipos	<p>Se prevé la sustitución durante 15 años de los principales equipos (motores primarios, enfriadores, refrigeradores, etc.) sistemas,...) Quedan excluidos los costes necesarios para "restaurar" el equipo al final de su vida útil.</p>	

Fuente: Engie/RED

Cuadro 5: Resultados del análisis del coste total de propiedad

	Todo sigue igual	Producción combinada de calor y electricidad in situ Solución de refrigeración
Energía generación y distribución Compra, trabajos de instalación, coste del capital	200 488 188 €	308 616 021 €
Refrigeración generación y distribución Compra, trabajos de instalación, coste del capital	295 128 972 €	374 271 753 €
Total CAPEX	495 617 160 €	682 887 774 €
Fijo y Variable Operaciones & Mantenimiento (15 años)	104 050 597 €	219 082 868 €
Suministro de electricidad (15 años)	1 556 694 619 €	• €
Suministro de gasóleo (15 años)	23 605 841 €	• €
Suministro de gas natural (15 años)	• €	983 298 078 €
Suministro de agua (15 años)	33 084 €	• €
Total OPEX más de 15 años de funcionamiento	1 684 384 141 €	1 202 380 945 €
Total COSTE DE PROPIEDAD más de 15 años de funcionamiento	2 180 001 301 €	1 885 268 719 €

Fuente: Engie/RED

A pesar del mayor CAPEX de la solución de cogeneración, el OPEX es significativamente menor debido a la alta eficiencia energética de la solución de trigeneración (alrededor del 80% de eficiencia), que requiere muy poca electricidad en comparación con el escenario BAU. El estudio no incluye los ingresos derivados de la posible exportación del calor residual o del excedente de refrigeración ni de la participación en servicios auxiliares de red. Además, la solución de cogeneración está preparada para la transición a la energía neta cero gracias a su capacidad de aceptar combustibles renovables alternativos. Además, una solución in situ como la cogeneración ayuda a superar la falta de capacidad de la red.

8.2.3. Flexibilidad y escalabilidad

Los sistemas de cogeneración pueden ofrecer flexibilidad en el diseño y el funcionamiento de un centro de datos, facilitando la expansión y el desarrollo sin depender de la red. También pueden dimensionarse en función de las necesidades del centro de datos, teniendo en cuenta las demandas térmicas y eléctricas de la instalación y cómo varían a lo largo del día y del año con el objetivo de hacer funcionar la cogeneración con la carga más alta posible durante el mayor tiempo posible. Además, pueden integrarse con la generación de energía renovable, proporcionando energía continua a pesar de la naturaleza intermitente de la generación eólica y solar.

8.2.4. Fiabilidad

La fiabilidad es vital para los centros de datos, ya que deben funcionar de forma continua, 24 horas al día, 7 días a la semana, 365 días al año. Los sistemas de cogeneración responden a esta necesidad, proporcionando una mayor resistencia y seguridad energética gracias a su capacidad para suministrar tanto calor como electricidad y mantener un funcionamiento continuo. Como parte de una microrred, la cogeneración permite que un centro de datos siga funcionando incluso durante las interrupciones, protegiendo así los datos críticos.

8.2.5. Impacto medioambiental

La necesidad de energía de los centros de datos se traduce en elevadas emisiones de carbono. Aunque los sistemas de cogeneración con motores de gas o turbinas de gas funcionan con gas natural, que no es un recurso sostenible, reducen las emisiones gracias a una mayor eficiencia en el uso del combustible y a la recuperación del calor residual para refrigeración. El nivel exacto de ahorro de carbono dependerá del tamaño del centro de datos, del sistema de cogeneración instalado y de la comparación con la red eléctrica, los generadores diésel in situ, etc.

Estudio de caso: cómo la cogeneración puede reducir las emisiones de los centros de datos (i3solutions)

A continuación se presenta un estudio de ejemplo de un centro de datos con una capacidad de potencia de TI supuesta de 10 MW (capacidad eléctrica global de 11,48 MW) y una demanda de refrigeración asociada de 3000 toneladas (10,5 MW).

Una instalación típica incluiría tres (3) motores de turbina en una configuración redundante (N+1). Todos los equipos de refrigeración mecánica también están configurados de forma redundante (N+1).

La temperatura de los gases de escape de la turbina oscila entre 340°C y 540°C aproximadamente. Los gases de escape se desvían a través de un intercambiador de calor para producir vapor que se utiliza en un refrigerador de absorción para producir agua fría. Dos (2) turbinas de gas de 5 megavatios tienen un caudal acumulado de gases de escape de aproximadamente 150.000 lb/h, suficiente para producir más de 7.000 toneladas de refrigeración (24,6 MW).

En el ejemplo, una enfriadora por absorción sustituye a una planta de refrigeración tradicional que incluye una enfriadora centrífuga y torres de refrigeración para rechazar el calor utilizando un proceso de ciclo de Carnot invertido. La planta de refrigeración típica utiliza una planta de agua fría refrigerada por agua con un compresor centrífugo, torres de refrigeración y bombas. La gama oscila entre 0,8 y 1,0 kilovatios por tonelada de refrigeración.

Para una planta típica de refrigeración centrífuga de 1,0 kilovatios por tonelada, el consumo energético es de aproximadamente 3 MW, lo que supone un consumo energético total de 13 MW (es decir, carga informática más carga mecánica). En comparación, el uso de una enfriadora de absorción libera 3MW de energía, que están disponibles para aliviar la red eléctrica y reducir el consumo total de energía de la instalación.

Este diseño reduce la huella de carbono de un centro de datos con una carga total conectada de 11,48 MW en un 50%, mientras que el consumo de combustible se reduce en 553.431 MMBtu. La consiguiente reducción de las emisiones de carbono equivale al total anual de emisiones de gases de efecto invernadero generadas, por ejemplo, por 20.258 coches o 10.818 hogares.

8.3. Principales retos

A pesar de las ventajas de utilizar sistemas de cogeneración en los centros de datos, su adopción hasta ahora ha sido limitada por varias razones.

- **Costes iniciales elevados:** La inversión de capital inicial necesaria para implantar sistemas de cogeneración es considerable, lo que disuade a algunos operadores de centros de datos de adoptar esta tecnología.
- **Retos técnicos de integración:** Integrar los sistemas de cogeneración en la infraestructura existente y garantizar un funcionamiento sin problemas puede plantear problemas técnicos. Por ejemplo, dimensionar correctamente un sistema de cogeneración repercutirá en su fiabilidad: las instalaciones suelen empezar con cargas bajas y crecer gradualmente, por lo que resulta más difícil dimensionar la cogeneración en función de una carga desconocida. Una solución modular permitiría el crecimiento futuro. La integración con SAI, equipos de conmutación, etc., puede resultar complicada.
- **Obstáculos normativos:** La complejidad de las normativas y los procesos de concesión de permisos en algunas regiones puede obstaculizar la adopción de sistemas de cogeneración, ya que pueden afectar significativamente a los plazos y la viabilidad de los proyectos. Además, las normativas y los procesos de obtención de permisos varían según el lugar.
- **Fiabilidad:** Aunque un sistema de cogeneración correctamente diseñado puede proporcionar beneficios significativos en términos de mejora de la fiabilidad de la energía para la instalación, en términos de cogeneración a gas, debido a que el suministro de combustible no se encuentra in situ, no se reconoce como una forma independiente de respaldo para estas aplicaciones.
- **Falta de concienciación** sobre las ventajas de utilizar sistemas de cogeneración en los centros de datos. El número de ejemplos de cogeneración en centros de datos es limitado, por lo que la fiabilidad y la mejora de las prácticas operativas, incluida la refrigeración, no están ampliamente demostradas. Además, los costes de los cortes de electricidad son muy elevados y muchos operadores de centros de datos son reacios a desviarse del diseño estándar de SAI, almacenamiento en baterías y generadores diésel de reserva.
- **Necesidad de mantenimiento:** Los sistemas de cogeneración funcionan de forma continua, a diferencia de los generadores diésel de reserva, por lo que requieren revisiones más frecuentes y mantenimiento a intervalos regulares.

8.4. Oportunidades de mercado

8.4.1. Principales impulsores

El mercado de la cogeneración para centros de datos, aunque limitado en la actualidad, tiene un excelente potencial de crecimiento debido a su capacidad para mejorar la eficiencia energética, reducir los costes operativos y minimizar la huella de carbono de los centros de datos. El mercado está impulsado por los siguientes factores clave:

- Objetivos de sostenibilidad, tanto de los operadores de centros de datos como de las empresas que invierten en ellos: la cogeneración ofrece una eficiencia energética significativamente mayor en comparación con los métodos convencionales de generación de energía.
- Fiabilidad de la energía: la necesidad de energía ininterrumpida y de energía de reserva que puede suministrar un sistema de cogeneración.
- Avances tecnológicos en forma de diseños de cogeneración modulares y escalables que se adaptan a los requisitos de los centros de datos.
- Legislación y políticas de apoyo que incluyan incentivos para la adopción de la cogeneración y normativa de apoyo a la eficiencia energética en instalaciones críticas.
- Estabilidad de costes a largo plazo: la cogeneración reduce la dependencia de los precios fluctuantes de la energía.

8.4.2. Oportunidades de mercado

Las principales oportunidades que se pueden aprovechar son:

- Generación de energía in situ que consiga lo siguiente:
 - Alinearse con la estrategia de descentralización energética del país (incentivar la generación descentralizada de energía): papel clave de la cogeneración.
 - El camino hacia el carbono cero pasa por el combustible verde (hidrógeno) y la captura de carbono.
 - Campus de centro de datos aislado de la red (no consume gran cantidad de energía de la red) y no necesita infraestructura adicional de generación de reserva (es decir, diseño tradicional: generadores de reserva además de la energía de la red).
 - Cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad/carbono cero y compromiso de las grandes empresas tecnológicas/hiperescaladoras
 - Proporcionar capacidad de reserva en horas punta para la red (es decir, estabilizar la red).
 - Proporcionar estaciones de carga para vehículos eléctricos de gran tamaño (por ejemplo, camiones).
- Trabajar en equipo con empresas energéticas para desarrollar grandes campus de centros de datos sin conexión a la red, especialmente empresas que desempeñen un papel activo en las tecnologías de combustibles ecológicos y generación de energía sostenible.
- Creación de dos activos a través del campus del centro de datos aislado de la red:
 - Centro de energía/microgrid (que proporciona energía y refrigeración de misión crítica al campus del centro de datos y a la región que lo rodea): rendimiento similar o superior al de la refrigeración urbana.
 - Centro de datos optimizado y más ligero desde el punto de vista de la infraestructura: mayor rentabilidad que un centro de datos tradicional.
- Mercados emergentes: los mercados sin explotar de las regiones en desarrollo presentan oportunidades prometedoras para el uso de la cogeneración en los centros de datos.

8.4.3. Panorama competitivo

En el mercado hay muchas empresas consolidadas capaces de suministrar sistemas de cogeneración para centros de datos, por lo que se trata de un mercado muy competitivo en el que tanto las empresas consolidadas como las emergentes compiten por una cuota de mercado. Es probable que los principales operadores se centren en la innovación de productos, las asociaciones estratégicas y la expansión geográfica.

9. Legislación de la UE sobre centros de datos

9.1. Directiva sobre eficiencia energética

No hay ninguna directiva de la UE que se aplique exclusivamente a los centros de datos, pero la Directiva sobre eficiencia energética contiene algunas disposiciones importantes aplicables a los centros de datos. La primera iteración de la Directiva se adoptó en noviembre de 2012 (Directiva (UE) 2012/27/UE), mientras que la nueva Directiva refundida sobre eficiencia energética (Directiva (UE) 2023/1791) entró en vigor en octubre de 2023.

La DEE pretende garantizar que la UE cumpla sus objetivos de reducción de gases de efecto invernadero y eficiencia energética. La DEE revisada eleva el objetivo de eficiencia energética de la UE a una reducción del consumo de energía del 11,7% para 2030 en comparación con las proyecciones del uso previsto de energía en 2030. Los Estados miembros deben fijar contribuciones nacionales indicativas para determinar cómo contribuirán a alcanzar este objetivo.

En virtud del artículo 12 de la Directiva de Eficiencia Energética, los operadores de centros de datos están obligados a supervisar e informar sobre el rendimiento energético de los centros de datos. Independientemente del estado de transposición de la DEE, la obligación de informar es directamente aplicable en todos los Estados miembros.

En marzo de 2024, la Comisión Europea adoptó un nuevo Reglamento Delegado (UE) 2024/1364 sobre la primera fase del establecimiento de un sistema a escala europea para evaluar la sostenibilidad de los centros de datos de la UE. Según lo previsto en la Directiva refundida sobre eficiencia energética, esta legislación secundaria exige a los operadores de centros de datos que informen anualmente de los indicadores clave de rendimiento (KPI) a la base de datos europea. La primera fecha de notificación fue el 15 de septiembre de 2024, la segunda el 15 de mayo de 2025 y, a partir de entonces, antes del 15 de mayo.

La nueva normativa pretende aumentar la transparencia y, potencialmente, promover nuevos diseños y desarrollos de eficiencia en los centros de datos que reduzcan el consumo de energía y agua, así como fomentar el uso de energías renovables, el aumento de la eficiencia de la red o la reutilización del calor residual en instalaciones y redes de calor cercanas.

El acto delegado esboza la información y los indicadores clave de rendimiento (KPI) que deben comunicarse y define los primeros indicadores de sostenibilidad que se utilizarán para la calificación de los centros de datos. También se les exigirá que publiquen información sobre su rendimiento energético y sostenibilidad.

La DEE obliga a la Comisión Europea a crear una base de datos europea sobre centros de datos a la que deberán informar los propietarios y operadores de centros de datos con una demanda de potencia de la TI instalada de al menos 500 kW:

- i. los datos de contacto del centro de datos, su operador y propietario
- ii. la superficie, la potencia instalada, el tráfico anual de datos entrantes y salientes, y la cantidad de datos almacenados y procesados en el centro de datos.
- iii. los indicadores clave de rendimiento (KPI) durante el último año natural, incluidos el consumo de energía, la utilización de la potencia, los puntos de ajuste de la temperatura, la utilización del calor residual, el consumo de agua y el uso de energías renovables.

Anexo I: detalla la información general que debe notificarse - nombre del centro de datos, operador, propietario, datos de contacto, ubicación, tipo).

Anexo II: enumera datos más detallados que deben notificarse, algunos de los cuales se utilizan para calcular la sostenibilidad enumerada en el Anexo III (consumo total de energía del centro de datos, consumo total de energía de los equipos informáticos, consumo total de agua, calor residual reutilizado y consumo total de energía renovable).

Anexo III: enumera los indicadores de sostenibilidad que deben calcularse (eficacia del uso de la energía, eficacia del uso del agua, factor de reutilización de la energía, factor de energías renovables).

Anexo IV: describe los datos que la base de datos europea debe poner a disposición del público (número de centros de datos, distribución por categorías de tamaño, eficacia media del uso de energía, eficacia media del uso de agua, factor medio de reutilización de energía y factor medio de energía renovable).

La DEE ilustra la transición que está experimentando el sector de los centros de datos en términos de política, ya que este año, por primera vez, los operadores de centros de datos de toda la UE están obligados a notificar los datos relacionados con sus operaciones. Aunque este marco es europeo, las transposiciones nacionales variarán. Por ejemplo, Alemania impone medidas adicionales, como requisitos mínimos de rendimiento y la obligación de recuperar el calor residual en los centros de datos.

9.2. Código Europeo de Conducta para la Eficiencia en los Centros de Datos

El Código de Conducta Europeo para Centros de Datos (EU DC CoC) se lanzó en 2008 como una iniciativa voluntaria creada por el Centro Común de Investigación (CCI) para animar y guiar a los operadores y propietarios de centros de datos en la reducción rentable del consumo de energía. Se establecen ambiciosas normas voluntarias que identifican y se centran en cuestiones clave y soluciones acordadas, tal y como se recoge en el documento de Mejores Prácticas. Este documento incluye los últimos avances tecnológicos y se actualiza anualmente.

El documento de Mejores Prácticas va acompañado del Marco de Evaluación, que está más orientado a los requisitos y proporciona a los auditores herramientas para evaluar si los centros de datos aplican las Prácticas correctamente y permite a los agentes del mercado completar las divulgaciones para la alineación de la Taxonomía como parte de sus informes no financieros.

Hasta ahora se han adherido más de 500 centros de datos, y los que puedan demostrar una reducción significativa del consumo energético podrán optar a los premios anuales del Código de Conducta de los Centros de Datos de la UE.

Satisfacer las necesidades energéticas de los centros de datos: ¿Qué papel para la cogeneración?

10. Referencias

[¿Qué es un centro de datos? \(Cisco\)](#)

[Centros de datos y redes de transmisión de datos \(Agencia Internacional de la Energía\)](#)

[Comparación del mercado mundial de centros de datos \(Cushman & Wakefield\)](#)

[Centros de datos europeos - Navegando por las nuevas fronteras de los datos \(Savills Research\)](#)

[Centros de datos: estadísticas y hechos \(Statista\)](#)

[Tendencias mundiales en centros de datos 2024 \(CBRE\)](#)

[Posibilidad de que los centros de datos sobrecarguen las actuales compañías eléctricas \(Josh Riedy, Thread\)](#)

[El papel de los centros de datos en la resistencia y flexibilidad de las redes eléctricas \(Amy Daniell, STACK\)](#)

[Fortum Spring es un agregador y operador de respuesta a la demanda \(Fortum\)](#)

[Cómo los centros de datos pueden ayudar a las redes eléctricas \(Enel X\)](#)

[Energía para centros de datos: Una visión global de la energía \(Mary Zhang, Dgtl Infra\)](#)

[Causas e impacto de las interrupciones de TI y de los centros de datos - edición 2023 \(Uptime Institute\)](#)

[Los distintos tipos de sistemas de alimentación ininterrumpida \(Schneider Electric\)](#)

[Los primeros operadores de centros de datos certifican su adhesión al Pacto por un Centro de Datos Neutral para el Clima](#)

[Garantizar la seguridad eléctrica de los centros de datos: 10 buenas prácticas esenciales que debe conocer \(CYCLECT\)](#)

[Cómo la refrigeración y la calefacción energéticamente eficientes pueden descarbonizar los centros de datos \(Simon Prichard, Mitsubishi Electric\).](#)

[El proyecto de centro de datos de Fortum y Microsoft avanza hacia los objetivos climáticos \(Fortum\)](#)

[Los centros de datos se vuelven neutros en carbono \(Helen Ltd.\)](#)

[¿Es la producción in situ de energía y refrigeración una solución viable para descarbonizar su centro de datos? \(Benjamin Lépineux, ENGIE\)](#)

[Centros de datos, cogeneración, reducción de emisiones y futuro de la red \(i3 Solutions\)](#)

[La Comisión adopta un sistema comunitario para calificar la sostenibilidad de los centros de datos \(Comisión Europea\)](#)

[Código Europeo de Conducta para la Eficiencia Energética en los Centros de Datos \(Centro Común de Investigación de la UE\)](#)